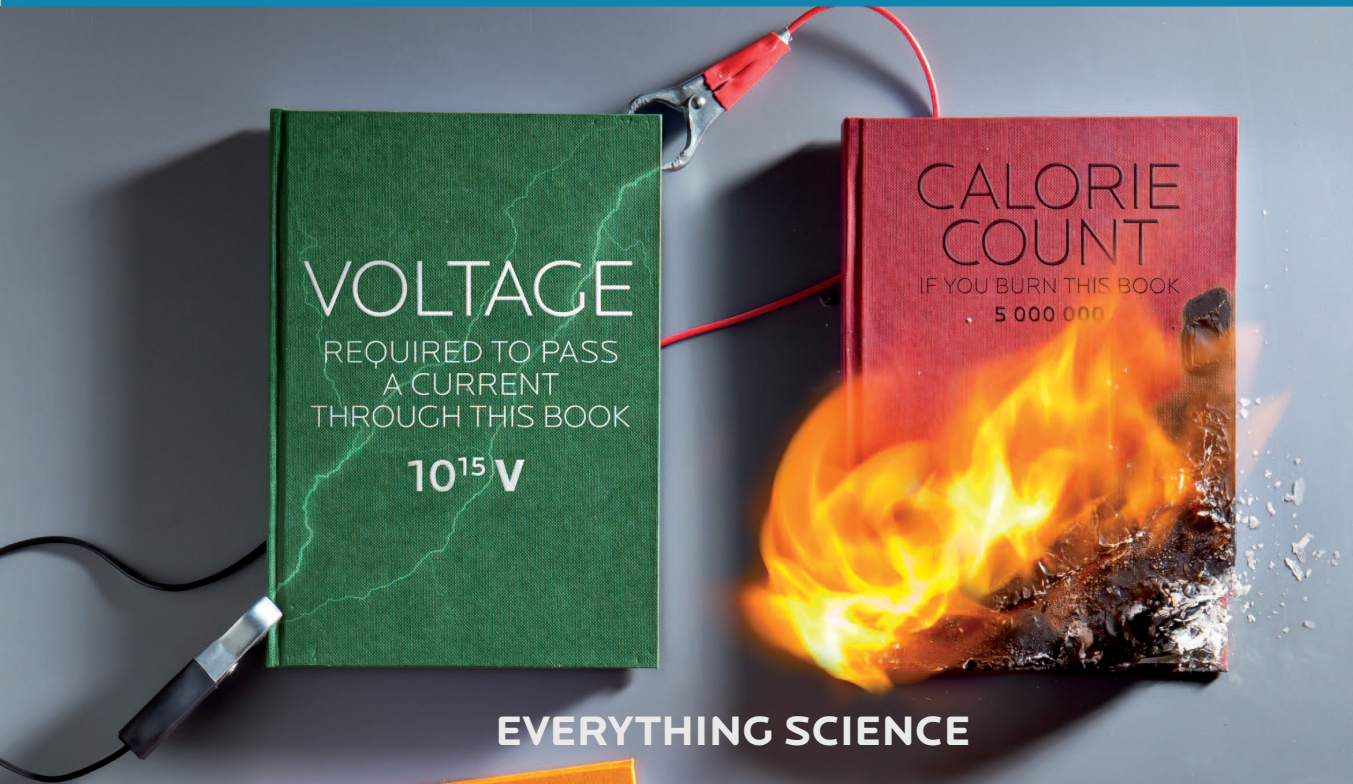


GRAAD 12 FISESE WETENSKAPPE

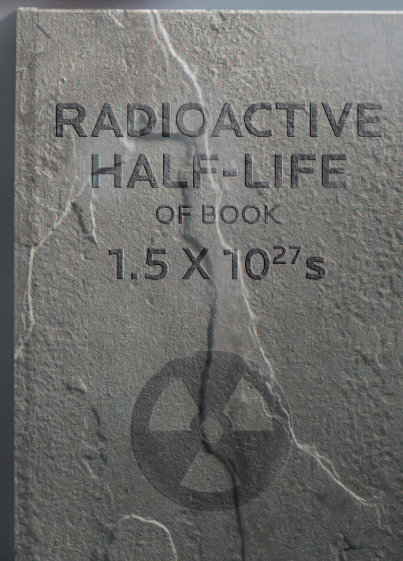
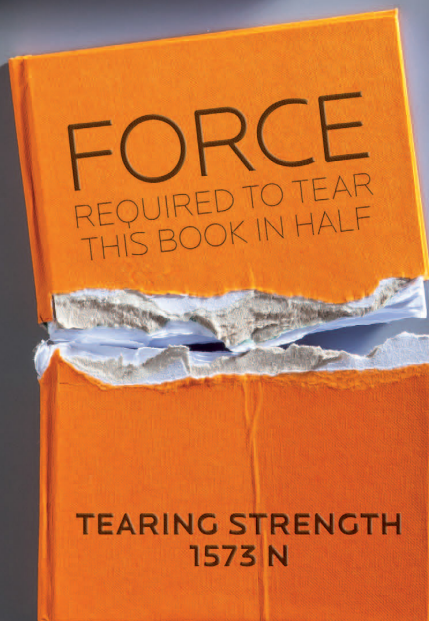
GESKRYF DEUR VRYWILLIGERS



SIYAVULA
TECHNOLOGY-POWERED LEARNING



EVERYTHING SCIENCE



basic education

Department:
Basic Education
REPUBLIC OF SOUTH AFRICA



MMI HOLDINGS

EVERYTHING SCIENCE

GRAAD 12 FISIIESE WETENSKAPPE

KABV WEERGAWA 1

DEUR SIYAVULA EN VRYWILLIGERS

KOPIEREG KENNISGEWING

Jou wetlike vryheid om hierdie boek te kopieer

Jy mag enige gedeelte van hierdie boek en ander Everything Maths and Science titels vrylik kopieer, trouens ons moedig jou aan om dit doen. Jy kan dit soveel keer as jy wil fotostateer, uitdruk of versprei. Jy kan dit by www.everythingmaths.co.za en www.everythingscience.co.za, aflaai en op jou selfoon, iPad, rekenaar of geheue stokkie stoor. Jy kan dit selfs op 'n kompakskyf (CD) brand, dit vir iemand per e-pos aanstuur of op jou eie webblad laai. Die enigste voorbehoud is dat jy die boek, sy omslag en die kortkodes onveranderd laat.

Hierdie boek is gegrond op die oorspronklike Free High School Science Text wat in sy geheel deur vrywilligers van die akademië, onderwysers en industrie deskundiges geskryf is. Die Everything Maths and Science handelsmerke is die eiendom van Siyavula.

Vir meer inligting oor die Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-ND 3.0) lisensie besoek <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/>



LYS VAN SKRYWERS

Siyavula Education

Siyavula Education is a sosiale onderneming wat in 2012 met kapitaal en ondersteuning van die PSG Group Beperk en die Shuttleworth Foundation gestig is. Die Everything Maths and Science reeks is deel van 'n groeiende versameling van hulpbronne geskep en vryliks beskikbaar gestel is deur Siyavula. Vir meer inligting oor die skryf en verspreiding van hierdie titels besoek :

www.siyavula.com

info@siyavula.com

021 469 4771

Siyavula Skrywers

Dr Mark Horner; Dr Kate Davies; René Toerien

Siyavula en DBE span

Bridget Nash; Ewald Zietsman; Megan Beckett; Jayanthi SK Maharaj (Veena); Morongwa Masemula; Prof Gilberto Isquierdo; Karen Kornet; Mosala Leburu; Dr Kevin Reddy; Enoch Ndwamato Makhado; Clive Mhaka; TE Luvhimbji; Dr Colleen Henning; Gregory Hingle

Siyavula en Free High School Science Text bydraers

Dr Mark Horner; Dr Samuel Halliday; Dr Sarah Blyth; Dr Rory Adams; Dr Spencer Wheaton

Iesrafeel Abbas; Sarah Abel; Taskeen Adam; Ross Adams; Tracey Adams; Dr Rory Adams; Andrea Africa; Wiehan Agenbag; Ismail Akhalwaya; Matthew Amundsen; Ben Anhalt; Prashant Arora; Bianca Böhmer; Amos Baloyi; Bongani Baloyi; Raymond Barbour; Caro-Joy Barendse; Katie Barry; Dr Ilsa Basson; Richard Baxter; Tara Beckerling; Tim van Beek; Lisette de Beer; Annelize Berry; Jessie Bester; Mariaan Bester; Jennifer de Beyer; Dr Sarah Blyth; Sebastian Bodenstein; Martin Bongers; Dr Thinus Booysen; Ena Bosman; Janita Botha; Pieter Botha; Gareth Boxall; Stephan Brandt; Hannes Breytenbach; Alexander Briell; Wilbur Britz; Graeme Broster; Craig Brown; Michail Brynard; Richard Burge; Jan Buys; George Calder-Potts; Biddy Cameron; Eleanor Cameron; Mark Carolissen; Shane Carolissen; Richard Case; Sithembile Cele; Alice Chang; Faith Chaza; Richard Cheng; Fanny Cherblanc; Lizzy Chivaka; Dr Christine Chung; Dr Mareli Claasens; Brett Cocks; Zelmari Coetzee; Roché Compaan; Willem Conradie; Stefaan Conradie; Deanne Coppejans; Rocco Coppejans; Tim Craib; Dr Andrew Craig; Tim Crombie; Dan Crytser; Jock Currie; Dr Anne Dabrowski; Laura Daniels; Gareth Davies; Mia de; Tariq Desai; Sandra Dickson; Sean Dobbs; Buhle Donga; William Donkin; Esmi Dreyer; Matthew Duddy; Christel Durie; Fernando Durrell; Dr Dan Dwyer; Frans van Eeden; Kobus Ehlers; Alexander Ellis; Tom Ellis; Charl Esterhuysen; Andrew Fisher; Dr Philip Fourie; Giovanni Franzoni; Sanette Gildenhuys; Olivia Gillett; Ingrid von Glehn; Tamara von Glehn; Nicola Glenday; Lindsay Glesener; Kevin Godby; Dr Vanessa Godfrey; Terence Goldberg; Dr Johan Gonzalez; Saaligha Gool; Hemant Gopal; Dr Stephanie Gould; Umeshree Govender; Dr Ilse le Grange; Heather Gray; Lynn Greeff; Jaco Greyling; Martli Greyvenstein; Carine Grobbelaar; Suzanne Grové; Dr Tom Gutierrez; Brooke Haag; Kate Hadley; Alex Hall; Dr Sam Halliday; Asheena Hanuman; Dr Melanie Dymond Harper; Ebrahim Harris; Dr Nicholas Harrison; Neil Hart; Nicholas Hatcher; Jason Hayden; Laura Hayward; Dr William P. Heal; Pierre van Heerden; Dr Fritha Hennessy; Dr Colleen Henning; Anna Herrington; Shaun Hewitson; Dr Bernard Heyns; Millie Hilgart; Grant Hillebrand; Gregory Hingle; Nick Hobbs; Chris Holdsworth; Dr Benne Holwerda; Dr Mark Horner;

Robert Hovden; Mfandaidza Hove; Jennifer Hsieh; George Hugo; Dr Belinda Huntley; Laura Huss; Prof Ed Jacobs; Hester Jacobs; Stefan Jacobs; Rowan Jelley; Grant Jelley; Clare Johnson; Francois Jooste; Dominic Jordan; Luke Jordan; Cassiem Joseph; Tana Joseph; Corli Joubert; Dr Fabian Jutz; Brian Kamanzi; Clare Kampel; Herman Kamper; Dr Lutz Kampmann; Simon Katende; Natalia Kavalenia; Rabia Khan; Dr Setshaba D Khanye; Nothando Khumalo; Paul Kim; Lizl King; Mariola Kirova; Jannie Kirsten; Melissa Kistner; James Klatzow; Dr Jennifer Klay; Andrea Koch; Grove Koch; Paul van Koersveld; Bishop Komolafe; Dr Timo Kriel; Lara Kruger; Sihle Kubheka; Andrew Kubik; Luca Lategan; Dr Jannie Leach; Nkoana Lebaka; Dr Marco van Leeuwen; Dr Tom Leinster; Ingrid Lezar; Annatjie Linnenkamp; Henry Liu; Pamela Lloyd; Dr Kevin Lobb; Christopher Loetscher; Linda Loots; Michael Loseby; Bets Lourens; Chris Louw; Amandla Mabona; Malothe Mabutho; Stuart Macdonald; Dr Anton Machacek; Tshepo Madisha; Batsirai Magunje; Dr Komal Maheshwari; Dr Erica Makings; Michael Malahe; Dr Peter Malatji; Masoabi Malunga; Shanaaz Manie; Masilo Mapaila; Adriana Marais; Paul Maree; Bryony Martin; Nicole Measureik; Jacques Masuret; John Mathew; Dr Will Matthews; Chiedza Matuso; Thulani Mazolo; Stephen McBride; JoEllen McBride; Abigail McDougall; Kate McGrath; Ralf Melis; Nikolai Meures; Margaretha Meyer; Riana Meyer; Dr Duncan Mhakure; Filippo Miatto; Jenny Miller; Rossouw Minnaar; Abdul Mirza; Colin Mkhize; Mapholo Modise; Carla Moerdyk; Tshwarelo Mohlala; Relebohile Molaoa; Marasi Monyau; Asogan Moodaly; Jothi Moodley; Robert Moon; Calvin Moore; Bhavani Morarjee; Talitha Mostert; Gabriel Mougoue; Kholofelo Moyaba; Nina Gitau Muchunu; Christopher Muller; Helgard Muller; Johan Muller; Caroline Munyonga; Alban Murewi; Kate Murphy; Emmanuel Musonza; Tom Mutabazi; David Myburgh; Johann Myburgh; Kamie Naidu; Nolene Naidu; Gokul Nair; Vafa Naraghi; Bridget Nash; Eduan Naudé; Polite Nduru; Tyrone Negus; Theresa Nel; Annemarie Nelmapius; Huw Newton-Hill; Buntu Ngcebetsha; Towan Nothling; Tony Nzundu; Jacquin October; Thomas O'Donnell; Dr Markus Oldenburg; Marieta Oliver; Riaz Omar; Helena Otto; Adekunle Oyewo; Dr Jaynie Padayachee; Poveshen Padayachee; Dr Daniel Palm; Masimba Paradza; Clare Patrick; Quinton Paulse; Dave Pawson; Justin Pead; Nicolette Pekeur; Carli Pengilly; Roseinnes Phahle; Seth Phatoli; Joan Pienaar; Petrus Pieterse; Sirika Pillay; Jacques Plaut; Johan du Plessis; Tabitha du Plessis; Jaco du Plessis; Barry Povey; Andrea Prinsloo; David Prinsloo; Joseph Raimondo; Sanya Rajani; Prof. Sergey Rakityansky; Alastair Ramlakan; Thinus Ras; Dr Matina J. Rassias; Ona Rautenbach; Dr Jocelyn Read; Jonathan Reader; Jane Reddick; Robert Reddick; Dr Matthew Reece; Chris Reeders; Brice Reignier; Razvan Remsing; Dr Liezel Retief; Adam Reynolds; Laura Richter; Max Richter; Sean Riddle; Dr David Roberts; Christopher Roberts; Helen Robertson; William Robinson; Evan Robinson; Christian Roelofse; Raoul Rontsch; Dr Andrew Rose; Katie Ross; Karen Roux; Dr Maritha le Roux; Jeanne-Marié Roux; Karen Roux; Mark Roux; Bianca Ruddy; Heinrich Rudman; Nitin Rughoonauth; Katie Russell; Steven Sam; Jason Avron Samuels; Rhoda van Schalkwyk; Christo van Schalkwyk; Dr Carl Scheffler; Nathaniel Schwartz; Duncan Scott; Helen Seals; Relebohile Sefako; Sandra Serumaga-Zake; Paul Shangase; Cameron Sharp; Ian Sherratt; Ryman Shoko; Dr James Short; Cho Hee Shrader; Roger Sieloff; Brandon Sim; Bonga Skozana; Bradley Smith; Greg Solomon; Zamekile Sondzaba; Nicholas Spaul; Margaret Spicer; Hester Spies; Dr Andrew Stacey; Dr Jim Stasheff; Mike Stay; Nicol Steenkamp; Nicky Stocks; Dr Fred Strassberger; Mike Stringer; Stephanie Strydom; Abdulhuck Suliman; Bianca Swart; Masixole Swartbooi; Ketan Tailor; Tshenolo Tau; Tim Teatro; Ben Thompson; Shen Tian; Xolani Timbile; Dr Francois Toerien; René Toerien; Liezel du Toit; Nicola du Toit; Dr Johan du Toit; Robert Torregrosa; Jimmy Tseng; Theresa Valente; Alida Venter; Pieter Vergeer; Rizmari Versfeld; Nina Verwey; Mfundo Vezi; Mpilonhle Vilakazi; Katie Viljoen; Adele de Villiers; Daan Visage; Wetsie Visser; Alexander Volkwyn; Kosma von Maltitz; Dr Karen Wallace; John Walmsley; Duncan Watson; Helen Waugh; Leandra Webb; Dr Dawn Webber; Michelle Wen; Dr Rufus Wesi; Francois Wessels; Wessel Wessels; Leandi van der Westhuizen; Neels van der Westhuizen; Sabet van der Westhuizen; Dr Alexander Wetzler; Dr Spencer Wheaton; Vivian White; Mark Whitehead; Dr Gerald Wigger; Harry Wiggins; Heather Williams; Wendy Williams; Julie Wilson; Timothy Wilson; Andrew Wood; Emma Wormauld; Dr Sahal Yacoob; Jean Youssef; Ewald Zietsman; Johan Zietsman; Marina van Zyl

EVERYTHING SCIENCE

As ons by die venster uitkyk na die natuur daar buite; om ons kyk na alles wat vervaardig is of opkyk na alles in die ruimte, kan ons nie anders om te wonder oor die ongelooflike diversiteit en kompleksiteit van die lewe nie. Daar is so baie verskillende dinge wat elkeen anders lyk en op sy eie unieke manier werk. Die fisiese heelal is regtig vol ongelooflike kompleksiteite.

Wat selfs meer ongelooflik is, is die feit dat hierdie dinge in die fisiese heelal, verstaanbaar is. Ons kan dit ondersoek, analiseer en uiteindelik verstaan. Dit is ons vermoë om die fisiese heelal te verstaan wat ons in staat stel om elemente te transformeer en sodoende tegnologiese vooruitgang moontlik te maak.

As ons net kyk na van die goed wat in die laaste eeu ontwikkel het - ruimtevaart, die vooruitgang van medisyne, draadlose (die sogenaamde 'wireless') kommunikasie (van televisie tot selfone) en materiale wat 'n duisend maal sterker as staal is - sien ons dat hierdie goed nie weens toorkuns of een of ander onverklaarbare fenomeen bestaan nie; al hierdie goed is deur die studie van en die sistematiese toepassing van fisiese wetenskap ontwikkel.

Wanneer ons dan 'n vooruitskouing van die 21ste eeu doen en probleme soos armoede, siektes en besoedeling sien, gaan ons deels by die fisiese wetenskap aanklop vir oplossings. Maak nie saak hoe groot die probleem blyk te wees nie, die fisiese heelal is verstaanbaar en 'n toegewyde studie daarvan kan lei tot die mees ongelooflike vooruitgang. Daar is nie 'n meer opwindende uitdaging as om die oënskynlike kompleksiteite van die fisiese heelal te kan uitleg nie en die ongelooflike diversiteit daarbinne te gebruik om produkte en dienste te ontwikkel wat waarlik die kwaliteit van lewe vir mense kan verbeter.

Fisiese Wetenskappe is veel meer wonderlike, opwindende en mooier as die magie! Dit is oral.

BORG

Hierdie handboek is ontwikkel met behulp van korporatiewe sosiale beleggingsfondse van MMI Holdings.



Goedgestruktureerde, effektiewe Korporatiewe Maatskaplike Investerings (KMI) het die vermoë om 'n positiewe bydrae tot nasiebou te lewer en positiewe veranderinge in gemeenskappe teweeg te bring. KMI se verbintenis tot maatskaplike investering beteken dat ons voortdurend geleenthede soek waar ons kan help om die horisonne van Suid-Afrika se meer kwesbare burgers te verbreed en om hulle meer en beter toegang tot geleenthede in die lewe te gee. Dit beteken dat ons nie maatskaplike investering as 'n bonus beskou of 'n oefening in bemarking of selfs 'n borgskap nie, maar eerder as 'n kritieke deel van ons bydrae tot die samelewing.

Die samesmelting van Metropolitan en Momentum is geloof vir die komplementêre rol wat die twee maatskappy ten opsigte van mekaar speel. Hierdie samewerking is ook duidelik in die fokusareas van die KMI-programme waar Metropolitan en Momentum saam belê in meeste belangrike sektore en ook daar waar die grootste behoefte vir sosiale deelname is.

MIV/VIGS word toenemend 'n bestuurbare siekte in meeste ontwikkelde lande, maar in 'n land soos ons s'n bly dit 'n siekte waaraan mense onnodig sterf. Metropolitan maak voortdurend 'n verskil deur te verseker dat MIV/VIGS verander van 'n doodsvonnis na 'n bestuurbare siekte. Metropolitan se ander fokusarea is opvoedkunde, wat steeds die sleutel tot ekonomiese welvaart in ons land bly.

Momentum se fokus op mense met gestremdhede verseker dat hierdie persone ingesluit word in die samelewing en toegelaat word om 'n bydrae te lewer. Weeskinders en weerlose kinders is nóg 'n fokusarea vir Momentum. Van die projekte wat hulle ondersteun verseker dat kinders toegelaat word om veilig groot te word sodat hulle saam met ander kinders 'n aandeel kan hê in die erfenis van 'n voorspoedige toekoms.

EVERYTHING MATHS & SCIENCE

Die *Everything Maths and Science*-reeks dek Wiskunde, Fisiese Wetenskappe, Lewenswetenskappe en Wiskundige Geletterdheid.

Die Siyavula *Everything Science* handboeke



Die Siyavula *Everything Maths* handboeke

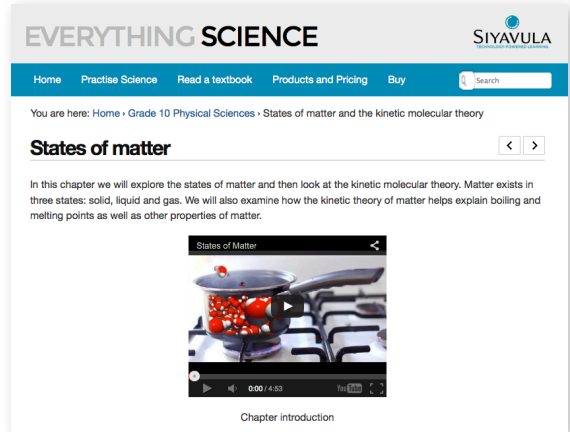
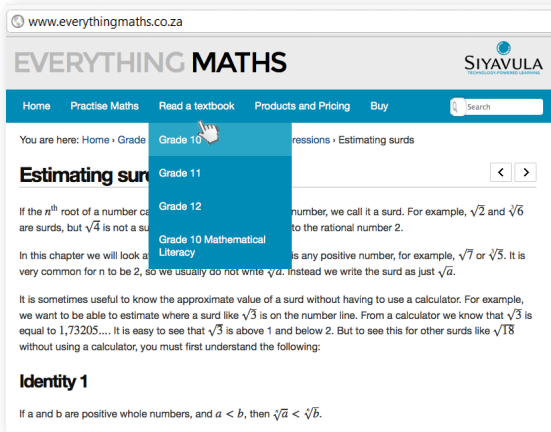


DIGITALE HANDBOEKE

LEES AANLYN

Sien hoe die handboeke lewe kry op die internet. Nie net het jy toegang tot al die inhoud van die gedrukte weergawe nie, maar die aanlynweergawe bied ook videos, voorleggings en simulasies om jou 'n meer omvattende leerervaring te gee.

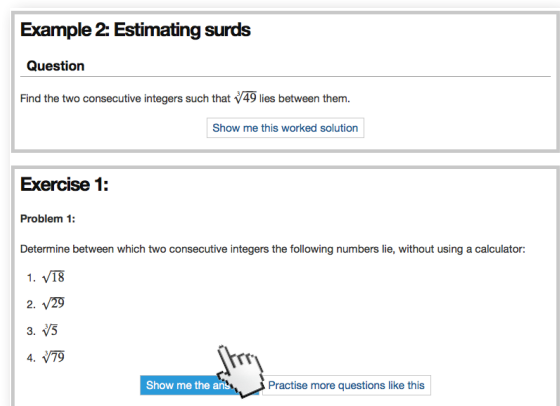
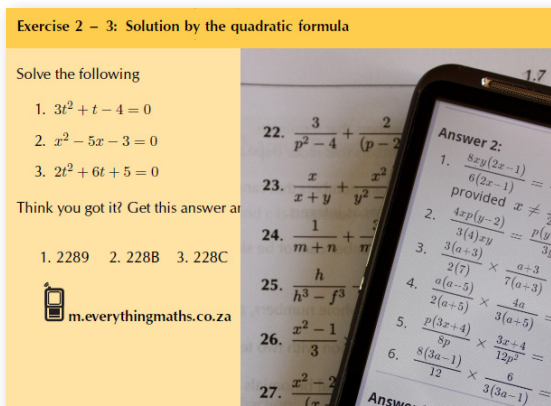
www.everythingmaths.co.za en www.everythingscience.co.za



KONTROLEER JOU ANTWOORDE AANLYN OF OP JOU FOON

Op soek na die antwoorde? Jy kan die hele uitgewerkte oplossing vir enige van die vrae in die handboek vind deur sy *shortcode* ('n 4-syfer kombinasie van letters en syfers) in die soekboksie op die web- of mobi-tuiste in te tik.

www.everythingmaths.co.za en www.everythingscience.co.za of
m.everythingmaths.co.za en m.everythingscience.co.za op jou foon.



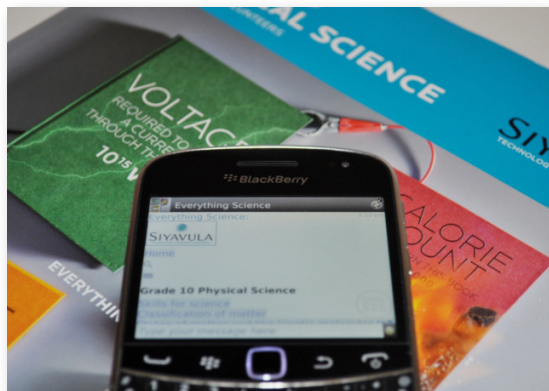
SELFOON & TABLET

MOBI

Kry toegang tot die hele handboek op jou foon. Ja, die hele ding, enige tyd, enige plek. Besoek die mobi-tuistes by:

m.everythingmaths.co.za en

m.everythingscience.co.za

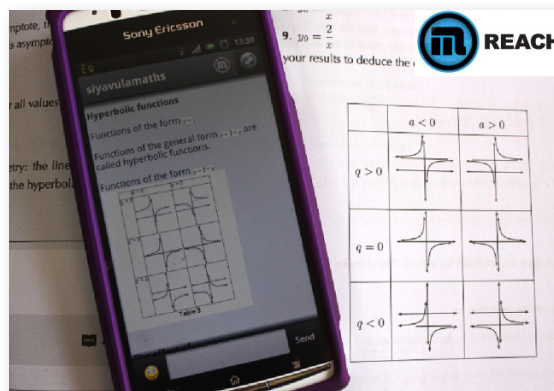


MXIT

Moenie stres as jy nie 'n slimfoon het nie. Alle Mxit-gebruikers kan die **Everything**-reeks handboeke op Mxit Reach lees. Voeg **Everything Maths** en **Everything Science** as 'n kontak op jou profiel by of blaai deur die opsies op Mxit Reach.

[mxit>tradepost>reach>education>](#)

[everything maths](#) of [everything science](#)

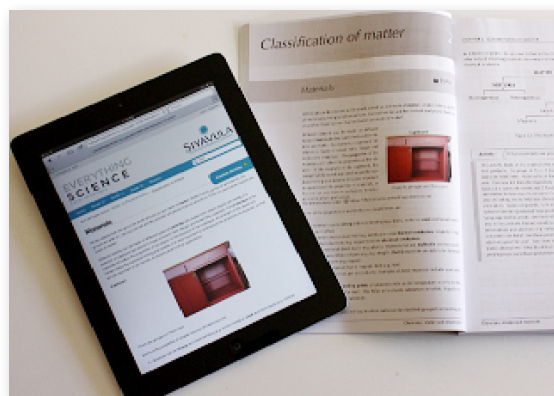


LAAI AF OP JOU TABLET

Jy kan 'n digitale kopie van die **Everything**-reeks handboeke op jou rekenaar, tablet, iPad en Kindle aflaai.

www.everythingmaths.co.za en

www.everythingscience.co.za



OEFEN SLIM

OEFEN AANLYN & OP JOU FOON VIR TOETSE EN EKSAMENS

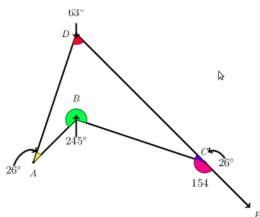
Om goed te doen in toetse en eksamens moet jy oefen, maar dit is soms moeilik om te weet waar om te begin en hoe om ou eksamenvraestelle in die hande te kry.

Intelligent Practice is 'n aanlyn Wiskunde- en Wetenskapoeftendiens wat jou toelaat om vrae op die regte moeilikheidsgraad vir jou te oefen en dan die antwoorde dadelik na te gaan!

Oefen vrae soos hierdie deur te registreer by everythingmaths.co.za of everythingscience.co.za.

Angles in quadrilaterals

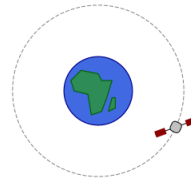
The diagram below represents quadrilateral ABCD with extended line $\overline{CE}$. Quadrilateral ABCD is a polygon with four sides and four angles. The sum of the interior angles in a quadrilateral = 360° . Angles on a straight line like $\overline{CE} = 180^\circ$.



Effect of mass on gravitational force

The International Space Station (ISS) has a mass M , as it orbits the Earth, it experiences a gravitational force of F . A space shuttle docks onto the ISS. The gravitational force the ISS experiences once the mass of the shuttle is added increases by a factor of 3.

By what factor does the mass of the ISS increase for it to experience this increase of gravitational force? Write your answer as a fraction of the original mass M_{ISS} of the ISS.

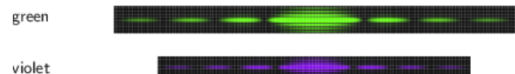


Answer: M_{ISS} [2 points] [Check answer](#)

[Help! How should I type my answer?](#)

Wavelength and diffraction

Two diffraction patterns are presented, determine which one has the longer wavelength based on the features of the diffraction pattern. The first pattern is for green light and the second pattern is for violet light:



The same diffraction grating is used to generate both diffraction patterns.

Answer: [Select an answer](#) [2 points] [Check answer](#)

JOU PANEELBORD

Jou persoonlik paneelbord op **Intelligent Practice** help jou om rekord te hou van jou werk. Jy kan jou vordering en bemeestering van elke onderwerp in die boek dophou en dit gebruik om jou leerwerk te bestuur en jou swakpunte uit te lig. Jy kan ook jou paneelbord gebruik om jou onderwysers, ouers, universiteite of beursinstansies te wys wat jy die afgelope jaar gedoen het.

Table of Contents

Click on a chapter or section below to start practising. You can also select multiple sections and click the **Start a new session** button.

Chapters	Points	Mastery
Skills for science	60 / 96	☆☆☆
Classification of matter	22 / 34	☆☆☆
States of matter and the kinetic molecular theory	66 / 77	☆☆☆☆
The atom	395 / 526	☆☆☆☆
The periodic table	71 / 128	☆☆☆☆
Chemical bonding	177 / 237	☆☆☆☆
Transverse pulses		☆☆☆☆
Transverse waves		☆☆☆☆
Longitudinal waves		☆☆
Sound	100 / 139	☆☆☆☆
Electromagnetic radiation	453 / 598	☆☆☆☆
The particles that substances are made of	34 / 41	☆☆☆☆
Physical and chemical change	6 / 6	☆☆☆☆
Representing chemical change	206 / 298	☆☆☆☆
Introduction	0 / 10	☆☆☆☆
Balancing chemical equations	206 / 288	☆☆☆☆

Intelligent Practice is net in Engels beskikbaar.

Inhoudsopgawe

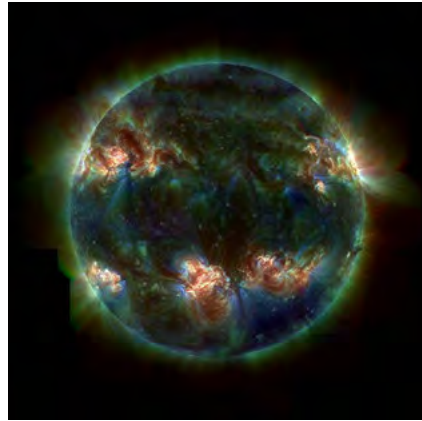
1	Vaardighede vir die wetenskap	6
1.1	Die ontwikkeling van 'n wetenskaplike teorie	6
1.2	Wetenskaplike metode	7
1.3	Data en data-analise	13
1.4	Laboratorium veiligheidsprosedures	16
2	Momentum en impuls	20
2.1	Inleiding	20
2.2	Momentum	21
2.3	Hersien Newton se tweede wet	30
2.4	Behoud van momentum	35
2.5	Impuls	53
2.6	Fisika in aksie: Impuls	62
2.7	Hoofstukopsomming	65
3	Vertikale projektielbeweging in een dimensie	72
3.1	Inleiding	72
3.2	Vertikale projektielbeweging	72
3.3	Hoofstukopsomming	102
4	Organiese molekules	110
4.1	Wat is organiese molekules?	110
4.2	Organiese molekulevorme	110
4.3	IUPAC-naam en formules	133
4.4	Fisiese eienskappe en strukture	164
4.5	Toepassing van organiese chemie	181
4.6	Addisie-, eliminasi- en substitusiereaksies	188
4.7	Plastiek en polimere	198
4.8	Hoofstukopsomming	215
5	Arbeid, energie en drywing	222
5.1	Inleiding	222
5.2	Werk	222
5.3	Arbeid-energie-stelling	233
5.4	Behoud van energie	242
5.5	Krag	249
5.6	Hoofstukopsomming	254
6	Dopplereffek	258
6.1	Inleiding	258
6.2	Die Dopplereffek met klank	258
6.3	Die Dopplereffek met lig	267
6.4	Hoofstukopsomming	270
7	Tempo en verloop van reaksie	274
7.1	Inleiding	274
7.2	Reaksietempo's en faktore wat tempo beïnvloed	274
7.3	Meet die tempo van die reaksie	290
7.4	Meganisme van reaksies en katalise	295
7.5	Hoofstukopsomming	299

8	Chemiese ewilibrium	304
8.1	Wat is chemiese ewilibrium?	304
8.2	Die ewilibriumskonstante	308
8.3	Le Chatelier se beginsel	317
8.4	Hoofstukopsomming	335
9	Sure en basisse	338
9.1	Sure en basisse	338
9.2	Suur-basis reaksies	352
9.3	pH	358
9.4	Titrasies	363
9.5	Gebruik van sure en basisse	371
9.6	Hoofstukopsomming	375
10	Elektriese stroombane	380
10.1	Inleiding	380
10.2	Serie- en parallelle weerstandnetwerke (Hersiening)	380
10.3	Batterie en interne weerstand	392
10.4	Bepaal interne weerstand in stroombane	396
10.5	Wheatstonebrug [nie eksamineerbaar nie]	406
10.6	Hoofstukopsomming	407
11	Elektrodinamika	412
11.1	Inleiding	412
11.2	Elektriese masjiene - opwekkers en motors	412
11.3	Wisselstroom	421
11.4	Hoofstukopsomming	428
12	Optiese verskynsels en eienskappe van materie	430
12.1	Inleiding	430
12.2	Die foto-elektriese effek	430
12.3	Emissie- en absorpsiespektra	439
12.4	Hoofstukopsomming	445
13	Elektrochemiese reaksies	448
13.1	Hersiening van oksidasie en reduksie	448
13.2	Skryf van redoks- en halfreaksies	449
13.3	Galvaniese en elektrolitiese selle	453
13.4	Prosesse in elektrochemiese selle	466
13.5	Die effekte van stroom en potensiaal op tempo en ewewig	470
13.6	Standaard elektrodepotensiale	471
13.7	Toepassings van elektrochemie	485
13.8	Hoofstukopsomming	492
14	Die chemiese industrie	498
14.1	Inleiding	498
14.2	Voedingstowwe	498
14.3	Kunsmisstowwe	499
14.4	Die kunsmisbedryf	504
14.5	Alternatiewe bronne van kunsmisstowwe	510
14.6	Misstowwe en die omgewing	512
14.7	Hoofstukopsomming	515
	Oplossings vir oefeninge	517
	Lys van definisies	530
	Erkennings vir beelde	532

Vaardighede vir die wetenskap

1.1	<i>Die ontwikkeling van 'n wetenskaplike teorie</i>	6
1.2	<i>Wetenskaplike metode</i>	7
1.3	<i>Data en data-analise</i>	13
1.4	<i>Laboratorium veiligheidsprosedures</i>	16

Hierdie boek gaan om met die fisiese wetenskappe - fisika en chemie. Al die wetenskappe is gebaseer op die gebruik van eksperimentering en toetsing om die wêreld rondom ons te verstaan. Die wetenskaplike metode vereis van ons voortdurende herevaluering van ons verstaan deur die toetsing van nuwe getuienis aan ons huidige teorieë en die aanpassing van die teorieë as die uitkomst nie die toets slaag nie. Die wetenskaplike metode is dus die kragtige stuk gereedskap wat mens dwarsdeur die fisiese wetenskappe moet gebruik.



Figuur 1.1: Die ultraviolet beeld van die son.

In hierdie hoofstuk sal jy leer hoe om inligting te versamel deur gebruik te maak van die wetenskaplike metode. Die vaardighede sal dan gebruik word dwarsdeur die handboek om wetenskaplike teorieë en praktyke te toets.

1.1 Die ontwikkeling van 'n wetenskaplike teorie ESFSW

Die mees belangrike, en mees opwindende aspek van wetenskap en wetenskaplike teorieë is dat hulle nie vas is nie. Hipoteses word gevorm en getoets, wat aanleiding gee tot wetenskaplike teorieë wat die waarnemings verklaar en resultate voorspel. **Die resultate word nie aangepas om hipoteses te pas nie.** As nuwe inligting opduik met die gebruik van beter toerusting, of die resultate van ander eksperimente, word dit gebruik om die bestaande teorieë te verbeter en uit te brei. As 'n teorie verkeerd bevind word, word dit verander om by die nuwe inligting te pas. Die data word nooit aangepas by die teorie nie; as die data nie by die teorie inpas nie word die teorie herverwerk of verwerp. Alhoewel hierdie verandering van opinie dikwels gesien word as inkonsekwentheid, is dit die bereidheid om aan te pas wat wetenskap bruikbaar maak, en toelaat dat nuwe ontdekkings gemaak word.

Onthou dat die term teorie in wetenskap 'n ander betekenis het. 'n **Wetenskaplike teorie** is nie soos jou teorie waarom jy altyd net een sokkie kan opspoor nie. 'n Wetenskaplike teorie is een wat getoets is en bewys is deur herhaalde eksperimente en data. Wetenskaplikes is gedurig besig om die beskikbare data te toets, sowel as algemeen gehuldigde gelowe, en dit is hierdie konstante toetsing wat vooruitgang en verbeterde teorieë moontlik maak.

Swaartekrag

ESFSX

Die teorie van swaartekrag het sedert die begin van die 16de eeu stadig ontwikkel. Galileo Galilei kry die krediet vir sommige van die vroegste werk. Daar is toe wyd geglo dat swaarder voorwerpe vinniger versnel in die rigting van die aarde as ligter voorwerpe. Galileo se hipotese was dat dit nie waar is nie.

Galileo se werk het vir Isaac Newton die weg gebaan tot 'n hipotese en teorie oor swaartekrag nie alleen op die aarde nie, maar dat dit die krag is wat die planeete in hulle bane om die son hou. Newton se teorie is gebruik deur John Couch Adams en Urbain Le Verrier om die teenwoordigheid van Neptunus in die sonnestelsel te voorspel, en dit is eksperimenteel bewys toe Neptunus ontdek is deur Johann Gottfried Galle.

Alhoewel 'n groot deel van gravitasionele beweging deur Newton se teorie verklaar kon word, was daar aspekte wat nie gepas het nie. Maar alhoewel 'n beter teorie wat die feite beter pas later deur Einstein bewys is, word Newton se teorie steeds suksesvol gebruik in baie toepassings waar die massa, snelhede en energieë nie te groot is nie.

Termodinamika

ESFSY

Die beginsels van die drie reëls van die termodinamika beskryf hoe energie werk op alle grootheidsvlakke (van die werking van die aarde se kern tot die motor se masjien). Die basis vir die drie reëls het reeds in 1650 begin by Otto von Guericke. Hy het die hipotese gestel dat 'n vakuumpomp gemaak kon word, en dit bewys deur een te maak. In 1656 het Robert Boyle en Robert Hooke hierdie inligting gebruik om 'n lugpomp te bou.

Oor die volgende 150 jare is die teorie uitgebrei en verbeter. Denis Papin het 'n stoomdrukker en losklep gebou, en 'n suiersilinder en -enjin ontwerp, wat Thomas Savery en Thomas Newcomen gebou het. Hierdie enjins het die studie van hittekapasiteit en latente hitte geïnspireer. Joseph Black en James Watt het die doeltreffendheid van die stoomenjin verhoog en dit was hulle werk wat Sadi Carnot (die vader van die termodinamika) bestudeer het voor die publikasie van die diskoers oor hitte, krag, energie en enjindoeltreffendheid in 1824.

Hierdie werk van Carnot was die begin van moderne termodinamika as 'n wetenskap, met die eerste termodinamika-handboek geskryf in 1859, en die eerste en tweede wette van die termodinamika wat in die 1850's vasgestel is. Wetenskaplikes soos Lord Kelvin, Max Planck, J. Willard Gibbs (almal name wat jy behoort te herken) en baie ander het termodinamika bestudeer. In die loop van 350 jaar het die termodinamika gevorder van die bou van 'n vakuumpomp tot sommige van die fundamentele wette van energie.

FEIT

Robert Boyle se naam behoort aan jou bekend te wees. Boyle se Wet was die uitvloeisel van sy lugpomp-eksperimente, waar hy ontdek het dat druk omgekeerd eweredig is aan volume by 'n konstante temperatuur ($p \propto \frac{1}{V}$ by konstante T).

1.2 Wetenskaplike metode

ESFSZ

Die wetenskaplike metode is die basiese vaardigheidsproses in die wetenskaplike wêreld. Die mens is sedert die vroegste tye nuuskierig oor waarom dinge in die wêreld om ons gebeur. Die wetenskaplike metode verskaf aan wetenskaplikes 'n goedgestruktureerde wetenskaplike platform om antwoorde op hulle vrae te vind. Deur gebruik van die wetenskaplike metode is daar geen perk op wat ons kan ondersoek nie. Dit kan soos volg opgesom word:

1. Vra 'n vraag oor die wêreld om jou.
2. Doen navorsing oor jou vrae.
3. Formuleer 'n hipotese oor die verskynsel wat 'n verstandige resultaat lewer. Jy moet in staat wees om jou hipotese eksperimenteel te toets.
4. Ontwerp 'n eksperiment om die hipotese te toets.
5. Versamel akkurate data en interpreteer dit. Jy moet in staat wees om metings te maak, inligting te versamel en jou data in 'n bruikbare formaat aan te bied (tekeninge, verduidelikings, tabelle en grafieke).
6. Maak gevolgtrekkings op grond van die resultate van die eksperiment. Jou waarnemings moet objektief gemaak word; moet nooit die data forseer om jou hipotese te pas nie.
7. Besluit of jou hipotese die versamelde data akkuraat verklaar.
8. As die data jou hipotese pas, bevestig jou resultate deur die eksperiment te herhaal of iemand anders te kry om die eksperiment te herhaal.
9. As jou data nie die hipotese pas nie, doen verder agtergrond navorsing en for-

FEIT

In die wetenskap word 'n hipotese nie deur 'n enkele eksperiment 'bewys' nie, omdat foute langs die pad kon ingesluip het. Wat jy kan sê is dat die resultate die oorspronklike hipotese ONDERSTEUN.

muleer 'n nuwe hipotese.

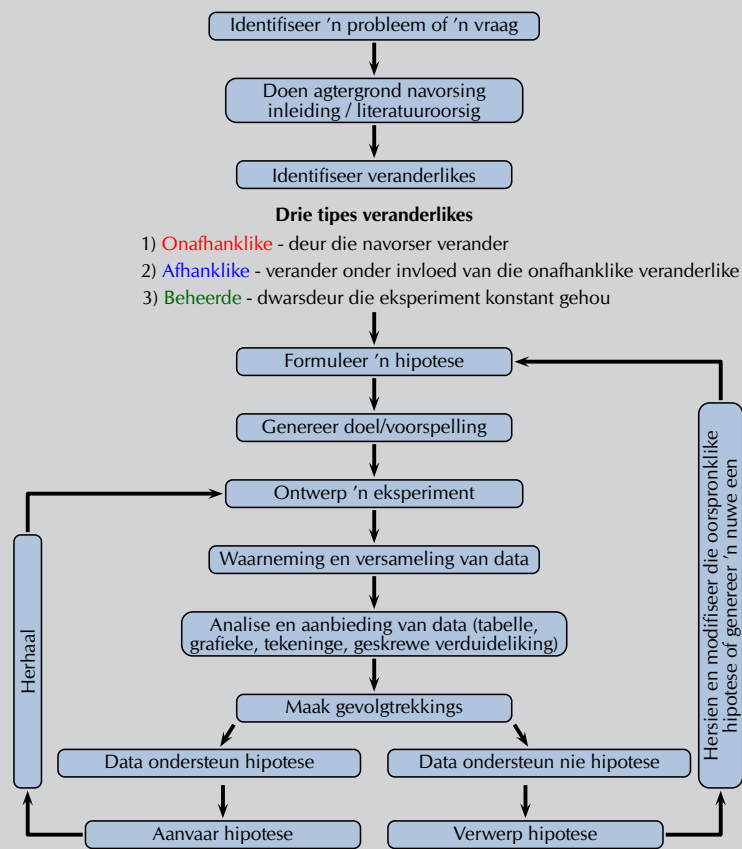
Onthou dat in die ontwikkeling van beide die swaartekragteorie en die termodinamika, wetenskaplikes uitgebrei het op inligting van hulle voorgangers en vakgenote om hulle eie teorieë te ontwikkel. Dit is daarom baie belangrik om bevindings aan die publiek te kommunikeer in die vorm van wetenskaplike publikasies, by kongresse, in artikels, op TV of in radioprogramme. Dit is belangrik om jou eksperimentele data in 'n spesifieke formaat aan te bied, sodat ander mense jou werk kan lees en verstaan en die eksperiment desnoods kan herhaal.

1. Doel: 'n kort sin wat die doel van die eksperiment beskryf.
2. Apparaat: 'n lys van die apparaat.
3. Metode: 'n lys van die stappe wat gevolg is om die eksperiment uit te voer.
4. Resultate: Tabelle, grafieke en waarnemings in verband met die eksperiment.
5. Bespreking: Wat jou resultate beteken.
6. Gevolgtrekking: 'n kort sin om te besluit of die doel bereik is, al dan nie.

'n Hipotese

'n Hipotese moet spesifiek wees en moet direk verband hou met die vraag wat jy vra. Byvoorbeeld, as jou vraag oor die wêreld was waarom reënboë vorm, kon jou hipotese wees: *Reënboë vorm omdat lig deur waterdruppels skyn*. Nadat 'n hipotese geformuleer is moet dit deur eksperimentering getoets word. 'n Foutiewe voorspelling beteken nie dat jy gefaal het nie. Dit beteken dat die eksperiment nuwe feite aan die lig gebring het waaraan jy miskien nie tevore gedink het nie.

Aktiwiteit: Analise van die wetenskaplike metode



Figuur 1.2: Oorsig van die wetenskaplike metode.

Verdeel in groepe van 3 of 4 en bestudeer die vloedidiagram wat voorsien word; bespreek dan die vrae wat volg.

1. As 'n probleem hom voordoen wat jy wil bestudeer, waarom is dit belangrik om eerstens 'n agtergrondstudie te doen?
2. Wat is die verskil tussen 'n afhanklike-, onafhanklike- en beheerde veranderlike en waarom is dit belangrik om hulle te identifiseer?
3. Wat is die verskil tussen die identifisering van 'n probleem, 'n hipotese en 'n wetenskaplike teorie?
4. Waarom is dit belangrik om jou eksperiment te herhaal as die data by die hipotese inpas?

Aktiwiteit: Ontwerp jou eie eksperiment

Die optekening en beskrywing van 'n ondersoek is 'n integrale deel van die wetenskaplike metode. In hierdie aktiwiteit word van jou verwag om jou eie eksperiment te ontwerp. Gebruik die inligting onder, en die vloedidiagram in die vorige eksperiment om jou te help om jou eie een te ontwerp.

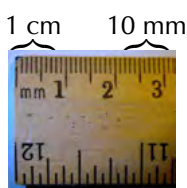
Die eksperiment moet ingelewer word in die vorm van 'n 1 - 2 bladsy verslag. Onder is basiese stappe om te volg wanneer jy jou eie eksperiment ontwerp.

1. Vra 'n vraag waarvoor jy 'n antwoord soek.
2. Doen agtergrond navorsing oor die onderwerp van jou keuse.
3. Formuleer jou hipotese.
4. Identifiseer veranderlikes wat vir jou ondersoek belangrik is: die wat relevant is, wat jy kan meet en waarneem.
5. Besluit oor die onafhanklike- en afhanklike veranderlikes in jou eksperiment, en dié wat konstant gehou moet word.
6. Ontwerp die eksperiment wat jy gaan gebruik om jou hipotese te toets:
 - Stel die doel van die eksperiment.
 - Lys die apparaat (toerusting) wat jy sal nodig kry om die eksperiment uit te voer.
 - Skryf die metode wat gebruik sal word om die hipotese te toets
 - in 'bullet' formaat
 - in die korrekte orde, met elke stap van die eksperiment genommer.
 - Wys hoe die resultate aangebied moet word, en watter data nodig is.

Lees van instrumente

ESFT2

Voor jy 'n eksperiment uitvoer moet jy gemaklik wees met sekere apparatuur wat jy sal gebruik. Die volgende bladsye toon sommige algemeen-gebruikte apparate en hoe hulle gebruik word.



Figuur 1.3: Die end van 'n liniaal.

Die meeste liniale het twee stelle lyntjies; ons werk net met die metrieke stelsel, dit is aan die kant van die liniaal waar die getalle naby mekaar voorkom. Die strepies wat hier die naaste aan mekaar is, dui millimeters aan, die dikker strepies is vir 5 mm en die dikker, langer strepies met getalle langs hulle merk elke 10 mm (1 cm).



Figuur 1.4: Lees van die termometer.

'n Termometer kan een of twee stelling getalle op hom hê. As daar twee stelling is, sal een die Celsius- en die ander die Fahrenheit temperatuurskaal wees. Ons gebruik die Celsiusskaal; ignoreer dus die Fahrenheitskaal. In Figuur 1.4 kan jy die regterkant ignoreer. As jy links kyk sal jy sien dat die rooi streep (hier gekleurde alkohol) langs die vierde streep bo 0 °C is. Elke klein strepie is 1 °C, dus is die temperatuur 4 °C.



Figuur 1.5: 'n Laboratorium tipe termometer.

Laboratorium-termometers is geskik vir temperature baie hoër as termometers wat gebruik word om liggaams- of lugtemperatuur mee te meet. Dit is belangrik om te verseker dat die termometer wat jy gebruik die temperatuur van jou eksperiment kan meet. Indien nie, moenie die termometer gebruik nie - dit sal breek. Maak ook seker dat die termometer vertikaal gehou word wanneer jy metings maak, om foutiewe metings te vermy.

► Sien video: [2BZQ](https://www.youtube.com/watch?v=2BZQ) op www.everythingscience.co.za



Figuur 1.6: 'n Skaal (ook genoem 'n balans).

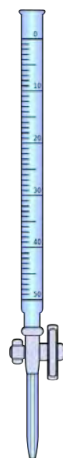
Verskillende skaal het verskillende funksies. 'n Basiese funksie van alle skaal is die **tarra** knoppie. Dit bring die skaal op sy nulpunt. Die skaal moet altyd daar wees voor dit vir metings gebruik word. As jy iets op 'n papier uitveeg moet jy die nulpunt instel met die papier op die skaal. Maak seker van die eenhede waarin die skaal meet. As jy wil hê die skaal moet akkuraat meet tot ,00 g dan moet jy seker maak dat die skaal dit kan doen. 'n Skaal wat meet in mg sal die beste wees.



Figuur 1.7: Die meniskus van water in 'n buret.

Die oppervlak van die water (die *meniskus*) is by die kante van die houer effens hoër as in die middel. Dit word veroorsaak deur die oppervlakspanning en die interaksie tussen die water en die rand van die houer (Figuur 1.7). Wanneer die volume in 'n buret gelees word (of ook 'n maatsilinder of 'n pipet) kyk na die onderkant van die meniskus. Die volume word daar gelees. In hierdie voorbeeld is die meniskus op die vyfde strepie onder die groot lyn wat 1 ml verteenwoordig. Dus is die volume 1,5 ml.

Dit is ook moontlik dat die vloeistof wat gemeet word groter interne kragte het as die kragte tussen die vloeistof en die houer. Dan is die meniskus hoër in die middel as langs die kante, en moet die bokant van die meniskus vir die volumelesing gebruik word.



Figuur 1.8: 'n Buret.

'n Maatsilinder word gebruik om volumes te meet tot die naaste milliliter of so. Dit is nie 'n baie akkurate manier om volumes te meet nie. Die volumes in die silinder word gemeet net soos in 'n buret, maar die verskil is dat die kleinste volumelesing onder is, en die grootste bo.



Figuur 1.9: 'n Maatsilinder vir water.

Daar is twee tipes pipette wat jy vanjaar sal leer ken. 'n Volumetriese pipet het 'n groot bol wat gemerk is met 'n vaste volume wat dit lewer. Bo die bol op hierdie pipet is 'n strepie. Vir 'n 5 ml pipet, wanneer die meniskus op hierdie strepie staan, is die volume van die vloeistof daarin 5 ml.

'n Gegradueerde pipet het merkies soos dié op 'n buret. Die bokant is 0 ml en die volume neem toe soos na onder beweeg word. In hierdie pipet moet mens die pipet vul tot naby die 0 ml strepie en die volume aanteken. Jy kan dan die gevraagde volume lewer deur te stop wanneer die vereiste volume uitgeloopt het.



Figuur 1.10: 'n 5 ml volumetriese pipet.



Figuur 1.11: 'n Gegradueerde pipet.

Uitvoering van eksperimente

ESFT3

'n Leerder het gewonder of die verdampingstempo van 'n stof met sy kookpunt verband hou. Nadat navorsing gedoen is, is daar beseft dat die kookpunt van 'n stof gekoppel is aan die intermolekulêre kragte binne die stof. Hulle weet dat groter intermolekulêre

kragte meer energie vereis om oorkom te word. Dit het hulle gebring by die volgende hipotese:

Hoe groter die intermolekulêre kragte van 'n stof hoe hoër die kookpunt. Dus, as 'n stof 'n hoër kookpunt het sal dit 'n laer verdampingstempo hê.

Voer die volgende eksperiment uit wat die leerder ontwerp het om die hipotese te toets.

Algemene eksperiment: Kookpunte en verdampingstempo: Deel 1

Doel:

Om te bepaal of die verdampingstempo van 'n stof verband hou met sy kookpunt.

Apparaat:

Jy sal die volgende items vir die eksperiment nodig kry:

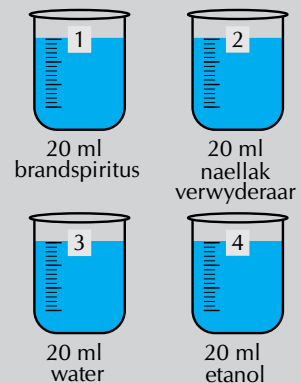
- 220 ml water, 20 ml brandspiritus, 20 ml naellak verwyderaar, 20 ml water, 20 ml etanol
- Een 250 ml beker, vier 20 ml bekere, 'n termometer, 'n stophorlosie of klok

Metode:

WAARSKUWING!

Alle alkohole is giftig, metanol (wat voorkom in brandspiritus) is buitengewoon giftig en kan blindheid, koma of dood veroorsaak. Wees uiters versigtig wanneer chemikalieë gehanteer word.

1. Plaas 200 ml water in die 250 ml beker en beweeg die beker na 'n sonkol. Plaas die termometer in die water.
2. Merk die vier 20 ml bekere met die nommers **1 - 4**.
3. Plaas 20 ml brandspiritus in beker 1, 20 ml naellak verwyderaar in beker 2, 20 ml water in beker 3 en 20 ml etanol in beker 4.
4. Verskuif die vier bekere versigtig na die warm sonkol.
5. Maak elke twee minute 'n waarneming. Teken elke keer die volume in die beker aan.
6. Hou vol met waarnemings vir 20 minute. Teken die volumes aan in 'n tabel.



Resultate:

- Skryf die resultate van jou ondersoek in 'n tabel soos die een hieronder.

Stof	Brandspiritus	Naellak verwyderaar	Water	Etanol
Kookpunt (°C)	78,5	56,5	100	78,4
Inisiële volume (ml)	20	20	20	20
2 min				
4 min				
6 min				

Om eksperimentele data te analiseer is dit dikwels nodig om die data om te skakel na verskillende voorstellings. Een so 'n voorstelling is 'n grafiek. 'n Paar voorbeelde word hier gegee.

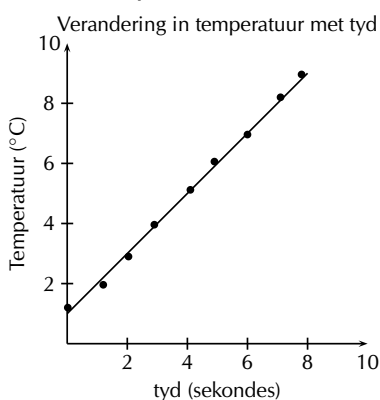
Hoe om grafieke in wetenskap te teken

ESFT5

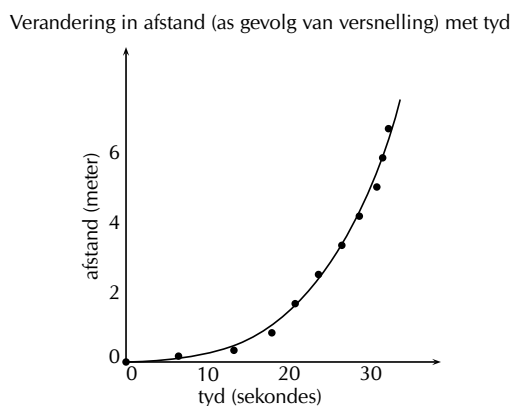
Vir alle grafieke wat gestip word van eksperimentele data is dit belangrik om te onthou om nie *die punte te verbind*. Data sal nooit 'n lyn of kurwe perfek pas nie. Herhaling van eksperimente kan gebruik word om afwykings in data uit te skakel. Die lyn wat getrek word na die stip van die punte moet 'n **beste passing van die lyn** wees wat gebruik kan word om verdere inligting meer akkuraat te bepaal.

Eienskappe van grafieke wat jy opstel:

- 'n Toepaslike skaal word vir elke as gebruik sodat die gestipte punte die grootste deel van die as/spasie gebruik (bepaal die rykwydte van die data, die hoogste en laagste waardes).
- Die skaal moet **dieselfde bly** langs die hele as en gerieflike intervale soos tiene, twintigs of vyftigs behoort gebruik te word. Gebruik grafiekpapier vir akkuraatheid.
- Elke as moet ge-etiketteer wees om te wys wat op die as is en moet die toepaslike eenhede in hakies aandui, bv. temperatuur ($^{\circ}\text{C}$), tyd (sekondes), hoogte (cm).
- Die onafhanklike veranderlike word gewoonlik gestip op die x-as, en die afhanklike veranderlike op die y-as.
- Elke punt het 'n x- en 'n y-koördinaat en word aangedui met 'n leesbare simbool, bv. 'n kruis of 'n sirkel.
- 'n Bestepas lyn word dan op die grafiek getrek.
- **Moet nie** die grafiek by die oorsprong begin nie, tensy daar 'n datapunt (0,0) is, of die bestepas lyn deur die oorsprong loop.
- Die grafiek moet 'n duidelike, beskrywende titel hê wat die verwantskap tussen die afhanklike- en onafhanklike veranderlikes aandui.
- As daar op die grafiek meer as een datastel voorkom moet verskillende kleure of simbole vir elke stel gebruik word en 'n sleutel gegee word wat die simbole definieer.
- Gebruik lyngrafieke wanneer die verwantskappe tussen die twee veranderlikes deurlopend is.
- Vir 'n lyngrafiek kan mens 'n bestepas lyn met 'n liniaal trek. Die aantal punte is redelik gelyk aan elke kant van die lyn versprei (sien Figuur 1.12).
- Vir 'n eksponensiële grafiek (wanneer die punte skynbaar 'n kromme volg) kan mens 'n bestepas kromme met die vryhand trek (sien 1.13)



Figuur 1.12: 'n Reguitlyn grafiek van die verandering in temperatuur met tyd.



Figuur 1.13: 'n Grafiek met 'n eksponensiële bestepas lyn.

Onthou dat sonder eenhede die meeste werk van wetenskaplikes betekenisloos sal wees. Ons gedagtes moet duidelik uitgedruk word en eenhede gee betekenis aan die getalle wat ons meet en bereken. Die getalle wat ons aandui hang af van die eenhede wat ons gebruik. So byvoorbeeld beteken 12 water niks. Dit kan 12 ml, 12 liter of selfs 12 bottels water wees. Eenhede is 'n essensiële deel van die taal wat ons gebruik. Eenhede moet dus gespesifiseer word wanneer ons fisiese hoeveelhede uitdruk.

Kwalitatiewe- en kwantitatiewe analise

ESFT6

Kwalitatiewe analise

In **kwalitatiewe** navorsing word na die kwaliteit van 'n stof gekyk: mens kyk hoe dit lyk in vergelyking met ander gevalle. Jy doen 'n diepte-analise van 'n spesifieke geval, en neem 'n ingeligte besluit oor soortgelyke gevalle.

Byvoorbeeld, 'n kwalitatiewe studie van die studiegewoontes van universiteitstudente kan slegs 'n paar mense betrek, of oor twintig.

Kwantitatiewe analise

In **kwantitatiewe** navorsingswerk kyk mens na spesifieke getalle. Jy bestudeer 'n groot groep (datamonster) en voer 'n statistiese analise van die groep uit, met kontrole-eksperimente, manipulasie van die veranderlikes en die modellering en analise van die data.

Byvoorbeeld, 'n kwantitatiewe studie van dieselfde studiegewoontes van universiteitstudente sou 'n groot getal mense insluit, vir statistiese relevansie. Die vrae wat gestel word sou insluit rou data van werklike studie-ure, en die mees produktiewe studietye. Hierdie datapunte sou dan ge-analiseer word deur gebruik van grafiese modelle.

Algemene eksperiment: Kookpunte en verdampingstempo: Deel 2

Resultate:

Noudat jy onthou hoe om grafieke te trek, gaan terug na die data wat jy verkry het vir die vorige eksperiment.

- Op dieselfde assestelsel, stip 'n grafiek van die volume (ml) versus die tyd (min) vir elke stof.

Analise van resultate of bespreking:

- Analiseer die gestipte resultate in die grafiek en in die tabel.
- Watter stof het die vinnigste afname in volume? Watter een het die stadigste afname?
- Bespreek of daar enige verwantskappe is tussen die onafhanklike (tyd) en afhanklike (volume) veranderlikes (watter tipe grafiek het jy opgestel?).
- Dit is belangrik om te soek vir patrone/tendense in jou grafieke of tabelle en dit duidelik in woorde te beskryf.
- Vergelyk die verskillende grafieke en die verskillende verdampingstempos met die kookpunte van die stowwe.

Evaluering van die resultate:

- Dit is waar die vraag beantwoord word *is die verdampingstempo van 'n stof verwant aan sy kookpunt?*
- Jy moet die resultate versigtig deurdink:
 - Was daar enige ongewone resultate? Indien wel moet dit bespreek word en

redes daarvoor gegee word.

- Bespreek hoe jy die geldigheid en die betroubaarheid van die ondersoek verseker het. Was dit 'n regverdige toets (geldigheid) en indien die eksperiment herhaal sou word, sou dieselde resultate verkry word (betroubaarheid)? Die beste manier om betroubaarheid te verseker is om die eksperiment verskeie kere te herhaal en die gemiddelde te verkry.
- Bespreek enige eksperimentele foute wat gedurende die eksperiment kon ingesluip het. Dit kan foute in die metodes en apparate insluit. Maak voorstelle oor wat die volgende keer verskillend gedoen kan word.
- Het die eksperiment kwalitatiewe of kwantitatiewe resultate opgelewer?

Gevolgtrekkings gebaseer op wetenskaplike getuienis

ESFT7

Algemene eksperiment: Kookpunte en verdampingstempo: Deel 3

Gevolgtrekking:

Jy het jou resultate, en die analise daarvan. Nou moet jy na jou hipotese terugkyk.

Die gevolgtrekking moet die resultate verbind met die doel en die hipotese. In 'n kort paragraaf, beskryf of dit wat waargeneem is die hipotese ondersteun of verwerp. As jou oorspronklike hipotese nie strook met die finale resultate van jou eksperiment nie, moenie die hipotese verander nie. Probeer in plaas daarvan verduidelik waarom jou hipotese verkeerd kon gewees het. Watter inligting wat jy nie oorspronklik gehad het nie, het veroorsaak dat jou voorspelling verkeerd was.

Aktiwiteit: Gevolgtrekkings en skeeftrekking

Lees die volgende uittreksel oor vooroordeel geneem uit radiology.rsna.org (01/09/13), en beantwoord die vrae wat volg:

Skeeftrekking is 'n vorm van 'n sistematiese fout wat wetenskaplike ondersoeke kan affekteer en die metingsproses kan verwring. 'n Skeefgetrekte studie verloor geldigheid in verhouding tot die skeeftrekking. Terwyl sommige studieplanne meer vatbaar is vir skeeftrekking, is dit universeel teenwoordig. Dit is moeilik of selfs onmoontlik om skeeftrekking totaal uit te skakel. In die proses om dit te doen, kan nuwe skeeftrekking insluip of 'n studie kan minder veralgemeenbaar gemaak word. Dus is die doel om skeeftrekking tot 'n minimum te beperk en vir beide navorsers en lesers nodig om die residuele effekte daarvan te begryp, en daardeur misinterpretasie en misbruik van data te beperk.

- In die lig van die bogenoemde aanhaling, waarom is dit belangrik vir jou om al jou eksperimentele parameters duidelik te stel?
- Waarom is dit belangrik om nooit te probeer om die data en die hipotese te laat pas nie?
- Kyk weer na die gevolgtrekkings wat jy gemaak het tydens jou eksperiment.
 - Is hulle skeefgetrek?
 - Het jy enige aannames gemaak wat gebaseer is op vooraf opgesette mening(s)?
 - Is die data aangebied op 'n duidelike, helder manier wat nie 'n leser dwing om saam te stem met jou gevolgtrekkings nie?

Aktiwiteit: Verskillende, maar aanvaarbare verduidelikings vir dieselfde stel eksperimentele data

Om skeeftrekking te vermy is dit belangrik om op verskillende maniere na dieselfde inligting te kan kyk, om seker te maak dat jou gevolgtrekking die mees logiese een is.

Verdeel in groepe van drie of vier en vergelyk die gevolgtrekkings wat gemaak is uit die kookpunt en verdampingstempo eksperiment, en beantwoord dan die vrae wat volg:

- Het iemand in die groep tot 'n ander gevolgtrekking as jou eie gekom? Indien wel, bespreek die meriete en tekortkominge van die verskillende gevolgtrekkings.
- Het jou gevolgtrekking ingepas by wat jy verwag het uit die hipotese?
- Kan jy dink aan enige ander verduideliking vir jou data?

Aktiwiteit: Ondersoek metodes van 'ken' of weet, gebruik deur nie-wetenskaplikes

Doen navorsing oor een van die volgende onderwerpe en dra jou bevindings oor aan die klas in 'n vyfminuut mondelinge aanbieding:

- Tradisionele medisynes.
- Navigasie en kennis van die seisoene, afkomstig van die sterre.

Ontwerp van 'n model

ESFT8

Soms is 'n sisteem te groot om bestudeer te word, of te moeilik om eksperimenteel na te boots. In sulke gevalle is dit moontlik om 'n model te ontwerp gebaseer op 'n kleiner sisteem, waarop die data waargeneem vir die groter sisteem, pas. Hier is sommige sleutelfeite om te onthou wanneer 'n model ontwerp word:

- 'n Model is 'n toetsbare idee wat 'n groot sisteem beskryf wat self nie maklik toetsbaar is nie.
- Die model moet in staat wees om soveel waarnemings as moontlik van die groot sisteem te verklaar, en nogtans relatief eenvoudig wees.

'n Voorbeeld van 'n model was die sferiese model van die Aarde, liewer as 'n plat een.

- Baie opgevoede mense van die laat 1400's het geweet die aarde kon nie plat wees nie op grond van waarnemings wat nie daarby gepas het nie. 'n Sferiese Aarde model is voorgestel, wat toetsbaar was op 'n klein skaal.
- Die model het baie voorheen onverklaarde verskynsels (soos dat skepe skynbaar *sink* agter die horison, afgesien van die rigting waarin hulle gevaar het) opgeklaar.
- Die model is verder bevestig deur die vorm van die Aarde se skaduwee op die maan gedurende maansverduisteringe.

1.4 Laboratorium veiligheidsprosedures

ESFT9

Laboratoriums het reëls wat afgedwing word as veiligheidsmaatreëls. Hulle is:

- Voor 'n wetenskaplike eksperiment in 'n laboratorium uitgevoer word, maak seker jy weet waar die brandblussers is, en die emmer met sand wat ook nodig mag wees om 'n brand te blus.
- Jy is verantwoordelik vir jou eie en ander mense se veiligheid in die laboratorium. Moet nooit alleen eksperimente uitvoer nie.

- Maak seker dat jy toepaslike kleredrag aan het wanneer jy naby chemikalieë werk.
 - hare teruggebind
 - geen los of ontlambare klere
 - toe skoene
 - handskoene
 - skermbril
- Moenie in die laboratorium eet of drink nie, of laboratorium glasware vir die doel gebruik nie.
- Wees altyd verantwoordelik in die laboratorium. Moenie rondhardloop en grappies maak nie. Gaan altyd die veiligheidsdata na van chemikalieë wat jy gaan gebruik. Moenie ruik, proe of raak aan chemikalieë tensy versoek om dit te doen nie. Moenie chemikalieë uit die laboratorium wegdra nie.
- Voer slegs die eksperimente uit waarvoor jy instruksies ontvang van jou onderwyser. Moet nooit chemikalieë vir die pret meng nie. Volg die instruksies nougeset. Moenie stappe omruil of dinge in 'n verskillende orde probeer nie.
- Om vloeistowwe of poeiers van een na 'n ander houer oor te plaas moet versigtig gewerk word. Wanneer daar gemors word moet die onderwyser dadelik geroep word om met die opruiming te help.
- Sterk sure moet met groot sorg gehanteer word. 'n Goeie veiligheidsmaatreël is om 'n oplossing van natriumbikarbonaat byderhand te hou om stortings so gou doenlik te neutraliseer. As jy op jouself mors, was die area met baie water en soek mediese aandag. Moet nooit water by suur voeg nie; voeg altyd die suur by die water.
- Wanneer gewerk word met gevaarlike gasse of chemikalieë, werk in 'n dampkas. Werk altyd in 'n goedgeventileerde area.
- As jy chemikalieë moet ruik, plaas die houer op 'n laboratoriumbank en gebruik jou hand om die dampe saggies in jou rigting te waai.
- Wees wakker en versigtig wanneer chemikalieë, warm glasware, ensovoorts gehanteer word. Moenie ooit dik glasware verhit nie - dit sal breek.
- Wanneer 'n Bunsenbrander aangesteek word, gebruik die regte prosedure: sorg dat die rubberpyp goed aan die gaslyn geheg is, hou jou vuurhoutjies reg, draai die gaskraan oop, steek die vuurhoutjie en die gas aan. Moenie die brander en gas sonder toesig laat nie.
- Wanneer stowwe in 'n proefbuis verhit word, moenie oorverhit nie. Hou altyd die bek van die buis weg van jouself en die mense in die omgewing.
- Vra jou onderwyser hoe om van afvalstowwe ontslae te raak. Daar word nooit met chemikalieë in die wasbak weggedoen nie.
- Maak seker dat alle Bunsenbranders aan die einde van 'n praktiese sessie toe is en houters van chemikalieë dig toe is.

Gevaardata

ESFTB

Voor enige eksperiment begin word, doen navorsing oor die materiale en stowwe wat jy gaan gebruik in die eksperiment. Laboratorium chemikalieë kan gevaarlik wees, en jy behoort die veiligheidsdata biljette te lees voor jy daarmee werk. Die biljette kan gevind word by <http://www.msds.com/>.

Voor jy werk met 'n chemiese stof, moet jy ook seker maak jy weet hoe om van chemiese stowwe ontslae te raak, en of die fasiliteite daarvoor beskikbaar is. Baie chemikalieë kan gewoon nie in die wasbak afgespoel word nie. As jy hierdie eenvoudige aanwysings volg kan jy veilig eksperimente in die laboratorium uitvoer sonder om jouself en ander mense om jou in gevaar te stel.

Momentum en impuls

2.1	<i>Inleiding</i>	20
2.2	<i>Momentum</i>	21
2.3	<i>Hersien Newton se tweede wet</i>	30
2.4	<i>Behoud van momentum</i>	35
2.5	<i>Impuls</i>	53
2.6	<i>Fisika in aksie: Impuls</i>	62
2.7	<i>Hoofstukopsomming</i>	65

2.1 Inleiding

ESFTC

In Graad 10 het ons beweging bestudeer, maar nie wat hierdie beweging veroorsaak nie. In Graad 11 het ons geleer oor kragte en hoe hulle die beweging van 'n voorwerp kan beïnvloed. In hierdie hoofstuk sal ons fokus op wat gebeur wanneer twee voorwerpe 'n kontakinteraksie het en hoe hul beweging beïnvloed word. Ons leer meer oor hoe die krag en beweging verband hou. Ons word ook bekendgestel aan twee nuwe begrippe, momentum en impuls.

Ons kan begin deur te kyk na 'n paar scenarios om die inhoud te verduidelik. Meeste mense het 'n tipe aanvoeling vir fisika, gebaseer op hul alledaagse ervarings maar het dit nog nie geformuleer nie. Ons kan ons intuïtiewe antwoorde gebruik om te lei na meer geordende denke oor fisiese gebeure.

Almal het al gewaar hoe 'n muskiet op hul arm beland sonder dat jy agterkom. Gestel 'n valk wat land op jou arm (ignoreer vir nou eers die skerp kloue). Jy sal beslis agterkom, nie waar nie? Wat maak 'n muskiet anders as 'n valk? Sou jy agterkom as 'n muskiet vlieg soos 'n valk, of as 'n valk die vlug van 'n muskiet naboots voordat dit land? Jy sou waarskynlik steeds agterkom, maar wat maak hulle so verskillend?



Kyk na 'n motorfiets, motor en vragmotor. Watter een van hulle sal minder skade ly in 'n botsing, en hoekom? Watter faktore sou jy verander om die potensiele skade te verminder?



Die faktore wat hierdie situasies beïnvloed is hulle spoed en hulle massa. 'n Valk wat beweeg teen dieselfde spoed as 'n muskiet het steeds 'n veel groter massa. Selfs as 'n muskiet en die valk ewe vinnig beweeg het, sou die muskiet ons steeds nie gepla het nie, aangesien die muskiet se massa so klein is.

As die motorfiets, motor en vragmotor almal teen dieselfde spoed beweeg, dan sou dit veiliger wees om teen 'n motorfiets te bots. Die vragmotor hoef nie so vinnig soos 'n motorfiets te beweeg om 'n groot impak te kan hê op die botsing nie as gevolg van sy groot massa.

Waarom word die Maan se wentelbaan nie werklik beïnvloed wanneer dit deur 'n asteroïed getref word nie? Daar is 'n wisselwerking tussen massa en spoed (snelheid om presies te wees) wat bepaal wat sou gebeur indien hierdie voorwerpe in kontak kom met 'n ander voorwerp. Daar is twee elemente wat afhanklik is van massa en snelheid, kinetiese energie en momentum. Ons het al voorheen van kinetiese energie geleer. Momentum is anders as kinetiese energie en is waarop ons sal fokus in die eerste deel van hierdie hoofstuk. In die tweede deel sal ons kyk na die verskille tussen kinetiese energie en momentum.



WENK

Momentumoordrag vereis nie 'n kontakinteraksie nie, maar ons gaan nie in hierdie hoofstuk kyk na enige nie-kontakinteraksies nie.

2.2 Momentum

ESFTD

Momentum is 'n fisiese hoeveelheid wat verband hou met kragte. Momentum is 'n eienskap wat van toepassing is op bewegende voorwerpe, tewens dit is massa in beweging. Indien iets 'n massa het en dit beweeg het dit momentum.

DEFINISIE: *Momentum*

Die liniêre momentum van 'n partikel (voorwerp) is 'n vektor hoeveelheid en gelyk aan die produk van die massa van die partikel (voorwerp) en sy snelheid.

Die momentum (simbool $\vec{p}$) van 'n voorwerp van massa m wat beweeg teen snelheid v is: $\vec{p} = m\vec{v}$

Momentum is direk eweredig aan beide die massa en snelheid van 'n voorwerp. 'n Klein motor wat beweeg teen dieselfde snelheid as 'n groot vrugmotor sal 'n kleiner momentum hê as die vrugmotor. Hoe kleiner die massa, hoe kleiner die momentum teen 'n konstante snelheid. Indien die massa 'n konstante is, sal die momentum vergroot as die snelheid verhoog. Die momentum sal altyd in dieselfde rigting wees as die snelheid omdat massa 'n skalaar is en nie 'n vektor nie.

Momentum as 'n vektor

ESFTF

'n Motor wat beweeg teen $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ sal 'n groter momentum hê as dieselfde motor wat beweeg teen $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Momentum hou ook verband met snelheid; hoe kleiner die snelheid, hoe kleiner die momentum.

Verskillende voorwerpe kan ook dieselfde momentum hê, byvoorbeeld 'n motor wat stadig beweeg kan dieselfde momentum hê as 'n motorfiets wat relatief vinnig beweeg. Ons kan dit maklik demonstreer.

WENK

'n Vektor vermenigvuldig met 'n skalaar het dieselfde rigting as die oorspronklike vektor, maar die grootte word geskaal deur die vermenigvuldigingsfaktor.

Oorweeg 'n motor met 'n massa 1000 kg met 'n snelheid van $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (ongeveer $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) oos. Die momentum van die motor is dus:

$$\begin{aligned}\vec{p} &= m\vec{v} \\ &= (1000)(8) \\ &= 8000 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ oos}\end{aligned}$$

Oorweeg nou 'n motorfiets, ook besig om oos te beweeg, met 'n massa 250 kg wat teen $32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ beweeg (ongeveer $115 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Die momentum van die motorfiets is:

$$\begin{aligned}\vec{p} &= m\vec{v} \\ &= (250 \text{ kg})(32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}) \\ &= 8000 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ oos}\end{aligned}$$

Selfs al is die motorfiets se massa minder as van die motor, beteken die feit dat die motorfiets soveel vinniger as die motor beweeg dat die momentum van beide voertuie dieselfde is.

Vanuit die berekeninge hierbo, kan jy aflei dat die eenheid vir momentum $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ is.

Momentum is ook 'n vektorhoeveelheid, aangesien dit die produk is van 'n skalaar (m) en 'n vektor ($\vec{v}$).

Dit beteken dat wanneer ons die momentum van 'n voorwerp bereken, ons altyd die rigting van die momentum moet insluit.

► Sien video: [2BZR](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Uitgewerkte voorbeeld 1: Momentum van 'n sokkerbal

VRAAG

'n Sokkerbal met massa 420 g word teen $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ geskop na die doelhok. Bereken die momentum van die bal.



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee word en word gevra

Inligting gegee:

- die massa van die bal, en
- die snelheid van die bal.

Die massa van die bal moet omgeskakel word na SI eenhede. $420 \text{ g} = 0,42 \text{ kg}$

Ons word gevra om die momentum van die bal te bereken. Vanaf die definisie van momentum, $\vec{p} = m\vec{v}$ sien ons dat ons die massa en snelheid wat benodig word, gegee word.

Stap 2: Doen die berekening

Bereken die grootte van die momentum van die bal,

$$\begin{aligned}\vec{p} &= m\vec{v} \\ &= (0,42)(20) \\ &= 8,40 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\end{aligned}$$

Stap 3: Gee die finale antwoord

Ons gee die antwoord wat die rigting van beweging insluit, $\vec{p} = 8,40 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ in die rigting van die doelhok.

Uitgewerkte voorbeeld 2: Momentum van 'n krieketbal

VRAAG

'n Krieketbal met massa 160 g word teen $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ geboul na die kolwer. Bereken die momentum van die krieketbal.



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee word en wat gevra word

Gegee

- die massa van die bal ($m = 160 \text{ g} = 0,16 \text{ kg}$), en
- die snelheid van die bal ($\vec{v} = 40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na die kolwer)

Om die momentum te bereken gebruik ons $\vec{p} = m\vec{v}$.

Stap 2: Doen die berekening

$$\begin{aligned}\vec{p} &= m\vec{v} \\ &= (0,16)(40) \\ &= 6,4 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \\ &= 6,4 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ in die rigting van die kolwer}\end{aligned}$$

Stap 3: Gee die finale antwoord

Die momentum van die krieketbal is $6,4 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ in die rigting van die kolwer.

Uitgewerkte voorbeeld 3: Momentum van die Maan

VRAAG

Die middelpunt van die Maan is ongeveer 384 400 km weg van die middelpunt van die Aarde en wentel om die Aarde in 27,3 dae. As die Maan 'n massa van $7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$ het, wat is die grootte van sy momentum (gebruik die definisie gegee in hierdie hoofstuk) as dit in 'n sirkelvormige wentelbaan beweeg? Die werklike momentum van die Maan is meer kompleks, maar ons dek dit nie in hierdie hoofstuk nie.



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee word en wat gevra word

Gegee

- die massa van die Maan ($m = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$)
- die afstand na die Maan ($384\,400 \text{ km} = 384\,400\,000 \text{ m} = 3,844 \times 10^8 \text{ m}$)
- die tyd vir een omwenteling van die Maan ($27,3 \text{ dae} = 27,3 \times 24 \times 60 \times 60 = 2,36 \times 10^6 \text{ s}$)

Ons word gevra om slegs die grootte van die momentum van die maan te bereken (m.a.w. ons hoef nie 'n rigting aan te dui nie). Om dit te kan doen benodig ons die massa en grootte van die snelheid van die Maan, aangesien $\vec{p} = m\vec{v}$.

Stap 2: Vind die grootte van die snelheid van die maan

Die grootte van die gemiddelde snelheid is dieselfde as die spoed. Dus: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Ons word die tyd gegee wat dit die Maan neem vir een omwenteling, maar nie hoe ver dit beweeg in daardie tyd nie. Ons kan dit egter uitwerk met die afstand na die Maan en die feit dat die Maan 'n sirkelvormige wentelbaan het.

Deur gebruik te maak van die vergelyking vir die omtrek, C , van 'n sirkel in terme van sy radius, kan ons bepaal wat die afstand is wat die Maan beweeg in een omwenteling:

$$\begin{aligned} C &= 2\pi r \\ &= 2\pi (3,844 \times 10^8) \\ &= 2,42 \times 10^9 \text{ m} \end{aligned}$$

Met 'n kombinasie van die afstand wat die Maan beweeg in een omwenteling en tyd wat die Maan neem om die omwenteling te voltooi, kan ons bepaal wat die grootte van die Maan se snelheid of spoed is,

$$\begin{aligned} v &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= \frac{C}{T} \\ &= \frac{2,42 \times 10^9 \text{ m}}{2,36 \times 10^6 \text{ s}} \\ &= 1,02 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}. \end{aligned}$$

Stap 3: Ten slotte doen die bereken en gee die antwoord

Die grootte van die Maan se momentum is:

$$\begin{aligned} \vec{p} &= m\vec{v} \\ p &= mv \\ &= (7,35 \times 10^{22}) (1,02 \times 10^3) \\ &= 7,50 \times 10^{25} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Die grootte van die momentum van die Maan is $7,50 \times 10^{25} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Soos ons gesê het is momentum 'n vektorhoeveelheid. Aangesien momentum 'n vektor is, moet die tegnieke vir die optel van vektore soos beskryf in [Vektore en skalare in Graad 10](#) gebruik word wanneer daar met momentum gewerk word.

Verandering in momentum

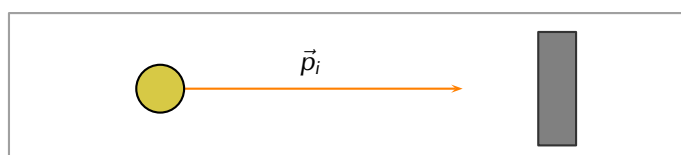
ESFTG

Partikels of voorwerpe kan bots met ander partikels of voorwerpe. Ons weet dat dit gereeld hul snelheid (en moontlik hul massa) kan verander, wat hul momentum moontlik kan verander. Later word hierdie botsings in meer besonderhede bespreek, maar ons begin deur te kyk na die detail van die verandering in momentum van 'n enkel partikel of voorwerp.

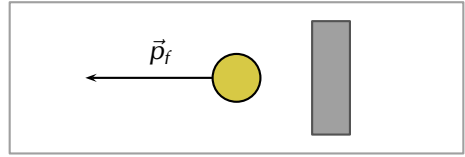
Geval 1: Voorwerp bons vanaf 'n muur

Laat ons begin met 'n eenvoudige prentjie. 'n Bal met massa, m , beweeg met aanvanklike snelheid, $\vec{v}_i$, regs na 'n muur.

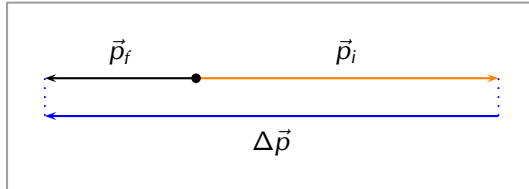
Dit sal momentum $\vec{p}_i = m\vec{v}_i$ na regs hê soos in hierdie skets aangedui:



Die bal bons vanaf die muur. Dit sal nou beweeg na links, met dieselfde massa, maar met 'n ander snelheid, $\vec{v}_f$ en verskillende momentum, $\vec{p}_f = m\vec{v}_f$, soos aangedui in hierdie diagram:



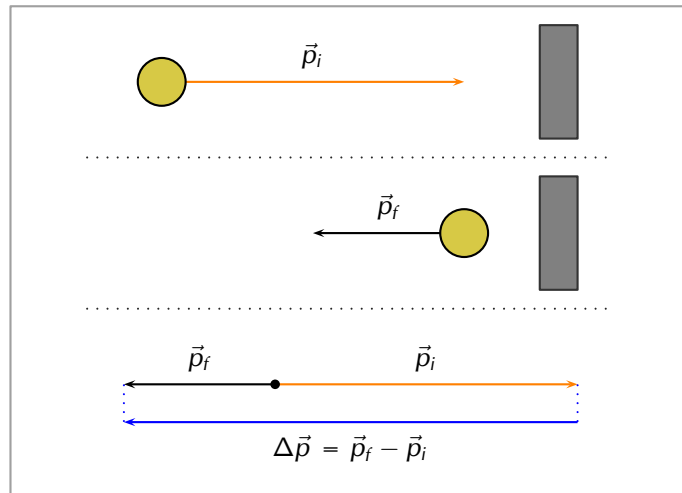
Ons weet die finale momentum die vektorsom moet wees van die oorspronklike momentum vektor en die verandering in die momentumvektor, $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$. Dit beteken dat, met behulp van stert-na-kop vektoroptelling, $\Delta\vec{p}$ die vektor is wat begin by die kop van $\vec{p}_i$ en eindig by die kop van $\vec{p}_f$ soos getoon in hierdie diagram:



Ons weet ook vanaf algebraïese som van vektore, dat:

$$\begin{aligned}\vec{p}_f &= \vec{p}_i + \Delta\vec{p} \\ \vec{p}_f - \vec{p}_i &= \Delta\vec{p} \\ \Delta\vec{p} &= \vec{p}_f - \vec{p}_i\end{aligned}$$

As ons dit alles bymekaar voeg, kan ons die volgorde en verandering in momentum in een diagram aantoon:



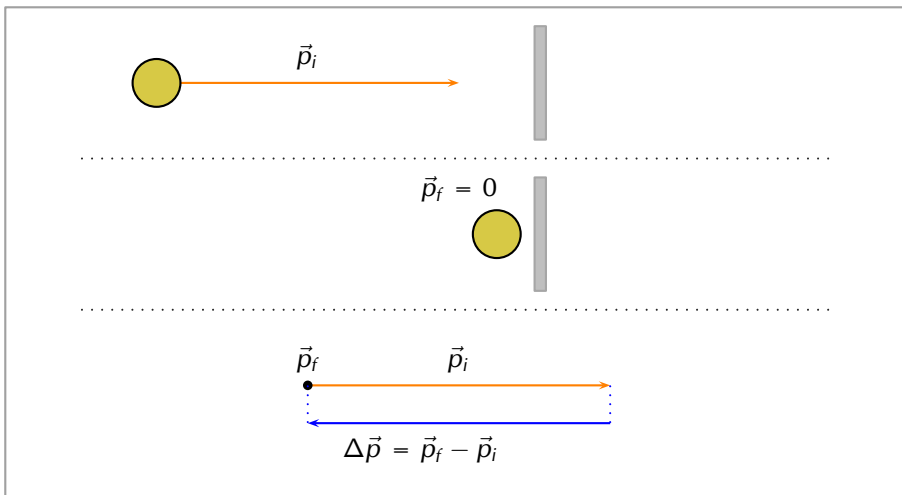
Ons het sopas die geval van 'n voorwerp wat bons gewys. Daar is 'n paar ander gevalle wat ons kan gebruik om die basiese eienskappe te illustreer, maar dit berus op dieselfde beginsel.

Geval 2: Voorwerp wat tot stilstand kom



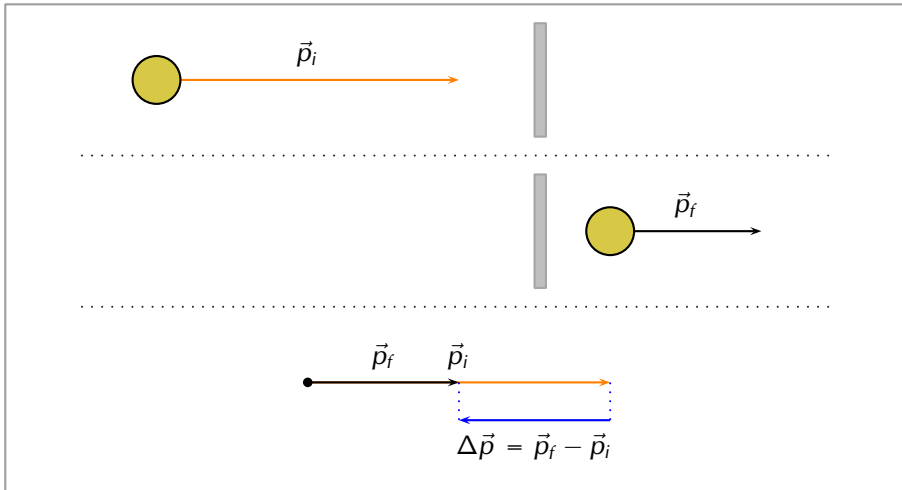
In sommige scenarios sal die voorwerp tot 'n stilstand (rus) kom. 'n Voorbeeld van so 'n geval is 'n tennisbal wat 'n net tref. Die net stop die bal, maar die bal bons nie terug nie. Op die oomblik voor dit na die grond val is die snelheid nul.

Hierdie scenario word in die diagram beskryf:



Geval 3: Voorwerp beweeg stadiger

Hier beweeg die voorwerp steeds in dieselfde rigting, maar stadiger. Dit kan byvoorbeeld gebeur wanneer 'n bal 'n venster tref en daardeur gaan, of 'n voorwerp wat op 'n wrywinglose oppervlak gly en dan 'n growwe stukkie bereik voordat dit verder oor die wrywinglose deel gly.



Belangrik: Let op dat alhoewel die momentum in dieselfde rigting bly, is die verandering in momentum in die teenoorgestelde rigting, omdat die grootte van die finale momentum minder is as die grootte van die aanvanklike momentum.

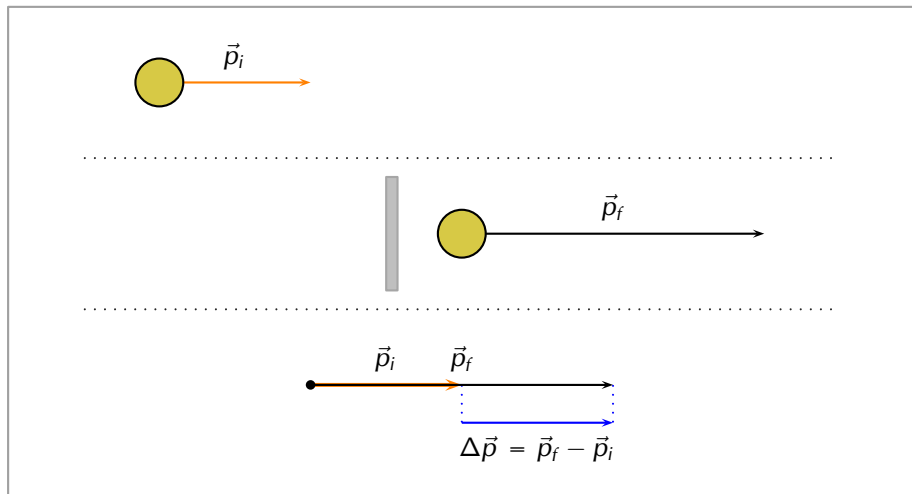
Geval 4: Voorwerp ondervind 'n eksterne krag

In hierdie geval is daar 'n wisselwerking tussen die voorwerp wat die snelheid verhoog, sonder om sy rigting te verander. In muurbal kan die bal byvoorbeeld van 'n agtermuur

terugwip na die voorste muur, waarna 'n speler dit met sy raket in dieselfde rigting kan slaan, wat die snelheid verhoog.



Indien ons hierdie scenario op dieselfde wyse analiseer as in die eerste drie gevalle, sal dit só lyk:



Geval 5: Vertikale terugbons

BELANGRIK!

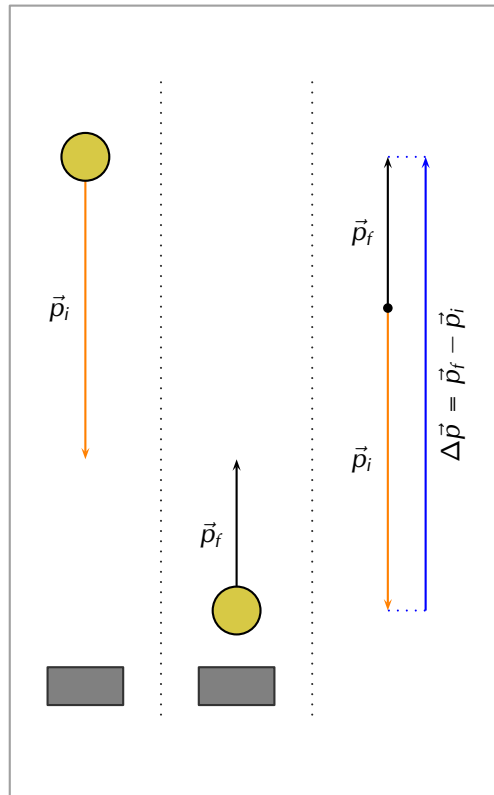
Vir hierdie verduideliking gaan ons die effek van gravitasie ignoreer. Dit is nie baie akkuraat nie, maar ons sal in die volgende hoofstuk meer oor die rol van gravitasie in hierdie scenario leer.

Alle voorbeelde wat ons tot nou toe gewys het, was in die horisontale rigting. Dit is bloot toevallig, want hierdie benadering geld vir horisontale én vertikale gevalle. Dit geld as 't ware vir enige geval waar die aanvanklike- en finale vektore op dieselfde lyn lê, oftewel enige eendimensionele (1D) probleem. In hierdie hoofstuk sal ons slegs 1D-gevalle hanteer.

Oorweeg 'n basketbalspeler wat 'n bal bons.



Om hierdie punt duidelik te illustreer, kyk na die volgende analise van 'n bal wat van die vloer af bons:



Oefening 2 – 1:

1.
 - a) Die vinnigste aangetekende aflewering vir 'n krieketbal is $161,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Dit deur Shoaib Akhtar van Pakistan geboul in 'n wedstryd teen Engeland, tydens die Krieket-Wêreldbekertoernooi van 2003 in Suid-Afrika. Bereken die bal se momentum indien dit 'n massa van 160 g het.
 - b) Die vinnigste afslaan in tennis deur 'n man is $246,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Hierdie rekord is deur Andy Roddick van die Verenigde State van Amerika in 2004 tydens 'n wedstryd in Londen opgestel. Bereken die bal se momentum indien dit 'n massa van 58 g het.
 - c) Die vinnigste afslaner in die vrouespel is Venus Williams van die Verenigde State van Amerika wat in 1998 'n hou van $205 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ tydens 'n wedstryd in Switzerland kon afslaan. Bereken die momentum van die bal indien dit 'n massa van 58 g het.
 - d) Indien jy Shoaib, Andy of Venus as 'n teenstaander moes kies en nie seer wil kry nie, wie sal jy kies op grond van die momentum van elke bal?
2. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2BZS](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

In die vorige afdeling het ons 'n aantal scenario's bekyk waar die momentum van 'n voorwerp verander, maar ons het nie na die besonderhede van wát die verandering veroorsaak het gekyk nie. Ons weet dat dit in elke geval in aanraking moes kom met iets wat 'n krag daarop moes uitoefen. In Graad 11 het ons baie oor kragte geleer, en nou kan ons dit gebruik.

Jy het in Graad 11 baie oor Newton se bewegingswette geleer. Ons weet dat 'n voorwerp sal aanhou om teen 'n konstante snelheid te beweeg tensy 'n resultante of netto krag daarop inwerk. Indien geen resultante of netto krag dus daarop inwerk nie, sal die momentum ook nie verander nie.

Newton se tweede wet van beweging word in sy algemene vorm gedefinieer as momentumverandering waar massa en snelheid kan verander. Ons gaan gevalle bespreek waar of massa of snelheid kan verander.

DEFINISIE: Newton se tweede bewegingswet (N2)

Die netto of resultante krag wat op 'n liggaam inwerk is gelyk aan die tempo waarteen sy momentum verander.

Wiskundig kan Newton se tweede wet gegee word as: $\vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$

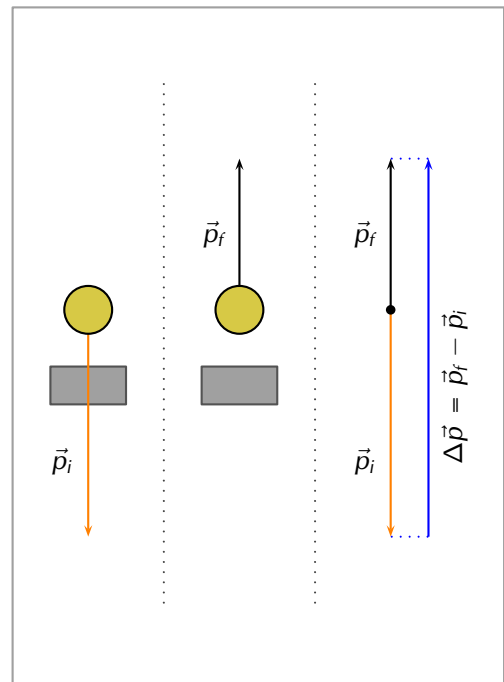
Indien 'n krag op 'n liggaam met 'n konstante massa uitgeoefen word, dan beskryf Newton se tweede wet die verhouding tussen die beweging van 'n liggaam en die netto krag op die liggaam deur:

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}_{net}$$

Omdat 'n netto krag veroorsaak dat 'n liggaam sy beweging verander kan ons dus ook sê dat dit sy momentum verander.

$$\begin{aligned}\vec{F}_{net} &= m\vec{a}_{net} \\ \vec{F}_{net} &= m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \\ \vec{F}_{net} &= \frac{m\Delta \vec{v}}{\Delta t} \\ \vec{F}_{net} &= \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}\end{aligned}$$

Kom ons pas dit nou op die laaste geval van die vorige afdeling toe. 'n Tennisbal (massa = 0,1 kg) word laat val en tref die vloer met 'n afwaartse snelheid van $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Die bal bons opwaarts met 'n snelheid van $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Voordat die bal die vloer tref is die aanvangsmomentum $\vec{p}_i$, wanneer dit wegbeweeg van die vloer af is die finale momentum $\vec{p}_f$.



Daar kan aan die sprong op die vloer gedink word as 'n soort botsing wat plaasvind, met die vloer wat 'n krag op die tennisbal uitoefen om sy momentum te verander.

Onthou: Momentum en snelheid is vektore, so ons moet 'n positiewe rigting kies. Vir hierdie voorbeeld kies ons die aanvanklike rigting van beweging as positief, oftewel afwaarts is positief.

$$\begin{aligned}\vec{p}_i &= m\vec{v}_i \\ &= (0,1)(+5) \\ &= 0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ afwaarts}\end{aligned}$$

Wanneer die bal terugspring verander dit van rigting. Die eindsnelheid sal dus 'n negatiewe waarde hê omdat dit in die negatiewe rigting is. Die momentum ná die sprong kan as volg bereken word:

$$\begin{aligned}\vec{p}_f &= m\vec{v}_f \\ &= (0,1)(-3) \\ &= -0,3 \\ &= 0,3 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ opwaarts}\end{aligned}$$

Kom ons kyk nou wat gebeur met die momentum van die tennisbal. Die momentum verander tydens die terugbons.

Ons hou by ons aanvanklike keuse dat afwaarts positief is. Dit beteken dat die eind-momentum 'n negatiewe waarde sal wees.

$$\begin{aligned}\Delta\vec{p} &= \vec{p}_f - \vec{p}_i \\ &= m\vec{v}_f - m\vec{v}_i \\ &= (-0,3) - (0,5) \\ &= -0,8 \\ &= 0,8 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ opwaarts}\end{aligned}$$

Jy sal waarneem dat hierdie getal groter is as die vorige momentums wat ons bereken het. Dit is egter reg, want die verandering die beginmomentum moet uitgekanselleer word en dan nog steeds gelyk wees aan die eindmomentum en die beginmomentum.

Uitgewerkte voorbeeld 4: Verandering in momentum

VRAAG

'n Tennisbal met 'n massa van 58 g tref 'n muur loodreg met 'n snelheid van $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dit spring terug met 'n snelheid van $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Bereken die verandering wat die muur in die momentum van die tennisbal veroorsaak.

OPLOSSING

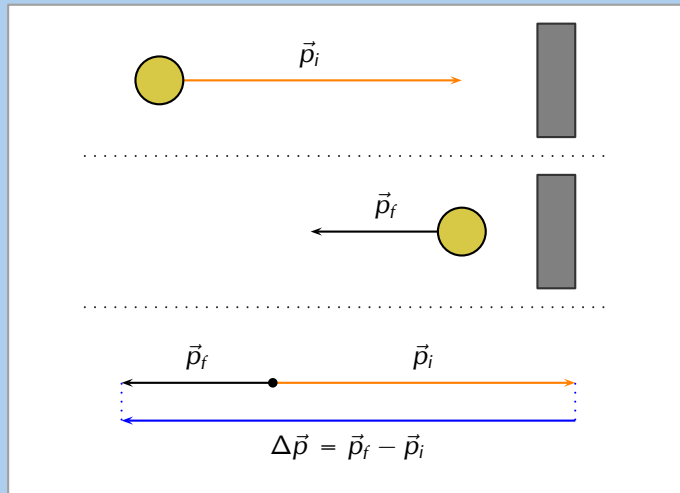
Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee is en wat gevra word

Die vraag gee duidelike getalle wat ons identifiseer en na SI-eenhede omskakel:

- die bal se massa ($m = 58 \text{ g} = 0,058 \text{ kg}$),
- die bal se aanvangsnelheid van ($\vec{v}_i = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) na die muur toe en
- die bal se eindsnelheid van ($\vec{v}_f = 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) weg van die muur af

Ons word gevra om die verandering in momentum van die bal te bereken,

$$\Delta \vec{p} = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$



Ons het alles wat ons nodig het om $\Delta \vec{p}$ te bepaal. Aangesien die beginmomentum in die rigting van die muur is en die eindmomentum vanaf die muur is, kan ons die algebraïese metode van aftrekking gebruik wat in Vektore bespreek is tydens Graad 10.

Stap 2: Kies 'n verwysingsraamwerk

Kom ons kies na die muur as die positiewe rigting.

Stap 3: Doen die berekening

$$\begin{aligned}\Delta \vec{p} &= m\vec{v}_f - m\vec{v}_i \\ &= (0,058)(-8) - (0,058)(+10) \\ &= (-0,46) - (0,58) \\ &= -1,04 \\ &= 1,04 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ weg van die muur af}\end{aligned}$$

Stap 4: Gee die finale antwoord

Die verandering in momentum is $1,04 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ weg van die muur.

Uitgewerkte voorbeeld 5: Verandering in momentum

VRAAG

'n Rubberbal met 'n massa van $0,8 \text{ kg}$ word laat val en tref die vloer met 'n beginsnelheid van $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dit spring terug met 'n eindsnelheid van $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Bereken die bal se momentumverandering wat deur die vloer veroorsaak is.

OPLOSSING

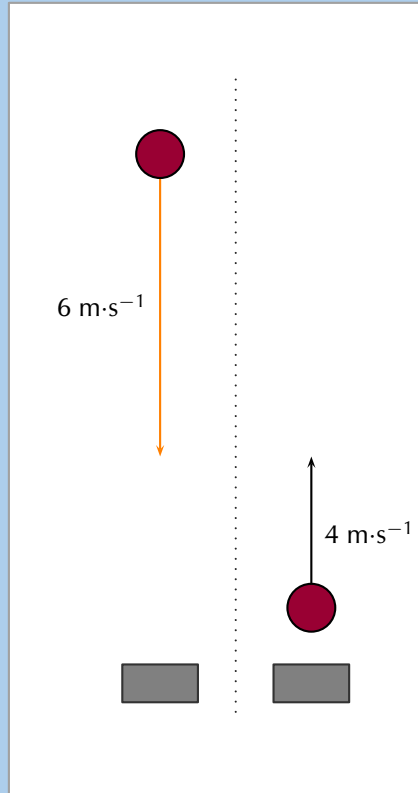
Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee is en wat gevra word

Die vraag gee duidelike waardes wat ons kan identifiseer en na SI-eenhede omskakel:

- die bal se massa ($m = 0,8 \text{ kg}$),
- die bal se beginsnelheid ($\vec{v}_i = 6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) afwaarts en
- die bal se eindsnelheid ($\vec{v}_f = 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) opwaarts

Die vraag is om die bal se momentumverandering te bereken.

$$\Delta \vec{p} = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$



Stap 2: Doen die berekening

Kies afwaarts as die positiewe rigting.

$$\begin{aligned}\Delta \vec{p} &= m\vec{v}_f - m\vec{v}_i \\ &= (0,8)(-4) - (0,8)(+6) \\ &= (-3,2) - (4,8) \\ &= -8 \\ &= 8,0 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ opwaarts}\end{aligned}$$

Stap 3: Gee die finale antwoord

Die verandering in momentum is $8,0 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ opwaarts.

Uitgewerkte voorbeeld 6: Verandering in momentum

VRAAG

Die voorgeskrewe massa van 'n muurbal balletjie is 24 g. Tydens 'n potjie muurbal wip die balletjie terug vanaf die agterste muur na die voorste muur teen $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ voordat 'n speler dit met sy raket slaan. Dit beweeg teen $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ nadat dit geslaan is. Wat is die momentumverandering?

OPLOSSING

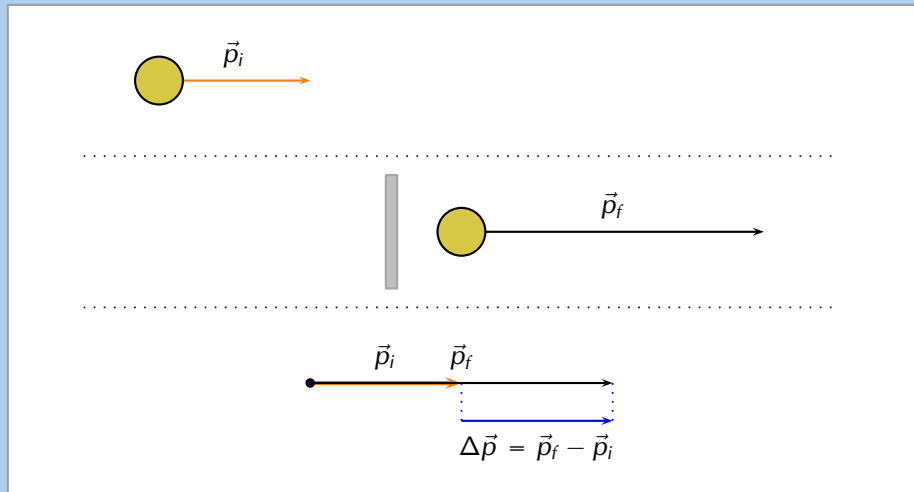
Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee is en wat gevra word

Die vraag gee duidelike waardes wat ons kan identifiseer en na SI-eenhede omskakel:

- die bal se massa ($m = 24 \text{ g} = 0,024 \text{ kg}$),
- die bal se beginsnelheid na die voorste muur ($\vec{v}_i = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) en
- die bal se eindsnelheid na die voorste muur ($\vec{v}_f = 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Daar word gevra om die momentumverandering van die bal te bereken,

$$\Delta \vec{p} = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$



$\Delta \vec{p}$ kan nou bepaal word.

Stap 2: Kies 'n verwysingsraamwerk

Kom ons kies die beweging na die voorste muur toe as die positiewe rigting.

Stap 3: Doen die berekening

$$\begin{aligned}
 \Delta \vec{p} &= m\vec{v}_f - m\vec{v}_i \\
 &= (0,024)(20) - (0,024)(+1) \\
 &= (0,48) - (0,024) \\
 &= 0,456 \\
 &= 0,46 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ na die voorste muur}
 \end{aligned}$$

Stap 4: Gee die finale antwoord

Die verandering in momentum is $0,46 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ na die voorste muur.

Oefening 2 – 2:

1. Watter uitdrukking beskryf 'n liggaam se verandering in momentum noukeurig?

a) $\frac{\vec{F}}{m}$

- b) $\frac{\vec{F}}{\Delta t}$
 c) $\vec{F} \cdot m$
 d) $\vec{F} \cdot \Delta t$

2. 'n Bal met massa 100 g word deur 'n kind laat val. Dit tref die grond met 'n snelheid van $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en spring terug met 'n snelheid van $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Bereken die bal se momentumverandering.

3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2BZT](#) 2. [2BZV](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

2.4 Behoud van momentum

ESFTJ

In hierdie afdeling gaan ons die momentum ondersoek wanneer twee voorwerpe op mekaar inwerk en meer bepaald wanneer twee liggame as een stelsel optree. Om dit te doen moet ons eers 'n stelsel definieer, daarna moet ons bepaal wat met die totale momentum gebeur en dan sal ons die toepassings van momentum ondersoek.

Stelsels

ESFTK

DEFINISIE: *Stelsel*

'n Stelsel is 'n fisiese konfigurasie van deeltjies en/of liggame wat ons bestudeer.

Byvoorbeeld, ons het vroeër gekyk na wat gebeur wanneer 'n bal van 'n muur af terugspring. Die stelsel wat ons bestudeer het, was slegs die muur en die bal. Die muur moet tog aan die aarde vas wees en iets moes die bal gegooi of geslaan het, maar ons ignoreer dit. 'n Stelsel is dus 'n deelversameling van die fisiese wêreld wat ons bestudeer. Dit bestaan in die een of ander groter omgewing.

In die vrae wat ons oplos, behandel ons die stelsel asof dit afgesonderd is van die omgewing. Dit beteken dat ons die omgewing heeltemal kan ignoreer. Die werklikheid is dat die omgewing wél die stelsel kan beïnvloed, maar ons gaan dit ignoreer vir afgesonderde stelsels. Ons probeer om afgesonderde stelsels te kies wanneer dit sin maak om die omliggende omgewing te ignoreer.

DEFINISIE: *Geslote stelsel*

'n Geslote of geïsoleerde stelsel is 'n fisiese konfigurasie van deeltjies en of voorwerpe wat ons bestudeer, sonder dat dit enige materie met sy omgewing uitruil en waarop geen eksterne krag inwerk nie.

'n Uitwendige bron is 'n bron wat op dele van die relevante stelsel inwerk, maar wat nie deur enige van die stelsel se komponente veroorsaak word nie.

Dit is 'n keuse om voorwerpe as 'n afgesonderde stelsel te behandel, maar ons kan dit net doen indien dit werklik sin maak, dit wil sê, wanneer ons steeds redelike resultate sal kry. Geen stelsel is werklik geslote nie, behalwe miskien in die heelal. Wanneer ons na 'n bal kyk wat 'n muur tref maak dit sin om swaartekrag te verontagsaam. Die invloed is nie heeltemal niks nie, maar dit sal só klein wees dat dit nie die resultate beduidend sal verander nie.

Behoud van momentum

ESFTM

'n Baie nuttige eienskap van geslote stelsels is dat die totale momentum behoue bly.

Kom ons wys hoekom dit die geval is met 'n praktiese voorbeeld. Gestel twee biljartballe beweeg na mekaar toe. Hierdie is 'n skets langsaan (nie volgens skaal nie).

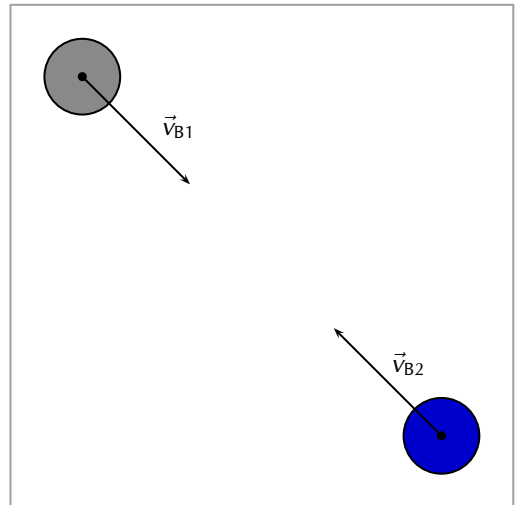
Wanneer hulle in aanraking kom oefen bal 1 'n kontakkrag op bal 2 uit, $\vec{F}_{B1}$, en bal 2 oefen 'n krag op bal 1 uit, $\vec{F}_{B2}$. Ons weet ook dat die krag 'n verandering in momentum sal veroorsaak.

$$\vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Ons weet ook van Newton se derde wet dat:

$$\begin{aligned}\vec{F}_{B1} &= -\vec{F}_{B2} \\ \frac{\Delta \vec{p}_{B1}}{\Delta t} &= -\frac{\Delta \vec{p}_{B2}}{\Delta t} \\ \Delta \vec{p}_{B1} &= -\Delta \vec{p}_{B2} \\ \Delta \vec{p}_{B1} + \Delta \vec{p}_{B2} &= 0\end{aligned}$$

Dit wil sê dat wanneer al die veranderinge in momentum vir 'n geslote stelsel bereken word, sal die netto resultaat nul wees. Indien ons die algebraïese som van die momentums in die stelsel bereken sal die totale momentum nie verander nie, want die netto verandering is nul.



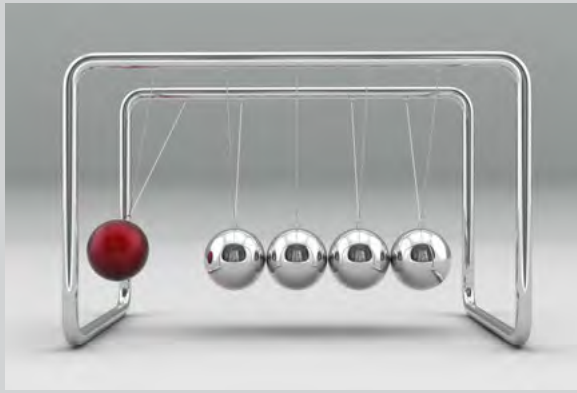
Belangrik: Neem kennis dit is slegs interne kragte wat die stelsel beïnvloed en slegs Newton se derde wet geld. Eksterne kragte sal nie noodwendig momentum laat behoue bly nie.

In die afwesigheid van 'n eksterne bron wat op die stelsel inwerk, bly momentum behoue.

Aktiwiteit: Newton se pendulum

Behoud van momentum:

Newton se pendulum demonstreer 'n reeks botsings waarin momentum behou word.



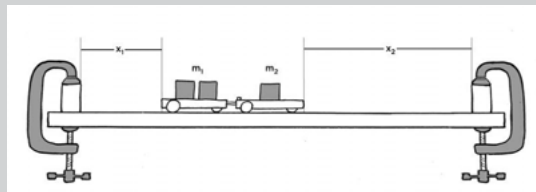
Informele eksperiment: Behoud van momentum

Doelwit:

Om die verandering in momentum te ondersoek wanneer twee liggame deur 'n plofkrag geskei word.

Apparaat:

- twee trollies, elk met 'n horisontale saamgeperste veer aan een punt
- stophorlosie
- meterstok
- twee versperrings



Metode:

- Maak die versperrings 1 meter van mekaar op 'n platvlak vas.
- Bepaal die massa van elke trollie en plaas 'n bekende massa op een van die trollies.
- Plaas die twee trollies tussen die versperrings sodat die veer tussen die twee trollies druk.
- Druk die knop wat die saamgeperste veer laat ontspan en neem waar hoe die twee trollies uitmekaar beweeg.
- Herhaal die aksies met die trollies op verskillende posisies totdat hulle die versperrings gelyktydig tref. Albei neem dan dieselfde tyd t om die versperrings te tref.
- Meet die afstande x_1 en x_2 . Hierdie afstande dien as maatstawwe van die onderskeie snelhede.
- Herhaal die eksperiment met verskillende kombinasies van massas.

Resultate:

Teken jou resultate aan in 'n tabel, met die volgende byskrifte vir elke trollie. Totale massa in kg, afstand afgelê in m, momentum in $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Wat is die verband tussen die totale momentum voor en na die ontploffing?

DEFINISIE: Behoud van momentum

Die totale momentum van 'n geïsoleerde sisteem is konstant.

Die totale momentum van 'n sisteem is die vektorsom van die momentums van al die voorwerpe of partikels in die sisteem. Vir 'n sisteem met n aantal voorwerpe is die totale momentum:

$$\vec{p}_T = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$$

Uitgewerkte voorbeeld 7: Bereken die totale momentum van 'n sisteem

VRAAG

Twee biljartballe rol na mekaar toe. Elkeen het 'n massa van 0,3 kg. Bal 1 beweeg teen $\vec{v}_1 = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na regs en bal 2 teen $\vec{v}_2 = 0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na links. Bereken die totale momentum van die sisteem.

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee word en wat gevra word

Die vraag gee die volgende inligting

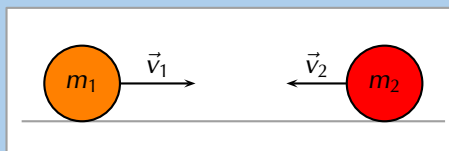
- die massa van elke bal,
- die snelheid van bal 1, $\vec{v}_1$, en
- die snelheid van bal 2, $\vec{v}_2$,

almal in die korrekte eenhede.

Ons word gevra om die **totale momentum van die sisteem** te bereken. In hierdie voorbeeld bestaan die sisteem uit twee balle. Om die totale momentum te bepaal, moet ons die momentum van elke bal bereken en hulle bymekaar tel.

$$\vec{p}_T = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

Omdat bal 1 na regs beweeg, is sy momentum na regs, terwyl die tweede bal se momentum na links is.



Ons moet dus die som van twee vektore vind wat langs dieselfde reguit lyn werk.

Stap 2: Kies 'n verwysingsraamwerk

Kies die beweging na regs as die positiewe rigting.

Stap 3: Bereken die momentum

Die totale momentum van die sisteem is dan die som van die twee momentums met die rigtings van die snelhede in ag geneem. Bal 1 beweeg na regs teen $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ of $+1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Bal 2 beweeg teen $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na links of $-0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dus,

$$\begin{aligned}\vec{p}_T &= m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \\ &= (0,3)(+1) + (0,3)(-0,8) \\ &= (+0,3) + (-0,24) \\ &= +0,06 \\ &= 0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ na regs}\end{aligned}$$

In die laaste stap is die rigting in woorde opgetel. Omdat die resultaat in die tweede laaste reël positief is, is die totale momentum van die sisteem in die positiewe rigting (dws na regs).

Oefening 2 – 3:

1. Twee gholfballe rol na mekaar toe. Elkeen het 'n massa van 100 g. Bal 1 beweeg teen $\vec{v}_1 = 2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na regs, terwyl bal 2 teen $\vec{v}_2 = 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na links beweeg. Bereken die totale momentum van die sisteem.
2. Twee motorfietse bots kop aan kop. Motorfiets A se massa is 200 kg en dit het suid beweeg teen $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Motorfiets B se massa is 250 kg en dit het noord beweeg teen $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. A en B is op die punt om te bots. Bereken die momentum van die sisteem voordat die botsing plaasvind.
3. 'n Vragmotor van 700 kg wat noord ry teen 'n spoed van $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ word genader deur 'n 500 kg motorkar wat suid beweeg teen 'n spoed van $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Bereken die totale momentum van die sisteem.
4. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2BZW 2. 2BZX 3. 2BZY



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Botsings

ESFTN

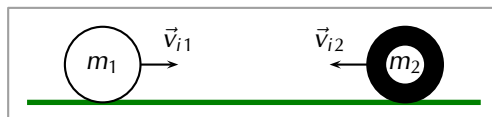
Ons het aangetoon dat die netto momentumverandering vir 'n geïsoleerde sisteem nul is. Die momentums van die **individuele voorwerpe kan verander** maar die totale momentum van die **sisteem bly konstant**.

Dit maak sin om die totale momentum aan die begin van die probleem te definieer as die totale aanvanklike momentum, $\vec{p}_{Ti}$, en die finale totale momentum $\vec{p}_{Tf}$. Behoud van momentum impliseer dat, ongeag wat binne 'n geïsoleerde sisteem gebeur:

$$\vec{p}_{Ti} = \vec{p}_{Tf}$$

Dit beteken dat in 'n geïsoleerde sisteem die totale momentum voor 'n **botsing** of **ontploffing** gelyk is aan die totale momentum na die botsing of ontploffing.

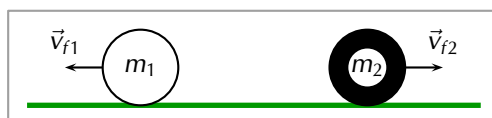
Beskou 'n eenvoudige botsing van twee biljartballe. Die balle rol op 'n gladde, horisontale vlak en die sisteem is geïsoleerd. Ons kan dus behoud van momentum toepas. Die eerste bal se massa is m_1 en sy beginsnelheid $\vec{v}_{i1}$. Die tweede bal se massa is m_2 en sy begin-snelheid $\vec{v}_{i2}$. Die situasie word getoon in Figuur 2.1.



Figuur 2.1: Voor die botsing.

Die totale momentum van die sisteem voor die botsing, $\vec{p}_{Ti}$ is: $\vec{p}_{Ti} = m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2}$

Nadat die twee balle bots en uitmekaar beweeg het elkeen 'n ander momentum. As die eerste bal 'n eindsnelheid $\vec{v}_{f1}$ en die tweede bal 'n eindsnelheid $\vec{v}_{f2}$ het, dan is die situasie soos getoon in Figuur 2.2.



Figuur 2.2: Na die botsing.

Die totale momentum van die sisteem na die botsing, $\vec{p}_{Tf}$ is: $\vec{p}_{Tf} = m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2}$

Die sisteem van twee balle is geïsoleerd omdat daar geen eksterne kragte op die balle inwerk nie. Volgens die beginsel van die behoud van lineêre momentum is die totale momentum voor die botsing gelyk aan die totale momentum na die botsing. Dit gee die vergelyking vir die behoud van momentum tydens die botsing van twee voorwerpe.

$\vec{p}_i = \vec{p}_f$	$m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} = m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2}$
m_1	massa van voorwerp 1 (kg)
m_2	massa van voorwerp 2 (kg)
$\vec{v}_{i1}$	aanvanklike snelheid van voorwerp 1 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ + rigting)
$\vec{v}_{i2}$	aanvanklike snelheid van voorwerp 2 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ + rigting)
$\vec{v}_{f1}$	finale snelheid van voorwerp 1 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ + rigting)
$\vec{v}_{f2}$	finale snelheid van voorwerp 2 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ + rigting)

Hierdie vergelyking is altyd waar - momentum bly altyd behou tydens botsings.

Uitgewerkte voorbeeld 8: Behoud van momentum

VRAAG

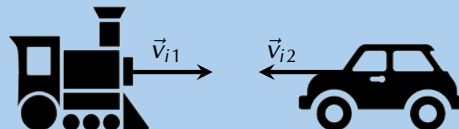
'n Speelgoedkarretjie met 'n massa van 1 kg beweeg wes teen 'n spoed $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dit bots kop aan kop met 'n speelgoedtrein met 'n massa van 1,5 kg wat oos beweeg teen snelheid $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. As die karretjie terugspring teen $2,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, bereken die eindsnelheid van die trein.

OPLOSSING

Stap 1: Ontleed die gegewens en maak 'n skets.

Die vraag gee duidelik 'n aantal waardes wat ons identifiseer en omskakel na SI-eenhede indien nodig:

- die trein se massa ($m_1 = 1,50 \text{ kg}$),
- die trein se beginsnelheid ($\vec{v}_{1i} = 1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oos),
- die karretjie se massa ($m_2 = 1,00 \text{ kg}$),
- die karretjie se beginsnelheid ($\vec{v}_{2i} = 2,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ wes), en
- die karretjie se eindsnelheid ($\vec{v}_{2f} = 2,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oos).



Ons moet die eindsnelheid van die trein bereken.

Stap 2: Kies 'n verwysingsraamwerk

Kies oos as positief.

Stap 3: Pas die wet van die behoud van momentum toe

$$\begin{aligned}
 \vec{p}_{Ti} &= \vec{p}_{Tf} \\
 m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} &= m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2} \\
 (1,5)(+1,5) + (2)(-2) &= (1,5)(\vec{v}_{f1}) + (2)(2,05) \\
 2,25 - 4 - 4,1 &= (1,5) \vec{v}_{f1} \\
 5,85 &= (1,5) \vec{v}_{f1} \\
 \vec{v}_{f1} &= 3,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ ooswerts}
 \end{aligned}$$

VRAAG

'n Straalvliegtuig vlieg teen $275 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Die vlieënier vuur 'n missiel vorentoe teen 'n spoed van $700 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ relatief tot die grond. Die massas van die vliegtuig en die missiel is onderskeidelik 5000 kg en 50 kg . Beskou die sisteem as geïsoleerd en bereken die spoed van die vliegtuig onmiddellik nadat die missiel afgevuur is.



OPLOSSING

Stap 1: Ontleed die gegewens en maak 'n skets

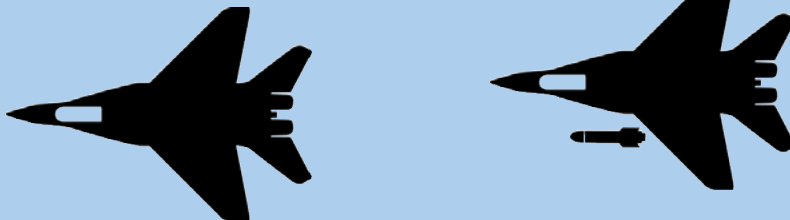
Die vraag gee duidelik 'n aantal waardes wat ons identifiseer en omsit na SI-eenhede indien nodig:

- die massa van die vliegtuig ($m_1 = 5000 \text{ kg}$)
- die massa van die missiel ($m_2 = 50 \text{ kg}$)
- die beginsnelheid van die vliegtuig en missiel saam ($\vec{v}_{i1} = \vec{v}_{i2} = 275 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na links)
- die eindsnelheid van die vuurpyl ($\vec{v}_{f2} = 700 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na links)

Ons benodig die eindsnelheid van die vliegtuig en aangesien ons dit as 'n geïsoleerde stelsel beskou, kan ons behoud van momentum gebruik.

Ons kies die oorspronklike rigting waarin die vliegtuig gevlieg het, na links, as die positiewe rigting.

Nadat die missiel gelanseer is moet ons beide in ag neem:



Figuur 2.3: Vliegtuig en missiel.

Stap 2: Pas die Wet van die Behoud van momentum toe

Aanvanklik is die vliegtuig en die missiel gekoppel en beweeg hulle teen dieselfde snelheid. Ons gaan dus hulle massas kombineer en die momentumvergelyking as volg

verander:

$$\begin{aligned}\vec{p}_i &= \vec{p}_f \\ (m_1 + m_2) \vec{v}_i &= m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2} \\ (5000 + 50) (275) &= (5000) (\vec{v}_{f1}) + (50) (700) \\ 1\,388\,750 - 35\,000 &= (5000) (\vec{v}_{f1}) \\ \vec{v}_{f1} &= 270,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ in die oorspronklike rigting}\end{aligned}$$

Stap 3: Gee die finale antwoord

Die spoed van die vliegtuig is die grootte van die eindsnelheid nl. $270,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Uitgewerkte voorbeeld 10: Behoud van momentum

VRAAG

'n Koeël met 'n massa van 50 g beweeg horisontaal na regs teen $500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en tref 'n stilstaande houtblok met 'n massa van 2 kg wat op 'n gladde horisontale vlak lê. Die koeël gaan deur die blok en kom anderkant uit teen $200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Bereken die spoed van die blok nadat die koeël deur dit gegaan het.

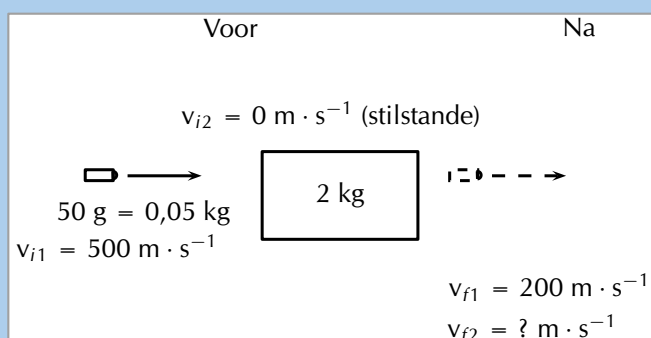
OPLOSSING

Stap 1: Ontleed die gegewens en maak 'n skets

Die vraag gee duidelik 'n aantal waardes wat ons identifiseer en omsit na SI-eenhede indien nodig:

- die massa van die koeël ($m_1 = 50 \text{ g} = 0,05 \text{ kg}$)
- die massa van die blok ($m_2 = 2,00 \text{ kg}$)
- die beginsnelheid van die koeël ($\vec{v}_{i1} = 500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na regs)
- die eindsnelheid van die koeël ($\vec{v}_{f1} = 200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na regs)

Ons wil die snelheid van die houtblok bepaal. Ons kies die rigting waarin die koeël beweeg het, na regs, as die positiewe rigting.



Stap 2: Pas die Wet van die Behoud van momentum toe

$$\begin{aligned}\vec{p}_i &= p_f \\ m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} &= m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2} \\ (0,05)(+500) + (2)(0) &= (0,05)(+200) + (2)(\vec{v}_{f2}) \\ 25 + 0 - 10 &= 2 \vec{v}_{f2} \\ \vec{v}_{f2} &= 7,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ in dieselfde rigting as die koeël}\end{aligned}$$

Stap 3: Pas die Wet van die Behoud van momentum toe

Die blok beweeg teen $7,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Sover het ons behoud van momentum toegepas op botsings en ontploffings. Dit is geldig, maar eintlik is daar twee verskillende soorte botsings wat verskillende eienskappe het.

Twee soorte botsings is belangrik:

- elastiese botsings
- onelastiese botsings

In albei soorte botsings bly die totale momentum *altyd* behoue. Kinetiese energie bly behoue tydens elastiese botsings, maar nie tydens onelastiese botsings nie.

Tydens 'n botsing het die voorwerpe aanvanklik kinetiese energie. In party botsings word daardie energie deur prosesse soos vervorming omgeskakel. In 'n motorongeluk word die motor opgefrommel en dit vereis die permanente oordrag van energie.

Elastiese botsings

ESFTP

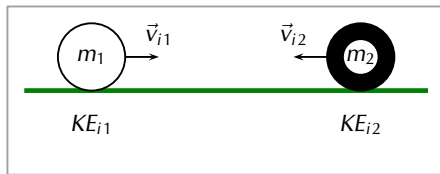
DEFINISIE: *Elastiese botsings*

'n Elastiese botsing is 'n botsing waar beide die totale momentum en die totale kinetiese energie behoue bly.

Dit beteken dat die totale momentum *en* die totale kinetiese energie voor die botsing dieselfde is as na die botsing in 'n elastiese botsing. In hierdie soort botsings word die kinetiese energie nie permanent omgeskakel deur werk of deur die vervorming van voorwerpe nie. Die energie word oorgedra (byvoorbeeld soos 'n bal wat saampers), maar dit word herwin tydens die elastiese reaksie van die stelsel (byvoorbeeld die bal wat weer uitsit).

Voor die botsing

Figuur 2.4 wys twee balle wat na mekaar toe rol , op pad om te bots.



Figuur 2.4: Twee balle voordat hulle bots.

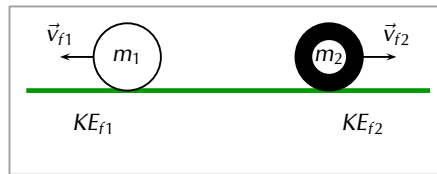
Ons het voorheen die totale aanvanklike momentum bereken. Ons gaan nou die totale kinetiese energie van die stelsel op dieselfde manier bereken. Bal 1 het 'n kinetiese energie wat ons KE_{i1} noem. Bal 2 het 'n kinetiese energie wat ons KE_{i2} noem. Die totale kinetiese energie voor die botsing is: $KE_{Ti} = KE_{i1} + KE_{i2}$

Aangesien hierdie 'n *elastiese* botsing is, is die totale momentum voor die botsing gelyk aan die totale momentum na die botsing **en** die totale kinetiese energie voor die botsing is gelyk aan die totale kinetiese energie na die botsing. Dus:

$$\begin{aligned}\vec{p}_{Ti} &= \vec{p}_{Tf} \\ \vec{p}_{i1} + \vec{p}_{i2} &= \vec{p}_{f1} + \vec{p}_{f2} \\ \text{en} \\ KE_{Ti} &= KE_{Tf} \\ KE_{i1} + KE_{i2} &= KE_{f1} + KE_{f2}\end{aligned}$$

Na die botsing

Figuur 2.5 wys die twee balle nadat hulle gebots het:



Figuur 2.5: Twee balle nadat hulle gebots het.

Bal 1 het nou 'n kinetiese energie wat ons KE_{f1} noem en bal 2 het nou 'n kinetiese energie wat ons KE_{f2} noem. Dit beteken die totale kinetiese energie na die botsing is: $KE_{Tf} = KE_{f1} + KE_{f2}$

Uitgewerkte voorbeeld 11: 'n Elastiese botsing

VRAAG

Beskou 'n botsing tussen twee snoekerballe. Bal 1 is in rus en bal 2 beweeg na dit teen 'n spoed van $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Die massa van elke bal is $0,3 \text{ kg}$. Nadat die balle *elasties* bots, kom bal 2 onmiddellik tot stilstand en bal 1 beweeg weg. Wat is die eindsnelheid van bal 1?

OPLOSSING

Stap 1: Kies 'n verwysingsraamwerk

Kies regs as positief. Ons aanvaar dat bal 2 na links beweeg soos wat dit bal 1 nader.

Stap 2: Bepaal wat word gegee en wat word benodig

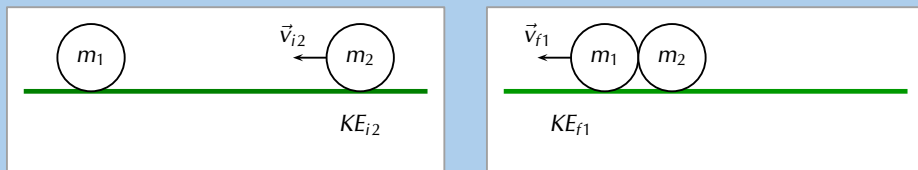
- Massa van bal 1, $m_1 = 0,3 \text{ kg}$.
- Massa van bal 2, $m_2 = 0,3 \text{ kg}$.

- Beginsnelheid van bal 1, $\vec{v}_{i1} = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Beginsnelheid van bal 2, $\vec{v}_{i2} = 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na links.
- Eindsnelheid van bal 2, $\vec{v}_{f2} = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Die botsing is elasties.

Alle hoeveelhede is in SI-eenhede. Ons wil die eindsnelheid van bal 1, v_{f1} , bepaal. Aangesien die botsing elasties is, weet ons dat:

- momentum behoue bly, $m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} = m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2}$
- energie behoue bly, $\frac{1}{2} (m_1 v_{i1}^2 + m_2 v_{i2}^2) = \frac{1}{2} (m_1 v_{f1}^2 + m_2 v_{f2}^2)$

Stap 3: Maak 'n rowwe skets van die situasie



Stap 4: Los die probleem op

Momentum bly behoue tydens alle botsings; dus maak dit sin om met momentum te begin. Dus:

$$\begin{aligned}\vec{p}_{Ti} &= \vec{p}_{Tf} \\ m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} &= m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2} \\ (0, 3)(0) + (0, 3)(-2) &= (0, 3) \vec{v}_{f1} + 0 \\ \vec{v}_{f1} &= -2,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\end{aligned}$$

Stap 5: Gee jou finale antwoord

Die eindsnelheid van die bal is $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na links.

Uitgewerkte voorbeeld 12: Nog 'n elastiese botsing

VRAAG

Beskou 2 albasters. Albaster 1 het 'n massa van 50 g en albaster 2 het 'n massa van 100 g. Edward rol albaster 2 oor die grond na albaster 1 in die positiewe x-rigting. Albaster 1 staan aanvanklik stil en albaster 2 het 'n snelheid van $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in die positiewe x-rigting. Nadat hulle *elasties* bots, beweeg albei albasters. Wat is die eindsnelheid van elke albaster?

OPLOSSING

Stap 1: Besluit hoe om die probleem te benader

Gegee:

- massa van albaster 1, $m_1 = 50 \text{ g}$
- massa van albaster 2, $m_2 = 100 \text{ g}$
- beginsnelheid van albaster 1, $\vec{v}_{i1} = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- beginsnelheid van albaster 2, $\vec{v}_{i2} = 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na regs
- die botsing is elasties

Die massas moet na SI-eenhede omgeskakel word.

$$m_1 = 0,05 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0,1 \text{ kg}$$

Ons moet die eindsnelhede bepaal:

- eindsnelheid van albaster 1, $\vec{v}_{f1}$
- eindsnelheid van albaster 2, $\vec{v}_{f2}$

Aangesien die botsing elasties is, weet ons dat

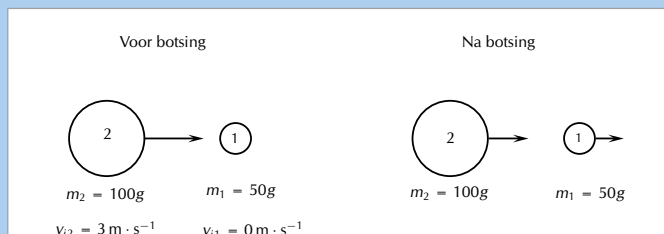
- momentum behoue bly, $\vec{p}_{Ti} = \vec{p}_{Tf}$.
- energie behoue bly, $KE_{Ti} = KE_{Tf}$.

Ons het twee vergelykings en twee onbekendes ($\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$); dus hoef ons bloot 'n stel gelyktydige vergelykings op te los.

Stap 2: Kies 'n verwysingsraamwerk

Kies regwaarts as positief.

Stap 3: Maak 'n rowwe skets van die situasie



Stap 4: Los die probleem op

Momentum bly behoue. Dus:

$$\begin{aligned}\vec{p}_i &= \vec{p}_f \\ \vec{p}_{i1} + \vec{p}_{i2} &= \vec{p}_{f1} + \vec{p}_{f2} \\ m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} &= m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2} \\ m_2 \vec{v}_{i2} &= m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2} \\ m_1 \vec{v}_{f1} &= m_2 \vec{v}_{i2} - m_2 \vec{v}_{f2} \\ \vec{v}_{f1} &= \frac{m_2}{m_1} (\vec{v}_{i2} - \vec{v}_{f2})\end{aligned}$$

Energie bly ook behoue. Dus:

$$\begin{aligned}
 KE_i &= KE_f \\
 KE_{i1} + KE_{i2} &= KE_{f1} + KE_{f2} \\
 \frac{1}{2} m_1 v_{i1}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{i2}^2 &= \frac{1}{2} m_1 v_{f1}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{f2}^2 \\
 \frac{1}{2} m_2 v_{i2}^2 &= \frac{1}{2} m_1 v_{f1}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{f2}^2 \\
 m_2 v_{i2}^2 &= m_1 v_{f1}^2 + m_2 v_{f2}^2
 \end{aligned}$$

Stel die uitdrukking wat ons van behoud van momentum afgelei het in die uitdrukking wat afgelei is van behoud van kinetiese energie en los op vir v_{f2} .

$$\begin{aligned}
 m_2 v_{i2}^2 &= m_1 v_{f1}^2 + m_2 v_{f2}^2 \\
 &= m_1 \left(\frac{m_2}{m_1} (v_{i2} - v_{f2}) \right)^2 + m_2 v_{f2}^2 \\
 &= m_1 \frac{m_2^2}{m_1^2} (v_{i2} - v_{f2})^2 + m_2 v_{f2}^2 \\
 &= \frac{m_2^2}{m_1} (v_{i2} - v_{f2})^2 + m_2 v_{f2}^2 \\
 v_{i2}^2 &= \frac{m_2}{m_1} (v_{i2} - v_{f2})^2 + v_{f2}^2 \\
 &= \frac{m_2}{m_1} (v_{i2}^2 - 2 \cdot v_{i2} \cdot v_{f2} + v_{f2}^2) + v_{f2}^2 \\
 0 &= \left(\frac{m_2}{m_1} - 1 \right) v_{i2}^2 - 2 \frac{m_2}{m_1} v_{i2} \cdot v_{f2} + \left(\frac{m_2}{m_1} + 1 \right) v_{f2}^2 \\
 &= \left(\frac{0.1}{0.05} - 1 \right) (3)^2 - 2 \frac{0.1}{0.05} (3) \cdot v_{f2} + \left(\frac{0.1}{0.05} + 1 \right) v_{f2}^2 \\
 &= (2 - 1) (3)^2 - 2 \cdot 2 (3) \cdot v_{f2} + (2 + 1) v_{f2}^2 \\
 &= 9 - 12v_{f2} + 3v_{f2}^2 \\
 &= 3 - 4v_{f2} + v_{f2}^2 \\
 &= (v_{f2} - 3)(v_{f2} - 1)
 \end{aligned}$$

Dus $v_{f2} = 1$ of $v_{f2} = 3$

Deur hierdie waardes in die uitdrukking van behoud van momentum in te stel, vind ons dat:

$$\begin{aligned}
 v_{f1} &= \frac{m_2}{m_1} (v_{i2} - v_{f2}) \\
 &= \frac{0.1}{0.05} (3 - 3) \\
 &= 0 \\
 \text{of} \\
 v_{f1} &= \frac{m_2}{m_1} (v_{i2} - v_{f2}) \\
 &= \frac{0.1}{0.05} (3 - 1) \\
 &= 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}
 \end{aligned}$$

Maar volgens die vraag beweeg albaster 1 ná die botsing; dus beweeg albaster 1 na regs teen $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dus beweeg albaster 2 teen 'n snelheid van $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na regs.

Uitgewerkte voorbeeld 13: Botsende snoekerballe

VRAAG

Twee snoekerballe, elk met 'n massa van 150 g, bots kop-aan-kop in 'n elastiese botsing. Bal 1 het beweeg teen 'n snelheid van $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en bal 2 teen 'n snelheid van $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na die botsing beweeg bal 1 weg van bal 2 teen 'n snelheid van $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

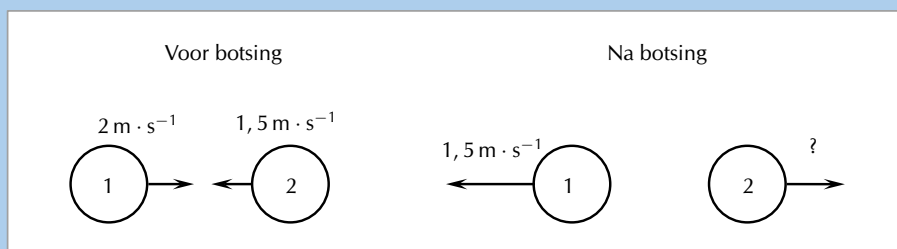
1. Bereken bal 2 se snelheid na die botsing.
2. Bewys dat die botsing elasties was. Toon jou berekeninge.

OPLOSSING

Stap 1: Kies 'n verwysingsraamwerk

Kies regwaarts as positief.

Stap 2: Maak 'n rowwe skets van die situasie



Stap 3: Besluit hoe om die probleem te benader

Aangesien momentum in albei botsings behoue bly, kan ons die behoud van momentum gebruik om die snelheid van bal 2 na die botsing op te los.

Stap 4: Los probleem op

$$\begin{aligned}
 \vec{p}_{Ti} &= \vec{p}_{Tf} \\
 m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} &= m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2} \\
 \left(\frac{150}{1000} \right) (2) + \left(\frac{150}{1000} \right) (-1,5) &= \left(\frac{150}{1000} \right) (-1,5) + \left(\frac{150}{1000} \right) (\vec{v}_{f2}) \\
 0,3 - 0,225 &= -0,225 + 0,15 \vec{v}_{f2} \\
 \vec{v}_{f2} &= 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}
 \end{aligned}$$

Na die botsing, beweeg bal 2 met 'n snelheid van $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na regs.

Stap 5: Elastiese botsings

Kenmerkend van 'n elastiese botsing is dat die totale kinetiese energie van die partikels voor die botsing dieselfde is as die totale kinetiese energie van die partikels na die botsing. Dit beteken dat, as ons kan toon dat die aanvanklike kinetiese energie gelyk is aan die finale kinetiese energie, het ons bewys dat die betrokke botsing elasties is.

Stap 6: Bereken die totale aanvanklike kinetiese energie

$$\begin{aligned} EK_{\text{voor}} &= \frac{1}{2}m_1 v_{i1}^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{i2}^2 \\ &= \left(\frac{1}{2}\right)(0,15)(2)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)(0,15)(-1,5)^2 \\ &= 0,469 \dots \text{J} \end{aligned}$$

Stap 7: Bereken die finale totale kinetiese energie

$$\begin{aligned} EK_{\text{na}} &= \frac{1}{2}m_1 v_{f1}^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{f2}^2 \\ &= \left(\frac{1}{2}\right)(0,15)(-1,5)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)(0,15)(2)^2 \\ &= 0,469 \dots \text{J} \end{aligned}$$

So $EK_{Ti} = EK_{Tf}$ en dus is die botsing elasties.

Onelastiese botsings

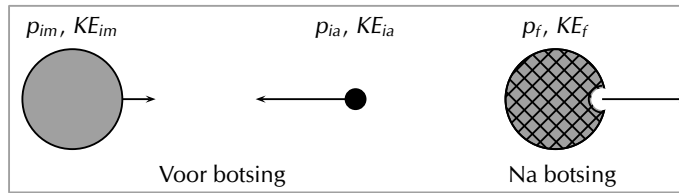
ESFTQ

DEFINISIE: Onelastiese botsings

'n Onelastiese botsing is 'n botsing waar **totale momentum** behoue bly maar die **totale kinetiese energie** bly *nie* behoue nie. Die kinetiese energie word *omgeskakel* van of na ander tipes energie.

So die totale momentum voor 'n onelastiese botsing is dieselfde as na die botsing. Maar die totale *kinetiese* energie voor en na die onelastiese botsing is *verskillend*. Natuurlik beteken dit nie dat die totale energie nie behou is nie, maar eerder dat die energie *omgeskakel* is na 'n ander tipe energie.

As 'n algemene riglyn kan ons sê dat onelastiese botsings plaasvind wanneer die botsende voorwerpe op 'n manier vervorm word. Die verandering van vorm van 'n voorwerp vereis energie en dit is waarheen die 'verlore' kinetiese energie gaan. 'n Klassieke voorbeeld van 'n onelastiese botsing is 'n motorvoertuigongeluk. Die motors verander vorm en daar is 'n waarneembare verandering in die kinetiese energie van die motors voor en na die botsing. Die energie is gebruik om die metaal te buig en die motors te vervorm. Nog 'n voorbeeld van 'n onelastiese botsing word aangetoon in Figuur 2.6.



Figuur 2.6: Asteroïede wat beweeg na die Maan.

'n Asteroïede is besig om deur die ruimte te beweeg na die Maan. Voor die asteroïede met die Maan bots is die totale momentum van die stelsel:

$$\vec{p}_{Ti} = \vec{p}_{iM} + \vec{p}_{ia}$$

Die totale kinetiese energie van die stelsel is:

$$KE_i = KE_{iM} + KE_{ia}$$

Wanneer die asteroïde **onelasies** met die Maan bots word sy kinetiese energie omgeskakel in hoofsaaklik hitte-energie. Indien daar genoeg van hierdie hitte-energie is, kan dit veroorsaak dat die asteroïede en die area van die Maan waar dit tref, smelt en verander word in vloeibare rots. Van die krag van die impak van die asteroïede, vloeit die gesmelte rots uitwaarts om 'n krater in die Maan te vorm.

Ná die botsing sal die totale momentum van die stelsel dieselfde wees as voor die botsing, maar aangesien hierdie botsing *onelasies* is (en jy kan sien dat 'n verandering in die vorm van die voorwerpe plaasgevind het), sal die totale kinetiese energie **nie** dieselfde wees as voor die botsing nie.

Momentum word behou:

$$\vec{p}_{Ti} = \vec{p}_{Tf}$$

Maar die totale kinetiese energie van die stelsel word nie behou nie:

$$KE_i \neq KE_f$$

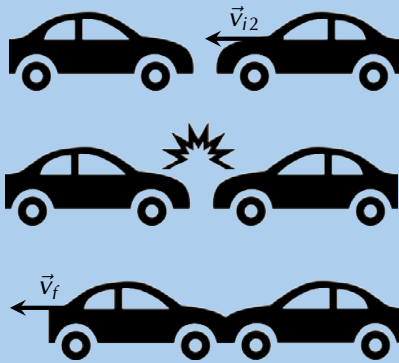
Uitgewerkte voorbeeld 14: 'n Onelasiese botsing

VRAAG

Beskou die botsing tussen twee motors. Motor 1 is by rus en Motor 2 beweeg teen 'n spoed van $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na links. Beide motors het 'n massa van 500 kg. Die motors bots *onelasies* en heg aan mekaar. Wat is die resulterende snelheid van die gevormde massa metaal?

OPLOSSING

Stap 1: Maak 'n rowwe skets van die situasie **Stap 2: Bepaal hoe ons die probleem sal benader** **Stap 3:**



Gegee:

- massa van motor 1, $m_1 = 500\text{kg}$
- massa van motor 2, $m_2 = 500\text{kg}$
- beginsnelheid van motor 1, $\vec{v}_{i1} = 0\text{ ms}^{-1}$
- beginsnelheid van motor 2, $\vec{v}_{i2} = 2\text{ ms}^{-1}$ na links
- die botsing is onelasties

Alle hoeveelhede is in SI eenhede. Daar word van ons vereis om die finale snelheid van die resulterende massa $\vec{v}_f$ te bepaal.

Omdat die botsing onelasties is, weet ons dat

- momentum behoue bly, $m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} = m_1 \vec{v}_{f1} + m_2 \vec{v}_{f2} = (m_1 + m_2) \vec{v}_f$
- kinetiese energie bly nie behoue nie

Kies 'n verwysingsraamwerk

Kies na links as positief.

Stap 4: Los probleem op

Dus moet ons behoud van momentum gebruik om die probleem op te los.

$$\begin{aligned}\vec{p}_{Ti} &= \vec{p}_{Tf} \\ \vec{p}_{i1} + \vec{p}_{i2} &= \vec{p}_f \\ m_1 \vec{v}_{i1} + m_2 \vec{v}_{i2} &= (m_1 + m_2) \vec{v}_f \\ (500)(0) + (500)(2) &= (500 + 500) \vec{v}_f \\ 1000 &= 1000 \vec{v}_f \\ \vec{v}_f &= 1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\end{aligned}$$

Daarom is die finale snelheid van die resulterende massa motors $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na links.

Oefening 2 – 4: Botsings

1. 'n Vragmotor met 'n massa van 4500 kg wat beweeg teen $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ tref 'n motor van agter. Die motor met 'n massa van 1000 kg het beweeg teen $15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Die twee voertuie koppel aan mekaar en hou aan beweeg in dieselfde rigting.
 - a) Bereken die finale snelheid van die motor-vragmotor kombinasie na die botsing.
 - b) Bepaal die kinetiese energie van die stelsel voor en ná die botsing.
 - c) Verduidelik die verskil in jou antwoorde vir b).

d) Was dit 'n voorbeeld van 'n elastiese of 'n onelastiese botsing? Gee redes vir jou antwoord.

2. Twee motors met 'n massa van 900 kg elk bots kop-aan-kop en heg aan mekaar vas. Bepaal die finale snelheid van die motors indien motor 1 beweeg het teen $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en motor 2 teen $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2BZZ](#) 2. [2C22](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

2.5 Impuls

ESFTR

Wanneer 'n netto krag inwerk op 'n liggaam veroorsaak dit 'n versnelling wat die beweging van daardie liggaam sal verander. 'n Groot netto krag sal 'n groter versnelling veroorsaak as 'n klein netto krag. Die totale verandering in beweging van die voorwerp kan dieselfde wees as die groot en klein kragte inwerk vir verskillende tidsintervalle. Die kombinasie van die krag en tyd waarop dit inwerk tree as die nuttige hoeveelheid op wat kan help om 'n impuls te definieër.

DEFINISIE: *Impuls*

Impuls is die produk van die netto krag en die tidsinterval waarmee die krag inwerk.

$$\text{Impuls} = \vec{F}_{\text{net}} \cdot \Delta t$$

Van Newton se tweede wet, weet ons egter dat

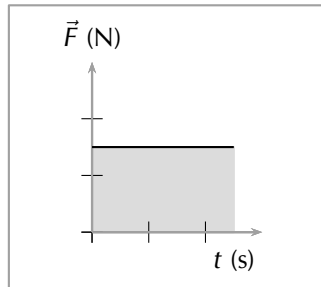
$$\begin{aligned}\vec{F}_{\text{net}} &= \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \\ \therefore \vec{F}_{\text{net}} \cdot \Delta t &= \Delta \vec{p} \\ &= \text{Impuls}\end{aligned}$$

Daarom kan ons die impuls-momentum teorie definieër:

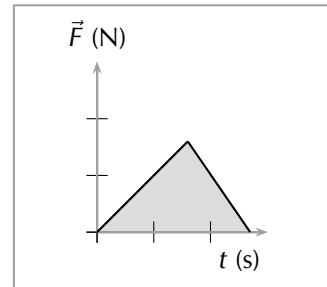
$$\text{Impuls} = \Delta \vec{p}$$

Impuls is gelyk aan die verandering in momentum van die voorwerp. Vanuit hierdie vergelyking sien ons dat vir 'n gegewe verandering in momentum, is $\vec{F}_{\text{net}} \Delta t$ vas. Dus, as $\vec{F}_{\text{net}}$ verminder word, moet Δt vermeerder (dus, 'n kleiner resulterende krag moet vir langer toegepas word om dieselfde verandering in momentum teweeg te bring). Alternatiewelik, as Δt verminder word (m.a.w. die resulterende krag word vir 'n korter tydperk toegepas) dan sal die resulterende krag vergroot moet word om dieselfde verandering in momentum te veroorsaak.

Die grafieke hieronder toon hoe die kragte wat inwerk op die liggame verander met tyd.



Die ingekleurde area onder die grafiek verteenwoordig die impuls van die liggame.



Uitgewerkte voorbeeld 15: Impuls en verandering in momentum

VRAAG

'n 150 N resulterende krag werk in op 'n 300 kg sleepwa. Bereken hoe lank dit hierdie krag neem om die sleepwa se snelheid van $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in die rigting van beweging te verander. Neem aan dat die kragte na regs inwerk, wat die rigting van die sleepwa se beweging is.

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee word en wat gevra word

Gegee:

- die sleepwa se massa, 300 kg,
- die sleepwa se aanvanklike snelheid as $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na regs,
- die sleepwa se finale snelheid as $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na regs, en
- die resulterende krag wat inwerk op die voorwerp.

Die tyd, Δt , wat dit vir die sleepwa neem om van $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ te versnel word gevra. Volgens Newton se tweede wet,

$$\begin{aligned}\vec{F}_{net}\Delta t &= \Delta\vec{p} \\ &= m\vec{v}_f - m\vec{v}_i \\ \Delta t &= \frac{m}{\vec{F}_{net}} (\vec{v}_f - \vec{v}_i) .\end{aligned}$$

Dus het ons alles wat ons benodig om Δt te vind.

Stap 2: Kies 'n verwysingsraamwerk

Kies regs as die positiewe rigting.

Stap 3: Doen die berekening en gee die finale antwoord

$$\begin{aligned}\Delta t &= \frac{m}{\vec{F}_{net}} (\vec{v}_f - \vec{v}_i) \\ \Delta t &= \left(\frac{300}{+150} \right) ((+6) - (+2)) \\ \Delta t &= \left(\frac{300}{150} \right) (4) \\ \Delta t &= \frac{(300)(+4)}{150} \\ \Delta t &= 8 \text{ s}\end{aligned}$$

Dit neem 8 s vir die krag om die voorwerp se snelheid vanaf $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na regs te verander.

VRAAG

'n Krieketbal met 'n mass van 156 g weeg beweeg teen $54 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na 'n kolwer. Dit word deur die kolwer na die bouler teruggeslaan teen $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Bereken

1. die bal se impuls,
2. die gemiddelde krag wat uitgeoefen word deur die kolf as die bal in kontak daarmee is vir 0,13 s.

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee word en wat gevra word

Gegee

- die bal se massa,
- die bal se aanvanklike snelheid,
- die bal se finale snelheid, en
- die kontaktyd tussen die kolf en die bal

Ons word gevra om die impuls te bereken:

$$\text{Impuls} = \Delta \vec{p} = \vec{F}_{\text{net}} \Delta t$$

Omdat ons nie die krag het wat uitgeoefen word deur die kolf op die bal ($\vec{F}_{\text{net}}$) nie, moet ons die impuls bereken deur die verandering van momentum van die bal. Aangesien

$$\begin{aligned} \Delta \vec{p} &= \vec{p}_f - \vec{p}_i \\ &= m\vec{v}_f - m\vec{v}_i, \end{aligned}$$

benodig ons die bal se massa, aanvanklike snelheid asook die finale snelheid, wat gegee word.

Stap 4: Bereken die momentum

Nou bereken ons die verandering in momentum,

$$\begin{aligned} \Delta \vec{p} &= \vec{p}_f - \vec{p}_i \\ &= m\vec{v}_f - m\vec{v}_i \\ &= m(\vec{v}_f - \vec{v}_i) \\ &= (0,156) ((+10) - (-15)) \\ &= +3,9 \\ &= 3,9 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ rigting weg van kolwer na bouler toe} \end{aligned}$$

Stap 2: Skakel om na S.I. eenhede

Verander eers die massa se eenhede

$$\begin{aligned} 1000 \text{ g} &= 1 \text{ kg} \\ \text{So, } 1 \text{ g} &= \frac{1}{1000} \text{ kg} \\ \therefore 156 \times 1 \text{ g} &= 156 \times \frac{1}{1000} \text{ kg} \\ &= 0,156 \text{ kg} \end{aligned}$$

Verander nou die eenhede vir snelheid

$$\begin{aligned} 1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} &= \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \\ \therefore 54 \times 1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} &= 54 \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \\ &= 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

So ook, $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Stap 3: Kies 'n verwysingsraamwerk

As ons die rigting vanaf die kolwer na die bouler as die positiewe rigting kies, dan is die aanvanklike snelheid van die bal $\vec{v}_i = -15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, terwyl die finale snelheid van die bal $\vec{v}_f = +10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ is.

Stap 5: Bepaal die impuls

Impuls is gelyk aan die verandering in momentum van die bal,

$$\begin{aligned}\text{Impuls} &= \Delta \vec{p} \\ &= 3,9 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ rigting weg van kolwer na bouler toe}\end{aligned}$$

Stap 6: Bepaal die gemiddelde krag uitgeoefen deur die kolf

$$\text{Impuls} = \vec{F}_{\text{net}} \Delta t = \Delta \vec{p}$$

Δt en ons het die impuls van die bal bereken.

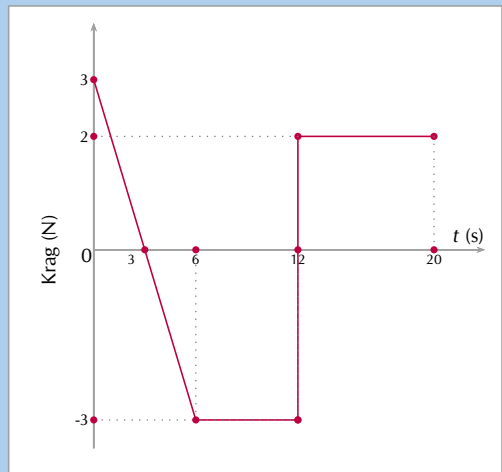
$$\begin{aligned}\vec{F}_{\text{net}} \Delta t &= \text{Impuls} \\ \vec{F}_{\text{net}} (0,13) &= +3,9 \\ \vec{F}_{\text{net}} &= \frac{+3,9}{0,13} \\ &= +30 \\ &= 30 \text{ N rigting weg van kolwer na bouler toe}\end{aligned}$$

Uitgewerkte voorbeeld 17: Ontleding van 'n kraggrafiek

VRAAG

Ontleed die krag teenoor tyd grafiek wat gegee word en beantwoord die volgende vrae:

- Wat is die impuls vir die interval 0 s tot 3 s?
- Wat is die impuls vir die interval 3 s tot 6 s?
- Wat is die verandering in momentum vir die interval 0 s tot 6 s?
- Wat is die impuls vir die interval 6 s tot 20 s?
- Wat is die impuls vir die interval 0 s tot 20 s?



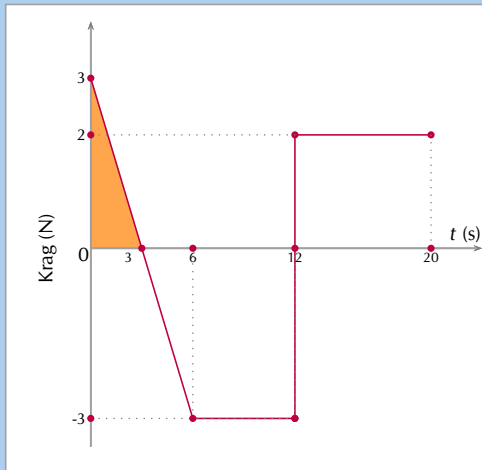
OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer watter inligting gegee word en wat gevra word

'n Grafiek van krag teenoor tyd word verskaf. Ons word gevra om beide impuls en verandering in momentum vanaf dit te bereken. Ons weet dat die oppervlak onder die grafiek die impuls is en ons kan die impuls in verband bring met verandering in momentum deur die impuls-momentum teorie.

Ons moet die oppervlak onder die grafiek bereken vir al die intervale om die impuls te bepaal en dan daarvan af werk.

Stap 2: Impuls vir interval 0 s tot 3 s



Ons moet die oppervlak van die geskakeerde deel onder die grafiek bereken. Dit is 'n driehoek met 'n basis van 3 s en 'n hoogte van 3 N daarom:

$$\begin{aligned}\text{Impuls} &= \frac{1}{2}bh \\ &= \frac{1}{2}(3)(3) \\ &= 4,5 \text{ N}\cdot\text{s}\end{aligned}$$

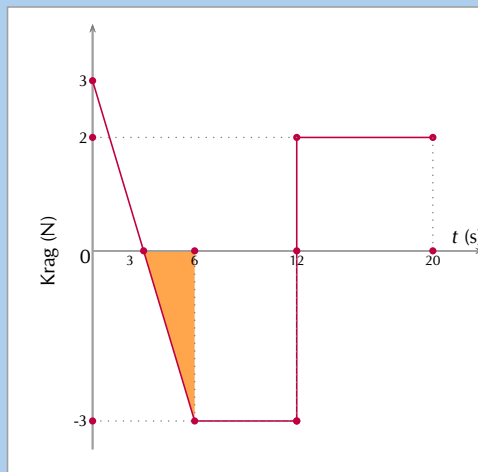
Die impuls is 4,5 N·s in die positiewe rigting.

Stap 3: Impuls vir interval 3 s tot 6 s

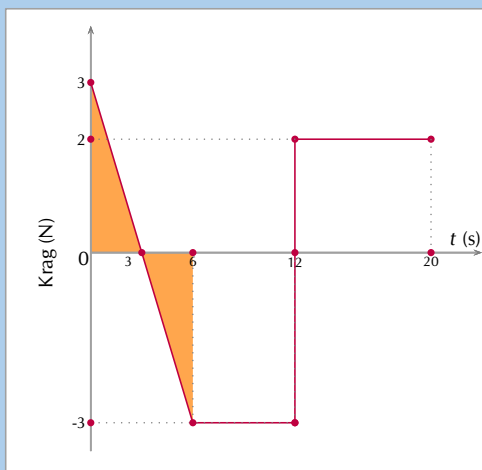
Ons moet die oppervlak van die geskakeerde deel onder die grafiek bereken. Dit is 'n driehoek met 'n basis van 3 s en 'n hoogte van -3 N. Let op dat die krag 'n negatiewe waarde het en dus in die negatiewe rigting wys.

$$\begin{aligned}\text{Impuls} &= \frac{1}{2}bh \\ &= \frac{1}{2}(3)(-3) \\ &= -4,5 \text{ N}\cdot\text{s}\end{aligned}$$

Die impuls is 4,5 N·s in die negatiewe rigting.



Stap 4: Wat is die verandering in momentum vir die interval 0 s tot 6 s



Uit die impuls-momentum teorie weet ons dat die impuls gelyk is aan die verandering in momentum. Ons het die impuls uitgewerk vir die twee onder-afdelings wat 0 s tot 6 s opmaak. Ons kan dit bymekaar tel om die impuls vir die totale interval te bereken:

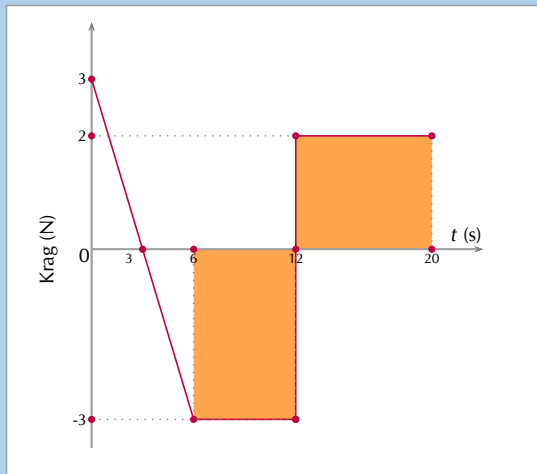
$$\begin{aligned}\text{impuls}_{0-6} &= \text{impuls}_{0-3} + \text{impuls}_{3-6} \\ &= (4,5) + (-4,5) \\ &= 0 \text{ N}\cdot\text{s}\end{aligned}$$

Die positiewe impuls in die eerste 3 sekondes is presies die teenoorgestelde van die impuls in die tweede 3 sekonde interval en dus is die totale impuls vir die eerste 6 sekondes nul:

$$\text{impuls}_{0-6} = 0 \text{ N}\cdot\text{s}$$

Uit die impuls-momentum teorie weet ons dat:

$$\Delta \vec{p} = \text{impuls} = 0 \text{ N}\cdot\text{s}$$



t 20 s

Ons moet die oppervlak van die geskakeerde oppervlak onder die grafiek bereken. Dit is opgedeel in twee areas, 6 s tot 12 s en 12 s tot 20 s, wat ons moet optel om die totale impuls te verkry.

$$\begin{aligned} \text{Impuls}_{6-12} &= (6)(-3) \\ &= -18 \text{ N}\cdot\text{s} \end{aligned}$$

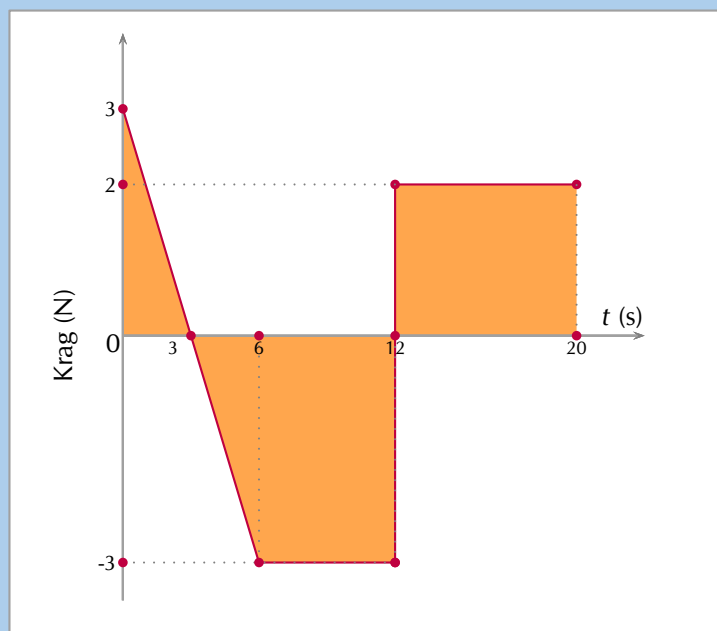
$$\begin{aligned} \text{Impuls}_{12-20} &= (8)(2) \\ &= +16 \text{ N}\cdot\text{s} \end{aligned}$$

Die totale impuls is die som van die twee:

$$\begin{aligned} \text{Impuls}_{6-20} &= \text{Impuls}_{6-12} + \text{Impuls}_{12-20} \\ &= (-18) + (16) \\ &= -2 \text{ N}\cdot\text{s} \end{aligned}$$

Die impuls is 2 N·s in die negatiewe rigting.

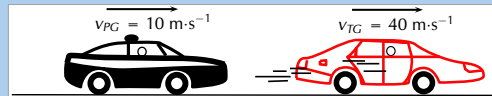
Stap 6: Wat is die impuls vir die volledige periode



Die impuls is 2 N·s in die negatiewe rigting.

VRAAG

'n Patrollie motor beweeg op 'n reguit horisontale pad teen 'n snelheid van $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oos. Terselfdertyd ry 'n dief in 'n motor voor hom teen 'n snelheid van $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in dieselfde rigting.



v_{PG} : snelheid van die patrollie motor met betrekking tot die grond

v_{DG} : snelheid van die dief se motor met betrekking tot die grond

Vrae 1 en 2 in die oorspronklike weergawe van die 2011 vraestel is nie meer deel van die kurrikulum nie.

1. Tydens die reis bots die dief se motor teen 'n spoed van $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en 'n massa van 1000 kg , kop-aan-kop teen 'n vragmotor met 'n massa van 5000 kg met 'n snelheid van $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Na die botsing beweeg die motor en vragmotor saam. Ignoreer die effek van wrywing.



Beskryf die Wet van behoud van liniêre momentum in woorde.

(2 punte)

2. Bereken die snelheid van die dief se motor onmiddelik na die botsing.
(6 punte)
3. Navorsing het getoon dat kragte van meer as $85\,000 \text{ N}$ gedurende botsings noodlottige beserings kan veroorsaak. Die botsing wat hierbo beskryf is duur $0,5 \text{ s}$. Bepaal, deur middel van berekeninge, of die botsing hierbo noodlottige beserings sal veroorsaak.
(5 punte)

[Totaal: 13 punte]

OPLOSSING

Vraag 1

Die totale (liniêre) momentum bly konstant (**OF** word bewaar **OF** verander nie) in 'n geïsoleerde (**OF** in 'n geslote sisteem **OF** in die afwesigheid van eksterne kragte).

(2 punte)

Vraag 2

Opsie 1:

Neem na regs as positief

$$\begin{aligned}\sum p_{\text{voor}} &= \sum p_{\text{na}} \\ (1000)(40) + (5000)(-20) &= (1000 + 5000)v_f \\ v_f &= -10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ &= 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{links OF wes}\end{aligned}$$

Opsie 2:

Neem na regs as positief

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{kar}} &= -\Delta p_{\text{trok}} \\ m_{\text{kar}}(v_f - v_{i,\text{kar}}) &= -m_{\text{trok}}(v_f - v_{i,\text{trok}}) \\ (1000)(v_f - (40)) &= -(5000)(v_f - (-20)) \\ 6000v_f &= -60\,000 \\ \therefore v_f &= -10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ \therefore v_f &= 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{links OF wes}\end{aligned}$$

(6 punte)

Vraag 3

Opsie 1:

Krag op die motor: (Neem regs as positief)

$$\begin{aligned}F_{\text{net}}\Delta t &= \Delta p = mv_f - mv_i \\ F_{\text{net}}(0,5) &= (1000)(-10 - 40) \\ \therefore F_{\text{net}} &= -10^5 \text{ N} \\ &\text{OF} \\ \therefore F_{\text{net}} &= 10^5 \text{ N} \quad (100\,000 \text{ N}) \\ \therefore F_{\text{net}} &> 85\,000 \text{ N}\end{aligned}$$

Ja, die botsing is noodlottig.

OF

Krag op die motor: (Neem links as positief)

$$\begin{aligned}F_{\text{net}}\Delta t &= \Delta p = mv_f - mv_i \\ F_{\text{net}}(0,5) &= (1000)(10 - (-40)) \\ \therefore F_{\text{net}} &= 10^5 \text{ N} \quad (100\,000 \text{ N}) \\ \therefore F_{\text{net}} &> 85\,000 \text{ N}\end{aligned}$$

Ja, die botsing is noodlottig.

Opsie 2:

Krag op die vragmotor: (Neem regs as positief)

$$\begin{aligned}F_{\text{net}}\Delta t &= \Delta p = mv_f - mv_i \\ F_{\text{net}}(0,5) &= (5000)(-10 - (-20)) \\ \therefore F_{\text{net}} &= 10^5 \text{ N} \quad (100\,000 \text{ N}) \\ \therefore F_{\text{net}} &> 85\,000 \text{ N}\end{aligned}$$

Ja, die botsing is noodlottig.

OF

Krag op die vragmotor: (Neem links as positief)

$$\begin{aligned}F_{\text{net}}\Delta t &= \Delta p = mv_f - mv_i \\ F_{\text{net}}(0,5) &= (1000)(10 - 20) \\ \therefore F_{\text{net}} &= -10^5 \text{ N} \\ &\text{OF} \\ \therefore F_{\text{net}} &= 10^5 \text{ N} \quad (100\,000 \text{ N}) \\ \therefore F_{\text{net}} &> 85\,000 \text{ N}\end{aligned}$$

Ja, die botsing is noodlottig.

Opsie 3:

Krag op die motor: (Neem regs as positief)

$$\begin{aligned}
 v_f &= v_i + a\Delta t \\
 -10 &= 40 + a(0,5) \\
 \therefore a &= -100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\
 F_{\text{net}} &= ma \\
 &= (1000)(-100) \\
 F_{\text{net}} &= -10^5 \text{ N} \quad (-100\,000 \text{ N}) \\
 F_{\text{net}} &= 10^5 \text{ N} \quad (100\,000 \text{ N}) \\
 \therefore F_{\text{net}} &> 85\,000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Ja, die botsing is noodlottig.

OF

Krag op die motor: (Neem links as positief)

$$\begin{aligned}
 v_f &= v_i + a\Delta t \\
 10 &= -40 + a(0,5) \\
 \therefore a &= 100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\
 F_{\text{net}} &= ma \\
 &= (1000)(100) \\
 F_{\text{net}} &= 10^5 \text{ N} \quad (100\,000 \text{ N}) \\
 \therefore F_{\text{net}} &> 85\,000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Ja, die botsing is noodlottig.

[Totaal: 13 punte]

Opsie 4:

Krag op die vragmotor: (Neem regs as positief)

$$\begin{aligned}
 v_f &= v_i + a\Delta t \\
 -10 &= -20 + a(0,5) \\
 \therefore a &= 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\
 F_{\text{net}} &= ma \\
 &= (5000)(20) \\
 F_{\text{net}} &= 10^5 \text{ N} \quad (100\,000 \text{ N}) \\
 \therefore F_{\text{net}} &> 85\,000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Ja, die botsing is noodlottig.

OF

Krag op die vragmotor: (Neem links as positief)

$$\begin{aligned}
 v_f &= v_i + a\Delta t \\
 10 &= 20 + a(0,5) \\
 \therefore a &= -20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\
 F_{\text{net}} &= ma \\
 &= (5000)(-20) \\
 F_{\text{net}} &= -10^5 \text{ N} \quad (-100\,000 \text{ N}) \\
 F_{\text{net}} &= 10^5 \text{ N} \quad (100\,000 \text{ N}) \\
 \therefore F_{\text{net}} &> 85\,000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Ja, die botsing is noodlottig.
(5 punte)

Oefening 2 – 5:

1. Watter van die volgende is **nie** 'n eenheid van impuls nie?

- a) N·s
- b) kg·m·s⁻¹
- c) J·m·s⁻¹
- d) J·m⁻¹·s

2. 'n Speelgoedmotor met 'n massa van 1 kg beweeg in 'n oostelike rigting teen 'n spoed van 2 m·s⁻¹. Dit bots kop-aan-kop met 'n speelgoedtrein. Die trein het 'n massa van 2 kg en beweeg teen 'n spoed van 1,5 m·s⁻¹ in 'n westelike rigting. Die motor se terugslag (terugbons) is teen 3,4 m·s⁻¹ en die trein se terugslag is teen 1,2 m·s⁻¹.

- a) Bereken die verandering in momentum vir elke speelding.
- b) Bepaal die impuls vir elke speelding.

- c) Hoe lank duur die botsing as die omvang van die krag uitgeoefen deur elke speelding 8 N is.
3. 'n Koeël met 'n massa van 20 g tref 'n teiken teen $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en verlaat dit teen $200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Die punt van die koeël neem 0,0001 s om deur die teiken te beweeg. Bepaal:
- die verandering in momentum van die koeël.
 - die impuls van die koeël.
 - die grootte van die krag wat op die koeël uitgeoefen word.
4. 'n Koeël met 'n massa van 20 g tref 'n teiken teen $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Bepaal onder watter omstandighede die koeël die grootste verandering in momentum, en dus impuls, sal ondervind:
- Wanneer die koeël die teiken verlaat teen $200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - Wanneer die koeël in die teiken stop.
 - Wanneer die koeël terugspring teen $200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
5. 'n Bal met 'n massa van 200 g tref 'n muur loodreg teen 'n snelheid van $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en spring terug teen 'n snelheid van $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Bereken die verandering in momentum van die bal.
 - Wat is die impuls van die muur op die bal?
 - Bereken die grootte van die krag wat toegepas word deur die muur op die bal, indien die botsing 0,02 s duur.
6. Indien die bal in die vorige probleem vervang word met 'n stuk klei van 200 g wat teen dieselfde snelheid gegooi word, maar dan teen die muur vas-sit, bereken:
- Die impuls van die klei.
 - Die krag wat die klei op die muur toepas, indien dit in kontak is met die muur vir 0,5 s voor dit tot stilstand kom.
7. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C23 2. 2C24 3. 2C25 4. 2C26 5. 2C27 6. 2C28



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

2.6 Fisika in aksie: Impuls

ESFTS

'n Uitsers belangrike toepassing van impuls is in beveiliging en om beserings te verminder. In verskeie gevalle moet 'n voorwerp van 'n bewegende toestand teen 'n sekere snelheid, na 'n stilstaande toestand gebring word. Dit beteken daar is 'n sekere verandering in momentum. Indien die tyd waartydens die momentum verander verleng kan word, sal die krag minder wees en daarom minder skade veroorsaak. Dit is die beginsel vir stuitbeddings vir vragmotors en lugsakke in voertuie. Dieselfde beginsel is in werking wanneer jy jou knieë buig om die landing te versag, nadat jy van 'n stoel afgespring het.

Lugsakke word gebruik in voertuie omdat dit in staat is om die effek van die krag wat 'n persoon tydens 'n ongeluk ervaar te verminder. Die lugsakke verleng die tyd wat dit neem om die momentum van die insittendes na nul te verander. Gedurende 'n botsing dra die momentum die insittendes na die windskerf. Indien hulle deur die windskerf gestop word, sal dit hoër krag tot gevolg hê. Indien daar egter 'n lugsak tussenin is word die duur van die impak verleng. Die verlenging in die tyd van die impak lei tot 'n verlaging in die toegepaste krag.

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Daarom, indien die tydsverloop verleng, vir 'n konstante momentum, word krag op die liggaam verminder.

Dieselfde beginsel verduidelik waarom paaltjiewagters in krieket beskermende handskoene aanhet, of waarom daar opgestopte matte in gimnastiek is. In krieket, wanneer die paaltjiewagter die bal vang, pers die vulsels in die handskoene saam wat die impak op die paaltjiewagter se hande verminder. Soortgelyk, wanneer 'n gimnas val druk die vulsel saam en verminder die effek op die gimnas se liggaam.

'n Stuitbedding is 'n stuk grond wat sagter is as die pad. Dit word gebruik om 'n noodstop met 'n vragmotors te maak. Wanneer 'n vragmotor van 'n stuitbed gebruik maak om te stop, neem die momentumverandering langer. Dit lei tot 'n vermindering in die krag en laat die vragmotor stadiger beweeg.

In sporte waarin raketten en kolwe gebruik word, soos tennis, krieket, muurbal, pluimbal en bofbal, word die speler dikwels aangemoedig om deur te volg wanneer hy 'n bal slaan. Hoër spoed opnames van die impak tussen raket/kolf en bal dui aan dat deur te volg, die kontaktyd verleng. Hierdie verlenging veroorsaak 'n vergroting in die snelheid van die bal. Dit beteken die speler kan regkry dat die bal die raket/kolf vinniger verlaat deur deur te volg. In hierdie sportsoorte is die gevolg daarvan dat die bal vinniger teruggestuur word en die kans op sukses verbeter.

'n Ander veiligheidstoepassing waarin daar gepoog word om die krag wat ervaar word te verminder, is in frommelsones in voertuie. Wanneer twee voertuie bots, kan twee goed gebeur:

1. die voertuie bons van mekaar af, of
2. die voertuie frommel saam op.

Watter scenario is meer gevaarlik vir die insittendes in 'n kar? Wanneer die karre teen mekaar bons, is daar 'n groter verandering in momentum en daarom 'n groter impuls. 'n Groter impuls beteken dat 'n groter krag uitgeoefen word op die insittendes in die kar. Wanneer die karre frommel is daar 'n kleiner verandering in momentum en daarom 'n kleiner impuls. 'n Kleiner impuls beteken dat die insittendes van die kar 'n kleiner krag ervaar. Voertuigvervaardigers gebruik hierdie idee en ontwerp frommelsones in voertuie, sodat dit karre 'n groter kans vir verfrommeling het tydens 'n botsing. Ook, wanneer die kar verfrommel, gebeur die momentumverandering oor 'n langer tyd. Beide hierdie effekte het tot gevolg dat 'n kleiner krag op die insittendes toegepas word, wat 'n groter kans op oorlewing moontlik maak.

Aktiwiteit: Eiergooi

Hierdie aktiwiteit demonstreer die effekte van 'n impuls en hoe dit gebruik word om veiligheid te verbeter. Laat twee leerders 'n laken of groot lap oophou. Gooi dan 'n eier na die laken. Die eier behoort nie te breek nie, aangesien die botsing tussen die eier en die laken oor 'n verlengte tydperk verloop soos wat die laken meegee. Wees versigtig om die laken raak te gooi, anders gaan iemand die gemors moet skoonmaak.

Oefening 2 – 6:

1. 'n Kanon met 'n massa van 500 kg skiet 'n bom met 'n massa van 1 kg horisontaal na die regterkant teen $500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Wat is die grootte en rigting van die aanvanklike terugslagsnelheid van die kanon?
2. 'n Trollie met 'n massa van 1 kg beweeg met 'n snelheid van $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. 'n Blok hout met 'n massa van 0,5 kg word vertikaal laat val in die trollie. Onmiddellik na die botsing is die spoed van die trollie en blok $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Bewys deur middel van berekening of momentum behoue bly gedurende die botsing.
3. 'n 7200 kg leë treintrok staan stil. 'n Kunsmisfirma laai 10 800 kg kunsmis op die trok. 'n Tweede, identiese, leë treintrok beweeg teen $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ wanneer dit met die gelaaide trok bots.
 - a) Indien die leë vragmotor onmiddellik na die botsing tot stilstand kom, gebruik die wet van behoud van momentum om die snelheid van die vragmotor direk na die botsing te bepaal.
 - b) Bereken die afstand wat die gelaaide vragmotor beweeg na die botsing indien 'n konstante wrywingskrag van 24 kN op die vragmotor inwerk.
4. 'n Kind laat val 'n muurbal met 'n massa van 0,05 kg. Die bal tref die grond teen 'n snelheid van $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en hop terug teen 'n snelheid van $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Neem slegs die muurbal in ag. Geld die wet van behoud van momentum steeds in hierdie situasie? Verduidelik.
5. 'n Koeël met 'n massa van 50 g wat horisontaal beweeg teen $600 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ tref 'n stilstaande houtblok met 'n massa van 2 kg, wat in rus is op 'n gladde horisontale oppervlakte. Die koeël penetreer die blok.

- a) Gee die naam van die beginsel, en stel die beginsel wat gebruik kan word om die spoed van die blok-en-koeël stelsel te bereken nadat die koeël die blok binnegedring het.
- b) Bereken die snelheid van die koeël en blok stelsel onmiddellik na die impak.
- c) Indien die impaktyd 5×10^{-4} s was, bereken die krag wat die koeël op die blok gedurende die impak uitoefen.

6. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C29 2. 2C2B 3. 2C2C 4. 2C2D 5. 2C2F



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

2.7 Hoofstukopsomming

ESFTZ

🔍 Sien aanbieding: 2C2G op www.everythingscience.co.za

- **Newton se tweede wet:** Die resultante krag wat op die liggaam uitgeoefen word sal veroorsaak dat die liggaam versnel in die rigting van die resultante krag. Die versnelling is direk eweredig aan die grootte van die resultante krag en omgekeerd eweredig aan die massa van die liggaam.
- **Newton se derde wet:** Indien liggaam A 'n krag op liggaam B uitoefen, sal liggaam B 'n gelyke maar teenoorgestelde krag op liggaam A uitoefen.
- **Momentum:** Die *momentum* van 'n voorwerp word gedefinieer as die massa van die voorwerp vermenigvuldig met die snelheid waarteen die voorwerp beweeg.
- **Momentum van 'n stelsel:** Die *totale momentum van 'n stelsel* is die som van die momentums van elk van die voorwerpe in die stelsel.
- **Beginsel van behoud van lineêre momentum** 'Die totale lineêre momentum van 'n geïsoleerde stelsel is konstant', of 'In 'n geïsoleerde stelsel is die totale momentum voor 'n botsing (of ontploffing) gelyk aan die totale momentum na die botsing (of ontploffing)'.
- **Elastiese botsing:** Beide totale momentum en totale kinetiese energie word behou.
- **Onelastiese botsing:** Slegs totale momentum word behou, totale kinetiese energie bly nie behou nie.
- **Impuls:** Die produk van die netto krag en die tydinterval waarin die krag uitgeoefen word.
- **Wet van momentum:** Die toegepaste resultante krag wat op 'n liggaam inwerk is gelyk aan die tempo van verandering van die liggaam se momentum, en hierdie krag is in die rigting van die verandering van momentum.
- **Impuls-momentum stelling:** Impuls is gelyk aan die verandering in momentum.

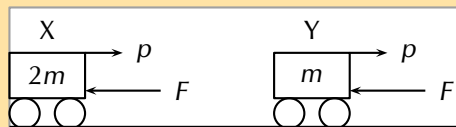
Fisiese eienskappe			
Eienskap	Vektor	Eenheid naam	Eenheid simbool
Massa (m)	-	kilogram	kg
Snelheid ($\vec{v}$)	✓	meter per sekonde	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Momentum ($\vec{p}$)	✓	kilogram meter per sekonde	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Kinetiese energie (KE)	-	joule	J
Impuls	✓	newton sekondes	$\text{N}\cdot\text{s}$

Tabel 2.1: Eenhede gebruik in **momentum en impuls**.

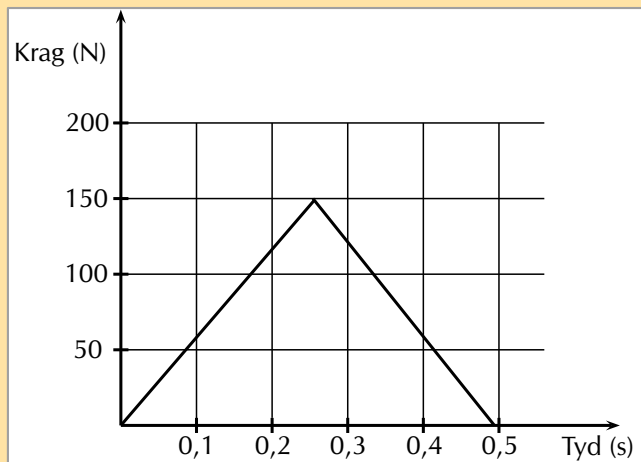
Oefening 2 – 7: Momentum

- [SC 2003/11] 'n Projektiel word vanaf die grond vertikaal opwaarts gevuur. By die hoogste punt van beweging ontplof die projektiel en skei dit in twee dele van gelyke massa. Indien die een deel na die ontploffing vertikaal opwaarts beweeg, sal die tweede deel...?
 - na die grond teen zero aanvanklike spoed val.
 - afwaarts projekteer teen dieselfde aanvanklike spoed as die eerste deel.
 - opwaarts projekteer teen dieselfde aanvanklike spoed as die eerste deel.
 - afwaarts projekteer teen dubbel die aanvanklike spoed as die eerste deel.
- [IEB 2004/11 HG1] 'n Bal tref 'n muur horisontaal met 'n spoed van $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dit wip horisontaal terug met 'n spoed van $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Watter van die volgende stellings oor die sisteem van die bal en die muur is **waar**?
 - Die totale lineêre momentum van die sisteem bly nie behoue gedurende die botsing nie.
 - Die wet van behoud van momentum is nie op die sisteem van toepassing nie.
 - Die verandering in momentum van die muur is gelyk aan die verandering in momentum van die bal.
 - Energie word vanaf die bal na die muur oorgedra.
- [IEB 2001/11 HG1] 'n Blok met massa M tref 'n stilstaande blok met massa $2M$. Die twee blokke beweeg weg met 'n snelheid van $\vec{v}$. Wat is die snelheid van die blok met massa M onmiddellik **voordat** dit die blok met massa $2M$ tref?
 - $\vec{v}$
 - $2\vec{v}$
 - $3\vec{v}$
 - $4\vec{v}$
- [IEB 2003/11 HG1] 'n Krieketbal en 'n tennisbal beweeg horisontaal na jou met *dieselfde momentum*. 'n Krieketbal se massa is groter as 'n tennisbal s'n. Jy pas dieselfde krag toe om beide balle te stop.
Hoe vergelyk die tyd wat dit neem om elkeen van die balle te stop?
 - Dit sal langer neem om die krieketbal te stop.
 - Dit sal langer neem om die tennisbal te stop.
 - Dit sal ewe lank neem om beide balle te stop.
 - Dit is onmoontlik om te sê sonder dat die tipe botsing bekend is.

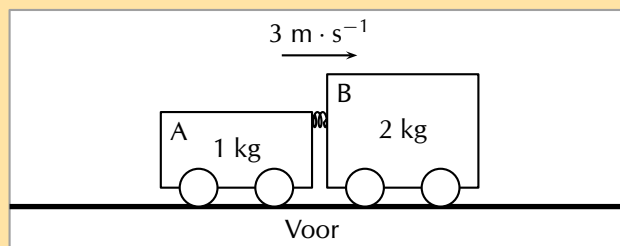
5. [IEB 2004/11 HG1] Twee identiese snoekerballe bots kop-aan-kop. Die eerste bal tref die tweede bal met spoed V en die tweede bal tref die eerste bal met spoed $2V$. Na die botsing beweeg die eerste bal in die teenoorgestelde rigting met spoed $2V$. Watter uitdrukking gee die korrekte spoed van die tweede bal na die botsing?
- V
 - $2V$
 - $3V$
 - $4V$
6. [SC 2002/11 HG1] Watter een van die volgende fisiese hoeveelhede is dieselfde as die tempo van verandering van momentum?
- resulterende krag
 - werk
 - drywing
 - impuls
7. [IEB 2005/11 HG] Kar X beweeg oor 'n gladde baan met momentum p . 'n Resulterende krag F stop die kar in 'n tyd t . 'n Ander kar Y het helfte die massa van X, maar dieselfde momentum p .



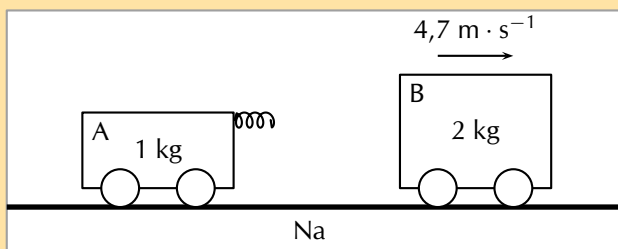
- Hoe lank sal dit neem om kar Y tot stilstand te bring indien dieselfde krag F daarop in werking tree?
- $\frac{1}{2}t$
 - t
 - $2t$
 - $4t$
8. [SC 2002/03 HG1] 'n Bal met massa m tref 'n muur loodreg met snelheid v . Indien dit in die teenoorgestelde rigting en met dieselfde snelheid v terugbeweeg, is die grootte van die verandering in momentum...
- $2mv$
 - mv
 - $\frac{1}{2}mv$
 - $0mv$
9. Toon dat impuls en momentum dieselfde eenhede het.
10. 'n Gholfstok oefen 'n gemiddelde krag van 3 kN op 'n bal met 'n massa van $0,06 \text{ kg}$ uit. Indien die gholfstok vir $5 \times 10^{-4} \text{ s}$ met die bal in kontak is, bereken
- die verandering in momentum van die gholfbal.
 - die snelheid van die gholfbal op die oomblik wat dit die gholfstok verlaat.
11. Tydens 'n hokkiewedstryd slaan 'n speler 'n stilstaande bal met 'n massa van 150 g . Die onderstaande grafiek toon hoe die krag van die bal oor tyd verander.



- Wat word deur die area onder die grafiek verteenwoordig?
 - Bereken die spoed waarmee die bal die hokkiestok verlaat.
 - Dieselfde speler slaan 'n oefenbal van dieselfde massa, maar gemaak van 'n sagter materiaal. Die slag is van so 'n aard dat die bal met dieselfde spoed as voorheen beweeg. Hoe sal die **area**, die **hoogte** en die **basis** van die driehoek op die grafiek met die oorspronklike grafiek vergelyk?
- Die voorkante van moderne motorkarre word opsetlik so ontwerp dat dit in die geval van 'n kop-aan-kop botsing verfrommel. Hoekom word dit verkies dat die voorkant van die motorkar frommel?
 - [SC 2002/11 HG1] In 'n poging om te koppel, bots 'n lokomotief met 'n massa van 4000 kg wat oos teen 'n snelheid van $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ beweeg, met 'n stilstaande treintrok met 'n massa van 3000 kg. Die koppeling misluk en stuur die treintrok oos teen 'n snelheid van $2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
 - Bereken die grootte en rigting van die snelheid van die lokomotief onmiddellik na die botsing.
 - Noem en toon in woorde die wet wat jy gebruik om die antwoord tot die vorige vraag te bekom
 - [SC 2005/11 SG1] 'n Gekombineerde (m.b.v. 'n veer) trollie A met massa 1 kg en trollie B met massa 2 kg, beweeg regs teen $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ oor 'n wrywinglose, horisontale oppervlak. Die veer bly saamgedruk tussen die twee trollies.



Wanneer die gekombineerde trollies teen $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ beweeg, word die veer ontkoppel, en sodra die veer heeltemal uitsit, beweeg die 2 kg trollie na regs teen $4,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ soos hieronder getoon.



- a) Toon, in woorde, die beginsel van *behoud van lineêre momentum*.
 - b) Bereken die grootte en rigting van die snelheid van die 1 kg trolle onmiddellik nadat die veer heeltemal uitgesit het.
15. [IEB 2002/11 HG1] 'n Bal bons van die grond af. Watter een van die volgende stellings m.b.t. die gebeurtenis is waar?
- a) Die grootte van die verandering in momentum van die bal is gelyk aan die grootte van die verandering in momentum van die Aarde.
 - b) Die grootte van die impuls deur die bal ondervind is groter as die grootte van die impuls deur die Aarde ondervind.
 - c) Die spoed van die bal voor die botsing sal altyd dieselfde as die spoed van die bal na die botsing wees.
 - d) Slegs die bal ondervind 'n verandering in momentum gedurende die gebeurtenis.
16. [SC 2002/11 SG] 'n Seun staan in 'n klein, stilstaande boot. Hy gooi sy skooltas, massa 2 kg, horisontaal na die jetty met 'n snelheid van $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Die *gekombineerde massa* van die seun en die boot is 50 kg.
- a) Bereken die grootte van die horisontale momentum van die tas onmiddellik nadat die seun dit gooi.
 - b) Bereken die snelheid (grootte en rigting) van die *seun-en-boot* onmiddellik nadat die tas gegooi is.
17. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C2H	2. 2C2J	3. 2C2K	4. 2C2M	5. 2C2N	6. 2C2P
7. 2C2Q	8. 2C2R	9. 2C2S	10. 2C2T	11. 2C2V	12. 2C2W
13. 2C2X	14. 2C2Y	15. 2C2Z	16. 2C32		



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Vertikale projektielbeweging in een dimensie

3.1	<i>Inleiding</i>	72
3.2	<i>Vertikale projektielbeweging</i>	72
3.3	<i>Hoofstukopsomming</i>	102

3.1 Inleiding

ESFV2

In hierdie hoofstuk gaan ons die beweging van voorwerpe wat gegooi, geprojekteer of geskiet word ondersoek. Ons gaan net die beweging in een dimensie bestudeer, met ander woorde as die voorwerp reguit boontoe of reguit ondertoe gegooi of laat val word. Intuïtief weet ons dat alles wat opgaan weer moet afkom, maar ons gaan nou uitvind hoekom dit so is.

📺 Sien video: 2C33 op www.everythingscience.co.za

Verwante konsepte

- Eenhede en eenheidomsettings — Fisiese Wetenskappe, Graad 10, Wetenskapsvaardighede
- Reglynige beweging — Fisiese Wetenskappe, Graad 10, Projektielbeweging in een dimensie
- Lineêre vergelykings — Wiskunde, Graad 10, Vergelykings en ongelykhede
- Kwadratiese vergelykings — Wiskunde, Graad 10, Funksies

3.2 Vertikale projektielbeweging

ESFV3

In Graad 11 het ons die beweging van vryvallende voorwerpe bestudeer en gesien dat so 'n voorwerp 'n konstante swaartekragversnelling (gravitasie versnelling) van $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ het. Ons gaan nou voorwerpe bestudeer wat opwaarts of afwaarts beweeg terwyl hulle 'n krag ervaar as gevolg van gravitasie. Ons noem dit projektielbeweging. Ons gaan net kyk na voorwerpe wat vertikaal op of af beweeg, met ander woorde daar is geen horisontale verandering in die voorwerp se posisie nie, net vertikaal.

Wanneer ons van 'n projektiel praat verwys ons na 'n liggaam of deeltjie wat geprojekteer of gelanseer word en daarna slegs onder in invloed van swaartekrag beweeg.

Beweging in 'n gravitasieveld

ESFV4

Uit Newton se universele swaartekragwet of Newton se universele gravitasiewet weet ons dat 'n voorwerp in die Aarde se gravitasieveld 'n krag ondervind wat dit na die middelpunt van die Aarde aantrek. As dit die enigste krag is wat op die partikel inwerk, sal die voorwerp na die middelpunt van die Aarde versnel.

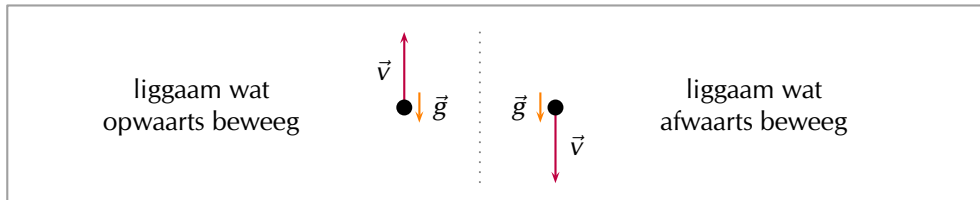
'n Persoon wat op die Aarde se oppervlakte staan, sal hierdie versnelling interpreteer as dat voorwerpe altyd ondertoe val. In graad 11 het ons gewys dat die waarde van swaartekragversnelling as 'n konstante hanteer kan word, met 'n waarde van $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

BELANGRIK!

In werklikheid sal die waarde van $\vec{g}$ verander as jy baie ver van die oppervlak van die Aarde af beweeg, maar vir alledaagse probleme kan dit as 'n konstante waarde hanteer word. Ons ignoreer ook die effek van lugweerstand.

Vir die res van hierdie hoofstuk aanvaar ons dat gravitasiekrag die enigste krag is wat op die vallende projektiel inwerk, en sal ons voorbeelde daarvolgens kies. Enige projektiel kan as vallend beskryf word, al is sy beweging aanvanklik opwaarts.

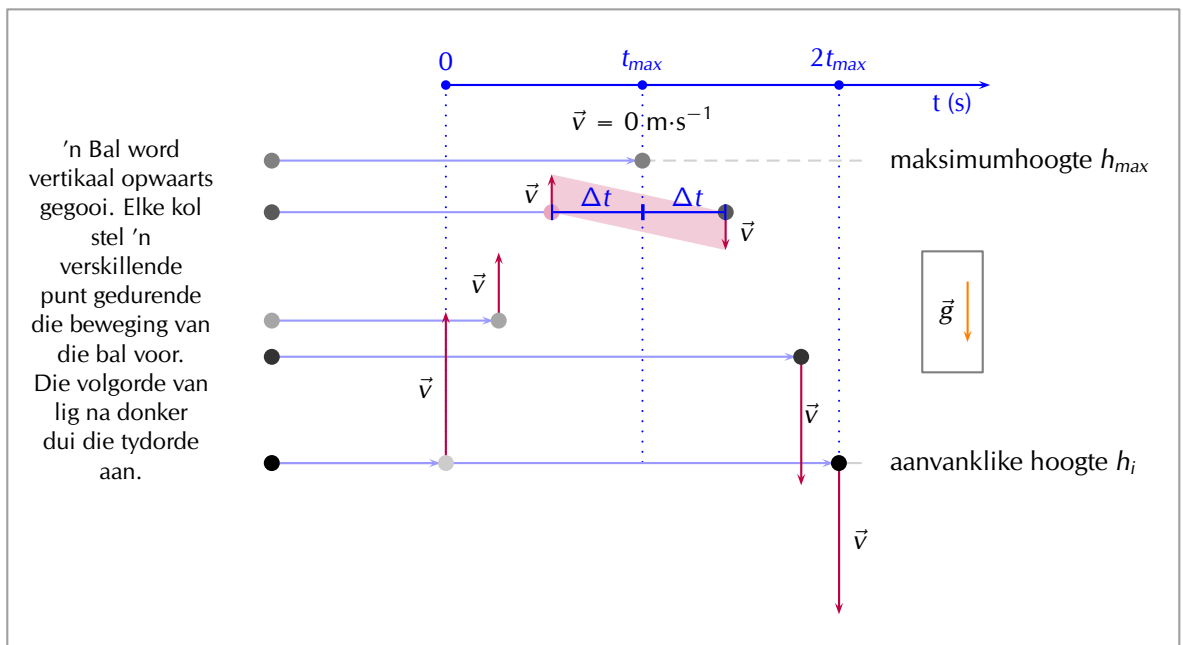
Die beginsnelheid van 'n voorwerp ($\vec{v}_i$) en die versnelling wat die voorwerp ondergaan is twee verskillende eienskappe. Dit is baie belangrik om te onthou dat die swaartekragversnelling altyd na die middelpunt van die Aarde is en konstant is, ongeag die rigting of grootte van die snelheid.



Figuur 3.1: Voorwerpe wat opwaarts of afwaarts in die Aarde se gravitasieveld beweeg, versnel altyd na die middelpunt van die Aarde. Dit lyk na 'n afwaartse versnelling vir iemand wat op die Aarde se oppervlakte staan. Ons teken nie beide vektore op die voorwerp nie omdat ons dan snelheid en versnelling sou meng, wat twee *verskillende* fisiese groottes is.

► Sien video: [2C34](https://www.everythingscience.co.za/2C34) op www.everythingscience.co.za

Dit beteken dat, as 'n voorwerp opwaarts beweeg met 'n sekere beginsnelheid in die vertikale rigting, die grootte van die snelheid sal afneem soos wat die voorwerp tot by die hoogste punt beweeg. Op 'n stadium sal die voorwerp vir 'n oomblik ophou beweeg ($v = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Hierdie punt waar die snelheid nul is is die maksimumhoogte ($h_{\max}$) wat die voorwerp kan bereik. Na dit begin die voorwerp val. Dit is belangrik om te onthou dat die versnelling konstant is, maar die snelheidsvektor se grootte en rigting verander het. By die maksimumhoogte, waar die snelheid nul is, is die versnelling steeds $\vec{g}$.



Figuur 3.2: 'n Voorwerp word opwaarts gegooi van die beginhoogte h_i . Na 'n tydspan van t_m bereik die voorwerp sy maksimumhoogte en begin afwaarts val. Na $2t_m$ keer die voorwerp terug na die hoogte h_i .

WENK

Projektiële wat opwaarts of afwaarts in die Aarde se gravitasieveld beweeg, sal altyd afwaarts versnel teen 'n konstante versnelling van $\vec{g}$. Let op: as die versnelling nie nul is nie, beteken dit dat die snelheid besig is om te verander.

WENK

Projektiële wat 'n beginsnelheid in die opwaartse rigting het, sal 'n snelheid van nul hê by hulle maksimumhoogtes, $h_{\max}$. Die versnelling is steeds $\vec{g}$.

Dink aan 'n voorwerp wat vertikaal opwaarts gegooi word vanaf die hoogte h_i . Ons het gesê dat die voorwerp met verminderende snelheid (al hoe stadiger) opwaarts sal beweeg tot dit stop en dan vertikaal afwaarts sal begin beweeg. Die tyd wat dit neem vir die voorwerp om tot by hoogte h_i terug te val is dieselfde as wat dit geneem het om van hoogte h_i tot by die maksimumhoogte te beweeg. Dit staan bekend as *tydsimmetrie*. Dit is die gevolg van die konstante versnelling wat die projektiel ervaar.

Dit het twee implikasies vir projektiële wat gedurende vryval deur dieselfde punt beweeg tydens sowel die opwaartse as die afwaartse deel van hulle beweging:

- **tydsimmetrie:** die tydintervalle gedurende die opwaartse en afwaartse beweging is dieselfde, byvoorbeeld dit sal ewe lank neem om te styg van die aanvanklike posisie tot maksimumhoogte as om terug te val na die aanvanklike posisie. Dit geld vir enige punt, soos getoon deur die pink kolletjie in Figuur 3.2. Die tydinterval tussen wanneer die projektiel by die punt is en wanneer dit by maksimumhoogte is is dieselfde, Δt .
- **grootte van snelheid:** die grootte van die snelheid by dieselfde punt tydens die opwaartse en afwaartse beweging sal dieselfde wees, maar die rigting sal omgekeer wees, soos aangedui deur die ingekleurde gebied in Figuur 3.2.

Dit is baie nuttig wanneer probleme opgelos moet word, omdat enige inligting oor die opwaartse beweging gebruik kan word om inligting oor die afwaartse beweging in te samel en omgekeerd.

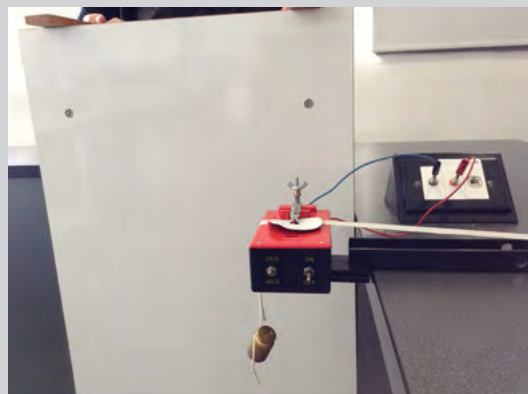
Formele eksperiment: Onderzoek die beweging van 'n vallende liggaam

Doel:

Meet die posisie en tyd tydens die beweging en gebruik daardie data om Posisie teenoor Tyd en Snelheid teenoor Tyd grafieke te trek. Uit die grafieke kan ons die grootte van die swaartekragversnelling, $\vec{g}$, bereken.

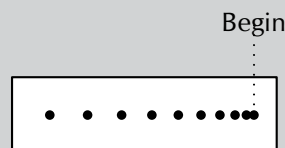
Apparaat:

- klikbandapparaat
- kliktydmeter
- band
- grafiekpapier
- liniaal
- skuimkussing





Figuur 3.3: Beweging teen konstante snelheid



Figuur 3.4: Beweging met toeneemende snelheid

Metode:

1. Werk saam met 'n vriend. Kopieer die tabel hieronder in jou werkboek.
2. Klamp die tydmeter vas aan die tafel sodat die klikband deur die kramme op die tydmeter kan val en loodreg met die vloer is. Prop die tydmeter in.
3. Trek 'n stukkie van die klikband deur die kramme. Maak seker dat die band onder die koolstofskef is. Die lengte van die band moet gelyk wees aan die afstand van die tydmeter na die vloer.
4. Heg 'n massa van 100 g met maskeerband aan die end van die band naaste aan die vloer vas.
5. Plaas die skuimkussing direk onder die massa. (Die kussing sal die massas en die vloer beskerm.)
6. Hou die band vas sodat dit vertikaal is en maklik deur die kramme sal beweeg.
7. Skakel die tydmeter aan.
8. Laat los die band met die massa sodat dit tot op die vloer val.
9. Skakel die tydmeter af.
10. Herhaal.
11. Neem elke band en soek die eerste duidelike kol naaste aan die end van die band waar die massa is. Omkring hierdie kol en merk dit as nul. Tel vyf kolle af en merk die vyfde kol as 1. Tel nog vyf kolle af en merk die volgende vyfde kol as 2. Hou so aan.
12. Meet die afstande tussen opeenvolgende kolle op elke stukkie band en teken die afstande aan in die tabel hieronder.
13. Gebruik die frekwensie van die kliktydmeter om die tye tussen opeenvolgende kolle te bereken. Teken die tye aan in die tabel hieronder.
14. Bereken die gemiddelde van die afstandswaardes tussen opeenvolgende genommerde kolle.
15. Die tydinterval tusse twee kolle is 0,02s, dus is die tyd tussen genommerde kolle

0,1s.

16. Gebruik die gemiddelde afstand tussen genummerde kolle en die bekende tyd-interval om snelheid te bereken.
17. Gebruik die grootte van die snelheid- en tydwaardes om 'n grafiek van Snelheid teenoor Tyd op grafiekpapier te teken. Plak die grafiekpapier in jou werkboek.
18. Trek die beste reguit lyn deur die datapunte.
19. Bepaal die helling van die reguit lyn. Dit is die grootte van die versnelling.

Resultate:

Verandering in afstand (m)	Verandering in tyd (s)	Grootte van snelheid ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Bespreking:

Gebruik die grafieke om die massa se beweging te beskryf.

Bewegingsvergelykings

ESFV5

Die reglynige bewegingsvergelykings waarvan jy in Graad 10 geleer het, kan gebruik word vir vertikale projektielbeweging, met die versnelling as gevolg van swaartekrag (gravitasie): $\vec{a} = \vec{g}$. Dit is omdat die reglynige bewegingsvergelykings toegepas kan word op enige beweging in 'n reguit lyn en met konstante versnelling. As ons net na vertikale beweging (op en af) kyk is dit 'n beweging in 'n reguitlyn en die versnelling, $\vec{g}$ is konstant en teen dieselfde lyn. Ons gebruik $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ as die grootte van g vir ons bewerkings.

BELANGRIK!

Hierdie sal 'n goeie oomblik wees om beide reglynige beweging en kwadratiese vergelykings van Graad 10 te hersien.

Onthou dat wanneer jy hierdie vergelykings gebruik, jy te doen het met vektore wat grootte en rigting het. Daarom moet jy besluit watter rigting die positiewe rigting sal wees sodat jou vektore die regte tekens sal hê.

Die bewegingsvergelykings waarvan jy in Graad 10 geleer het, is:

$$\begin{aligned}\vec{v}_f &= \vec{v}_i + \vec{a}t \\ \Delta\vec{x} &= \frac{(\vec{v}_i + \vec{v}_f)}{2}t \\ \Delta\vec{x} &= \vec{v}_i t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 \\ \vec{v}_f^2 &= \vec{v}_i^2 + 2\vec{a}\Delta\vec{x}\end{aligned}$$

In die geval van vertikale projektielbeweging weet ons dat gravitasie die enigste krag is wat ons sal oorweeg. Daarom is die versnelling $\vec{a} = \vec{g}$.

$$\begin{aligned}\vec{v}_f &= \vec{v}_i + \vec{g}t \\ \Delta\vec{x} &= \frac{(\vec{v}_i + \vec{v}_f)}{2}t \\ \Delta\vec{x} &= \vec{v}_i t + \frac{1}{2}\vec{g}t^2 \\ \vec{v}_f^2 &= \vec{v}_i^2 + 2\vec{g}\Delta\vec{x}\end{aligned}$$

waar

$\vec{v}_i$ = begin snelheid ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

$\vec{v}_f$ = eindsnelheid ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) teen tyd t

$\Delta\vec{x}$ = verandering in vertikale posisie (m)

t = tyd (s)

Δt = tydinterval (s)

$\vec{a} = \vec{g}$ = versnelling as gevolg van swaartekrag ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)

BELANGRIK!

$\Delta\vec{x}$ is verplasing (verandering in posisie). As die koördinaatsisteem wat jy gekies het se middelpunt nie by die punt waarvandaan die beweging begin is nie (as jy nie $\vec{x}_i = 0$ het nie), moet jy onthou dat die verplasing en die finale posisie nie dieselfde is nie. Die posisie word gegee deur $\vec{x}_f = \vec{x}_i + \Delta\vec{x}$. As $\vec{x}_i = 0$ is $\vec{x}_f = (0) + \Delta\vec{x}$.

► Sien simulasie: 2C35 op www.everythingscience.co.za

Nou kan ons probleme oplos deur hierdie wiskundige beskrywing van vertikale beweging toe te pas.

Uitgewerkte voorbeeld 1: Projektielbeweging

VRAAG

'n Bal word vertikaal opwaarts gegooi met 'n aanvangsnelheid van $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. 'n Foto (getoon) word geneem wanneer die bal 1,5 m bo die punt is van waar dit gelos is.

1. Bepaal die maksimumhoogte bo die hand van die gooiër wat die bal bereik.
2. Bepaal die tyd wat die bal neem om die maksimumhoogte te bereik.
3. Bepaal die tyd (tye) wanneer die bal by die posisie wat in die foto getoon word sal wees.

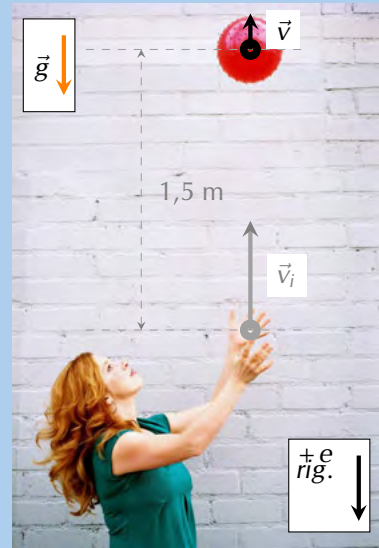


OPLOSSING

Stap 1: Dui aan wat benodig word en wat gegee is

Ons moet bepaal wat die maksimumhoogte is wat die bal bereik en hoe lank dit vat om daardie hoogte te bereik. Die beginsnelheid word gegee as $\vec{v}_i = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ opwaarts en die versnelling as gevolg van swaartekrag is $\vec{g} = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ afwaarts. Ons moet ook bepaal wanneer die bal by die posisie wat in die foto gewys word sal wees.

Die bal word reguit na bo gegooi en sal 'n maksimumhoogte bereik. By hierdie punt sal die bal se snelheid nul wees, voordat dit afwaarts begin val. In die foto word die hoogte van die bal gegee as 1,5 m bo die beginpunt. Deur hierdie inligting saam met die foto te gebruik, verstaan ons beter wat aangaan:



Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader

Alhoewel daar heelwat vrae is om te beantwoord, is die beste benadering om een vir een deur hulle te werk.

Eerstens, soos met reglynige beweging in Graad 10, kies 'n positiewe rigting. Ons kies **afwaarts as positief** en onthou om hierdie tekenkonvensie te behou vir die hele vraag. Dit sal ons toelaat om die gegewe inligting te analiseer en om rigtings en tekens te bepaal. Ons weet reeds die snelheid van die bal is $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ons kom dus uit by die volgende:

- $\vec{v}_i = -10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (dit is negatief omdat ons afwaarts gekies het as positief)
- $\vec{v}_f = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- $\vec{g} = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Ons weet dat die bal die posisie wat aangedui word as 1,5 m bo die oomblik van vrystelling verby sal vat soos wat die bal sy hoogste punt bereik, en dan weer soos wat die bal afwaarts beweeg.

Stap 3: Kies die gepaste vergelyking om die hoogste punt te bereken

Ons kan $\vec{v}_f^2 = \vec{v}_i^2 + 2\vec{g}\Delta\vec{x}$ gebruik om die hoogte te bereken.

Stap 4: Stel die waardes in die vergelyking en bereken die maksimumhoogte

$$\begin{aligned}\vec{v}_f^2 &= \vec{v}_i^2 + 2\vec{g}\Delta\vec{x} \\ (0)^2 &= (-10)^2 + (2)(9,8)(\Delta x) \\ -100 &= 19,6\Delta x \\ \Delta x &= -5,102 \text{ m}\end{aligned}$$

Die waarde vir die verplasing sal negatief wees omdat die verplasing opwaarts is en ons afwaarts gekies het as positief (en opwaarts as negatief). Die maksimumhoogte sal 'n positiewe getal wees, $h_m = 5,10 \text{ m}$.

Stap 5: Kies die regte vergelyking om die tyd wat die sal neem om die maksimumhoogte te bereik te bereken

Ons het reeds die waardes van $\vec{v}_i$, $\vec{v}_f$ en $\vec{g}$ so ons kan $\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{g}t$ gebruik om die tyd

te bereken.

Stap 6: Stel die waardes in en bereken die tyd wat dit sal neem om die maksimumhoogte te bereik

$$\begin{aligned}\vec{v}_f &= \vec{v}_i + \vec{g}t \\ 0 &= -10 + 9,8t \\ 10 &= 9,8t \\ t &= 1,02 \text{ s}\end{aligned}$$

Stap 7: Bereken die tye wanneer die bal in die posisie is wat op die foto aangedui is

Ons het die waardes vir die verplasing, die aanvanklike snelheid en die versnelling van die bal. Ons verwag ook om twee waardes te kry omdat ons weet die bal twee maal by daardie punt verby sal gaan.

Ons stel ons waardes in die vergelyking $\Delta \vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$, waarin tyd kwadraties is. Ons verwag om twee verskillende waardes te kry as ons oplos vir tyd.

Dit is belangrik om daarop te let dat ons die waarde $-1,5 \text{ m}$ kan gebruik as die waarde vir die verplasing bo die aanvanklike posisie.

$$\begin{aligned}\Delta \vec{x} &= v_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2 \\ \frac{1}{2} \vec{g} t^2 + \vec{v}_i t - \Delta \vec{x} &= 0 \\ \frac{1}{2} (9,8) t^2 + (-10) t - (-1,5) &= 0 \\ \underbrace{(4,9)}_a \underbrace{t^2}_{x^2} + \underbrace{(-10)}_b \underbrace{t}_x + \underbrace{(1,5)}_c &= 0 \\ t &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ t &= \frac{-(-10) \pm \sqrt{(-10)^2 - 4(4,9)(1,5)}}{2(4,9)} \\ t &= \frac{10 \pm \sqrt{70,6}}{9,8} \\ t &= \frac{10 \pm 8,40238}{9,8} \\ t &= 1,02041 \pm 0,857386 \\ t &= 0,16 \text{ s of } t = 1,88 \text{ s}\end{aligned}$$

Stap 8: Skryf die finale oplossing neer

Die bal:

1. bereik 'n maksimumhoogte van $5,10 \text{ m}$;
2. neem $1,02 \text{ s}$ om bo uit te kom; en
3. beweeg deur die punt in die foto teen $t = 0,16 \text{ s}$ tydens die opwaartse beweging en $t = 1,88 \text{ s}$ tydens die afwaartse beweging.

Die gebruik van 'n tekenkonvensie behoort nie die resultaat te beïnvloed nie. As 'n oefening, herhaal die vorige voorbeeld en gebruik die teenoorgestelde tekenkonvensie om seker te maak dat die resultaat dieselfde is.

Uitgewerkte voorbeeld 2: Hoogte van 'n projektiël

VRAAG

'n Krieketspeler slaan 'n krieketbal vertikaal opwaarts. Indien die bal 10 s neem om na die oorspronklike hoogte terug te beweeg, bepaal die maksimumhoogte bo die oorspronklike posisie van die bal.



OPLOSSING

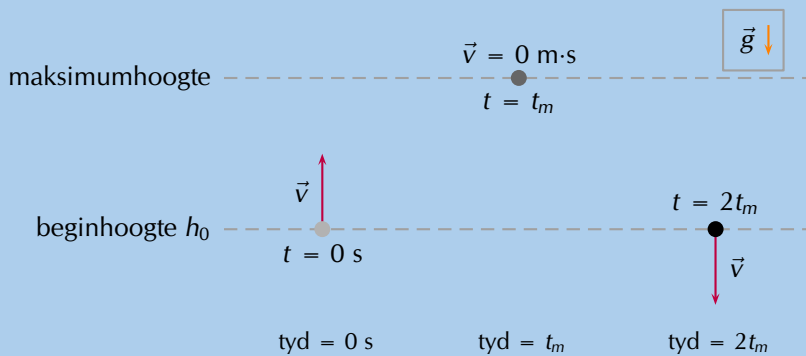
Stap 1: Dui aan wat benodig word en wat gegee is

Ons moet bepaal hoe hoog die bal beweeg. Ons weet dit neem 10 s om op en weer af te beweeg. Ons weet nie wat die aanvanklike snelheid ($\vec{v}_i$) van die bal is nie. Nadat die kolwer die bal tref, beweeg die bal reguit opwaarts en die enigste kraag wat die beweging van die bal beïnvloed is swaartekrag. Hierdie inligting word in die volgende grafiek weergegee.



Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader

Vir hierdie soort probleem is dit handig om die beweging in twee dele op te breek. Die eerste deel van die beweging is die opwaartse beweging van die bal, met 'n beginsnelheid ($\vec{v}_i$) en 'n eindsnelheid ($\vec{v}_f = 0$) by die maksimumhoogte. Die tweede deel van die beweging is die afwaartse beweging van die bal, met 'n beginsnelheid ($\vec{v}_i = 0$) en 'n eindsnelheid ($\vec{v}_f$) wat nog onbekend is.



Kies afwaarts as positief. Ons weet dat die snelheid van die bal $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ by die maksimumhoogte is. Ons weet ook dat dit dieselfde tyd neem vir die bal om sy maksimumhoogte te bereik as wat dit neem om terug te keer na die sy oorspronklike posisie, as gevolg van tydsimmetrie. Die tyd wat dit neem is die helfte van die totale tyd. Ons het dus die volgende inligting vir die tweede (afwaartse) deel van die beweging van die bal:

- $t = 5 \text{ s}$ (helfte van die totale tyd)
- $\vec{v}_{\text{maks}} = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- $\vec{g} = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ afwaarts
- $\Delta \vec{x} = ?$

Stap 3: Kies die gepaste vergelyking

Ons weet nie wat die afwaartse eindsnelheid van die bal is nie. Ons moet 'n vergelyking kies wat nie $\vec{v}_f$ in het nie. Ons kan die volgende vergelyking gebruik om $\Delta \vec{x}$ uit te werk:

$$\Delta \vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

Stap 4: Vervang die waardes en bereken die hoogte

$$\Delta \vec{x} = (0)(5) + \frac{1}{2}(9,8)(5)^2$$

$$\Delta \vec{x} = 122,5 \text{ m afwaarts}$$

In die tweede beweging is die verplasing van die bal 122,5 m afwaarts. Dit beteken die hoogte was $h = 122,5 \text{ m}$.

Stap 5: Skryf die finale oplossing neer

Die bal bereik 'n maksimumhoogte van 122,5 m.

Uitgewerkte voorbeeld 3: Gelyke verplasing [krediet: Sunil Kumar Singh]

VRAAG

'n Reeks balle word agtereenvolgens laat val van 'n toring af. Die tydsinterval tussen elke val is gelyk. Op die presiese oomblik wat die negende bal (bal 9) laat val word, tref bal 1 die grond. Watter een van die balle in die reeks is by $\frac{3}{4}$ van die hoogte, h , van die toring wanneer die eerste bal die grond tref?

OPLOSSING

Stap 1: Verstaan wat gebeur

'n Bal word van 'n toring af laat val. Na tyd t_i word 'n tweede bal laat val. Na nog 'n

tydinterval van t_i word 'n derde bal laat val. Dit beteken dat $2t_i$ tyd verbygegaan het tussen wanneer die eerste en die derde bal laat val is.

Na 'n derde tydsinterval van t_i word 'n vierde bal laat val. Die totale tyd wat verstreke is teen die tyd dat die vierde bal laat val word is dus $3t_i$. Hierdie proses word herhaal tot die negende bal laat val is. Op dieselfde oomblik wat die negende bal laat val word, tref die eerste bal die grond. Die negende bal is na 8 tydintervalle laat val, dus het die eerste bal 'n tydsinterval van $8t_i$ gevat om die grond te tref.

Stap 2: Beskryf die gebeure wiskundig

Omdat hierdie vraag vertikale beweging behels waar alles afwaarts val, is dit eenvoudiger om afwaarts as die positiewe rigting te kies.

Die eerste bal tref die grond wanneer die negende bal laat val word. Dit beteken dat die eerste bal vir 'n totale tyd van $(9 - 1)t_i = 8t_i$ geval het. Die verplasing van die eerste bal word beskryf deur die vergelyking $\Delta \vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$. Die balle word laat val, dus is hulle beginsnelheid nul, $\vec{v}_i = 0$. Ons weet hoe lank dit die eerste bal geneem het om die hoogte van die toring te val. Daarom het ons vir die eerste bal:

$$\Delta \vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

$$h = \frac{1}{2} (9,8) (8t_i)^2$$

Gestel die n de bal is die een wat by $\frac{3}{4}$ van die hoogte, h , van die toring is wanneer die eerste bal die grond tref. Die n de bal sou vir tyd $(n - 1)t_i$ geval het. As dit $\frac{3}{4}$ teen die toring op is, sou dit 'n afstand van $\frac{1}{4}h$ geval het. Die beweging word beskryf deur $\Delta \vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$ en daarom weet ons dat, in die geval van die n de bal:

$$\Delta \vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

$$\frac{1}{4} h = \frac{1}{2} (9,8) ((n - 1)t_i)^2$$

$$h = 2(9,8) ((n - 1)t_i)^2$$

Ons kan nie n uit hierdie finale vergelyking bereken nie, omdat dit beide h en t_i bevat. Ons kan die twee vergelykings wat ons reeds het gebruik om h uit te skakel. Albei vergelykings is geskryf in die vorm van $h = \dots$, dus kan ons hulle aan mekaar gelyk stel om h uit te skakel:

$$\frac{1}{2} (9,8) (8t_i)^2 = 2(9,8) ((n - 1)t_i)^2$$

$$\frac{1}{2} (9,8) 8^2 t_i^2 = 2(9,8) (n - 1)^2 t_i^2$$

$$\left(\frac{2}{(9,8)t_i^2} \right) \times \frac{1}{2} (9,8) 8^2 t_i^2 = \left(\frac{2}{(9,8)t_i^2} \right) \times 2(9,8) (n - 1)^2 t_i^2$$

$$8^2 = 4(n - 1)^2$$

$$8 = 2(n - 1)$$

$$4 = (n - 1)$$

$$n = 5$$

BELANGRIK!

Ons weet dat n 'n positiewe heelgetal moet wees. Daarom gebruik ons die positiewe wortel wanneer ons die vierkantswortel hierbo bereken.

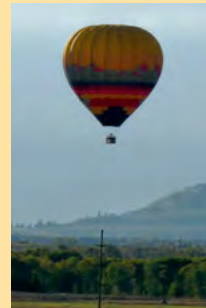
Stap 3: Skryf die finale oplossing neer

Die vyfde bal is by $\frac{3}{4}$ van die hoogte van die toring wanneer die eerste bal die grond tref.

Oefening 3 – 1: Bewegingsvergelykings

1. 'n Krieketspeler slaan 'n krieketbal reguit in die lug op. Die krieketbal het 'n beginsnelheid van $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vertikaal opwaarts.
 - a) Tot watter hoogte beweeg die bal voor dit stop en begin terugval Aarde toe?
 - b) Hoe lank was die bal in die lug?
2. Zingi gooi 'n tennisbal reguit in die lug op. Dit haal 'n hoogte van 80 cm.
 - a) Bepaal die beginsnelheid van die tennisbal.
 - b) Hoe lank vat dit vir die bal om sy maksimumhoogte te bereik?
3. 'n Toeris reis in 'n warmlugballon. Die warmlugballon styg vertikaal met 'n snelheid van $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Hy laat val per ongeluk sy kamera oor die rand van die ballon se mandjie toe die warmlugballon 20 m hoog is. Bereken die kamera se snelheid wanneer dit die grond tref.

'n Warmlugballon.



Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of kliek op 'wys die antwoord'.

1. [2C36](#) 2. [2C37](#) 3. [2C38](#) 4. [2C39](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Grafieke van vertikale projektielbeweging

ESFV6

Ons kan vertikale projektielbeweging met 'n reeks grafieke beskryf: posisie, snelheid en versnelling teenoor tyd grafieke. Dis niks nuuts nie. In Graad 10 het jy geleer van

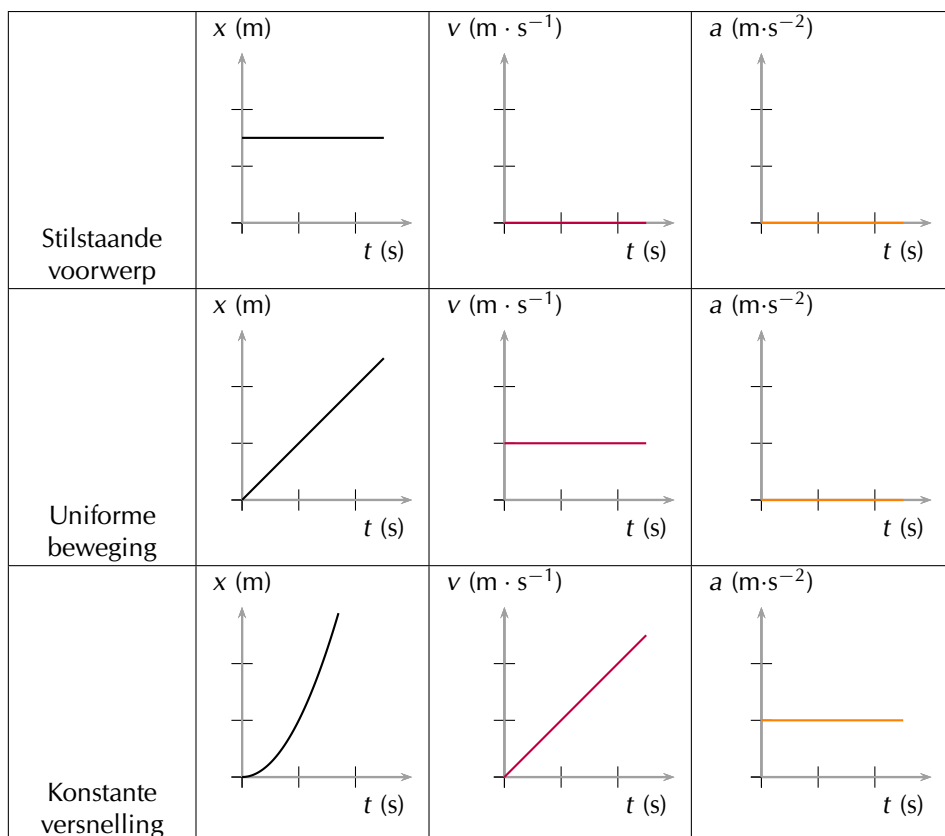
grafieke wat reglynige beweging met konstante versnelling beskryf. In die vorige afdeling het ons die gebruik van dieselfde bewegingsvergelykings as in reglynige beweging gemotiveer. Dus is alles wat jy geleer het van grafieke wat reglynige beweging beskryf ook geldig vir vertikale projektielbeweging.

BELANGRIK!

Dit is nou 'n goeie tyd om Graad 10 se grafieke van reglynige beweging te hersien.

Onthou dat $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ en $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$. Uit die grafieke van hierdie eienskappe kan ons die helling van die lyn en die area onder die lyn gebruik om veranderinge in ander eienskappe te bepaal. Hier is 'n tabel uit Graad 10 reglynige beweging wat opsom watter inligting ons kan aflei van die helling en die area onder die lyn vir verskeie grafieke:

Grafiek	Gradiënt	Area
Verplasing teenoor tyd	$\vec{v}$	-
Snelheid teenoor tyd	$\vec{a}$	$\Delta \vec{x}$
Versnelling teenoor tyd	-	$\vec{v}$



Figuur 3.5: Posisie teenoor tyd, snelheid teenoor tyd en versnelling teenoor tyd grafieke.

Die grafieke is grafiese voorstellings van die bewegingsvergelykings. Dit beteken dat jy die grafiek vir posisie, snelheid of versnelling kan gebruik om die bypassende vergelyking neer te skryf, en omgekeerd.

Die soort grafiek is verwant aan die bewegingsvergelyking: posisie is 'n parabool, snelheid is 'n reguit lyn en versnelling is 'n konstante. Die kenmerke hang dan af van die tekenkonvensie en die spesifieke waardes van die probleem.

Om die verskille te demonstreer gaan ons drie afsonderlike gevalle bestudeer: (1) die voorwerp het 'n beginsnelheid in die opwaartse rigting (teenoorgestelde rigting as $\vec{g}$), (2) die voorwerp val vanuit rus (geen beginsnelheid) en (3) die voorwerp het 'n beginsnelheid in die afwaartse rigting (dieselfde rigting as $\vec{g}$).

Belangrik: die horisontale asse in hierdie grafieke is tyd, nie ruimte nie.

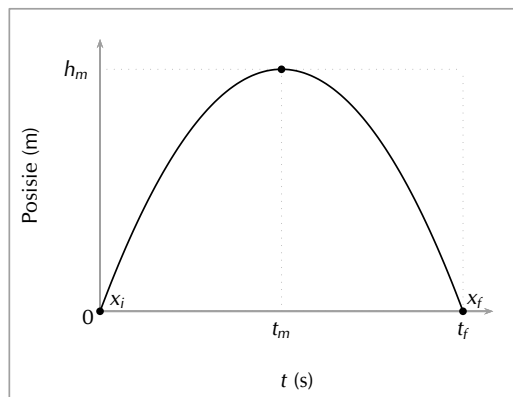
Geval 1: Aanvanklike opwaartse snelheid

Beskou 'n voorwerp wat soos volg beweeg:

1. Teen tyd $t = 0$ s is die voorwerp by die beginposisie $\vec{x}_i = 0$ en het 'n beginsnelheid van v_i ,
2. die voorwerp behaal 'n maksimumhoogte, h_m , bo die grond
3. die voorwerp val dan tot 'n finale posisie, $\vec{x}_f$, met 'n eind-snelheid van v_f teen tyd $= t_f$.

Die vergelyking vir die posisie word gegee deur $\vec{x} = \vec{x}_i + \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$.

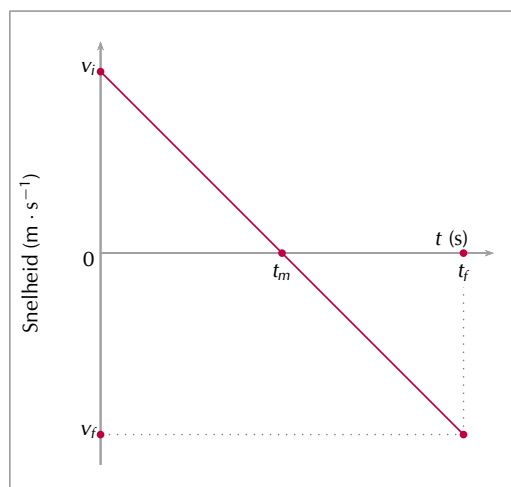
Ons moet, soos tevore, 'n positiewe rigting kies. Ons kies opwaarts as positief. Die grafiek van posisie teenoor tyd vir hierdie beweging lyk so:

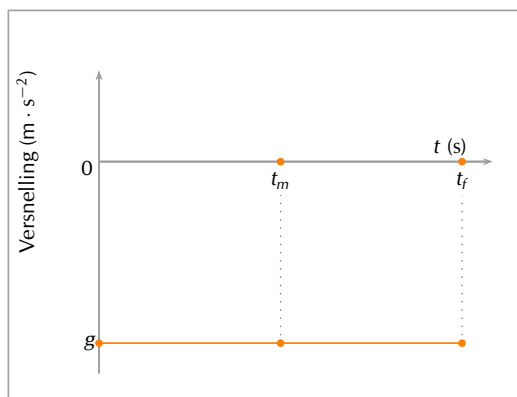


BELANGRIK!

Dit is belangrik om op te let dat ons 'n grafiek trek van posisie teenoor tyd en dat die beginposisie, $\vec{x}_i$, nie noodwendig nul is nie. Die posisie as 'n funksie van tyd word gegee deur $\vec{x}_f = \vec{x}_i + \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$. Die beginposisie, $\vec{x}_i$, sal die lyn wat $\vec{x}$ op die grafiek voorstel met 'n konstante faktor opskuif of afskuif. Of die skuif op of af is sal afhang van die rigting wat as positief gekies is. Die grootte van die skuif sal afhang van die punt wat as oorsprong vir die koördinaatsisteem gekies is (verwysingsraamwerk).

Die tweede grafiek is 'n reglynige vergelyking wat die snelheid as 'n funksie van tyd gee: $\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{g} t$. Let op dat ons opwaarts as positiewe rigting gekies het en daarom sal die versnelling as gevolg van swaartekrag negatief wees. Die helling (die koëffisient van t) van die snelheid teenoor tyd grafiek stel die versnelling voor. Die helling is negatief, wat inpas by ons besluit om opwaarts as positiewe rigting te kies.



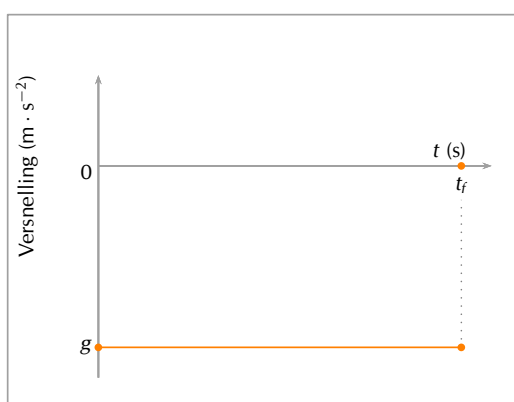


Die finale grafiek stel versnelling teenoor tyd voor en is konstant omdat die grootte en rigting van die versnelling weens gravitasie konstant is.

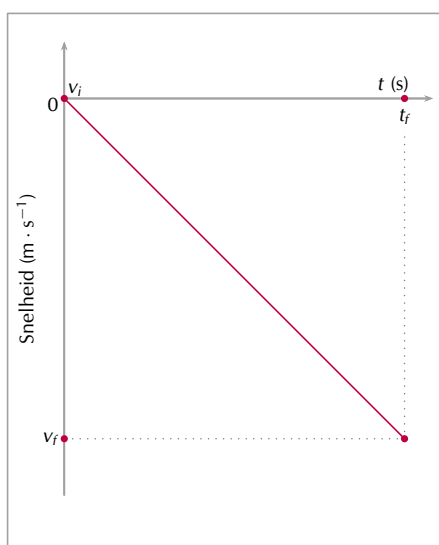
Gevalle 2 & 3: Aanvanklike snelheid is nul of afwaarts

Ons begin deur 'n positiewe rigting te kies. Ons wil die grafieke vergelyk met die grafieke van die eerste geval, so ons kies dieselfde rigting (opwaarts) as die positiewe rigting.

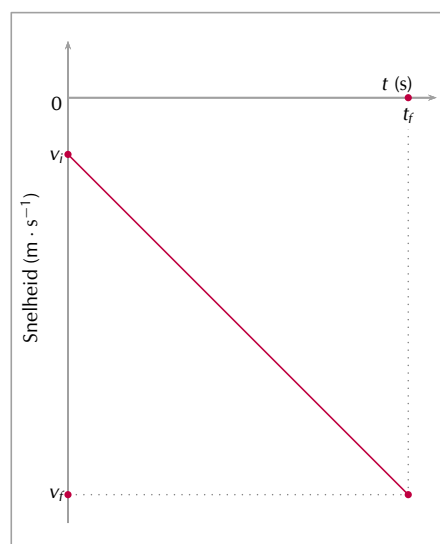
Die een waarde wat dieselfde bly is die versnelling, $\vec{g}$, as gevolg van swaartekrag. Dus:



As 'n voorwerp vanaf rus begin beweeg (byvoorbeeld as dit laat val word), is die aanvanklike snelheid nul. Ons weet dat versnelling konstant is, dus lyk die snelheid teenoor tyd grafiek soos volg:



Indien die voorwerp met 'n aanvanklike snelheid afwaarts begin beweeg, lyk die snelheid grafiek soos volg:



BELANGRIK!

Dit is belangrik om te sien dat die gradiënt van die snelheid teenoor tyd grafiek altyd dieselfde grootte het. Indien dieselfde rigting as die positiewe rigting gekies word, dan het die gradiënt dieselfde grootte EN teken (rigting). Die verskil tussen hierdie grafieke is verwant aan die aanvanklike snelheid, $\vec{v}_i$. Die grootte van die helling van die grafiek is die grootte van die versnelling.

Indien die voorwerp vanaf rus begin val is die vergelyking vir die posisie $\vec{x} = \vec{x}_i + \underbrace{\vec{v}_i t}_0 + \frac{1}{2}\vec{g}t^2$ en die grafiek

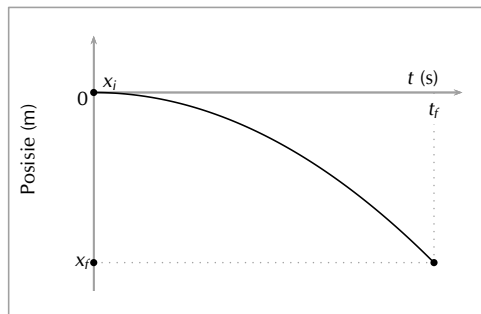
van posisie teenoor tyd grafiek lyk soos langsaan.

Vir beweging met 'n aanvanklike snelheid in die negatiewe rigting is die grafiek van verplasing teenoor tyd 'n nuwe parabool in vergelyking met die geval waar die voorwerp vanaf rus val.

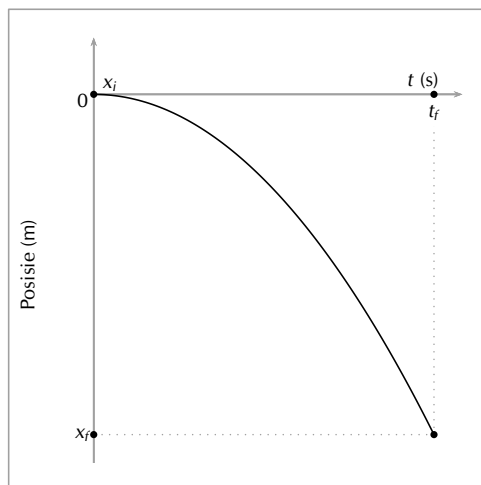
Die primêre verskil tussen die kenmerke van die grafieke waarna ons gekyk het is dat die posisie-grafiek in Geval 1 'n maksimum positiewe verplasing het (dit het 'n piek), maar in Gevalle 2 en 3, waar die aanvanklike snelheid negatief is, is die verplasing altyd negatief.

Jy mag dalk wonder of die finale posisie altyd dieselfde is as die aanvanklike posisie, soos in Geval 1. Dit is nie noodwendig waar nie. As 'n voorwerp opwaarts gegooi word vanaf 'n krans, sal die aanvanklike posisie van die voorwerp die hoogte van die krans wees, maar die finale posisie sal by die basis van die krans wees.

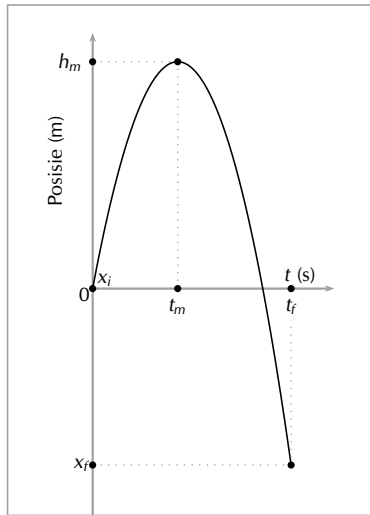
In hierdie grafiek is die beginsnelheid nul.



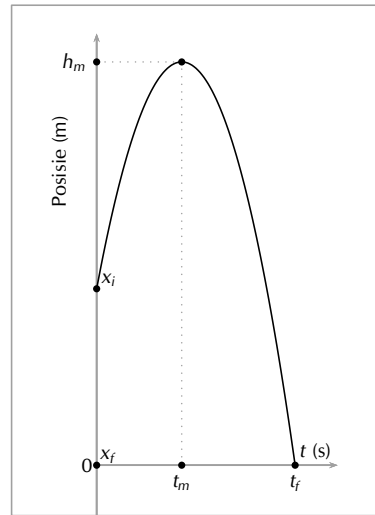
In die grafiek is die aanvanklike snelheid in die negatiewe rigting.



As ons die punt waarvandaan die voorwerp gegooi word as die oorsprong van ons koördinaatstelsel kies, dan lyk die grafiek soos volg:



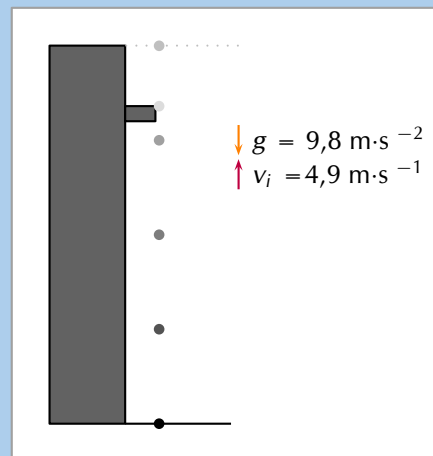
As ons kies dat die oorsprong van ons koördinaatstelsel by die basis van die krans is, sal die grafiek so lyk omdat die beginverplasing die hoogte van die krans is.



Uitgewerkte voorbeeld 4: Teken grafieke van projektielbeweging

VRAAG

Stanley staan op 'n balkon 20 m bo die grond. Hy gooi 'n rubberbal opwaarts met 'n aanvanklike snelheid van $4,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Die bal beweeg opwaarts tot by 'n maksimumhoogte en val dan terug na die grond. Teken 'n grafiek van posisie teenoor tyd, snelheid teenoor tyd en versnelling teenoor tyd. Kies die opwaartse rigting as die positiewe rigting.



OPLOSSING

Stap 1: Bepaal wat gevra word

Ons moet 'n grafiek van die volgende teken:

1. $\vec{x}$ teenoor t
2. $\vec{v}$ teenoor t
3. $\vec{a}$ teenoor t

Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader

Die beweging van die bal kan opgedeel word in twee dele:

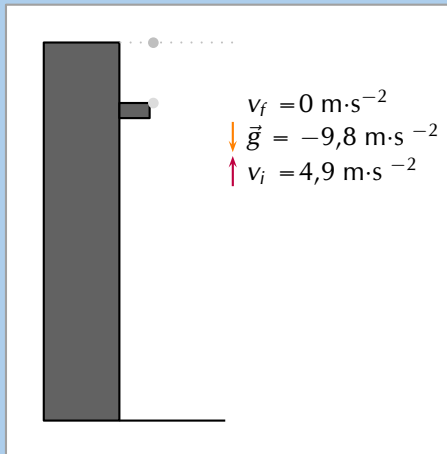
1. die bal beweeg opwaarts vanaf die gebou
2. die bal val na die grond

Ons sal elke deel onafhanklik ondersoek. Om die grafieke te kan teken moet ons vasstel hoeveel tyd geneem word en wat die verplasing is tydens elke deel.

Stap 3: Vind die hoogte en die tyd verstreke vir die eerste deel

Vir die eerste deel van die beweging, het ons:

- $\vec{v}_i = +4,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- $\vec{v}_f = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- $\vec{g} = -9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$



Dus kan ons $\vec{v}_f^2 = \vec{v}_i^2 + 2\vec{g}\Delta\vec{x}$ gebruik om die hoogte te bereken en $\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{g}t$ gebruik om die tyd te bereken.

$$\vec{v}_f^2 = \vec{v}_i^2 + 2\vec{g}\Delta\vec{x}$$

$$(0)^2 = (4,9)^2 + 2 \times (-9,8) \times \Delta\vec{x}$$

$$19,6\Delta x = (4,9)^2$$

$$\Delta\vec{x} = +1,225 \text{ m}$$

$$h = \Delta x = 1,225 \text{ m}$$

$$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{g}t$$

$$0 = 4,9 + (-9,8) \times t$$

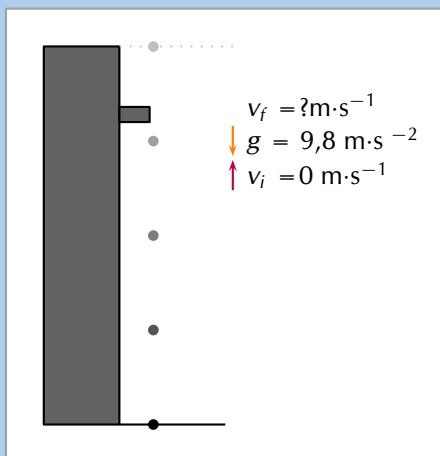
$$9,8t = 4,9$$

$$t = 0,5 \text{ s}$$

Stap 4: Vind die hoogte en die tyd verstreke vir die tweede deel van die beweging

Vir die tweede deel van die beweging het ons:

- $\vec{v}_i = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- $\Delta\vec{x} = -(20 + 1,225) \text{ m}$
- $\vec{g} = -9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$



Dus kan ons $\Delta\vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2}\vec{g}t^2$ gebruik om die tyd te bereken.

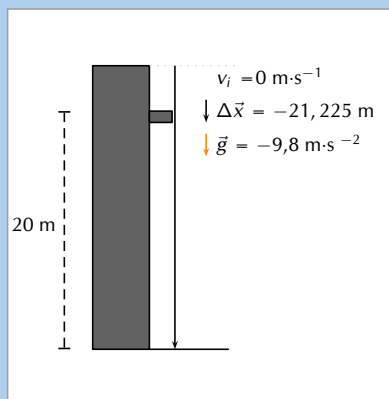
$$\Delta\vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

$$-(20 + 1,225) = (0) \times t + \frac{1}{2} \times (-9,8) \times t^2$$

$$-21,225 = 0 - 4,9t^2$$

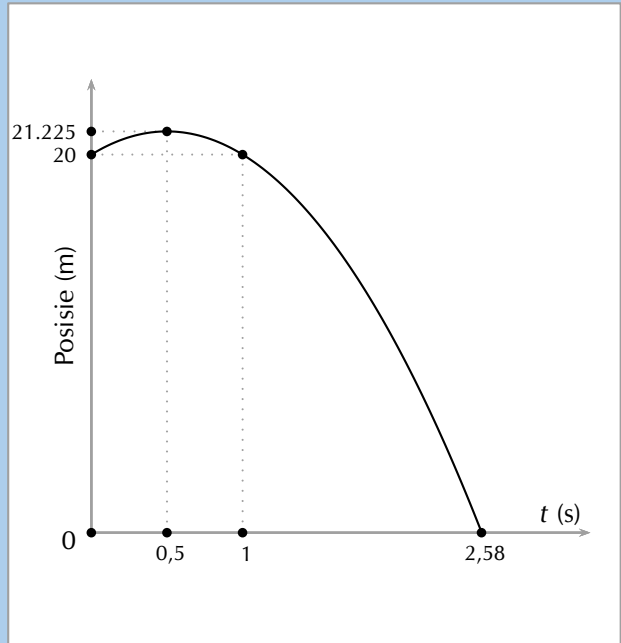
$$t^2 = 4,33163...$$

$$t = 2,08125 \text{ s}$$



Stap 5: Grafiek van posisie teenoor tyd

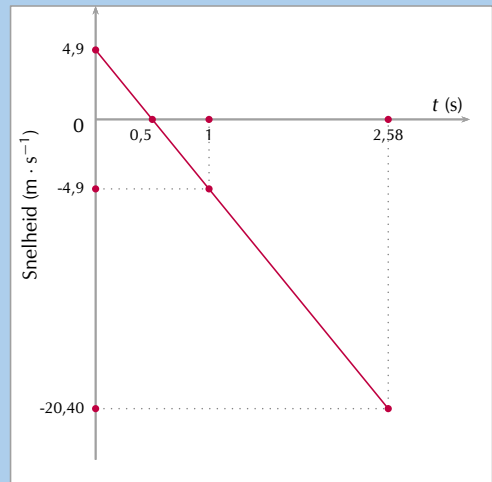
Die bal begin by 'n posisie 20 m vanaf die grond (by $t = 0$ s) en beweeg opwaarts totdat dit 20 + 1,225 m (by $t = 0,5$ s) bereik. Dit val dan terug tot by 20 m (by $t = 0,5 + 0,5 = 1,0$ s) en val dan verder tot by die grond, $\Delta \vec{x} = 0$ m, by $t = 0,5 + 2,08 = 2,58$ s.



Stap 6: Grafiek van snelheid teenoor tyd

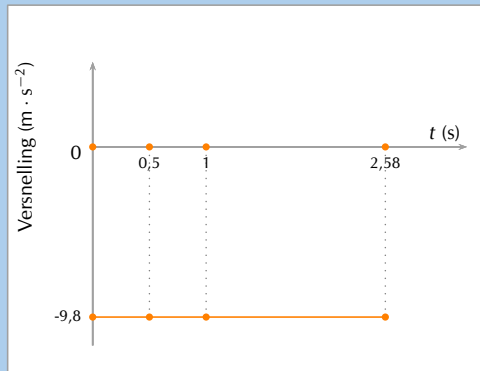
Die bal begin met 'n snelheid van $+4,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ by $t = 0$ s en bereik 'n snelheid van $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ by $t = 0,5$ s. Dan stop dit en val terug na die Aarde. By $t = 1,0$ s (d.w.s. na 'n verdere 0,5 s) het dit 'n snelheid van $-4,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Die snelheid het dieselfde grootte as die aanvanklike opwaartse snelheid, maar dit is afwaarts en nie opwaarts nie. Dit hou aan beweeg met 'n konstante versnelling tot $t = 2,58$ s. Met ander woorde is die snelheidgrafiek 'n reguit lyn. Die eindsnelheid van die bal kan soos volg bereken word:

$$\begin{aligned}\vec{v}_f &= \vec{v}_i + \vec{g}t \\ &= 0 + (-9,8)(2,08...) \\ &= -20,396... \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}\end{aligned}$$



Stap 7: Grafiek van a teenoor t

Ons het die opwaartse rigting as positief gekies. Die versnelling van die bal is afwaarts, dus $\vec{g} = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ afwaarts. Omdat versnelling konstant is dwarsdeur die beweging lyk die grafiek so:



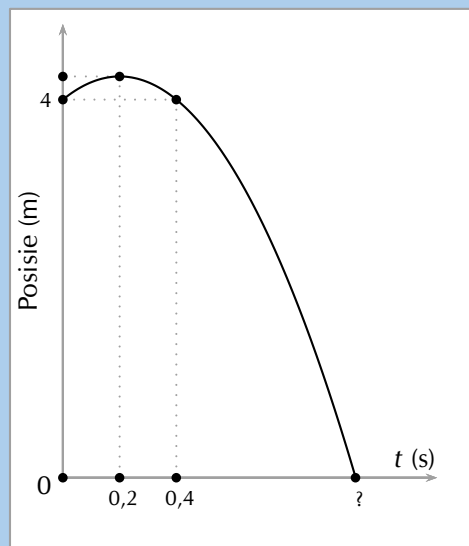
Uitgewerkte voorbeeld 5: Analise van grafieke van projektielbeweging

VRAAG

Die grafiek hieronder (nie volgens skaal geteken nie) wys die beweging van 'n tennisbal wat vertikaal opwaarts gegooi word vanaf 'n oop venster 'n afstand bo die grond. Dit neem die bal 0,2 s om die hoogste punt te bereik voordat dit weer na die grond val.

Bestudeer die gegewe grafiek en bereken:

1. hoe hoog die venster bo die grond is.
2. hoe lank dit die bal neem om die maksimumhoogte te bereik.
3. die aanvanklike snelheid van die bal.
4. die maksimumhoogte wat die bal bereik.
5. die finale snelheid van die bal wanneer dit die grond tref.



OPLOSSING

Stap 1: Vind die hoogte van die venster

Die aanvanklike posisie van die bal is die hoogte van die venster. Van die y-as van die grafiek sien ons dat die bal 4 m bo die grond is.

Die venster is dus 4 m bo die grond.

Stap 2: Vind die tyd wat dit neem om die maksimumhoogte te bereik

Die maksimumhoogte is waar die posisie teenoor tyd grafiek 'n maksimum bereik, dit wil sê wanneer $t = 0,2$ s.

Dit neem die bal 0,2 s om die maksimumhoogte te bereik.

Stap 3: Vind the aanvanklike snelheid ($\vec{v}_i$) van die bal

Om die aanvanklike snelheid te vind kyk ons net na die eerste deel van die bal se beweging. Dit is vanaf die oomblik wanneer die bal laat gaan word totdat dit sy maksimumhoogte bereik. In hierdie geval kies ons die opwaartse rigting as positief.

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$\vec{g} = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\vec{v}_f = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (want die bal stop)}$$

Om die aanvanklike snelheid ($\vec{v}_i$) van die bal te bereken gebruik ons:

$$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{g}t$$

$$0 = \vec{v}_i + (-9,8)(0,2)$$

$$v_i = 1,96 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Die aanvanklike snelheid van die bal is $1,96 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ opwaarts.

Stap 4: Vind die maksimumhoogte van die bal

Om die maksimumhoogte te vind, kyk ons na die aanvanklike beweging van die bal. Ons het die volgende:

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$\vec{g} = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\vec{v}_f = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (want die bal stop)}$$

$$\vec{v}_i = +1,96 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (bo uitgewerk)}$$

Om die verplasing vanaf die venster tot by die maksimumhoogte (Δx) te bereken gebruik ons:

$$\Delta \vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

$$\Delta \vec{x} = (1,96)(0,2) + \frac{1}{2}(-9,8)(0,2)^2$$

$$\Delta \vec{x} = 0,196 \text{ m}$$

Die maksimumhoogte van die val is $(4 + 0,196) = 4,196 \text{ m}$ bo die grond.

Stap 5: Vind die bal se finale snelheid ($\vec{v}_f$)

Om die finale snelheid van die bal te bereken kyk ons na die tweede deel van die beweging. Hiervoor het ons:

$$\Delta \vec{x} = -4,196 \text{ m (want opwaarts is positief)}$$

$$\vec{g} = -9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\vec{v}_i = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Ons kan $\vec{v}_f^2 = \vec{v}_i^2 + 2\vec{g}\Delta\vec{x}$ gebruik om die eindsnelheid van die bal te bereken:

$$\begin{aligned}\vec{v}_f^2 &= \vec{v}_i^2 + 2\vec{g}\Delta\vec{x} \\ \vec{v}_f^2 &= (0)^2 + 2(-9,8)(-4,196) \\ \vec{v}_f^2 &= 82,2416 \\ \vec{v}_f &= 9,0687 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ afwaarts}\end{aligned}$$

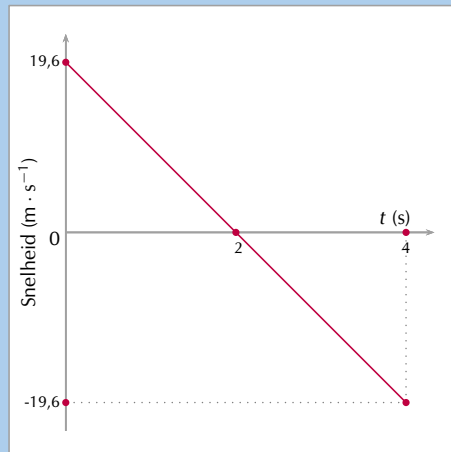
Die finale snelheid van die bal is $9,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ afwaarts.

Uitgewerkte voorbeeld 6: Beskrywings van projektielbeweging

VRAAG

'n Krieketspeler slaan 'n krieketbal vanaf die grond en die volgende grafiek van die snelheid teenoor tyd word geteken. Opwaarts is die positiewe rigting. Bestudeer die grafiek en volg die instruksies hieronder:

1. Beskryf die bal se beweging volgens die grafiek.
2. Teken 'n sketsgrafiek van die ooreenstemmende posisie-tyd grafiek en gee byskrifte vir die asse.
3. Teken 'n sketsgrafiek van die ooreenstemmende versnelling-tyd grafiek en gee byskrifte vir die asse.



OPLOSSING

Stap 1: Beskryf die bal se beweging

Ons moet die snelheid-tyd grafiek bestudeer om die vraag te kan beantwoord. Ons sal die bal se beweging in twee tydsones verdeel: $t = 0 \text{ s}$ tot $t = 2 \text{ s}$ en $t = 2 \text{ s}$ tot $t = 4 \text{ s}$.

Van $t = 0 \text{ s}$ tot $t = 2 \text{ s}$ gebeur die volgende:

Die bal begin beweeg met 'n aanvanklike snelheid van $19,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en verminder sy snelheid tot $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ by $t = 2 \text{ s}$. By $t = 2 \text{ s}$ is die bal se snelheid $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en kom dit dus tot ruste.

Van $t = 2 \text{ s}$ tot $t = 4 \text{ s}$ gebeur die volgende:

Die bal begin beweeg teen 'n snelheid van $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en versnel tot 'n snelheid van $19,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in die rigting teenoorgesteld aan die oorspronklike beweging.

As ons aanneem dat die bal reguit opwaarts in die lug ingeslaan word (en ons opwaarts as positief neem), bereik dit sy maksimumhoogte by $t = 2$ s, stop, en begin dan terugval Aarde toe. Dit bereik die grond teen $t = 4$ s.

Stap 2: Teken die posisie-tyd grafiek

Om hierdie grafiek te kan teken moet ons die verplasing by $t = 2$ s en $t = 4$ s bepaal.

By $t = 2$ s:

Die verplasing is gelyk aan die area onder die grafiek:

Area onder die grafiek = Area van driehoek

$$\text{Area} = \frac{1}{2}bh$$

$$\text{Area} = \frac{1}{2} \times 2 \times 19,6$$

$$\text{Posisie} = 19,6 \text{ m}$$

By $t = 4$ s:

Die verplasing is gelyk aan die area onder die hele grafiek (bo en onder die tyd-as).

Onthou dat 'n area onder die tyd-as afgetrek moet word:

Area onder grafiek = Area van driehoek 1 + Area van driehoek 2

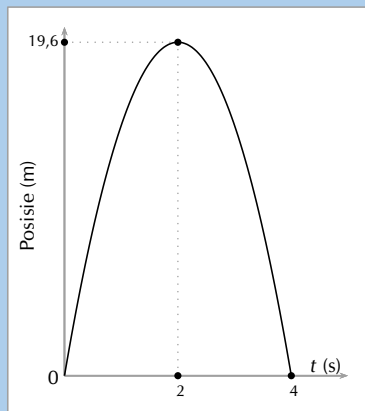
$$\text{Area} = \frac{1}{2}bh + \frac{1}{2}bh$$

$$\text{Area} = \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 19,6 \right) + \left(\frac{1}{2} \times 2 \times (-19,6) \right)$$

$$\text{Area} = 19,6 - 19,6$$

$$\text{Verplasing} = 0 \text{ m}$$

Die posisie teenoor tyd grafiek vir beweging teen 'n konstante versnelling is 'n kurwe. Die grafiek sal as volg lyk:



Stap 3: Teken die versnelling teenoor tyd grafiek

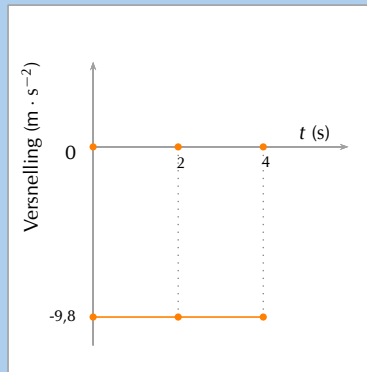
Om die versnelling teenoor tyd grafiek te kan teken moet ons weet wat die versnelling is. Die snelheid teenoor tyd grafiek is 'n reguit lyn, dus is die versnelling konstant. Die gradiënt gee die versnelling.

Die lyn het 'n negatiewe gradiënt (verlaag na die linkerkant), wat bedoel dat die versnelling negatief is.

Bereken die gradiënt van die lyn:

$$\begin{aligned}\text{gradiënt} &= \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \\ \text{gradiënt} &= \frac{0 - 19,6}{2 - 0} \\ \text{gradiënt} &= \frac{-19,6}{2} \\ \text{gradiënt} &= -9,8\end{aligned}$$

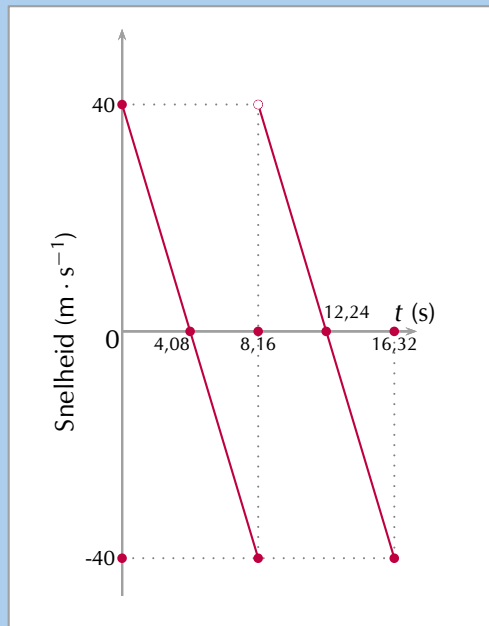
Dus is die versnelling = $9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ afwaarts.



Uitgewerkte voorbeeld 7: Interpretasie van snelheidsgrafieke

VRAAG

Beskryf die beweging wat ooreenstem met die volgende grafiek en plot die posisie teenoor tyd en versnelling teenoor tyd grafiek - neem aan dat die aanvanklike posisie 0 is:



OPLOSSING

Stap 1: Bepaal wat gevra word

Die snelheid teenoor tyd grafiek vir die beweging van 'n voorwerp word gegee. Ons moet die werklike beweging beskryf deur van die grafiek gebruik te maak. Let op dat die grafiek diskontinuiteite het wat die grafiek natuurlik in fases verdeel. Ons moet elke fase onafhanklik hanteer en dan probeer om af te lei wat met die voorwerp tussen die fases gebeur het.

Die eerste ding wat jy normaalweg doen in 'n vertikale projektiële beweging probleem is om 'n positiewe rigting te kies. In hierdie geval is dit reeds besluit. Ons moet die gegewe inligting gebruik om vas te stel watter rigting as die positiewe rigting gekies is.

Stap 2: Bepaal watter rigting as die positiewe rigting gekies is

Ons is 'n snelheid teenoor tyd grafiek gegee. Ons weet dat die gradiënt van die snelheid-tyd grafiek die versnelling is en dat die enigste versnelling in hierdie soort probleem weens gravitasie is. Ons kan bepaal watter rigting die positiewe rigting is deur gebruik te maak van ons kennis van gravitasieversnelling en die gradiënt van die grafiek.

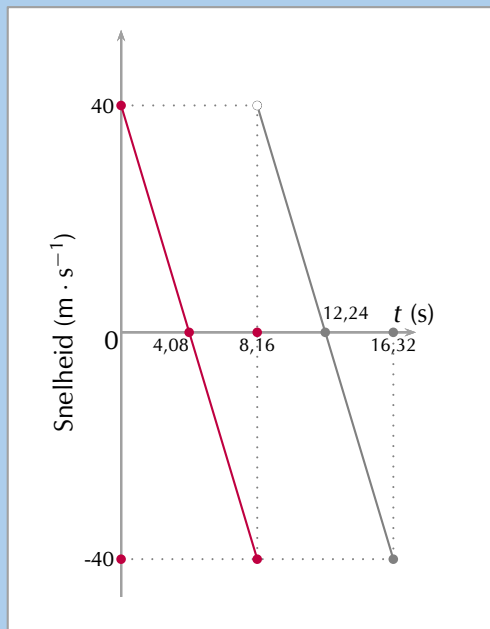
Gravitasieversnelling is altyd na die middel van die Aarde gerig. Oorweeg beide moontlikhede:

- **opwaarts is positief** - dan is die gradiënt van die snelheid-tyd grafiek negatief
- **afwaarts is positief** - dan is die gradiënt van die snelheid-tyd grafiek positief

In hierdie probleem is die gradiënt van die snelheid-tyd grafiek negatief, dus weet ons dat opwaarts as die positiewe rigting gekies is.

Stap 3: Eerste fase

In die grafiek hieronder beklemtoon ons slegs die eerste fase.

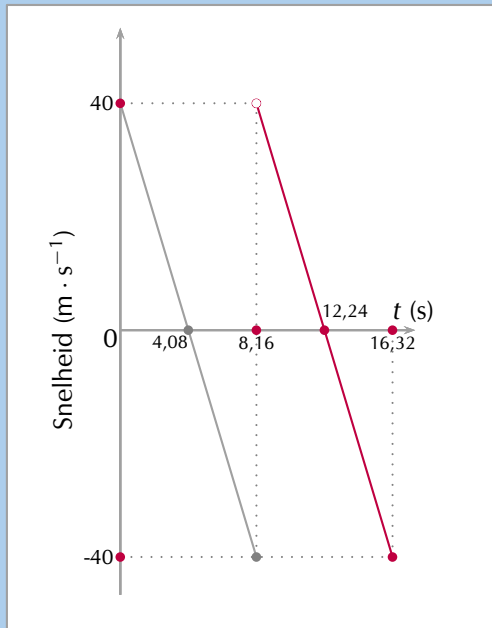


Die snelheid is aanvanklik positief en verminder lineêr, dit word nul en hou aan verminder tot dit dieselfde grootte in die negatiewe rigting bereik. Die positiewe beginsnelheid bereken dat die voorwerp opwaarts beweeg het, die lineêre vermindering beteken dat die voorwerp 'n konstante, negatiewe versnelling het en die feit dat die snelheid deur die nulpunt gegaan het beteken dat die voorwerp 'n maksimumhoogte bereik het het voor dit in die negatiewe rigting begin val het. Die feit dat die grootte van die aanvanklike en finale snelhede dieselfde is dui aan dat daar tydsimmetrie is.

Hierdie is eenvoudig 'n voorstelling van 'n voorwerp wat opwaarts gegooi/geskiet/geprojekteer is, wat 'n maksimumhoogte bereik en dan weer daal tot by dieselfde hoogte van waar dit gegooi is.

Stap 4: Tweede fase

In die grafiek hieronder beklemtoon ons die tweede fase.



Soos in die eerste fase is die aanvanklike snelheid positief. Die snelheid verminder lineêr, gaan deur die nulpunt en bereik dieselfde grootte in die negatiewe rigting. Die positiewe aanvanklike snelheid beteken dat die voorwerp aanvanklik opwaarts beweeg het, die lineêre vermindering beteken dat die voorwerp het 'n konstante versnelling in die negatiewe rigting het en die feit dat die snelheid deur die nulpunt beweeg het beteken dat die voorwerp 'n maksimumhoogte behaal het voor dit in die negatiewe rigting begin beweeg het. Die feit dat die grootte van die aanvanklike en finale snelhede dieselfde is beteken dat daar tydsimmetrie is.

Hierdie is eenvoudig 'n plot van 'n voorwerp wat opwaarts gegooi word, 'n maksimumhoogte bereik en dan weer val tot by dieselfde hoogte vanwaar dit gegooi is.

Stap 5: Kombinasie van fases

Ons weet dat die twee fases dieselfde lyk: die voorwerp beweeg aanvanklik opwaarts, bereik 'n piek, val tot by sy oorspronklike posisie en herhaal die proses. Hierdie kan 'n beskrywing wees van 'n bal wat bons.

Stap 6: Posisie teenoor tyd

Om 'n akkurate posisiegrafiek te teken neem ons in ag dat ons te make het met 'n Geval 1 situasie van vroeër. Ons moet bepaal wat die maksimumhoogte is wat die voorwerp behaal sodat ons die posisie teenoor tyd grafiek kan teken. Ons het die tydinformatie vanaf die snelheid teenoor tyd grafiek.

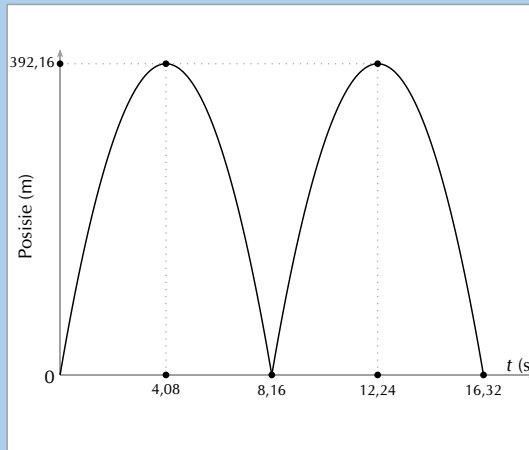
Ons kan bevestig dat die versnelling inderdaad weens gravitasie is deur gebruik te maak van $\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{g}t$:

$$\begin{aligned}\vec{v}_f &= \vec{v}_i + \vec{g}t \\ (-40) &= (40) + \vec{g}(8,16) \\ (-80) &= \vec{g}(8,16) \\ \vec{g} &= \frac{-80}{8,16} \\ \vec{g} &= -9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}\end{aligned}$$

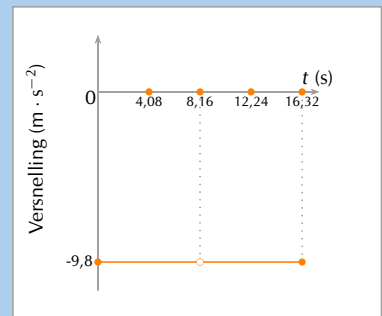
Ons kan die hoogte bereken deur middel van die verplasingsvergelyking:

$$\begin{aligned}\vec{v}_f^2 &= \vec{v}_i^2 + 2\vec{g}\Delta\vec{x} \\ 0 &= (40)^2 + 2(-9,8)\Delta\vec{x} \\ \Delta\vec{x} &= \frac{-(40)^2}{2(-9,8)} \\ \Delta\vec{x} &= 392,16 \text{ m}\end{aligned}$$

Ons kan nou die verplasing teenoor tyd grafiek trek:



Stap 7: Versnelling teenoor tyd



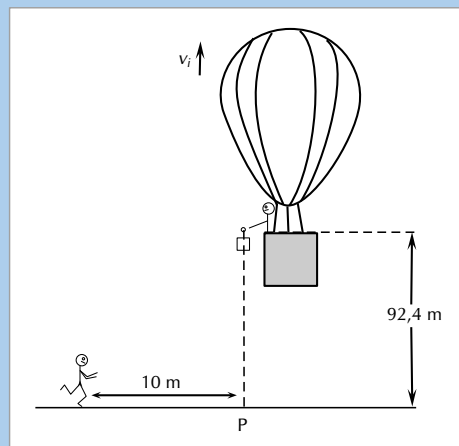
Die versnelling is orals weens gravitasie, met een uitsondering: wanneer die voorwerp bons.

By daardie punt moet die versnelling 'n ander, baie groot waarde in die positiewe rigting wees, maar ons het nie genoeg informasie om vas te stel wat die waarde is nie. Ons let wel dat die versnelling by daardie punt NIE $-9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ is nie.

Uitgewerkte voorbeeld 8: Warmlugballon [NSC 2011 Paper 1]

VRAAG

'n Warmlugballon beweeg vertikaal opwaarts teen 'n konstante spoed. 'n Kamera word per ongeluk uit die ballon laat val vanaf 'n hoogte van 92,4 m, soos in die diagram langsaaan aange-ton. Die kamera tref die grond na 6 s. Ignoreer die effek van wrywing.



- Op die presiese oomblik wat die kamera laat val word, beweeg dit opwaarts. Gee 'n rede vir hierdie waarneming. (1 punt)
- Bereken die spoed v_i waarteen die ballon styg wanneer die kamera laat val word. (4 punte)
- Teken 'n snelheid teenoor tyd sketsgrafiek van die kamera se hele beweging. Dui die volgende op die grafiek aan:
 - Aanvanklike snelheid
 - Tyd wanneer dit die grond tref
 (4 punte)

4. Daar is 'n drawwer 10 m weg van die punt **P** soos in die diagram hierbo aangedui. Die drawwer draf teen $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en sien die kamera op die presiese oomblik wat dit begin val. Sal hy die kamera kan vang voor dit die grond tref?
Wys jou berekeninge. (5 punte)

[TOTAAL: 14 punte]

OPLOSSING

Vraag 1

Die aanvanklike snelheid van die kamera is dieselfde (as dié van die ballon). (1 punt)

Vraag 2

Neem afwaarts as die positiewe rigting:

$$\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$\therefore 92,4 = v_i(6) + \frac{1}{2}(9,8)(6)^2$$

$$\therefore v_i = -14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\therefore v_i = 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Neem afwaarts as die negatiewe rigting:

$$\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

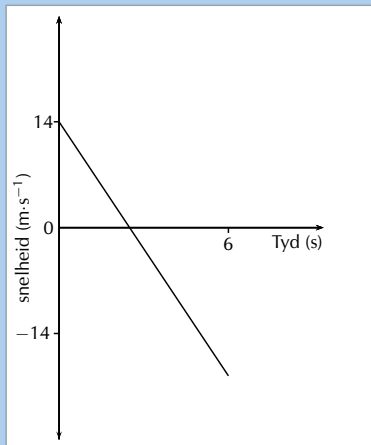
$$\therefore -92,4 = v_i(6) + \frac{1}{2}(-9,8)(6)^2$$

$$\therefore v_i = 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(4 punte)

Vraag 3

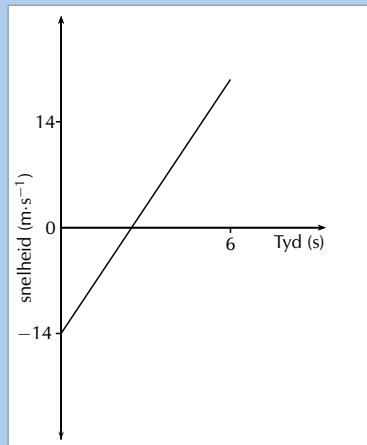
Neem afwaarts as die positiewe rigting:



Kriteria vir grafiek:

- Korrekte vorm soos aangedui. (Reguitlyn met 'n gradiënt.)
- Grafiek begin by $v = 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ / v_i by $t = 0 \text{ s}$.
- Grafiek loop deur die t as tot by $t = 6 \text{ s}$.
- Gedeelte van die grafiek onder die t -as is langer as die deel bo die t -as.

Neem afwaarts as die negatiewe rigting:



Kriteria vir grafiek:

- Korrekte vorm soos aangedui. (Reguitlyn met 'n gradiënt.)
- Grafiek begin by $v = -14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ / v_i by $t = 0 \text{ s}$.
- Grafiek loop deur die t as tot by $t = 6 \text{ s}$.
- Gedeelte van die grafiek bo die t -as is langer as die deel onder die t -as. (4 punte)

Vraag 4

Opsie 1:

$$\begin{aligned}\Delta x &= v\Delta t \\ \therefore 10 &= (2)\Delta t \\ \therefore \Delta t &= 5 \text{ s}\end{aligned}$$

Ja, hy kan die kamera betyds vang, siende dat die tyd minder as 6 s is.

Opsie 2:

$$\begin{aligned}\Delta x &= v\Delta t \\ \therefore &= (2)(6) \\ \therefore &= 12 \text{ m}\end{aligned}$$

Ja, jy kan die kamera betyds vang, siende dat die afstand wat afgelê word groter as 10 m is.

Opsie 3:

$$\begin{aligned}\Delta x &= v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2 \\ \therefore 10 &= (2)\Delta t + \frac{1}{2}(0)\Delta t^2 \\ \therefore \Delta t &= 5 \text{ t}\end{aligned}$$

Ja, hy kan die kamera betyds vang, siende dat die tyd minder as 6 s is.

Opsie 4:

$$\begin{aligned}\Delta x &= \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right)\Delta t \\ \therefore 10 &= \left(\frac{2 + 2}{2}\right)\Delta t \\ \therefore \Delta t &= 5 \text{ t}\end{aligned}$$

Ja, hy kan die kamera betyds vang, siende dat die tyd minder as 6 s is.

Opsie 5:

$$\begin{aligned}\Delta x &= \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right)\Delta t \\ &= \left(\frac{2 + 2}{2}\right)(6) \\ \therefore \Delta x &= 12 \text{ m}\end{aligned}$$

Ja, jy kan die kamera betyds vang, siende dat die afstand wat afgelê word groter as 10 m is.
(5 punte)

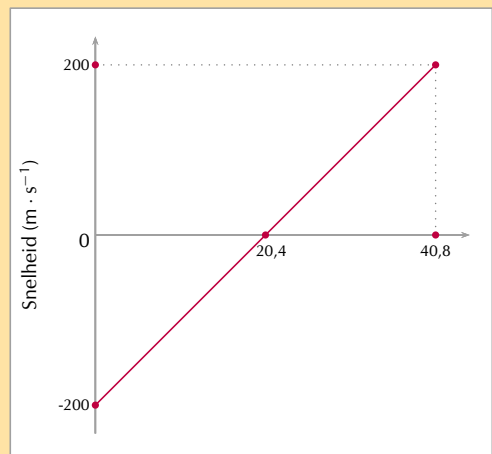
[TOTAAL: 14 punte]

Oefening 3 – 2: Grafieke van vertikale projektielbeweging

1. Amanda gooi 'n tennisbal reguit in die lug op van 'n hoogte van 1,5 m en laat dit dan val tot op die grond. Teken grafieke van x teenoor t , v teenoor t en a teenoor t vir die bal se beweging. Die beginsnelheid van die tennisbal is $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Kies opwaarts as die positiewe rigting.
2. 'n Koeël word uit 'n geweer reguit opwaarts geskiet.

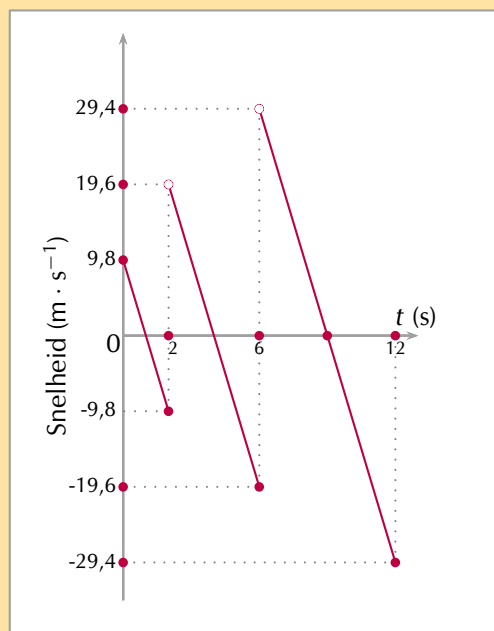
Die volgende grafiek is geteken. Afwaarts is die positiewe rigting.

- a) Beskryf die beweging van die koeël.
- b) Teken 'n verplasing-tyd grafiek.
- c) Teken 'n versnelling-tyd grafiek.

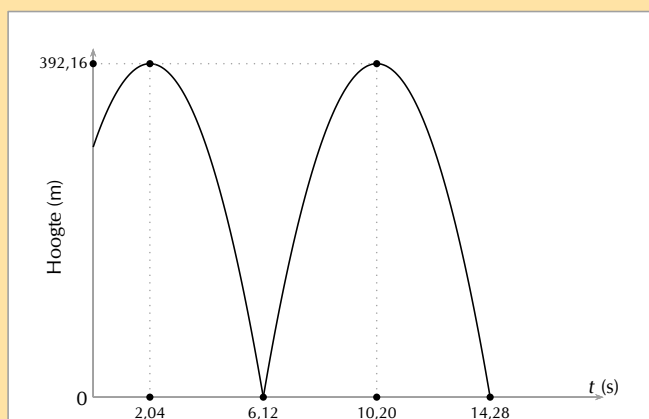


3. Beskryf die beweging met behulp van die snelheid teenoor tyd grafiek hieronder

en teken 'n verplasing teenoor tyd en 'n versnelling teenoor tyd grafiek. Die aanvanklike hoogte is 0 m.



4. Wat is die oorspronklike hoogte? Teken 'n snelheid teenoor tyd grafiek en 'n versnelling teenoor tyd grafiek wat ooreenstem met die gegewe verplasing teenoor tyd grafiek:



5. 'n Bal wat altyd van die vloer af bons met dieselfde grootte snelheid as waarmee dit die grond tref, word 3 m bo 'n stapel van 3 kratte laat val. Elke krat is 30 cm hoog. Elke keer wat die bal die boonste krat van die stapel tref, word die krat vinnig verwyder sodat die bal die volgende krat in die stapel tref wanneer dit weer die stapel bereik. Dit word herhaal totdat al die kratte verwyder is. Teken die volgende grafiek vir hierdie situasie:

- Verplasing teenoor tyd
- Snelheid teenoor tyd
- Versnelling teenoor tyd

6. 'n Bal word 4 m bo 'n sagte mat laat val. Elke keer wat die bal bons is die opwaartse snelheid na die bons die helfte so groot as die snelheid waarmee dit

die mat getref het. Die bal bons 5 keer; teken die volgende grafieke vir die situasie en gee die vergelyking wat elke gedeelte van die grafiek beskryf:

- Verplasing teenoor tyd
- Snelheid teenoor tyd
- Versnelling teenoor tyd

7. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C3B 2. 2C3C 3. 2C3D 4. 2C3F 5. 2C3G 6. 2C3H



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

3.3 Hoofstukopsomming

ESFV7

🔗 Sien aanbieding: 2C3J op www.everythingscience.co.za

- Projektile is voorwerpe wat deur die lug beweeg. In vertikale projektielbeweging kyk ons na 'n voorwerp wat slegs vertikaal en onder die invloed van gravitasie beweeg.
- Voorwerpe wat op die Aarde op en af beweeg (vertikale projektile) het 'n konstante versnelling van $\vec{g}$, wat ongeveer gelyk is aan $9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ in 'n afwaartse rigting, na die middelpunt van die Aarde.
- Die tyd wat 'n voorwerp neem om sy maksimumhoogte te bereik is dieselfde as die tyd wat dit neem om vanaf die maksimumhoogte tot by sy oorspronklike hoogte te val. Die grootte van die snelheid sal ook dieselfde wees, maar die rigting sal omgekeerd wees. Dit staan bekend as tydsimmetrie en is 'n gevolg van uniforme gravitasieversnelling.
- Die bewegingsvergelykings kan gebruik word om probleme met vertikale projektile op te los.

$$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{g}t$$

$$\Delta\vec{x} = \frac{(\vec{v}_i + \vec{v}_f)}{2}t$$

$$\Delta\vec{x} = \vec{v}_i t + \frac{1}{2}\vec{g}t^2$$

$$\vec{v}_f^2 = \vec{v}_i^2 + 2\vec{g}\Delta\vec{x}$$

- Grafieke van vertikale projektielbeweging is soortgelyk aan grafieke van beweging teen 'n konstante versnelling.

Fisiese hoeveelhede			
Hoeveelheid	Vektor	Naam van eenheid	Simbool van eenheid
Posisie (x)	-	meter	m
Verplasing ($\Delta \vec{x}$)	✓	meter	m
Oombliklike snelheid ($\vec{v}$)	✓	meter per sekonde	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Oombliklike spoed (v)	-	meter per sekonde	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Oombliklike versnelling ($\vec{a}$)	✓	meter per sekonde per sekonde	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Grootte van versnelling (a)	-	meter per sekonde per sekonde	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Tabel 3.1: Eenhede wat gebruik word in **vertikale projektielbeweging**.

Oefening 3 – 3:

1. [SC 2001/11 HG1] 'n Koeël word vertikaal opwaarts geskiet, bereik 'n maksimumhoogte en val weer terug na die grond.

Watter **een** van die volgende stellings is **waar**, met verwysing na die versnelling van die koeël gedurende die beweging indien lugweerstand geïgnoreer word? Die versnelling:

- a) is altyd afwaarts
- b) is eerste opwaarts, dan afwaarts
- c) is eerste afwaarts, dan opwaarts
- d) verminder aanvanklik en vermeerder daarna

2. [IEB 2002/11 HG1] Twee balle, P en Q, word tegelykertyd die lug ingegooi vanaf dieselfde hoogte bo die grond. P word vertikaal opwaarts gegooi en Q word vertikaal afwaarts gegooi; albei het dieselfde aanvanklike spoed. Watter van die volgende is waar vir albei balle die oomblik voordat hulle die grond tref? (Ignoreer enige lugweerstand. Neem afwaarts as die positiewe rigting.)

	Snelheid	Versnelling
A	Dieselfde	Dieselfde
B	P het 'n groter snelheid as Q	P het 'n negatiewe versnelling; Q het 'n positiewe versnelling
C	P het 'n groter snelheid as Q	Dieselfde
D	Dieselfde	P het 'n negatiewe versnelling; Q het 'n negatiewe versnelling

3. [SC 2003/11] 'n Bal X met massa m word van 'n brug wat 20 m hoog is vertikaal opwaarts geprojekteer teen 'n spoed u_x . 'n Bal Y met massa $2m$ word vertikaal afwaarts geprojekteer van dieselfde brug af, teen 'n spoed van u_y . Die twee balle bereik die water teen dieselfde spoed. Lugweerstand kan geïgnoreer word.

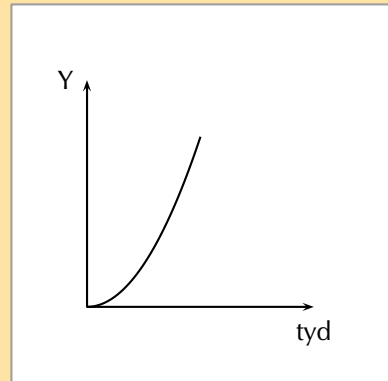
Watter van die volgende is waar met verwysing na die spoed waarteen die balle gegooi word?

- a) $u_x = \frac{1}{2} u_y$
- b) $u_x = u_y$
- c) $u_x = 2u_y$
- d) $u_x = 4u_y$

4. [SC 2002/03 HG1]

'n Klip val vrylik vanaf rus en vanaf 'n spesifieke hoogte. Watter van die volgende hoeveelhede kan op die y-as van die gegewe grafiek verteenwoord wees.

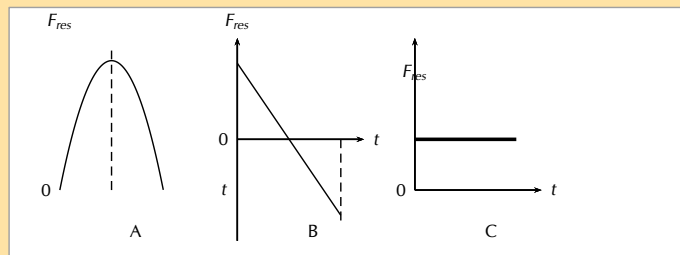
- a) snelheid
- b) versnelling
- c) momentum
- d) verplasing



5. 'n Klip word vertikaal opwaarts gegooi en dit keer weer terug na die grond. Indien wrywing geïgnoreer word, is die versnelling wanneer dit die hoogste punt van sy beweging bereik:

- a) groter as wanneer dit die gooier se hand verlaat.
- b) kleiner as onmiddellik voor dit die grond tref.
- c) dieselfde as wanneer dit die gooier se hand verlaat.
- d) kleiner as wanneer dit die grond tref.

6. [IEB 2004/11 HG1] 'n Klip word vertikaal opwaarts die lug in gegooi. Watter een van die volgende grafieke gee die beste voorstelling van die resultante krag wat op die klip uitgeoefen word teenoor tyd, vir die tyd wat die klip in die lug is. (Lugweerstand is weglaatbaar.)



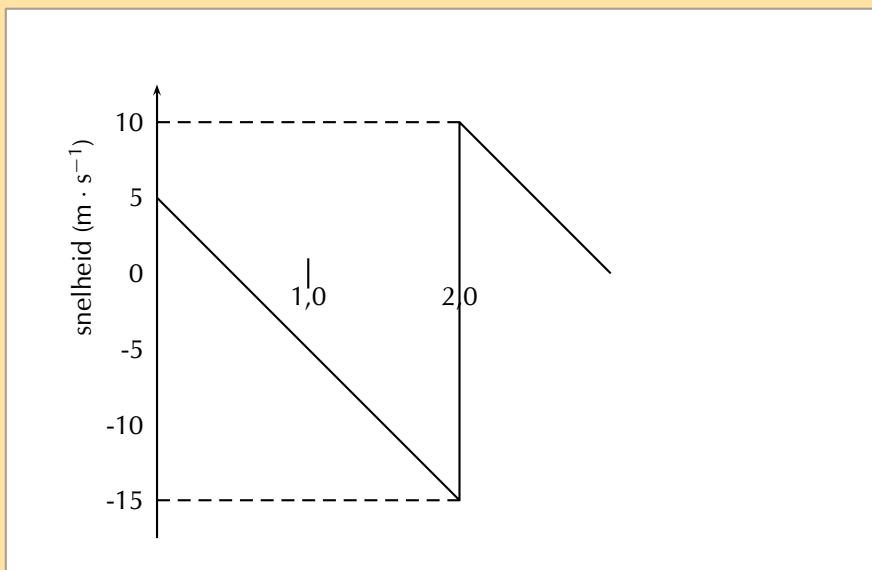
7. Wat is die snelheid van 'n bal die oomblik wat dit die grond tref as dit opwaarts gegooi word teen $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ vanaf 'n hoogte 5 meter bo die grond?

8. [IEB 2002/11 HG1 - Bonsende Bal]

'n Bal bons vertikaal teen 'n harde oppervlakte nadat 'n seun dit vertikaal die lug in gooi vanaf die omlysting van 'n gebou.

Onmiddellik voordat die bal die grond tref, het dit 'n snelheid met grootte $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Onmiddellik nadat die bal bons, het dit 'n snelheid met grootte $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

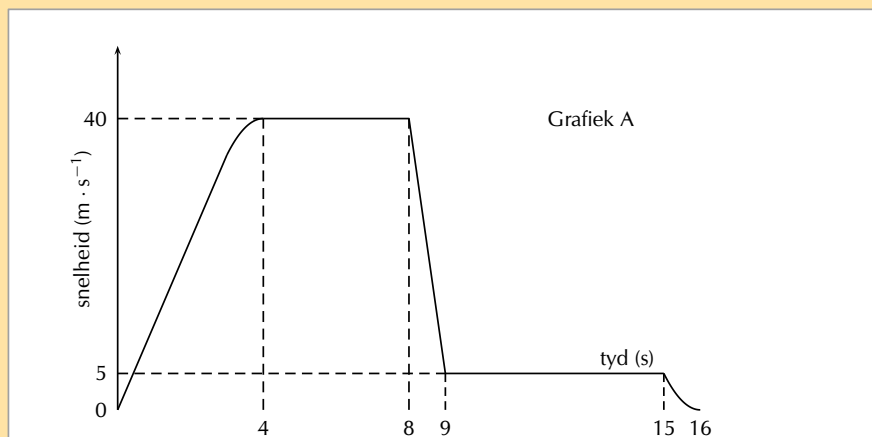
Die grafiek hieronder wys die snelheid van die bal as 'n funksie van tyd vanaf die oomblik wat dit opwaarts die lug in gegooi word totdat dit sy maksimumhoogte bereik nadat dit een keer gebons het.



- Teen watter snelheid het die seun die bal die lug in gegooi?
- Wat kan bepaal word deur die gradiënt van die grafiek gedurende die eerste twee sekondes te bereken?
- Bereken die gradiënt van die grafiek tydens die eerste twee sekondes. Gee die eenheid.
- Hoe ver onder die seun se hand tref die bal die grond?
- Gebruik 'n bewegingsvergelyking om die tydsduur te bereken vanaf die oomblik wanneer die seun die bal gooi totdat die bal sy maksimumhoogte bereik nadat dit bons.
- Wat is die posisie van die bal, met betrekking tot die seun se hand, wanneer dit sy maksimumhoogte bereik nadat dit bons?

9. [IEB 2001/11 HG1] - **Vryvallend?**

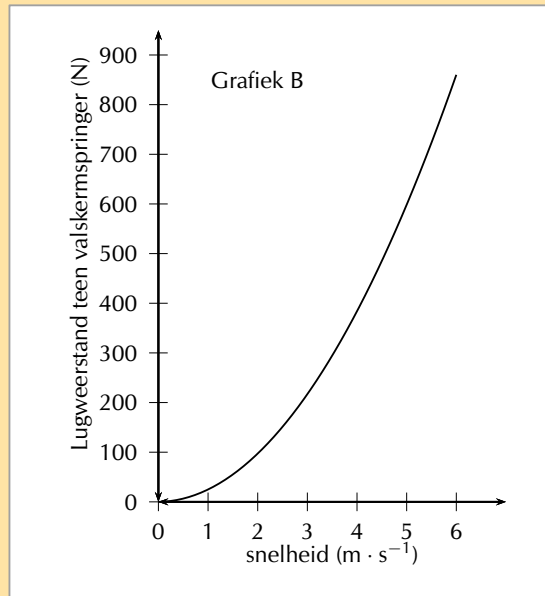
'n Valskermsspringer spring uit 'n vliegtuig wat hoog bo die grond vlieg, uit. Sy val vir die eerste 8 sekondes voordat sy die valskerm oopmaak. 'n Grafiek van haar snelheid word in Grafiek A hieronder gewys.



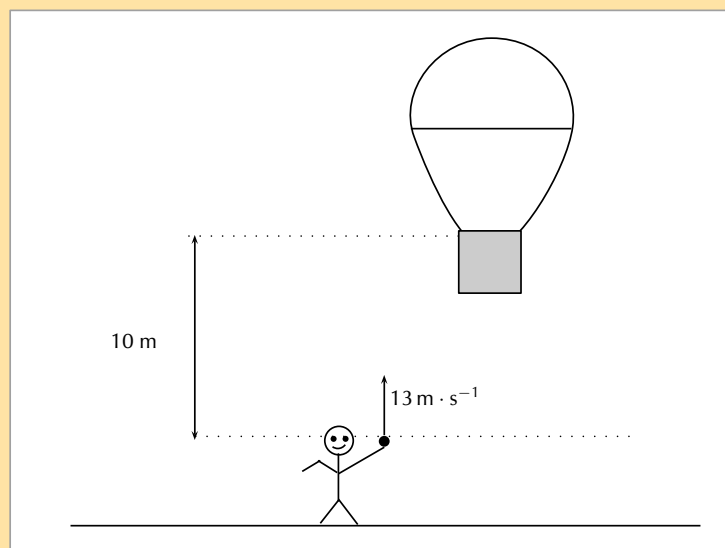
- Gebruik die informasie in die grafiek om die benaderde hoogte (tot die naaste 10 m) van die vliegtuig te bereken, op die oomblik wat sy uit die vliegtuig gespring het.

- b) Wat is die grootte van haar snelheid terwyl sy met die valskerm heeltemal oop na die grond daal?

Die lugweerstand wat op die valskerm uitgeoefen word is verwant aan die spoed waarteen die valskermsspringer daal. Grafiek B wys die verwantskap tussen lugweerstand en die snelheid waarmee die valskermsspringer daal as die valskerm heeltemal oop is.



- c) Gebruik Grafiek B om die grootte van die lugweerstand op haar valskerm te bereken wanneer sy met die valskerm heeltemal oop daal.
- d) Neem aan dat die massa van die valskerm weglaatbaar klein is. Bereken die massa van die valskermsspringer en gee 'n duidelike redenasie.
10. Niko is in die mandjie van 'n warmlugballon wat stil hang by 'n hoogte van 10 m bo die vlak van waar sy vriend, Bongi, vir hom 'n bal gaan gooi. Bongi beplan om die bal opwaarts te gooi en Niko, in die mandjie, moet **daal** (afwaarts beweeg) om die bal by die bal se maksimumhoogte te vang.



Bongi gooi die bal opwaarts teen 'n snelheid van $13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Niko begin daal op dieselfde oomblik wat die bal opwaarts gegooi word deur lug uit die ballon te laat gaan sodat die ballon afwaarts versnel. Ignoreer lugweerstand op die bal.

- a) Bereken die maksimumhoogte wat die bal bereik.
- b) Bereken die grootte van die minimum aavanklike versnelling wat die ballon moet hê vir Niko om die bal te kan van as die bal 1,3 s neem om sy maksimumhoogte te bereik.

11. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C3K 2. 2C3M 3. 2C3N 4. 2C3P 5. 2C3Q 6. 2C3R
7. 2C3S 8. 2C3T 9. 2C3V 10. 2C3W



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Organiese molekules

4.1	<i>Wat is organiese molekules?</i>	110
4.2	<i>Organiese molekulevorme</i>	110
4.3	<i>IUPAC-naam en formules</i>	133
4.4	<i>Fisiese eienskappe en strukture</i>	164
4.5	<i>Toepassing van organiese chemie</i>	181
4.6	<i>Addisie-, eliminasië- en substitusiereaksies</i>	188
4.7	<i>Plastiek en polimere</i>	198
4.8	<i>Hoofstukopsomming</i>	215

4.1 Wat is organiese molekules?

ESFV8

Organiese chemie is die vertakking van chemie wat te doen het met **organiese molekules**. 'n Organiese molekule bevat **koolstof**, alhoewel nie alle verbindings wat koolstof bevat organiese molekules is nie. Belangrike uitsonderings is koolstofmonoksied (CO), koolstofdioksied (CO₂), karbonate (bv. kalsiumkarbonaat), karbiede (bv. kalsiumkarbied) en sianiede (bv. natriumsianied). Suiwer koolstofverbindings soos diamant en grafiet is ook **nie** organiese verbindings nie. Organiese molekules kan varieer in grootte van eenvoudige molekules tot meer komplekse strukture wat duisende atome bevat!

Alhoewel koolstof teenwoordig is in alle organiese verbindings, is ander elemente soos waterstof (H), suurstof (O), stikstof (N), swael (S) en fosfor (P) ook algemeen in hierdie molekules.

DEFINISIE: *Organiese molekule*

'n Organiese molekule is 'n molekule wat koolstofatome bevat (gewoonlik gebind aan ander koolstofatome, sowel as waterstofatome).

Organiese verbindings is baie belangrik in die daaglikse lewe en hul varieer van eenvoudig tot baie kompleks (Figuur 4.1).

Organiese molekules maak 'n groot deel van ons liggame uit, dit is in die kos wat ons eet en in die klere wat ons dra. Organiese molekules word ook gebruik om produkte soos medisyne, plastiek, waspoeiers, kleurmiddels, saam met 'n lang lys ander produkte te maak. Daar is miljoene organiese verbindings in die natuur, sowel as miljoene sintetiese (menggemaakte) organiese verbindings.



Figuur 4.1: 'n Eenvoudige organiese molekule, propaan, kan in 'n gaslamp gebruik word (links). Die komplekse organiese molekule DNA dra die genetiese kode van 'n persoon en kan gebruik word om hom te identifiseer.

4.2 Organiese molekulervorme

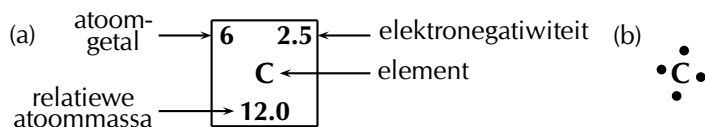
ESFV9

Spesiale eienskappe van koolstof

ESFVB

Koolstof het 'n aantal unieke eienskappe wat 'n invloed het op hoe dit met ander atome reageer en verbind:

- Koolstof (Figuur 4.2) het *vier valenselektrone* wat beteken dat elke koolstofatoom 'n maksimum van vier bindings met ander atome kan vorm. Omdat koolstof soveel bindings kan vorm, kan organiese verbindings baie kompleks wees.
 - Koolstof kan bindings vorm met ander koolstofatome om enkel-, dubbel- of trippelbindings te vorm.
 - Koolstof kan ook bindings vorm met ander atome soos waterstof, suurstof, stikstof en die halogene.
 - Koolstof kan verbind om reguit kettings, vertakte kettings en sikliese molekules te vorm.

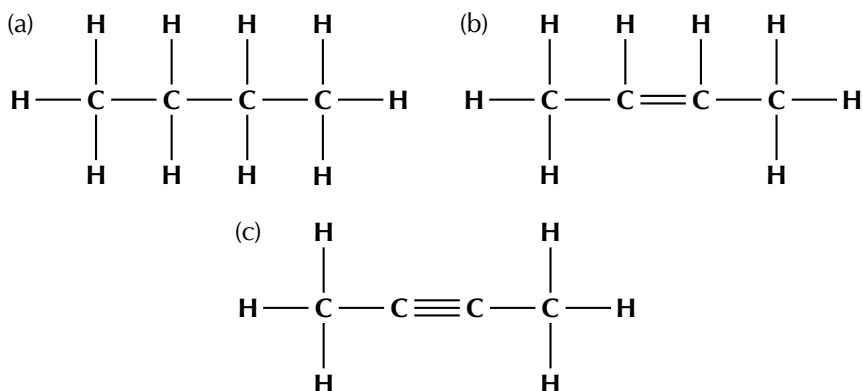


Figuur 4.2: Koolstof (a) soos gesien op die periodieke tabel en (b) 'n Lewisdiagram voorstelling.

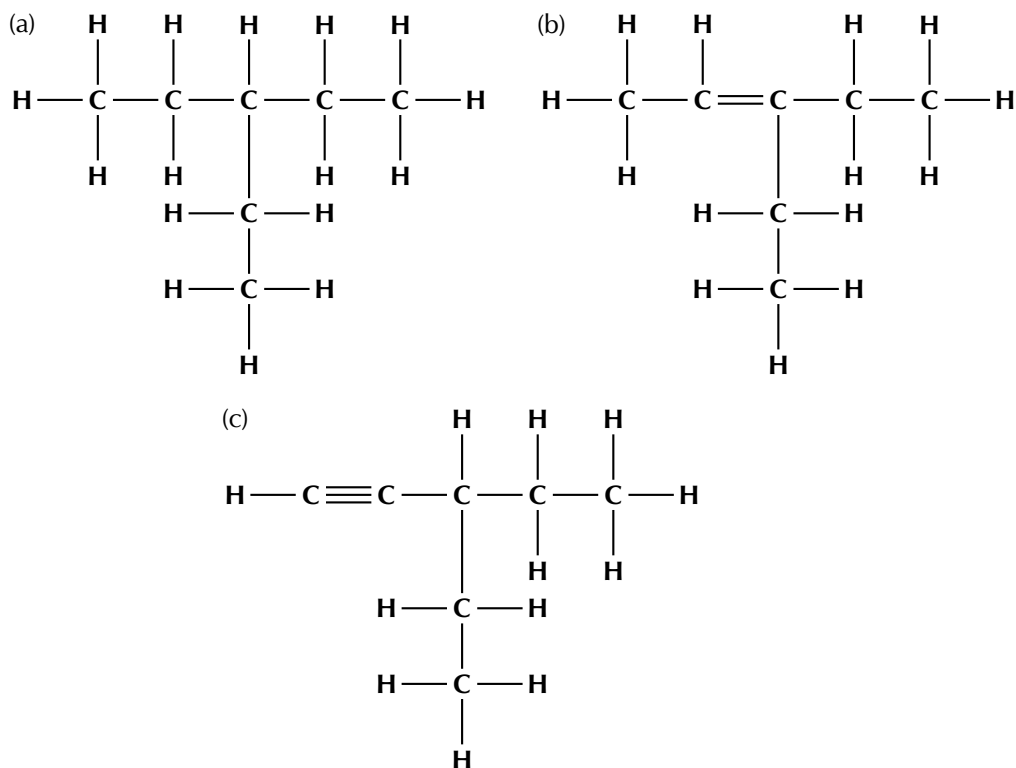
WENK

Moenie organiese verbindings met *natuurlik vervaardigde* voedsel verwar nie. Organiese verbindings word dikwels in 'n laboratorium vervaardig.

- As gevolg hiervan, kan lang *kettingstrukture* vorm. Dit is bekend as **aaneenskakeling** - die binding van atome van dieselfde element in langer kettings. Hierdie kettings kan of *onvertak* (Figuur 4.3) of *vertak* wees (om 'n groep te hê wat vertak, Figuur 4.4) en kan enkel koolstof-koolstof verbindings, of dubbel- en trippel koolstof-koolstof bindings bevat.



Figuur 4.3: Onvertakte koolstofkettings met (a) enkel koolstof-koolstof bindings, (b) enkel- en dubbel koolstof-koolstof bindings en (c) enkel- en trippel koolstof-koolstof bindings.

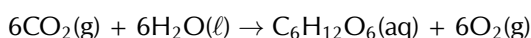


Figuur 4.4: Vertakte koolstofkettings met (a) enkel koolstof-koolstof bindings, (b) enkel- en dubbel koolstof-koolstof bindings en (c) enkel- en trippel koolstof-koolstof bindings.

- As gevolg van koolstof se posisie op die periodieke tabel, is die meeste van die verbindings wat koolstof met ander atome vorm *kovalent*. Dink byvoorbeeld aan 'n C – C binding. Die verskil in elektronegatiwiteit tussen die twee atome is nul en daarom is dit 'n suiwer kovalente binding. In die geval van die C – H binding is die verskil in elektronegatiwiteit tussen koolstof (2,5) en waterstof (2,2) so klein dat C – H bindings omtrent suiwer kovalent is. Die resultaat hiervan is dat die meeste organiese molekules nie-polêr is. Dit het 'n effek op sommige van die eienskappe van organiese verbindings.

Bronne van koolstof

Die hoofbron van koolstof in organiese verbindings is **koolstofdioksied** in die atmosfeer. Plante gebruik sonlig om koolstofdioksied en water (anorganiese verbindings) na suiker ('n organiese verbinding) deur die proses van **fotosintese** om te skakel.



Plante is daarom in staat om hul eie organiese verbindings deur fotosintese te produseer, terwyl diere plante of plantprodukte eet om die organiese verbindings wat hul benodig om te oorleef, in te kry.

Ander belangrike bronne van koolstof is **fossielbrandstowwe** soos steenkool, olie en natuurlike gas. Dit is omdat fossielbrandstowwe gevorm word deur die afbreek van dooie organismes (verwys na Graad 11 vir meer inligting oor fossiel brandstowwe).

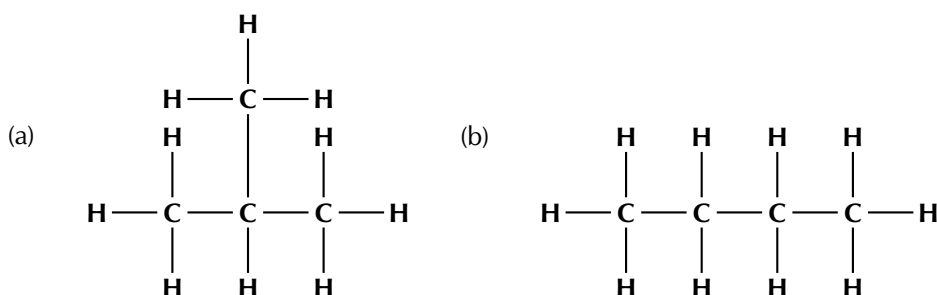
Voorstelling van organiese molekules

ESFVC

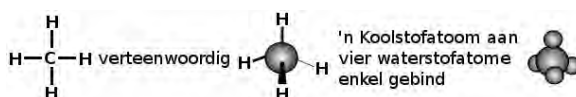
Daar is verskeie maniere om organiese verbindings voor te stel. Dit is handig om al hierdie maniere te ken sodat 'n molekule herken kan word op enige manier waarop dit voorgestel word. Daar is vier hoofwyses om 'n verbinding in twee dimensies voor te stel (op jou bladsy). Ons sal die voorbeelde van twee molekules, by name 2-metielpropaan en butaan, gebruik om die verskil tussen hulle te help verduidelik.

• Struktuurformule

Die struktuurformule van 'n organiese verbinding wys elke binding tussen elke atoom in die molekule. Elke binding word deur 'n lyn voorgestel. Die struktuurformule van 2-metielpropaan en butaan word in Figuur 4.5 aangetoon.



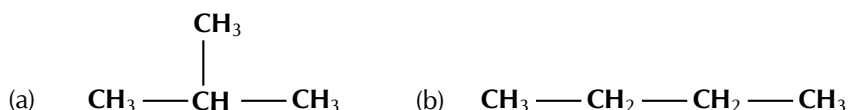
Figuur 4.5: Die struktuurformule van (a) 2-metielpropaan en (b) butaan.



Figuur 4.6: Verskillende wyses waarop 'n koolstofatoom wat aan vier waterstofatome verbind is, aangedui kan word.

• Semi-struktuurformule

Dit is moontlik om die struktuur van 'n organiese molekule te verstaan sonder om al die koolstof- waterstofbindings aan te dui. Hierdie manier om 'n struktuur te skryf, word 'n semi-struktuurformule genoem, en word in Figuur 4.7 aangedui.



Figuur 4.7: Die semi-struktuurformule van (a) 2-metielpropaan en (b) butaan.

Vergelyk hierdie semi-struktuur voorstelling met die struktuur voorstellings wat in Figuur 4.5 aangetref word.

• Gekondenseerde struktuurformule

Dit is moontlik om 'n molekule voor te stel sonder om enigsins bindings tussen atome te toon. Dit word 'n **gekondenseerde struktuurformule** (Figuur 4.8) genoem. Soos vir die semi-struktuur voorstelling word die koolstofatome saam met die waterstofatome wat direk aan dit verbind is, gegroepeer. Die bindings tussen hierdie groepe word nie aangedui nie. Vertakkings en substituentgroepe word in hakies, na die koolstofatoom waaraan dit verbind is, geskryf.



Figuur 4.8: Die gekondenseerde formule van (a) 2-metielpropaan en (b) butaan.

Neem kennis dat in Figuur 4.8 (b) die twee CH_2 groepe afgekort kan word tot $(\text{CH}_2)_2$. Vergelyk hierdie gekondenseerde struktuurformule voorstellings met die struktuur (Figuur 4.5) en die semi-struktuur voorstellings (Figuur 4.7).

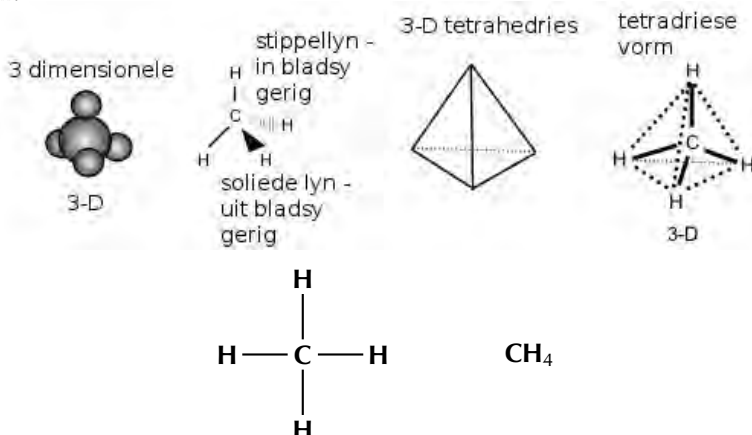
• Molekulêre formule

Die molekulêre formule van 'n verbinding dui aan hoeveel atome van elke soort daar in 'n molekule is. Die aantal atome word as 'n onderskrif na die simbool van die atoom geskryf. Die molekulêre formule van 2-metielpropaan is:



Dit beteken dat elke molekule van 2-metielpropaan uit vier koolstofatome en tien waterstofatome bestaan. Die molekulêre formule van butaan is ook C_4H_{10} . Molekulêre formules gee geenstrukturele inligting oor die verbinding nie.

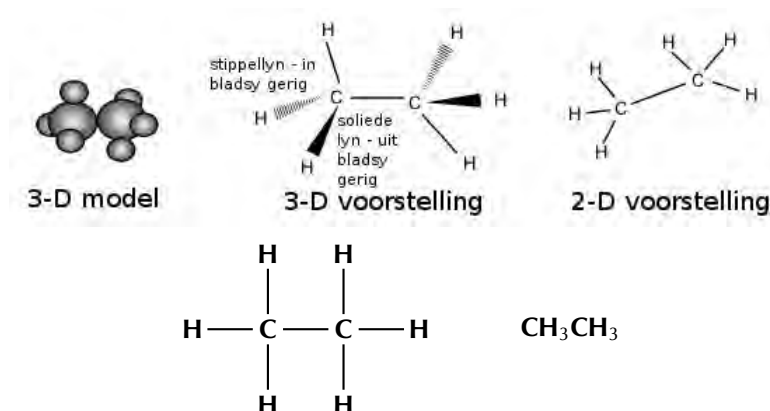
Molekules is natuurlik nie twee-dimensioneel nie, so hieronder is 'n paar voorbeelde van verskillende maniere om metaan (CH_4 , Figuur 4.9) en etaan (C_2H_6 , Figuur 4.10) aan te dui.



Figuur 4.9: Verskillende maniere om metaan voor te stel.

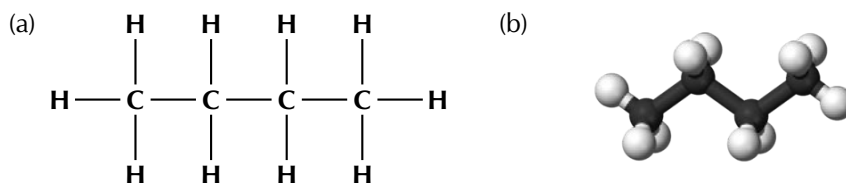
WENK

'n Substituent is 'n atoom of 'n groep atome wat 'n waterstofatoom vervang op die moederketting van 'n organiese molekule. Daarom is 'n groep wat vertak ook 'n substituent. 'n Halogeenatoom kan ook 'n substituent wees.



Figuur 4.10: Verskillende maniere om etaan voor te stel.

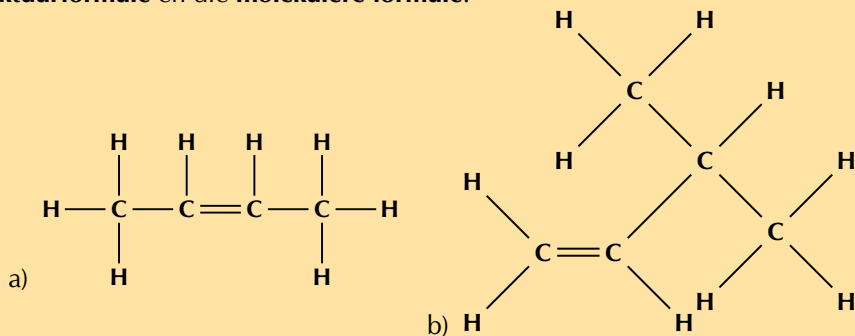
Dit beteken dat butaan voorgestel kan word in twee dimensies soos aangedui in Figuur 4.11 (a), maar dit lyk eintlik meer soos die drie-dimensionele voorstelling gegee in Figuur 4.11 (b).



Figuur 4.11: (a) Twee-dimensionele en (b) drie-dimensionele voorstellings van butaan.

Oefening 4 – 1: Voorstelling van organiese verbindings

- Vir elk van die volgende, gee die **struktuurformule** en die **molekulêre formule**.
a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$ c) CH_3CH_3
- Vir elkeen van die volgende organiese verbindings, gee die **gekondenseerde struktuurformule** en die **molekulêre formule**.



- Gee twee moontlike struktuurformules vir die verbinding met 'n molekulêre formule van C_4H_{10} .
 - Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.
1. [2C3X](#) 2. [2C3Y](#) 3. [2C3Z](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

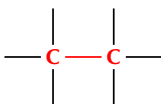
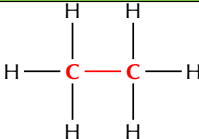
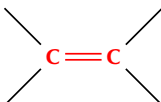
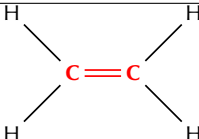
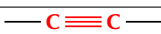
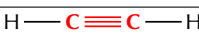
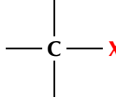
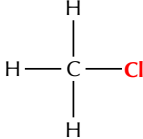
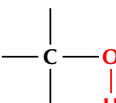
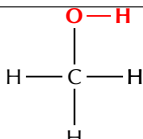
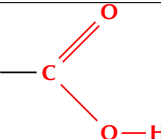
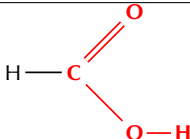
Die wyse waarop 'n verbinding reageer, word bepaal deur 'n spesifieke eienskap van 'n groep atome en die wyse waarop dit verbind (bv. dubbel C–C binding, C–OH groep). Dit word die **funksionele groep** genoem. Hierdie funksionele groep is belangrik in die bepaling van hoe 'n verbinding sal reageer. Dieselfde funksionele groep sal dieselfde chemiese reaksie(s) ondergaan ongeag die grootte van die molekule waaraan dit verbind is. Molekules kan meer as een funksionele groep hê.

DEFINISIE: *Funksionele groep*

In organiese chemie is 'n funksionele groep 'n spesifieke atoom of groep atome (en die bindings tussen die atome) wat verantwoordelik is vir die karakteristieke chemiese eienskappe en reaksies van daardie molekules.

In een groep organiese molekules, genoem die **koolwaterstowwe**, gee die enkel-, dubbel- en trippelbindings tussen die koolstofatome onderskeidelik aanleiding tot die alkane, alkene en die alkyne. Die dubbel koolstof-koolstof binding (in die alkene), en trippel koolstof-koolstof bindings (in die alkyne), is voorbeelde van funksionele groepe.

In nog 'n groep organiese verbindings, die **alkohole**, is 'n suurstof en waterstofatoom aan mekaar verbind om die funksionele groep, hidroksiel, te vorm (met ander woorde 'n alkohol beskik oor 'n hidroksiel groep, 'n OH groep, in die verbinding). Alle alkohole sal êrens in die molekule 'n suurstof- en waterstofatoom wat aan mekaar verbind is, bevat. Tabel 4.1 som van die algemene funksionele groepe op. Ons sal later in die hoofstuk in meer detail hierna kyk.

Naam van groep	Funksionele groep	Voorbeeld	Struktuurformule
Alkaan		Etaan	
Alkeen		Eteen	
Alkyn		Etyn	
Haloalkaan/alkielhalied	 (X = F, Cl, Br, I)	Chlorometaan	
Alkohol / alkanol		Metanol	
Karboksielsuur		Metanoësuur	

Tabel 4.1: Sommige funksionele groepe van organiese verbindings.

Daar is sekere belangrike punte om na op te let as ons funksionele groepe bespreek:

- Die begin van 'n verbindingsnaam (voorvoegsel) kom van die aantal koolstofatome in die langste ketting:

met-	1 koolstofatoom
et-	2 koolstofatome
prop-	3 koolstofatome
but-	4 koolstofatome

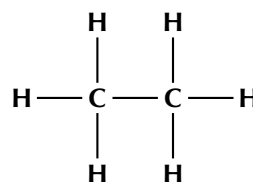
- Die einde van 'n verbindingsnaam (agtervoegsel) kom vanaf die funksionele groep, bv. 'n alkaan het die agtervoegsel, '-aan'. Verwys na die voorbeeld in Tabel 4.1.

Vir meer inligting oor die benaming van organiese molekules sien Afdeling 4.3.

Versadigde- en onversadigde strukture

ESFVF

Koolwaterstowwe wat slegs enkelbindings bevat word **versadigde** koolwaterstowwe genoem, omdat elke koolstofatoom gebind is aan die maksimum aantal waterstofatome wat moontlik is. Figuur 4.12 wys 'n etaanmolekule, wat 'n versadigde koolwaterstof is.



Figuur 4.12: 'n Versadigde koolwaterstof, etaan.

DEFINISIE: *Versadigde verbindings*

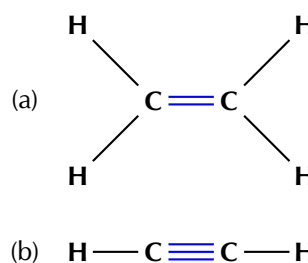
'n **Versadigde** verbinding het geen dubbel- of trippel bindings nie (dus het hul alleenlik enkelbindings). Alle koolstofatome is verbind aan vier ander atome.

Koolwaterstowwe wat dubbel- of trippel bindings besit, word **onversadigde** koolwaterstowwe genoem, omdat hulle nie die maksimum moontlike waterstofatome bevat nie.

DEFINISIE: *Onversadigde verbindings*

'n **Onversadigde** verbinding bevat dubbel- of trippel bindings. 'n Koolstofatoom kan daarom aan slegs twee of drie ander atome verbind wees.

Figuur 4.13 toon molekules van eteen en etyn aan wat onversadigde koolwaterstowwe is. As jy die aantal koolstof en waterstofatome in molekules van etaan en eteen vergelyk, sal jy sien dat die aantal waterstofatome in eteen *minder* is as die aantal waterstofatome in etaan, ten spyte van die feit dat hul beide twee koolstofatome bevat. Vir 'n onversadigde koolwaterstof om versadig te word, moet een van die twee (of drie) bindings in 'n dubbel (of trippel) binding gebreek word, en addisionele atome bygevoeg word.



Figuur 4.13: Onversadigde koolwaterstowwe: (a) eteen en (b) etyn.

► Sien video: [2C42](https://www.everythingscience.co.za/2C42) op www.everythingscience.co.za

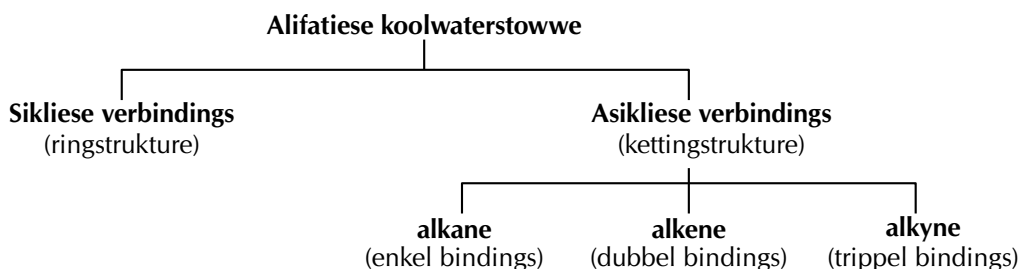
Kom ons kyk na 'n groep organiese verbindings bekend as die **koolwaterstowwe**.

DEFINISIE: *Koolwaterstof*

'n Organiese molekule wat slegs koolstof- en waterstofatome met geen ander funksionele groepe, behalwe enkel-, dubbel- en trippel koolstof-koolstof bindings bevat nie.

Die koolwaterstowwe waarna ons gaan kyk word **alifatiese verbindings** genoem. Die alifatiese verbindings word verdeel in *asikliese verbindings* (kettingstrukture) en *sikliese verbindings* (ringstrukture). Die kettingstrukture word verder verdeel in strukture wat slegs *enkelbindings* (**alkane**), die wat ten minste een *dubbelbinding* (**alkene**) en die wat ten minste een *trippel binding* (**alkyne**) bevat.

Sikliese verbindings (wat nie in die boek behandel gaan word nie) sluit strukture soos *siklopentaanring* in, wat gevind word in isolerende skuim en in toestelle soos yskaste en vrieskaste. Figuur 4.14 som die klassifikasie van die koolwaterstowwe op.

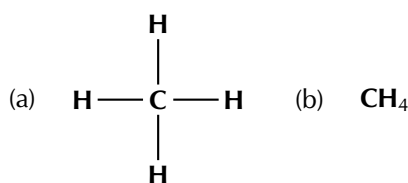


Figuur 4.14: Die klassifikasie van die alifatiese koolwaterstowwe.

Ons sal nou in meer detail na elkeen van die asikliese, alifatiese koolwaterstofgroepe kyk.

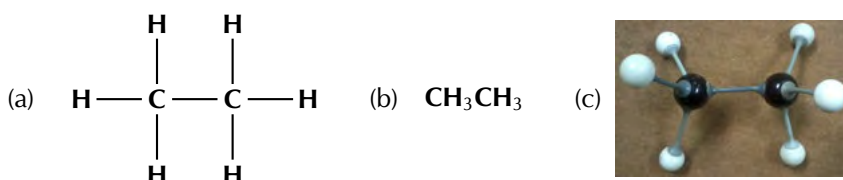
Die alkane

Die alkane is koolwaterstowwe wat slegs *enkel kovalente bindings* tussen hul koolstofatome bevat. Dit beteken hulle is *versadigde* verbindings en is onreaktief. Die eenvoudigste alkaan het slegs een koolstofatoom en word **metaan** genoem. Hierdie molekule word in Figuur 4.15 aangetoon.



Figuur 4.15: Die (a) struktuur- (b) en molekulêre formule voorstellings van metaan.

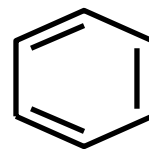
Die tweede alkaan in die reeks het twee koolstofatome en word **etaan** genoem. Dit word in Figuur 4.16 aangetoon.



Figuur 4.16: Die (a) struktuur-, (b) gekondenseerde struktuur- en (c) molekulêre formule voorstellings van etaan. (d) 'n Atoommodel van etaan.

FEIT

'n Alifatiese verbinding is een wat nie 'n aromatiese ring bevat nie:



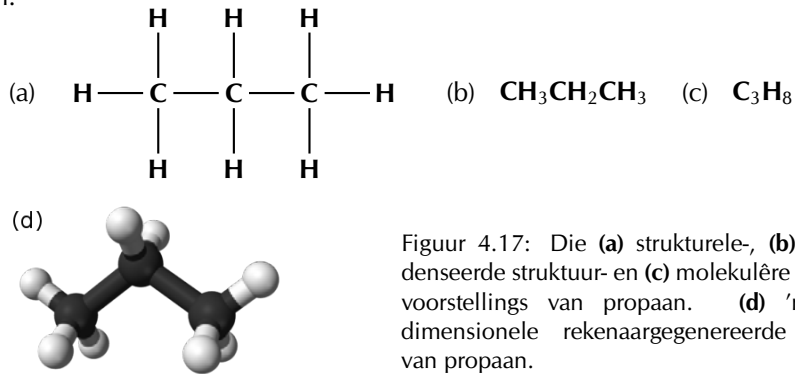
benseen

Die eenvoudigste aromatiese verbinding is benseen. Daar is alifatiese sikliese verbindings, maar as die verbinding 'n aromatiese ring bevat is dit 'n aromatiese verbinding en nie 'n alifatiese een nie.

FEIT

Sommige swamme gebruik alkane as 'n bron van energie. Een swam *amorphotheca resinae* (ook bekend as die kerosene swam) verkies die alkane wat in vliegtuigbrandstof gebruik word, en dit kan probleme veroorsaak vir vliegtuie in tropiese areas.

Die derde alkaan in die reeks het drie koolstofatome en word **propaan** (Figuur 4.2) genoem.



Figuur 4.17: Die (a) strukturele-, (b) gekondenseerde struktuur- en (c) molekulêre formule voorstellings van propaan. (d) 'n Driedimensionele rekenaargegenereerde model van propaan.

Wanneer jy na die molekulêre formule van elkeen van die alkane kyk, moet jy 'n patroon kan sien. Vir elke koolstofatoom wat tot die molekule bygevoeg word, word twee waterstofatome bygevoeg. Met ander woorde, elke molekule verskil van die een voor hom met $-\text{CH}_2-$. Dit word 'n *homoloë reeks* genoem.

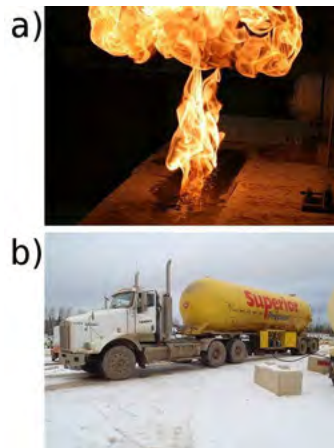
DEFINISIE: Homoloë reeks

'n Homoloë reeks is 'n reeks van verbindinge met dieselfde algemene formule. Alle molekules in hierdie reeks sal dieselfde funksionele groep bevat.

Die algemene formule is soortgelyk aan beide die molekulêre formule en die gekondenseerde strukturele formule. Die funksionele groep word geskryf soos wat dit in die gekondenseerde struktuurformule sal wees (om dit meer sigbaar te maak), terwyl die res van die atome in die verbinding geskryf word in dieselfde styl as die van die molekulêre formule. Die alkane het die **algemene formule**:



- Die alkane is die belangrikste bron van brandstof in die wêreld en word op groot skaal in die chemiese industrie gebruik.
- Alkane wat vier of minder koolstofatome bevat, is gasse (bv. metaan en etaan).
- Ander is vloeibare brandstowwe (bv. oktaan, 'n belangrike komponent van petrol).



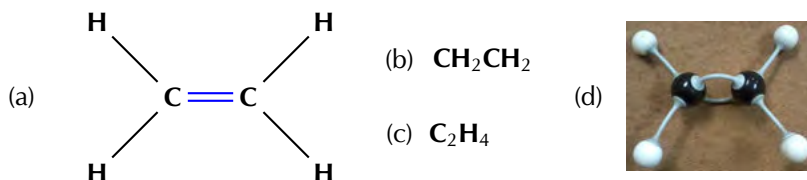
Figuur 4.18: (a) Metaangasborrels wat brand en (b) propaan (onder hoë druk) wat deur 'n trek vervoer word.



Figuur 4.19: Vloeibare brandstowwe wat oktaan bevat word in tenks by vulstasies gehou.

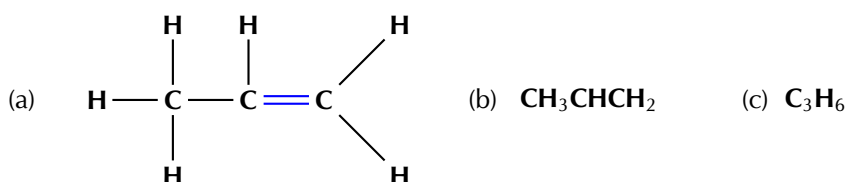
Die alkene

In die alkene moet daar ten minste een dubbelbinding tussen twee koolstofatome wees. Dit beteken dat hulle *onversadig* is, en *meer reaktief* is as die alkane. Die eenvoudigste alkeen is eteen (ook bekend as etileen), wat aangedui is in Figuur 4.20.



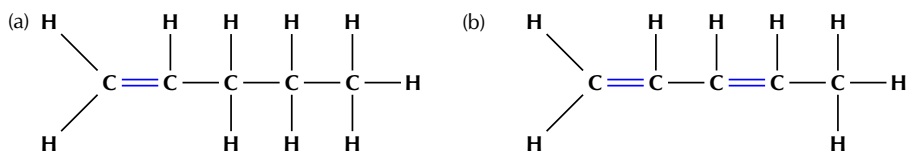
Figuur 4.20: Die (a) struktuur-, (b) gekondenseerde struktuur en (c) molekulêre formule voorstellings van eteen. (d) 'n Atoommodel van eteen.

Soos met die alkane, vorm die alkene ook 'n homoloë reeks. Hulle het die **algemene formule**: C_nH_{2n} . Die tweede alkeen in die reeks sal daarom C_3H_6 wees. Hierdie molekule is bekend as propene (Figuur 4.21).



Figuur 4.21: Die (a) struktuur-, (b) gekondenseerde struktuur-, en (c) molekulêre formule voorstellings van propene.

Daar kan meer as een dubbelbinding in 'n alkeen, soos in Figuur 4.22 getoon, wees. Die benaming van hierdie verbinding word gedek in Afdeling 4.3, IUPAC-benaming en formule.

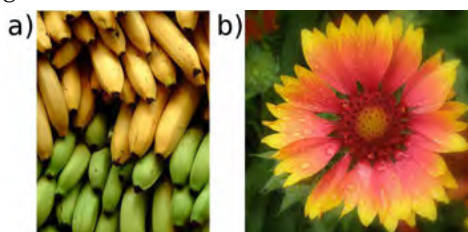


Figuur 4.22: Die struktuur voorstellings van (a) pent-1-een en (b) pent-1,3-dien.

Die alkene is meer reaktief as die alkane, omdat hulle onversadig is. Soos met die alkane, is verbindinge met vier of minder koolstofatome gasse by kamertemperatuur. Dié met meer as vyf koolstofatome is vloeistowwe.

Die alkene het 'n verskeidenheid gebruike:

- Eteen is byvoorbeeld 'n chemiese verbinding wat deur plante gebruik word om die rypmaak van vrugte en oopgaan van blomme te stimuleer.



Figuur 4.23: (a) Groen en ryp (geel) piesangs en (b) 'n blomplant.

- Propene is 'n belangrike verbinding in die petrochemiese industrie. Dit word gebruik om polipropileen te vervaardig (sien Afdeling 4.7 vir meer inligting) en word ook gebruik as 'n brandstofgas vir ander industriële prosesse.

WENK

Let op dat as 'n alkeen twee dubbelbindings het, dit 'n **dienen** genoem word. Moenie bekommerd wees as jy nie die name van verbindinge verstaan nie. Ons sal later in die hoofstuk in meer detail daarop ingaan.

FEIT

Asetileen is die industriële naam vir die organiese verbinding etyn. Die rou materiale wat benodig word om asetileen te maak, is kalsiumkarbonaat en steenkool. 'n Belangrike gebruik van asetileen is in oksidasetileengas sweiswerk. Die brandstofgas brand met suurstof in 'n gasbrander. Omdat die verbranding van alkene en alkyne eksotermies is en ongelooflike hoë hitte geproduseer word, is dit warm genoeg om metale te smelt.



Figuur 4.24: 'n Lamp wat gemaak is van polipropileen. Propeen word gebruik om polipropileen te maak.

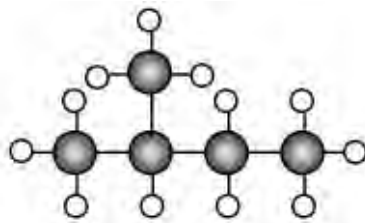
Die alkyne

In die alkyne moet daar ten minste een trippel binding tussen twee koolstofatome wees. Hulle is onversadigde verbindinge en is daarom meer reaktief as die alkane. Hulle **algemene formule** is C_nH_{2n-2} . As voorbeeld het **but-1-yn** die molekulêre formule C_4H_6 . Die eenvoudigste alkyne is etyn (Figuur 4.25), ook bekend as asetileen. Baie van die alkyne word gebruik om chemiese produkte te vervaardig.



Figuur 4.25: Die (a) struktuur-, (b) gekondenseerde struktuur- en (c) molekulêre voorstelling van etyn (asetileen). (d) 'n Atoommodel van etyn.

Onthou dat organiese molekules nie noodwendig reguit kettings hoef te wees nie. Hulle kan vertakte groepe ook hê, soos getoon in Figuur 4.26.



Figuur 4.26: 'n Vertakte metielgroep op die tweede koolstofatoom van butaan (2-metielbutaan).

FEIT

Broomwater is hoogs bytend en giftig. Hanteer dit baie versigtig!



'n Opsomming van die relatiewe reaktiwiteit en die homoloë reeks wat voorkom in die koolwaterstowwe word in Tabel 4.2 gegee.

Funksionele groep	Homoloë reeks	Reaktiwiteit
alkaan	C_nH_{2n+2}	lae reaktiwiteit
alkeen	C_nH_{2n}	hoë reaktiwiteit
alkyn	C_nH_{2n-2}	hoë reaktiwiteit

Tabel 4.2: 'n Opsomming van die homoloë reeks van die koolwaterstowwe.

Algemene eksperiment: Versadigde teenoor onversadigde verbindinge

Doel:

Om die uitwerking van broomwater en kaliumpermanganaat op versadigde en onversadigde verbindinge te ondersoek.

Apparaat:

WAARSKUWING!

Vloeibare broom (wat vereis word vir die maak van broomwater) is 'n hoogs vlugtige, bytende en giftige verbinding. Hanteer asseblief versigtig: dra die veiligheidsklerasie wat handskoene, 'n laboratoriumjas, veiligheidsbril en gasmasker insluit. Werk in 'n dampkas. Indien die apparaat om vloeibare broom veilig te hanteer nie beskikbaar is nie, gebruik slegs kaliumpermanganaat.

- sikloheksaan, siklohekseen, broomwater ($\text{Br}_2(\text{aq})$), kaliumpermanganaat (KMnO_4) in 'n suuroplossing
- 4 glashouers (proefbuise/bekers/vlak houers), twee A4 papiervelle
- 2 plastiek pipette

Metode:

1. Merk een stuk papier A, en die ander stuk papier B.
2. Plaas 20 ml sikloheksaan in 'n houer en plaas die houer op papiervel A.
3. Plaas 20 ml sikloheksaan in 'n houer en plaas die houer op papiervel B.
4. Herhaal stap 2 en 3 met siklohekseen.
5. Neem 12 ml broomwater en voeg dit by die beker sikloheksaan op papiervel A. Neem enige kleurveranderinge waar.
6. Herhaal stap 5 met die beker siklohekseen op papiervel A.
7. Neem 12 ml van KMnO_4 en voeg dit by die beker sikloheksaan op papiervel B. Neem enige kleurveranderinge waar.
8. Herhaal stap 7 met die beker siklohekseen op papiervel B.

Resultate:

Teken jou resultate in die onderstaande tabel aan.

Sikloheksaan is 'n *alkaan*,
siklohekseen is 'n *alkeen*.

Verbinding	Aanvanklike kleur	Oplossing bygevoeg	Finale kleur
sikloheksaan		broomwater	
sikloheksaan		KMnO_4	
siklohekseen		broomwater	
siklohekseen		KMnO_4	

Vrae:

- Watter van die volgende verbindings (sikloheksaan, siklohekseen) is versadig en watter is onversadig?
- Watter kleurverandering het jy waargeneem by die alkaan-verbinding?
- Watter kleurverandering het jy waargeneem by die alkeen-verbinding?
- Kan jy 'n rede voorstel vir die verskille?

Bespreking en gevolgtrekking:

Broomwater (rooibruin kleur) en KMnO_4 (pers kleur) het beide sterk kleure. Sikloheksaan is 'n kleurlose, versadigde vloeistof. Wanneer broomwater en KMnO_4 by die sikloheksaan gevoeg word vind daar geen reaksie plaas nie, en die oplossing neem die kleur van die broomwater of KMnO_4 aan.

Siklohekseen is ook 'n kleurlose vloeistof, maar dit is onversadig. Dit veroorsaak 'n reaksie met broomwater en met KMnO_4 . Sikloheksaan sal in die teenwoordigheid van broomwater 'n broomalkaan vorm. Bromoalkane is kleurlose vloeistowwe en die oplossing sal kleurloos word - broomvloeistof word ontkleur deur siklohekseen. Op soortgelyke wyse sal KMnO_4 deur siklohekseen ontkleur word.

Oefening 4 – 2: Die koolwaterstowwe

1. Beantwoord hierdie vrae oor koolwaterstowwe.
 - a) Wat is die verskil tussen die alkane, alkene en alkyne?
 - b) Gee die algemene formule vir alkyne.

c) Watter van die alkane, alkene of alkyne is:

i. versadig

ii. onversadig

d) Watter reeks is die minste reaktief? Verduidelik jou antwoord.

2. Teken die struktuurformule vir:

a) CHCCH_3

b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

c) CH_2CHCH_3

Vul die

3. onderstaande tabel in:

Verbinding	Versadig of onversadig?
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	
heptaan	
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	

4. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C43 2. 2C44 3. 2C45



www.everythingscience.co.za

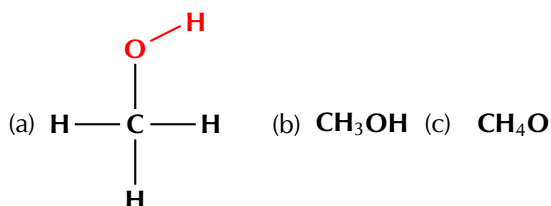


m.everythingscience.co.za

Die alkohole

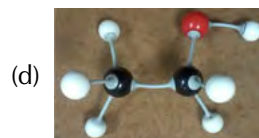
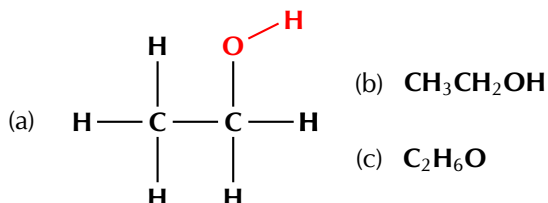
ESFVH

'n Alkohol is die enige organiese verbinding waar daar 'n *hidroksiel* funksionele groep ($-\text{OH}$) aan 'n koolstofatoom gebind is. Die **algemene formule** vir 'n eenvoudige alkohol is $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$.



Die eenvoudigste en algemeenste alkohole wat gebruik word is metanol en etanol (Figure 4.27 en 4.28).

Figuur 4.27: Die (a) struktuurformule, (b) gekondenseerde struktuurformule en (c) molekulêre formule voorstelling vir metanol.



Figuur 4.28: Die (a) struktuurformule, (b) gekondenseerde struktuurformule en (c) molekulêre formule voorstellings vir etanol. (d) 'n Atoommodel van etanol.

Daar is drie tipes koolstofatome, naamlik: primêre, sekondêre en tersiêre atome. 'n *primêre* koolstof is gebind aan slegs een ander koolstofatoom. 'n *Sekondêre* koolstof is gebind aan twee ander koolstofatome, terwyl 'n *tersiêre* koolstofatoom aan drie ander koolstofatome gebind is.

Funksionele groepe kan aan elkeen van die tipes koolstofatome gebind word. Wanneer 'n hidroksiel ($-\text{OH}$) funksionele groep aan 'n primêre koolstof gebind is, word dit 'n

primêre alkohol genoem. In 'n **sekondêre alkohol** is die hidroksielgroep gebind aan 'n sekondêre koolstofatoom. Wanneer die hidroksielgroep gebind is aan 'n tersiêre koolstofatoom, is dit 'n **tersiêre alkohol**. Voorbeelde word hieronder gegee:

- (a) **Primêre alkohole** (C-atoom is op die punt van die ketting)
-OH (hidroksielgroep) is verbind aan 'n koolstofatoom wat slegs aan een ander koolstofatoom verbind is

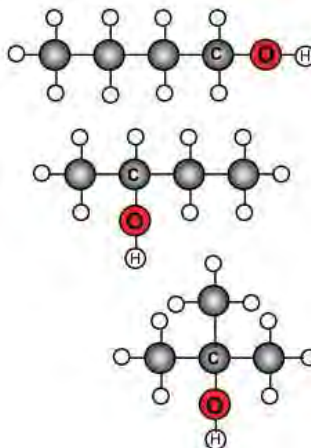
butan-1-ol

- (b) **Sekondêre alkohole** (C-atoom is binne in die ketting)
-OH groep is verbind aan 'n koolstofatoom wat verbind is aan twee ander koolstofatome

butan-2-ol

- (c) **Tersiêre alkohole** (die ketting is vertak)
-OH groep is verbind aan 'n koolstofatoom wat verbind is aan drie ander koolstofatome

2-metielproman-2-ol



Figuur 4.29: 'n (a) primêre alkohol (butan-1-ol), (b) sekondêre alkohol (butan-2-ol) en (c) tersiêre alkohol (2-metielproman-2-ol).

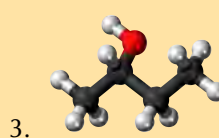
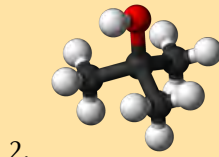
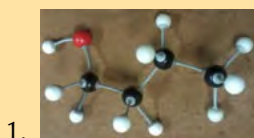
Die alkohole het verskillende gebruike naamlik:

- Brandspiritus is etanol waarby metanol gevoeg is.
- Alle alkohole is giftig, maar etanol kan in lae konsentrasies in alkoholiese drankies gebruik word.
- Etanol is die enigste alkohol wat in alkoholiese drankies gebruik word.
- Etanol word as industriële oplosmiddel gebruik.
- Metanol en etanol kan beide as brandstof gebruik word, wat skoner brand as petrol of diesel. (Verwys na Graad 11 vir meer inligting oor biobrandstowwe as alternatiewe energiebronne).
- Etanol word gebruik as oplosmiddel in medisyne, parfuum en plantgeurmiddels.
- Etanol is 'n antiseptiese middel.

Oefening 4 – 3: Die alkohole

Gee die struktuur- of gekondenseerde struktuurformule van die volgende alkohole. Stel, met redes, of die verbinding 'n primêre-, sekondêre- of tersiêre alkohol is.

(Let wel: 'n swart balletjie stel 'n koolstofatoom voor terwyl die wit balletjie die waterstofatoom en die rooi balletjie die suurstofatoom voorstel)



4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C46 2. 2C47 3. 2C48



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

FEIT



Metanol is giftig.

Indien dit ingeneem word vorm mieresuur of meta-soute wat die sentrale senuweestelsel kan beskadig en *blindheid*, *koma* of *dood* kan veroorsaak.

FEIT

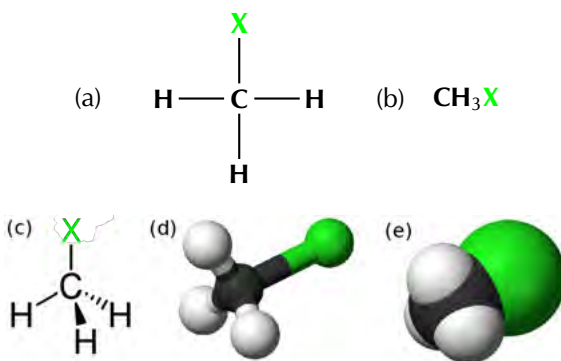
CFK staan vir *chloor-fluorkoolstowwe*. As gevolg van hulle lae reaktiwiteit en lae giftigheid, is CFK's wyd gebruik in verkoeling en as dryfmiddel in aerosols. Hul lae reaktiwiteit beteken egter dat die CFK's in die boonste atmosferiese lae kan inbeweeg waar dit deur UV-bestraling afgebreek word en die afbreekprodukte die osoonlaag kan beskadig.



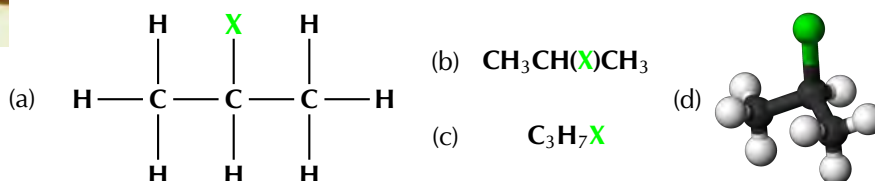
Alkielhaliede

ESFVJ

Alkielhaliede is koolwaterstowwe waar een waterstof verplaas is deur 'n halogeen-atoom (F, Cl, Br, I). Die **alkiel** is te wyte aan die feit dat 'n koolwaterstofvertakking die voorvoegsel *-iel* het en een van die drie koolwaterstowwe is: *alkane*, *alkene* of *alkyne*. Hierdie *alkiel* groepe bevat een of meer halogeenatome wat tot die naam alkielhaliede lei. Ons sal fokus op die *alkaan* alkielhaliede ook bekend as die haloalkane (of halogeenalkane) (sien Tabel 4.1).

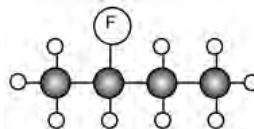


Figuur 4.30: Halo-metaan waar $X = \text{F, Cl, Br}$ of I kan wees kan voorgestel word deur: (a) struktuurformule, (b) molekulêre formule, (c) 3-D lyntekening, (d) 3-D bal-en-stok model, en (e) 3-D ruimtelike opvullingsmodel.



Figuur 4.31: 2-halopropaan waar $X = \text{F, Cl, Br}$ of I kan wees, kan voorgestel word as: (a) struktuurformule, (b) gekondenseerde struktuurformule, (c) molekulêre formule, en (d) 'n bal-en-stok model.

Let daarop dat 'n halogeen atoom 'n *substituent* genoem word.



Figuur 4.32: 'n Fluoratoom as substituent op koolstof 2 van butaan (2-fluorobutaan)

Onthou die vertakte ketting wat in Figuur 4.26 getoon is. Die vertakte ketting staan ook as 'n substituent bekend.

DEFINISIE: *Substituent*

'n Substituent is 'n atoom of groep atome gebind aan 'n koolstofketting. Dit kan 'n anorganiese atoom (bv. halogeen), of 'n alkielgroep wat korter as die hoofketting is, wees.

'n Organiese verbinding word altyd benoem na aanleiding van die langste koolstof-koolstof ketting wat die funksionele groep bevat. Indien die substituent 'n alkielgroep is, staan dit as 'n vertakte ketting bekend.

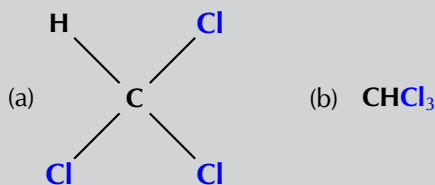
Sommige gebruike van haloalkane sluit in:

- in brandblussers.
- as aerosol dryfmiddel.
- in verkoeling.
- vorming van skuimplastiek.
- oplosmiddels in die droogskoonmaak prosesse (nie werklik *droog* nie, maar geen water word benodig nie).

Uitbreiding

Chloroform

Haloalkane kan meer as een halogeenatoom bevat. Chlorometane is verbindings wat as narkose gedurende operasies gebruik kan word. Een voorbeeld hiervan is trichloormetaan, ook bekend as *chloroform* (Figuur 4.33).



Figuur 4.33: Die (a) struktuurformule en (b) molekulêre formule voorstellings van trichloormetaan (chloroform).

FEIT

Chloroform (CHCl_3) is vir jare as narkose gebruik. Behalwe dat dit duiseligheid, moegheid en hoofpyn veroorsaak, is dit ook vasgestel dat die verbinding giftig is, en dikwels dodelik. Selfs in nie-dodelike dosisse kan dit die lewer en niere beskadig. Chloroform kan soms in hoesstroop aangetref word, alhoewel nie meer dikwels nie.



Oefening 4 – 4: Haloalkane

- Beantwoord hierdie vrae oor haloalkane:
 - Gee die algemene formule vir die haloalkane met slegs een halogeenatoom.
 - Is haloalkane versadigde verbindings?
- Teken die struktuurformule vir:
 - $\text{CH}_2(\text{Br})\text{CH}_2\text{CH}_3$
 - $\text{CH}_3\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CH}_3$
 - $\text{CH}_2(\text{F})\text{CH}_3$

3. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C49 2. 2C4B



www.everythingscience.co.za



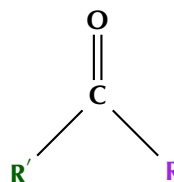
m.everythingscience.co.za

Karboniel-bevattende verbindings

ESFVK

Die karbonielgroep bestaan uit 'n koolstofatoom wat met 'n dubbelbinding aan 'n suurstofatoom gebind is (sien Figuur 4.34).

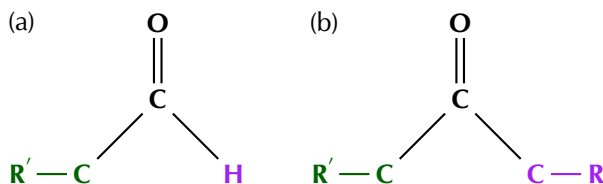
In Figuur 4.34 word **R'** en **R** gebruik om die res van die atome in die molekule te verteenwoordig. Byvoorbeeld **R** wat 'n alkielketting of 'n waterstofatoom kan verteenwoordig.



Figuur 4.34: 'n Verbinding wat 'n karbonielgroep bevat.

Aldehiede en ketone

Indien die funksionele groep op die einde van die koolstofketting is, word die organiese verbinding 'n **aldehied** genoem. (Figuur 4.35 (a)). Deur aan die einde van die ketting te wees, beteken dit dat **R'** of **R** 'n waterstofatoom voorstel. Die eenvoudigste aldehied is *metanaal*.



Figuur 4.35: (a) 'n aldehied en (b) 'n ketoon.

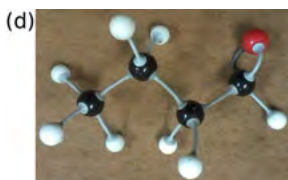
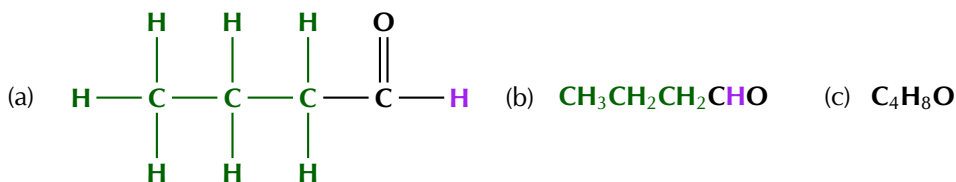
WENK

Neem kennis dat die gekondenseerde struktuurformule van 'n aldehyd eindig met **CHO** en nie COH nie. Dit is omdat die COH ook verwar kan word met die hidroksielgroep (–OH) van 'n alkohol.

FEIT

Die molekulêre formule van butanoon en butanal is identies (C_4H_8O). Dit is die rede waarom struktuur- en gekondenseerde struktuurformules nodig is.

Die aldehyd wat 4 koolstofatome bevat, butanaal, word voorgestel in Figuur 4.2. In hierdie voorbeeld stel **R**, H voor, en stel **R'** $CH_3CH_2CH_2$ voor.

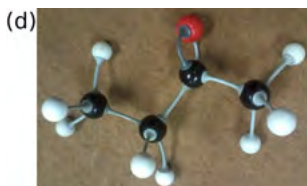
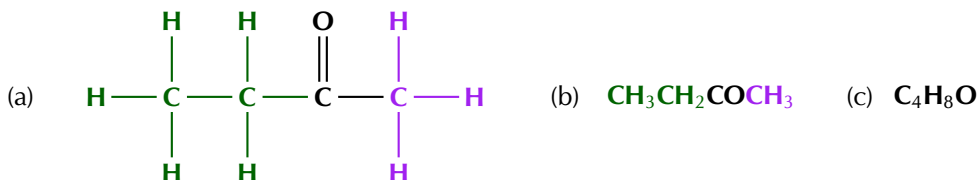


Figuur 4.36: Die (a) struktuurformule, (b) gekondenseerde struktuurformule en (c) molekulêre formule voorstelling van butanaal. (d) 'n Atoommodel van butanaal.

Sommige gebruike van aldehyede sluit in:

- in hars (meer as 6 miljoen ton formaldehyd word jaarliks vervaardig).
- in die vervaardiging van plastiseerders, en alkohole vir gebruik in opwasmiddels.
- in parfuum en geurmiddels.

Indien die karbonielgroep in die middel van die ketting is, word die verbinding 'n **ketoon** genoem. (Figuur 4.35 (b)). Deur in die *middel* van die ketting te wees beteken **R'** en **R** *kan nie* H voorstel nie. Die eenvoudigste ketoon is *propanoon* (ook bekend as aseton, die verbinding in naellakverwyderaar), wat drie koolstofatome bevat. Die ketoon wat 4 koolstof atome bevat, butanoon, word in Figuur 4.2 getoon.



Figuur 4.37: Die (a) struktuurformule, (b) gekondenseerde struktuurformule en (c) molekulêre formule voorstelling van butanoon. (d) 'n Atoommodel van butanoon.

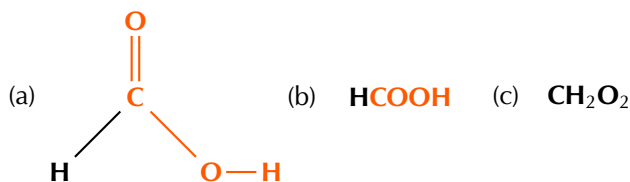
Sommige gebruike van ketone sluit in:

- as oplosmiddels.
- in die vervaardiging van polimere.
- in die vervaardiging van farmaseutiese produkte.

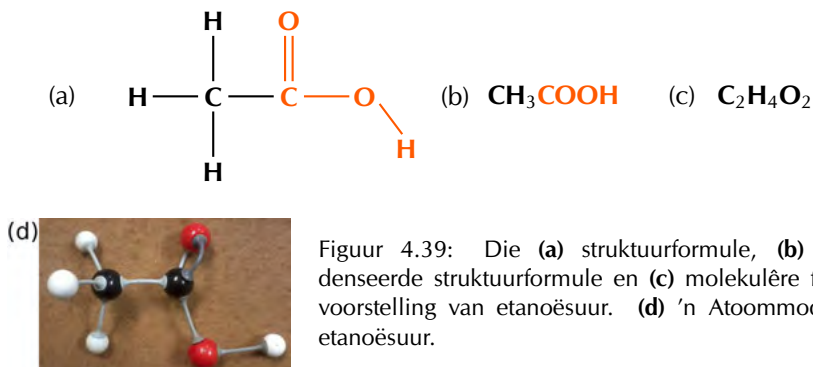
Die **algemene formule** vir beide die aldehyede en ketone kan soos volg geskryf word: $C_nH_{2n}O$. Dit beteken dat hulle nie onderskei kan word deur die formule alleen nie. Daar is meer komplekse algemene formules wat wel toelaat dat aldehyede en ketone onderskei kan word, maar dit word nie in hierdie boek behandel nie.

Karboksielsure

Karboksielsure is organiese sure wat onderskei word deur die teenwoordigheid van 'n karboksielgroep, geskryf as $-COOH$. In die karboksielgroep word 'n koolstof aan 'n suurstofatoom gebind met 'n dubbelbinding (karbonielgroep) en ook aan 'n hidroksielgroep (**R**). Die eenvoudigste karboksielsuur, metanoësuur, word in Figuur 4.38 getoon, en etanoësuur word in Figuur 4.2 getoon.



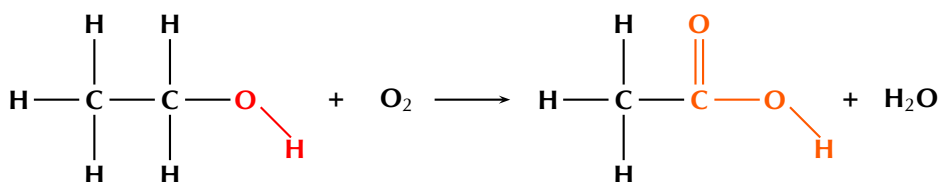
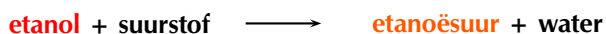
Figuur 4.38: Die (a) struktuurformule, (b) gekondenseerde struktuurformule en (c) molekulêre formule voorstelling van metanoësuur.



Figuur 4.39: Die (a) struktuurformule, (b) gekondenseerde struktuurformule en (c) molekulêre formule voorstelling van etanoësuur. (d) 'n Atoommodel van etanoësuur.

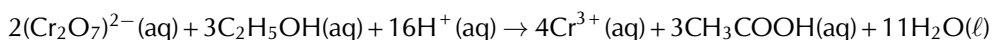
Karboksielsure kom wyd verspreid in die natuur voor. Metanoësuur (ook bekend as *mieresuur*) het die formule **HCOOH** en word in inseksteke aangetref. Etanoësuur (**CH₃COOH**), of *asynsuur*, is die hoofbestanddeel van asyn. Meer komplekse organiese sure het ook 'n verskeidenheid funksies. Bensoësuur word byvoorbeeld as preserveermiddel gebruik. Karboksielsure het die **algemene formule: $C_nH_{2n+1}COOH$** .

Etanoësuur kan vervaardig word deur die oksidasie van etanol tydens blootstelling aan die suurstof in die lug. Dit is waarom wyn wat lank oopstaan begin suur proe. Wyn wat aan suurstof (**O₂**) in die lug blootgestel word kan maklik suur word, veral in warm weersomstandighede.



Figuur 4.40: Die oksidasie van wyn.

Die oksidasie van etanol na etanoësuur kan ook gesien word in die reaksie van etanol met kaliumdichromaat:



Die kleurverandering wat plaasvind word in die onderstaande prent en die video getoon:



► Sien video: [2C4C](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Figuur 4.41: Die verskillende kleure van die kaliumdichromaat (links) en die kaliumdichromaat en etanol (regs). Skermfoto geneem uit 'n video deur beggar098 op YouTube.

FEIT

'n Spesifieke tipe mier genaamd die "formicine" mier vervaardig en skei mieresuur af as verdedigingsmeganisme teen organismes wat hulle wil eet.



WENK

Esters sal in meer besonderhede behandel word in Afdeling 4.7.

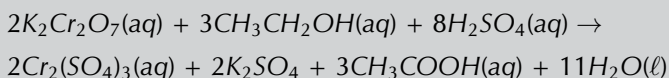
Gevallestudie: Asemtoetsers

Lees die volgende uittreksel geneem uit HowStuffWorks (12/08/13):

Die **Asemtoetser** apparaat bevat:

- 'n Opstelling om die asem van die verdagte te toets.
- Twee glasbuis wat die chemiese reaksiemengsel bevat.
- 'n Stelsel van fotoselle verbind aan 'n meter om die kleurverandering tydens die chemiese verandering te meet.

Om die alkohol in 'n verdagte se asem te meet, moet die verdagte in die apparaat in blaas. Die gasmonster word dan in een glasbuis deur 'n oplossing van swaelsuur en kaliumdichromaat, silwernitraat en water geborrel. Die beginsel van hierdie meting is gebaseer op die volgende chemiese reaksie:



In hierdie reaksie:

1. Die **swaelsuur verwyder die alkohol uit die lug** in 'n vloeistof oplossing.
2. Die **alkohol reageer met die kaliumdichromaat** vir die vervaardiging van : chroomsulfaat, kaliumsulfaat, asynsuur, water

Die silwernitraat is 'n **katalis**, 'n verbinding wat die reaksie versnel sonder om te verander. Die swaelsuur, behalwe om die alkohol uit die lug te verwyder, verskaf ook die suurmedium van die oplossing wat nodig is vir die reaksie.

Tydens die reaksie verkleur die rooi-oranje kleur van die dichromaat-ioon na die groen chromaat-ioon wanneer dit met die alkohol reageer; die mate van kleurverandering is direk verwant aan die alkoholvlak in die uitgeblaasde lug. Om die hoeveelheid alkohol in die lug te bepaal, word die reaksiemengsel vergelyk met 'n mengsel in die **fotosel stelsel** wat nie gereageer is nie, wat 'n **elektriese stroom** veroorsaak wat die naald van die meter van rus af laat beweeg. Die operateur roteer 'n knop om die naald weer terug na die rusposisie te bring, en lees die alkoholvlak op die knop af. Hoe meer die knop gedraai moet word om die naald weer by die rusposisie te kry, hoe hoër is die alkoholvlak.

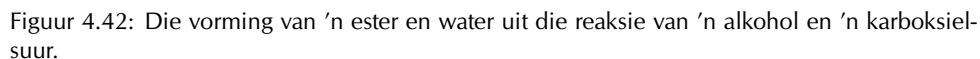
Verdeel in groepe van drie tot vier. Doen navorsing oor asemtoetsers en rapporteer terug aan die klas.

Maak seker dat die volgende gedek word:

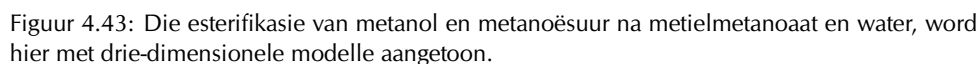
- Die uitwerking van alkohol op die liggaam.
- Die uitwerking van alkohol op reaksietye.
- Die oorsprong van die asemtoetser.
- Die begrip *mond alkohol* en sy invloed op asemtoetse.

Esters

Wanneer alkohol met 'n karboksielsuur reageer, word 'n **ester** gevorm. Die meeste esters het 'n kenmerkende reuk. In die reaksie word 'n watermolekule uit die struktuur verwyder, en 'n nuwe binding vorm tussen die oorblywende gedeeltes van die alkohol en die karboksielsuur. 'n **Katalisator** word benodig vir die reaksie. In dié geval is dit 'n anorganiese suur (bv. H_2SO_4). 'n Voorbeeld word in Figuur 4.42 getoon.



FEIT
Die esterifikasieproses is omkeerbaar met groot hoeveelhede water (alhoewel dit stadig kan wees). Die terugwaartse reaksie versnel in 'n suur omgewing. Omkeerbare reaksies word in groter besonderhede bespreek in Hoofstuk 8.



- in kosmetiese- en skoonheidsprodukte vanweë die tipies vrugtige geur, wat dit geskik maak vir gebruik as kunsmatige geurmiddels en reuke.
- in naellakverwyderaar en modelvliegtuig gom.
- as oplosmiddels van nie-wateroplosbare verbindinge (bv. olies en hars) omdat die ester van 'n spesifieke karboksielsuur minder wateroplosbaar sal wees as die karboksielsuur.
- as plastiseerders omdat esters 'n stof minder bros en daardeur meer buigbaar kan maak.

1. Beantwoord hierdie vrae oor karbonielverbindings.
 - a) Watter ander funksionele groep kom saam met die karbonielgroep in 'n karboksielsuur voor?
 - b) Wat is die hoofverskil tussen aldehyede en ketone?
 - c) Watter twee reagense word benodig om 'n ester te vorm?
 - d) Hoe word etanoësuur vervaardig?
2. Teken die struktuurformule vir elkeen van die volgende verbindings. Aan watter homoloë reeks behoort elkeen van die verbindings?
 - a) CH_3COCH_3
 - b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
 - c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$
 - d) $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$
3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

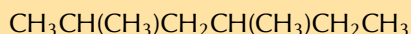
1. 2C4D 2. 2C4F



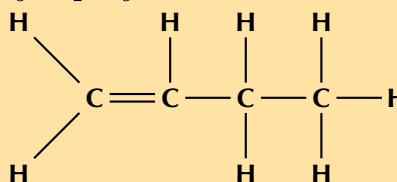
Oefening 4 – 6: Funksionele groepe

1. Skryf neer die:

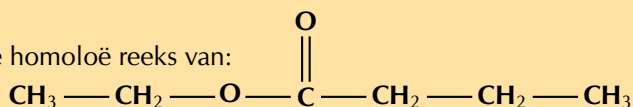
a) naam van die homoloë reeks van:



b) algemene formule van:



c) naam van die homoloë reeks van:



d) struktuurformule van: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$

2. Beskou die lys van organiese verbindings in die onderstaande tabel:

Organiese verbinding	Homoloë reeks
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	
CH_3CHO	
$\text{CH}_3\text{CCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	

a) Voltooi die tabel deur die funksionele groep in elke verbinding te identifiseer.

b) Gee die struktuurformule van die verbindings wat in die gekondenseerde struktuurformules voorgestel word.

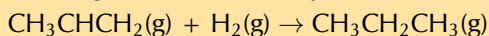
3. 'n Chemiese reaksie vind plaas en etielmetanoaat vorm.

a) Identifiseer die homoloë reeks waaraan etielmetanoaat behoort.

b) Benoem die tipes reagense wat gebruik is om die verbinding in 'n chemiese reaksie te berei.

c) Gee die struktuurformule van etielmetanoaat ($\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$).

4. Die volgende reaksie vind plaas:



a) Gee die naam van die homoloë reeks waaraan die organiese verbinding van die reagense behoort.

b) Wat is die naam van die homoloë reeks waaraan die produk behoort?

c) Watter verbinding in die reaksie is 'n versadigde koolwaterstof?

5. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C4G 2. 2C4H 3. 2C4J 4. 2C4K

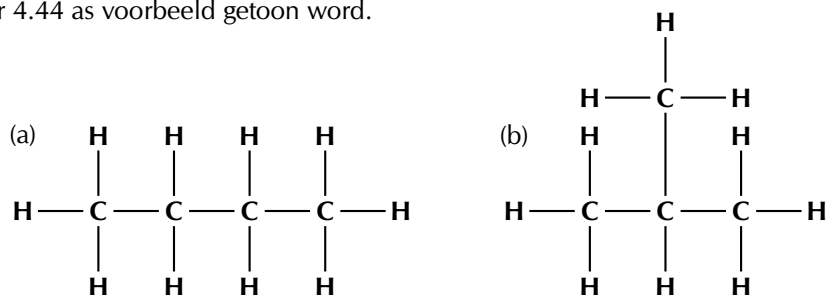


www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Dit is moontlik vir twee organiese verbindings om dieselfde *molekulêre formule* te hê, maar verskillende *struktuurformule*. Kyk na die twee organiese verbindings wat in Figuur 4.44 as voorbeeld getoon word.



Figuur 4.44: Isomere van 'n organiese verbinding met vier koolstofatome met die molekulêre formule C_4H_{10} . (a) butaan en (b) 2-metielpropaan.

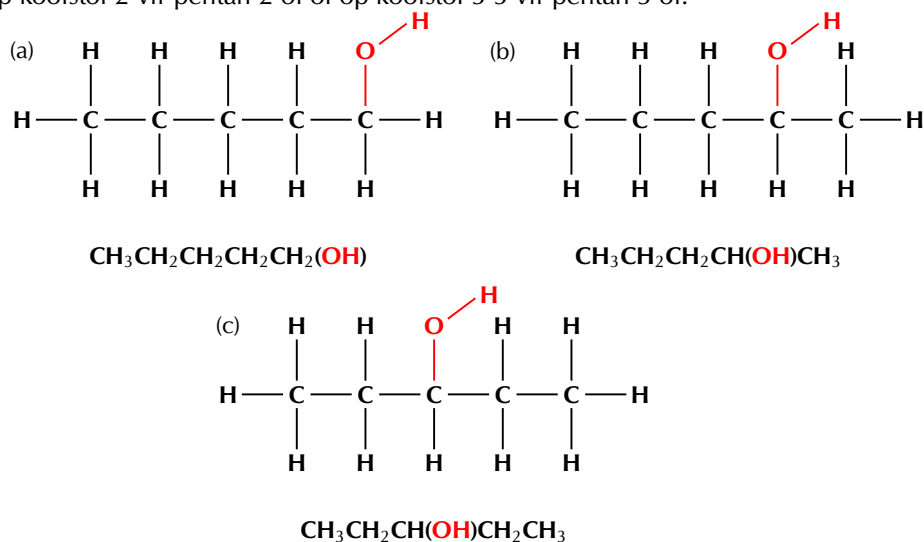
Indien jy die aantal koolstofatome en waterstofatome in elke verbinding sou tel, sal jy vind dat dit in almal dieselfde is. Beide het dieselfde molekulêre formule C_4H_{10} , maar hul struktuur verskil en so ook hul eienskappe. Hierdie tipe verbindings word **isomere** genoem.

DEFINISIE: *Isomeer*

In chemie is isomere molekule met dieselfde molekulêre formule maar verskillende struktuurformules.

Isomere is molekule met dieselfde molekulêre formule en gewoonlik ook (maar nie altyd nie) dieselfde bindingstipe tussen atome, maar met atome in verskillende rangskikkings.

Die isomere wat in Figuur 4.44 getoon word verskil slegs in die posisie van die koolstofatome. Die funksionele groepe is dieselfde, maar butaan het 4 koolstowwe in een ketting, terwyl 2-metielpropaan slegs drie koolstowwe in die langste ketting het, met 'n metielgroep gebind aan die tweede koolstof in die ketting. Dit is ook moontlik om *posisioneel* isomere te hê (Figuur 4.45). In dié geval sal die $-\text{OH}$ funksionele groep op verskillende koolstowwe voorkom, soos byvoorbeeld: koolstof 1 vir pentan-1-ol, op koolstof 2 vir pentan-2-ol of op koolstof 3 vir pentan-3-ol.



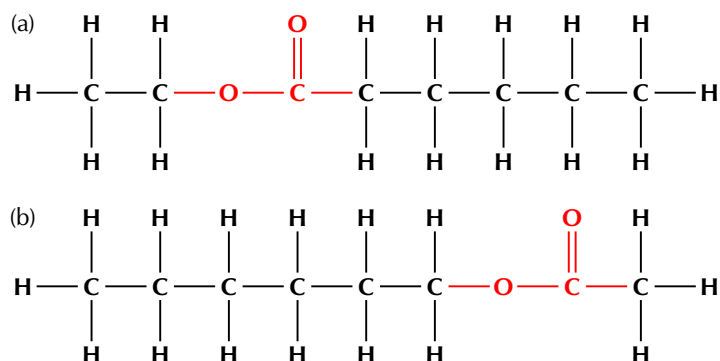
Figuur 4.45: Die struktuur- en gekondenseerde struktuurformule voorstelling van die isomere (a) pentan-1-ol, (b) pentan-2-ol en (c) pentan-3-ol.

FEIT

Beide butaan en 2-metielpropaan (isobutaan) word in kampeerstowe en aanstekers gebruik.

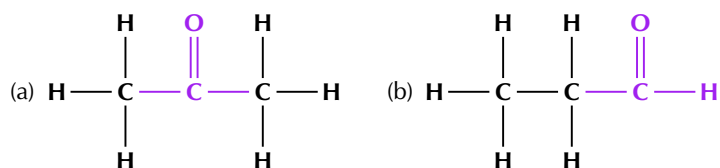


Posisionele isomere word ook in esters aangetref. Indien een ester gemaak is uit heksanol en etanoësuur, en die ander vanaf heksanol en etanoësuur, is die twee esters wat gevorm het isomere (sien Figuur 4.46).



Figuur 4.46: Die struktuur voorstellings van die isomere (a) etielheksanoaat en (b) heksiele-tanoaat.

Dit is belangrik om te onthou dat molekules nie dieselfde funksionele groepe hoef te hê om isomere te wees nie. Byvoorbeeld propanoon (algemeen bekend as aseton) en propaanaal (Figuur 4.47) het dieselfde molekulêre formule (C_3H_6O), maar verskillende funksionele groepe en eienskappe (Tabel 4.3). Hierdie soort isomere is **funksionele isomere**.

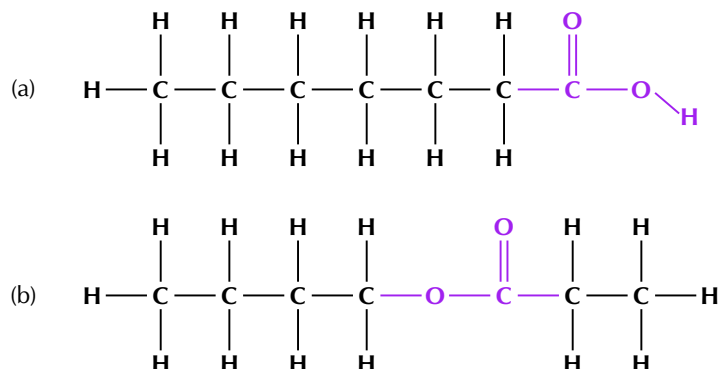


Figuur 4.47: Twee C_3H_6O isomere (a) propanoon en (b) propaanaal.

Naam	Funksionele Groep	Smeltpunt ($^{\circ}C$)	Kookpunt ($^{\circ}C$)	Reaktiwiteit
propanoon	keton	-95	56	minder reaktief
propaanaal	aldehyd	-81	48	meer reaktief

Tabel 4.3: Sommige eienskappe van die isomere propanoon en propaanaal

Heptanoësuur en butielpropanoaat (Figuur 4.48) is nog 'n voorbeeld van *funksionele* isomere (bevat verskillende funksionele groepe). Hulle het dieselfde molekulêre formule van $C_7H_{14}O_2$, maar verskillende funksionele groepe en eienskappe (Tabel 4.4).



Figuur 4.48: Die struktuurformules van die isomere (a) heptanoësuur en (b) butielpropanoaat.

Naam	Funksionele groep	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)
heptanoësuur	karboksielsuur	-7,5	223
butielpropanoaat	ester	-89,5	145

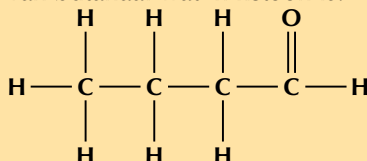
Tabel 4.4: Die verskillende fisiese eienskappe van die isomere heptanoësuur en butielpropanoaat.

Oefening 4 – 7: Isomere

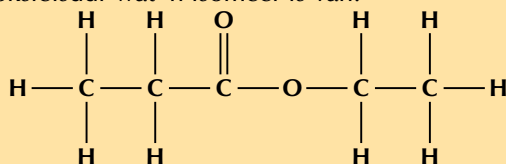
1. Plaas die organiese verbinding in Kolom A langs sy isomeer uit Kolom B:

	Kolom A	Kolom B
1	CH ₃ CH ₂ CH ₂ (OH)	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₃
2	<pre> H H H H H — C — C — C — C — H H H H H </pre>	<pre> O CH₃ — CH₂ — CH₂ — C — CH₃ </pre>
3	<pre> H O H H — C — — C — — C — H H — C — H H — C — H H H </pre>	CH ₃ CH(OH)CH ₃

2. a) Benoem die isomeer van butanaal wat 'n ketoon is:



b) Noem 'n karboksielsuur wat 'n isomeer is van:



3. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C4M 2a. 2C4N 2b. 2C4P



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

4.3 IUPAC-naam en formules

ESFVN

Wat is IUPAC-benaming?

ESFVP

Die benaming van organiese verbindings is gebaseer op sekere reëls genaamd IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) nomenklatuur of IUPAC-stelsel. Dit word gedoen sodat daar eenvormigheid tussen die name is. Dit help dat

WENK

Molekules kan beide dubbel of trippelbindings en ander funksionele groepe (bv. 'n alkeen en 'n alkohol funksionele groep in een molekule - propafol), hê. Alle molekules in hierdie boek sal egter slegs enkel koolstof-koolstof bindings bevat wanneer in kombinasie met ander funksionele groepe.

elke verbinding sy eie unieke naam het (veral in die industrie). Ons sal eerstens kyk na sommige stappe wat gevolg moet word om 'n verbinding te benoem voordat ons hierdie reëls gebruik.

'n Maklike reël om te volg is om te begin by die **einde** (die agtervoegsel) en agteruit (van regs na links) in die naam te werk.

1. Herken die *funksionele groep* in die verbinding. Dit sal die agtervoegsel in die naam bepaal (sien Tabel 4.5).
2. Vind die langste, aaneenlopende koolstofketting wat die funksionele groep bevat (dit sal nie altyd 'n *reguit* ketting wees nie) en tel die hoeveelheid koolstofatome in die ketting. Hierdie getal sal die voorvoegsel (die *begin*) van die naam van die verbinding bepaal (sien Tabel 4.6).
3. Nommer die koolstowwe in die langste koolstofketting. **Belangrik:** Indien die molekule nie 'n alkaan is nie, d.w.s. as dit 'n funksionele groep het, begin jy nommer sodat die *funksionele groep* op die koolstof met die *laagste moontlike nommer* is. Begin nommer by die koolstof aan die punt naaste aan die funksionele groep.

4. Soek enige vertakte groepe:

- Benoem hul deur die hoeveelheid koolstofatome in die vertakte groep te tel, en deur na Tabel 4.6 te verwys - hierdie groepe sal almal met -iel eindig.
- Let op na die posisie van die groep op die langste, aaneenlopende koolstofketting. Indien daar meer as een van dieselfde tipe vertakkings is, moet daar na albei nommers verwys word (bv. 2,4-), en moet een van die voorvoegsels gevind in Tabel 4.7 gebruik word. **Belangrik:** Indien die molekule 'n *alkaan* is, moet die vertakte groep op die koolstof met die *laagste moontlike nommer* wees.
- Die vertakte groepe moet in alfabetiese volgorde eerste genoem word, voordat die naam van die hoofketting genoem word (ignoreer di/tri/tetra).

Indien daar geen vertakkings is nie, kan hierdie stap geïgnoreer word.

Aantal	voorvoegsel
2	di-
3	tri-
4	tetra-

Tabel 4.7: Voorvoegsels vir meervoudige substituentte met dieselfde name. Hierdie is ook van toepassing op meervoudige funksionele groepe.

Funksionele groep	agtervoegsel
alkaan	-aan
alkeen	-een
alkyn	-yn
alkohol	-ol
aldehyd	-aal
ketoon	-oon
karboksielsuur	-oësuur
ester	-oat

Tabel 4.5: Die agtervoegsel wat met verskeie funksionele groepe geassosieer word.

Koolstofatome	voorvoegsel
1	met-
2	et-
3	prop-
4	but-
5	pent-
6	heks-
7	hept-
8	okt-
9	non-
10	dek-

Tabel 4.6: Die voorvoegsel van die naam van die verbinding word bepaal deur die hoeveelheid koolstofatome in die langste ketting wat die funksionele groep bevat.

5. Vir alkielhaliede word die halogeenatoom baie dieselfde benader as soos vir vertakte groepe:
 - Om hul te benoem, gebruik die naam van die halogeenatoom soos in Tabel 4.8.

- Nummer die halogeenatoom om sy posisie op die koolstofatoom aan te dui. Indien daar meer as een halogeenatoom is, moet die plekke gelys word en die voorvoegsel (bv. 3,4-dijodium- of 1,2,2-trichloor-) gebruik word. Sien Tabel 4.7 vir 'n lys van die voorvoegsels.

Halogeen	naam
fluor	fluoro
chloor	chloor/chloro
broom	broom/bromo
jodium	jodium/jodo

Tabel 4.8: Benaming van halogeenatome in organiese molekules.

- Indien 'n molekule beide 'n vertakte groep en 'n halogeen atoom het, moet beide substituentte op dieselfde manier hanteer word. Die laagste moontlike nommering moet toegepas word.
- Die halogeenatome moet in alfabetiese volgorde eers genoem word, voordat die naam van die hoofketting genoem word (ignoreer di/tri/tetra).

Indien daar geen halogene is nie kan hierdie stap geïgnoreer word.

6. Kombineer die elemente in die naam in 'n enkele woord in die volgende volgorde:
 - vertakte groepe/halogeenatome in alfabetiese volgorde (ignoreer voorvoegsels)
 - voorvoegsel van die hoofketting
 - naam eindig volgens die funksionele groep en sy posisie op die langste koolstofketting.

Benaming van koolwaterstowwe

ESFVQ

Benaming van alkane

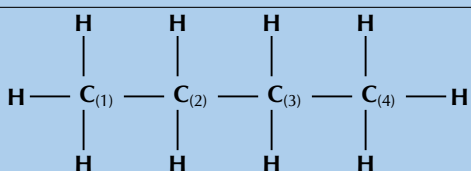
Die agtervoegsel vir 'n alkaan is -aan.

Uitgewerkte voorbeeld 1: Benaming van die alkane

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:

Let op: Die nommerstelsel vir die koolstofatome word gewoonlik nie aangetoon nie. Hier is die koolstofatome slegs genummer om jou te help om die verbinding te benoem.



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding is 'n koolwaterstof met enkelbindings tussen die koolstofatome. Dit is 'n alkaan en het die agtervoegsel -aan.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting

Daar is vier koolstofatome in die langste ketting. Die voorvoegsel van die verbinding sal dus but- wees.

Stap 3: Nummer die koolstofatome in die langste ketting

Die nommer van die koolstofatome is hier vir jou gedoen.

Stap 4: Soek enige vertakte groepe, benoem hulle en gee hul posisies op die koolstofketting

Daar is geen vertakte groepe in hierdie verbinding nie.

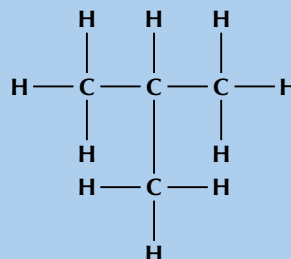
Stap 5: Kombineer die elemente van die naam in 'n enkele woord

Die naam van die verbinding is **butaan**.

Uitgewerkte voorbeeld 2: Benaming van die alkane

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

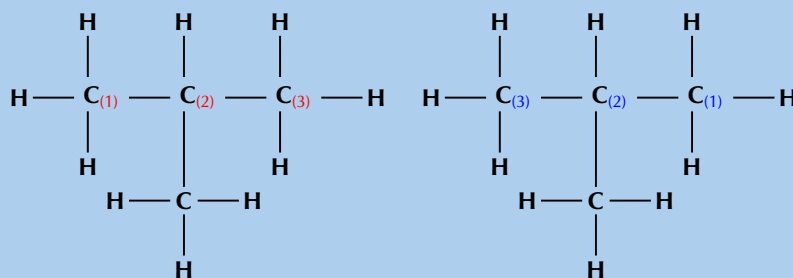
Die verbinding is 'n koolwaterstof met enkelbindings tussen die koolstofatome. Dit is 'n alkaan en het die agtervoegsel -aan.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting

Daar is drie koolstofatome in die langste ketting. Die voorvoegsel vir hierdie verbinding is prop-.

Stap 3: Nummer die koolstowwe in die koolstofketting

Indien ons by die koolstof aan die linkerkant begin, nummer ons die atome soos aangedui in rooi (links). Indien ons by die koolstof aan die regterkant begin, nummer ons die atome soos aangedui in blou (regs).



Stap 4: Kyk uit vir enige vertakte groepe, benoem hulle en gee hul posisies op die koolstofketting

Daar is 'n vertakking geheg aan die tweede koolstofatoom. In hierdie geval is die metielgroep op koolstof 2, ongeag van watter kant af jy die langste ketting begin nummer.

Hierdie groep het 'n formule -CH_3 , wat metaan sonder 'n waterstofatoom is. Alhoewel dit nie deel van die hoofketting is nie, word die agtervoegsel -iel (bv. metiel) vir dit gegee. Die posisie van die metielgroep word net voor sy naam geplaas (sien die volgende stap).

Stap 5: Kombineer die elemente van die verbinding saam in 'n enkele woord in die volgende volgorde: vertakking, voorvoegsel, naam wat eindig volgens die funksionele groep

Hierdie verbinding se naam is **2-metielpropaan**.

Uitgewerkte voorbeeld 3: Benaming van die alkane

VRAAG

Teken die semi-struktuur- en gekondenseerde struktuurformule vir die organiese verbinding **2,2,4-trimetielheksaan**

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die naam eindig met -aan en dus is die verbinding 'n alkaan.

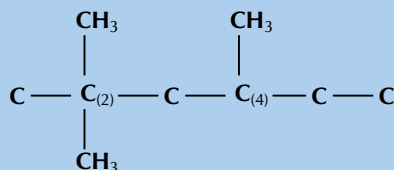
Stap 2: Bepaal die hoeveelheid koolstof atome in die langste ketting

Die langste ketting het 'n voorvoegsel van heks-. Daar is 6 koolstofatome in die langste ketting.



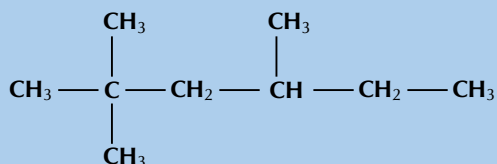
Stap 3: Kyk vir enige vertakings en plaas hulle op die struktuur

Die verbinding is **2,2,4-trimetielheksaan**. Dus is daar drie vertakings. Twee is op koolstof 2 en een is op koolstof 4.



Stap 4: Kombineer hierdie inligting en voeg die waterstofatome by

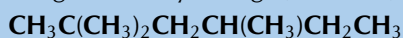
Koolstofatome kan vier enkelbindings hê. Indien 'n koolstofatoom minder as vier bindings het, teken waterstofatome in totdat daar vier bindings is.



Stap 5: Skryf die struktuurformule in verkorte notasie

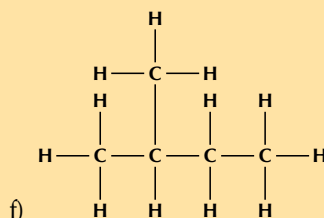
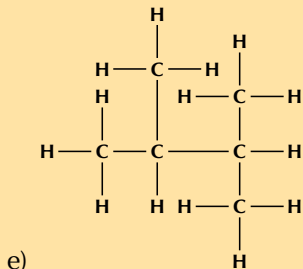
Skryf eerste die hoofketting in verkorte notasie: $\text{CH}_3\text{CCH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_3$

Voeg dan die sykettings (in hakies) op die gepaste koolstofatome by:



Oefening 4 – 8: Benaming van alkane

- Gee die struktuurformule vir elk van die volgende alkane
a) Oktaan b) Propaan c) 2-metielpropaan d) 3-etielpentaan
- Gee die IUPAC-naam vir elk van die volgende alkane:
a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ b) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ d) CH_3CH_3



3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C4Q 2. 2C4R



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

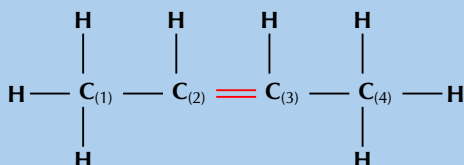
Benaming van alkene

Die agtervoegsel vir 'n alkeen is -een.

Uitgewerkte voorbeeld 4: Benaming van alkene

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het 'n dubbel koolstof-koolstof binding en is 'n alkeen. Dit het die agtervoegsel -een.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Die funksionele groep is 'n dubbelbinding, dus moet die langste ketting die dubbelbinding bevat. Daar is vier koolstofatome in die langste ketting, en die voorvoegsel is dan but-.

Stap 3: Nommer die koolstofatome

Onthou dat die koolstofatome so genummer moet word dat die funksionele groep gebind is aan die laagste moontlike genummerde koolstofatoom. In hierdie geval maak dit nie saak of ons die koolstowwe van links na regs of regs na links nummer nie. Die dubbelbinding is in beide gevalle tussen die tweede en derde koolstofatome.

Stap 4: Kyk uit vir enige vertakte groepe, benoem hulle en gee hul posisies op die koolstofketting

Daar is geen vertakkings in hierdie molekule nie.

Stap 5: Die verskillende naamelemente moet in 'n enkele woord in die volgende volgorde gekombineer word: vertakkingsgroepe, voorvoegsel, naam wat eindig in ooreenstemming met die funksionele groep en sy posisie in die langste koolstofketting
Die naam van hierdie verbinding is **but-2-een**.

Uitgewerkte voorbeeld 5: Benaming van alkene

VRAAG

Teken die struktuur- en molekulêre formules vir die organiese verbinding
3-metielbut-1-een

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die agtervoegsel -een beteken die verbinding is 'n alkeen en dat daar dus 'n dubbelbinding in die molekule moet wees. Die getal 1 direk voor die agtervoegsel dui aan dat die dubbelbinding by die eerste koolstof in die ketting moet wees (but-1-een).

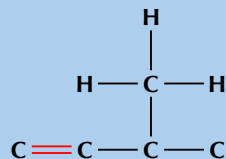
Stap 2: Bepaal die hoeveelheid koolstofatome teenwoordig in die langste ketting wat die funksionele groep bevat

Die agtervoegsel van die verbinding is but-, wat daarop dui dat daar vier koolstowwe is in die langste ketting wat 'n dubbelbinding het.

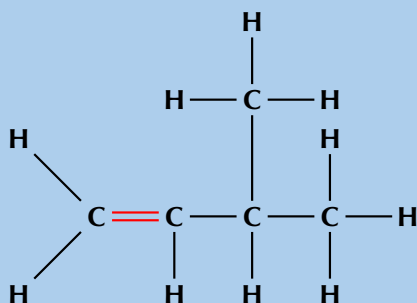


Stap 3: Soek na enige vertakte groepe

Daar is 'n metielgroep wat op die derde koolstofatoom in die ketting gevind word. Tel vanaf die linkerkant sodat die dubbelbinding by die eerste koolstofatoom voorkom.



Stap 4: Kombineer hierdie inligting en voeg die waterstofatome by



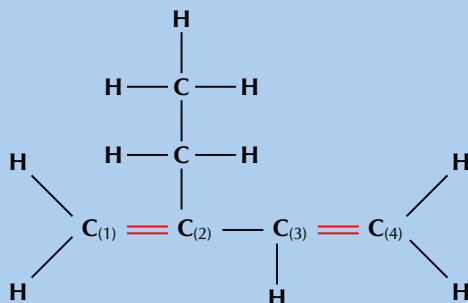
Stap 5: Skel die struktuurformule om na die molekulêre formule

Daar is 5 koolstofatome en 10 waterstofatome, sodat die molekulêre formule C_5H_{10} is. (Onthou dat daar geen *strukturele* inligting deur die molekulêre formule gegee word nie).

Uitgewerkte voorbeeld 6: Benaming van alkene

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding is 'n alkeen en het die agtervoegsel -een. Daar is 'n dubbelbinding tussen die eerste en tweede koolstowwe, asook tussen die derde en vierde koolstowwe. Die organiese verbinding bevat daarom '-1,3-dieën'.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat die funksionele groep bevat, en nommer die koolstofatome

Onthou dat die hoof koolstofketting albei die dubbelbindings moet bevat. Daar is vier koolstofatome in die langste ketting wat die dubbelbindings bevat. Die voorvoegsel vir hierdie verbinding sal dus but- wees. Die koolstofatome is alreeds van 1 tot 4 in die diagram genummer.

Stap 3: Kyk uit vir enige vertakte groepe, benoem hulle en gee hul posisies op die koolstofketting

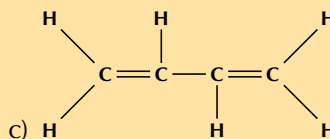
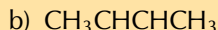
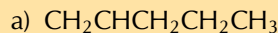
Daar is 'n etielgroep op die tweede koolstof.

Indien ons van regs na links genommer het sou die agtervoegsel nog steeds 1,3-dieën gewees het, alhoewel die etielgroep dan op die derde koolstof aangetref sou word. Ons moes dus van links na regs genommer het.

Stap 4: Die verskillende naamelemente moet in 'n enkele woord in die volgende volgorde gekombineer word: vertakkingsgroepe, voorvoegsel, naam wat eindig in ooreenstemming met die funksionele groep en sy posisie in die langste koolstofketting. Die naam van hierdie verbinding is 2-etiëlbut-1,3-dieën.

Oefening 4 – 9: Benaming van alkene

1. Verskaf die IUPAC-naam vir die volgende alkene:



2. Gee die struktuurformule vir elk van die volgende alkene:

a) eteen

b) heks-1-een

c) hept-3-een

d) 4-etiëlakt-3-een

3. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C4S 2. 2C4T



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

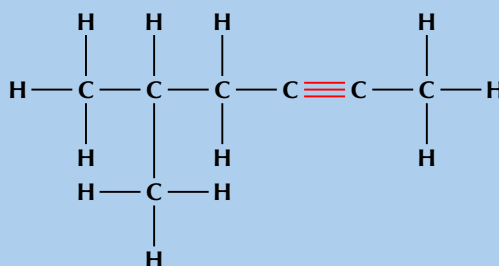
Benaming van alkyne

Die agtervoegsel vir 'n alkyn is -yn.

Uitgewerkte voorbeeld 7: Benaming van alkyne

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

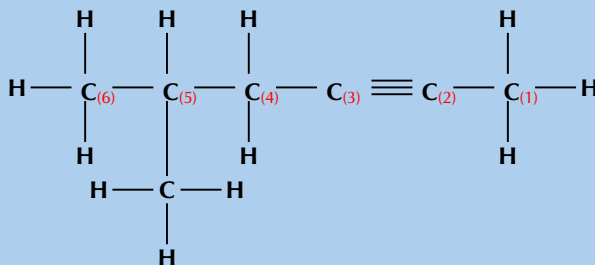
Daar is 'n trippelbinding tussen twee koolstofatome, en dus is hierdie verbinding 'n alkyn. Die agtervoegsel is -yn.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Die funksionele groep is 'n trippelbinding, dus bevat die langste ketting hierdie trippelbinding. Daar is ses koolstofatome in die langste ketting. Die voorvoegsel vir hierdie verbinding sal heks- wees.

Stap 3: Nommer die koolstowwe in die langste ketting

In hierdie voorbeeld moet die koolstowwe van regs na links genummer word, sodat die trippelbinding tussen die koolstofatome met die laagste nommer is (die agtervoegsel vir hierdie verbinding is dus -2-yn).



Stap 4: Soek na enige vertakkings, benoem hulle, en dui die posisie van die koolstof waarop elkeen voorkom aan

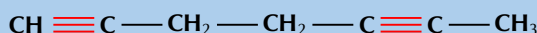
Daar word 'n metiel, $-\text{CH}_3$, groep aan die vyfde koolstof aangetref (onthou dat ons die koolstofatome van regs na links genommer het).

Stap 5: Die verskillende naamelemente moet in 'n enkele woord in die volgende volgorde gekombineer word: vertakkingsgroepe, voorvoegsel, naam wat eindig in ooreenstemming met die funksionele groep en sy posisie in die langste koolstofketting
Indien ons hierdie volgorde volg, is hierdie verbinding se naam **5-metielheks-2-yn**.

Uitgewerkte voorbeeld 8: Benaming van alkyne

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

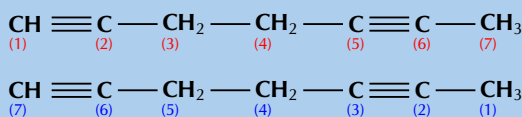
Daar is twee trippelbindings en dus is die agtervoegsel -diyn.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Die funksionele groep is 'n trippelbinding, en dus moet die langste ketting al die trippelbindings bevat. Die langste koolstofketting bevat sewe koolstof atome, en dus is die voorvoegsel hept-.

Stap 3: Nommer die koolstowwe in die langste ketting

As van links na regs genommer word (soos in rooi aangedui), is die eerste trippelbinding op koolstof 1 en die tweede op koolstof 5. Die agtervoegsel is dus -1,5-diyn.



(As van regs na links (blou) genommer word sal die agtervoegsel -2,6-diyn gee, wat verkeerd is).

Stap 4: Soek na enige vertakte groepe

Daar is geen vertakkings in hierdie molekule nie.

Stap 5: Die verskillende naamelemente moet in 'n enkele woord in die volgende volgorde gekombineer word: vertakkingsgroepe, voorvoegsel, naam wat eindig in ooreenstemming met die funksionele groep en sy posisie in die langste koolstofketting
Die naam van die verbinding is **hept-1,5-diyn**.

Uitgewerkte voorbeeld 9: Benaming van alkyne

VRAAG

Teken die struktuur- en gekondenseerde formules vir die organiese verbinding
6-metielhept-3-yn

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die agtervoegsel -3-yn beteken dat dit 'n alkyne is, en dat daar 'n trippelverbinding op koolstof nommer 3 moet wees.

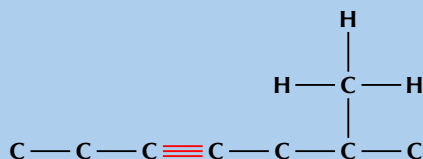
Stap 2: Bepaal die hoeveelheid koolstofatome teenwoordig in die langste ketting wat die funksionele groep bevat

Die voorvoegsel vir die verbinding is hept-, en dus moet daar sewe koolstowwe in die langste ketting wees.

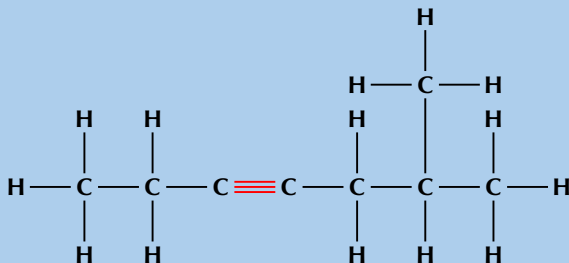


Stap 3: Soek na enige vertakte groepe

Daar is 'n metielgroep op koolstof nommer 6.



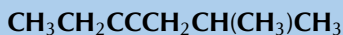
Stap 4: Kombineer hierdie inligting en voeg die waterstofatome by



Stap 5: Skryf die struktuurformule in verkorte notasie

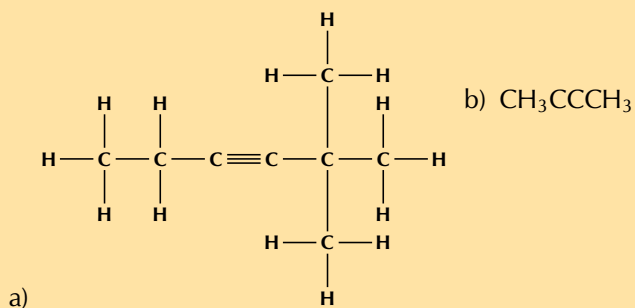
Skryf eerste die hoofketting in verkorte notasie: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CCCH}_2\text{CHCH}_3$

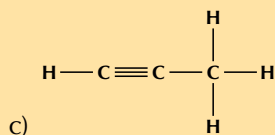
Voeg dan die sykettings, in hakies, op die gepaste koolstofatome by:



Oefening 4 – 10: Benaming van alkyne

- Gee die struktuurformule van elkeen van die volgende alkyne:
a) etyn b) pent-1-yn c) 5-metielhept-3-yn
- Gee die IUPAC name van die volgende alkyne





3. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C4V 2. 2C4W



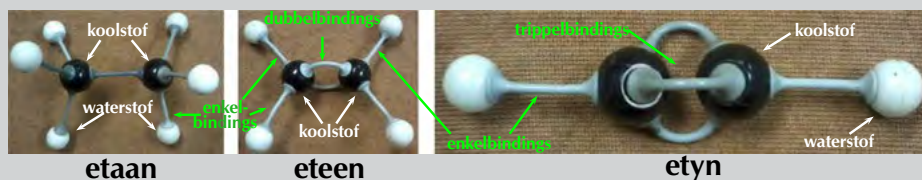
www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Aktiwiteit: Die bou van koolwaterstowwe

'n Voorbeeld van etaan, eteen en etyn, wat met atoommodelstelle gebou is, word in die onderstaande prentjie getoon:



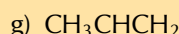
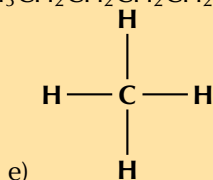
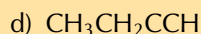
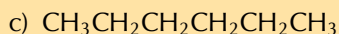
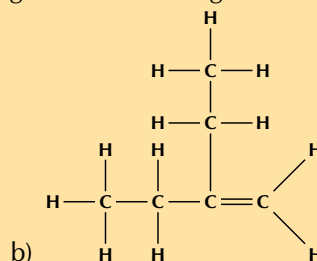
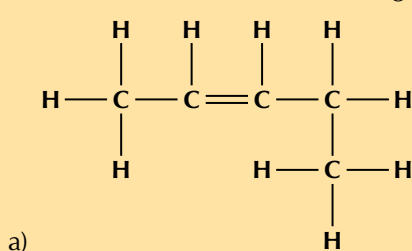
- Gebruik atoommodelstelle en bou die molekules van metaan, propaan, butaan, pentaan en oktaan. As jy nie 'n molekulêre stel het nie, kan 'jelly tots' (of speelklei/deeg) en tandestokkies gebruik word. Gebruik een kleur 'jelly tot' vir die koolstof- en 'n ander kleur vir die waterstofatome.
 - Onthou dat die koolstofatome elk vier bindings moet hê en die waterstof slegs een. Jy behoort te sien dat al die verbindings 'n soortgelyke formule het, onthou dat hulle almal die algemene formule $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ het.
 - Wat is die naam van die homoloë-reeks waaraan al die molekule behoort?
- Bou die molekules vir prop-1-een, but-1-een, pent-1-een en okt-1-een. Gebruik twee tandestokkies om 'n dubbelbinding voor te stel. Jy sal sien dat al die verbindings soortgelyke formules het. Onthou, die verbindings het almal die algemene formule C_nH_{2n} .
 - Probeer om die dubbelbinding tussen verskillende koolstofatome in die molekule te plaas. Maak dit 'n verskil aan die aantal koolstof- en waterstofatome in die molekule?
 - Wat is die naam van die homoloë reeks waaraan al die molekule behoort?
- Bou die molekules van prop-1-yn, but-1-yn, pent-1-yn, en okt-1-yn. Gebruik tandestokkies om die trippelbinding voor te stel. Jy sal sien dat al die molekule soortgelyke formules het. Onthou dat hulle almal alkyne is.
 - Probeer om die trippelbinding tussen verskillende koolstofatome in die molekule te plaas. Maak dit 'n verskil aan die aantal koolstof- en waterstofatome in die molekule?
 - Wat is die algemene formule vir alkyne?

Oefening 4 – 11: Benaming van koolwaterstowwe

1. Gee die struktuurformule van elk van die volgende verbindings:

- a) okt-2-een b) 3-metielheksaan c) 4-etiel-4-metielhept-2-yn
d) hept-3-yn e) pentaan f) 2-metielbut-1-een g) propyn

2. Gee die IUPAC-naam vir elk van die volgende organiese verbindings:



3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C4X 2. 2C4Y



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Benaming van alkielhaliede

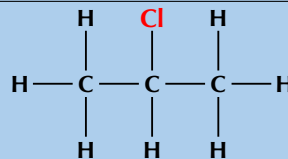
ESFVR

Dieselfde reëls as wat gebruik word vir die benaming van koolwaterstowwe, word toegepas wanneer die alkielgroepe benoem word. Ons gaan net aandag gee aan die haloalkane (m.a.w., daar is geen ander funksionele groepe). Die haloalkaan word net soos 'n vertakte ketting hanteer.

Uitgewerkte voorbeeld 10: Benoem die haloalkane

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Daar is slegs 'n halogeenatoom en geen ander funksionele groepe nie. Hierdie verbinding is dus 'n haloalkaan en sal dit die agtervoegsel - aan dra.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Daar is drie koolstofatome in die langste ketting wat die halogeen bevat. Die voorvoegsel is dus prop-.

Stap 3: Nommer die koolstofatome in die langste ketting

Jy moet die koolstofatome so nummer dat die halogeenatoom op die laagste genom-

merde koolstofatoom is. In hierdie geval kan jy van enige kant af nommer.

Stap 4: Benoem die halogeenatoom en ken 'n nommer aan die koolstofatoom waaraan dit gebind is toe

Die halogeen is 'n chlooratoom. Dit is gebind aan koolstof nommer 2, en daarom sal die verbinding die voorvoegsel 2-chloor- hê.

Stap 5: Soek die vertakte groepe

Daar is geen vertakte groepe in hierdie verbinding nie.

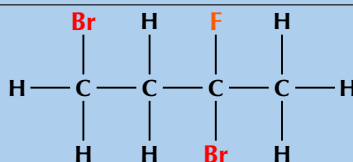
Stap 6: Stel die elemente van die naam in 'n enkele woord saam in die volgende volgorde: halogeenatome, voorvoegsel, naam wat eindig in ooreenstemming met die funksionele groep

Die naam van die verbinding is **2-chloorpropaan**.

Uitgewerkte voorbeeld 11: Benoem die haloalkane

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Daar is drie halogeenatome en geen ander funksionele groepe nie. Daarom is hierdie verbinding 'n haloalkaan, en sal dit die agtervoegsel -aan dra.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Daar is vier koolstofatome in die langste ketting wat die halogeen bevat. Die voorvoegsel sal dus but- wees.

Stap 3: Nommer die koolstofatome in die langste ketting

Jy moet die koolstofatome so nommer dat die halogene op die laagste genommerte koolstofatome sal wees. In die geval nommer jy van links na regs, sodat die een halogeen op koolstof nommer 1, en die ander een op koolstof nommer 3 is.

Stap 4: Benoem die halogeenatome en ken die nommer toe aan die koolstof waaraan dit gebind is

Daar is drie halogeenatome: twee broomatome en een fluooratoom. Een broomatoom is aan koolstof 1 gebind, en die ander een aan koolstof 3. Die fluoor is gebind aan koolstof nommer 3. Ons gebruik dus 1,3-dibroom- en 3-fluoro-.

Stap 5: Soek die vertakte groepe

Daar is geen vertakte groepe in hierdie verbinding nie.

Stap 6: Stel die elemente van die naam in 'n enkele woord saam in die volgende volgorde: halogeen atome in alfabetiese volgorde, voorvoegsel, naam wat eindig in ooreenstemming met die funksionele groep

Die naam van die verbinding is **1,3-dibroom-3-fluorobutaan**. Let op dat ons die halogene in alfabetiese volgorde geplaas het: bromo (ignoreer die di/tri/tetra) is voor fluoro.

Uitgewerkte voorbeeld 12: Benoem die haloalkane

VRAAG

Teken die struktuur- en gekondenseerde formules vir die organiese verbinding
2-jodium-3-metieelpentaan

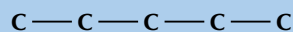
OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Hierdie verbinding het die agtervoegsel -aan, maar bevat ook 'n halogeenatoom. Dit is daarom 'n haloalkaan. Let daarop dat die metiel- en die jodium alfabeties geskryf word.

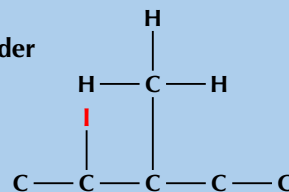
Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Die voorvoegsel is pent-, wat beteken dat daar 5 koolstofatome in die langste ketting voorkom.

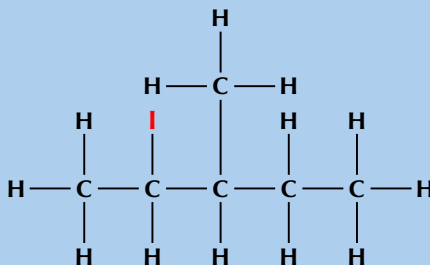


Stap 3: Plaas die halogeenatoom of -atome, asook enige ander vertakte groepe

Daar is 'n jodiumatoom op die tweede koolstofatoom, en 'n metielgroep op die derde koolstofatoom



Stap 4: Combineer die inligting en voeg die waterstofatome by



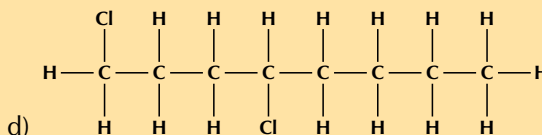
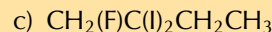
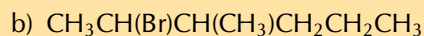
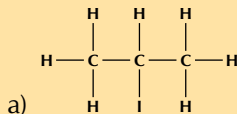
Stap 5: Skryf die struktuurformule in verkorte notasie

Skryf eerste die hoofketting in verkorte notasie: $\text{CH}_3\text{CHCHCH}_2\text{CH}_3$

Voeg dan die sytak en halogeenatome, in hakies, by op die korrekte koolstofatome:
 $\text{CH}_3\text{CH}(\text{I})\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$

Oefening 4 – 12: Benaming van haloalkane

- Gee die struktuurformules van die volgende haloalkane:
a) 2-chloorbutaan b) 1-broompropaan c) 2,3-difluoropentaan
- Gee die IUPAC-naam vir die volgende haloalkane:



- Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C4Z 2. 2C52



www.everythingscience.co.za



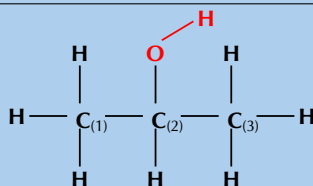
m.everythingscience.co.za

Die reëls wat gebruik word om die alkohole te benoem is soortgelyk aan die wat reeds vir die benaming van koolwaterstowwe bespreek is. Die agtervoegsel vir 'n alkohol is -ol (sien Tabel 4.5).

Uitgewerkte voorbeeld 13: Benaming van die alkohole

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende organiese verbindings



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het 'n -OH (hidroksiel) funksionele groep en is daarom 'n alkohol. Die verbinding sal die agtervoegsel -ol hê.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Daar is drie koolstofatome in die langste ketting wat die funksionele groep bevat. Die voorvoegsel vir die verbinding is dan prop-. Aangesien daar slegs enkelbindings tussen die koolstofatome is, sal die voorvoegsel ook -aan bevat om propan- te word.

Stap 3: Nommer die koolstowwe in die koolstofketting

In hierdie geval maak dit nie saak of jy van links of van regs begin nummer nie. Die hidroksielgroep sal altyd aan die tweede koolstofatoom gebind wees (-2-ol).

Stap 4: Soek die vertakte groepe

Daar is geen vertakte groepe in hierdie verbinding nie.

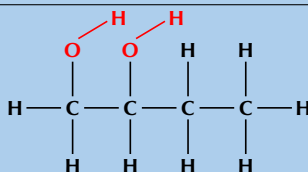
Stap 5: Kombineer die elemente van die verbinding in 'n enkele woord in die volgende volgorde: vertakking, voorvoegsel, naam wat eindig volgens die funksionele groep

Die verbinding se naam is **propan-2-ol**.

Uitgewerkte voorbeeld 14: Benaming van die alkohole

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

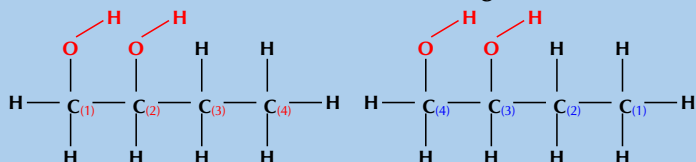
Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding is 'n -OH (hidroksiel) funksionele groep en is dus 'n alkohol. Daar is twee hidroksielgroepe in die verbinding, wat die agtervoegsel -diol maak.

Stap 2: Identifiseer die langste koolstofketting wat die funksionele groep bevat

Daar is vier koolstofatome in die langste ketting wat die funksionele groep bevat (but-), en slegs enkel koolstof-koolstof bindings (-aan). Die voorvoegsel vir die verbinding sal dan butan- wees.

Stap 3: Nummer die koolstowwe in die koolstofketting



Daar is twee hidroksielgroepe aan die hoofketting gebind. Indien ons in rooi (van links) sou nummer, is dit aan die eerste en tweede koolstof gebind. Indien ons in blou (van regs) sou nummer, is dit aan die derde en vierde koolstof gebind.

Die funksionele groep moet die laagste moontlike waarde hê. Die rooi nummerstelsel is daarom die regte een. Die hidroksielgroep is aan die eerste en tweede koolstofatome gebind (1,2-diol)

Stap 4: Soek die vertakte groepe

Daar is geen vertakte groepe in hierdie verbinding nie.

Stap 5: Kombineer die elemente van die verbinding in 'n enkele woord in die volgende volgorde: vertakking, voorvoegsel, naam wat eindig volgens die funksionele groep

Hierdie verbinding se naam is **butan-1,2-diol**.

Uitgewerkte voorbeeld 15: Benaming van die alkohole

VRAAG

Teken die struktuurformule en die gekondenseerde struktuurformule vir die volgende organiese verbinding **4-etieloktan-2,5-diol**

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

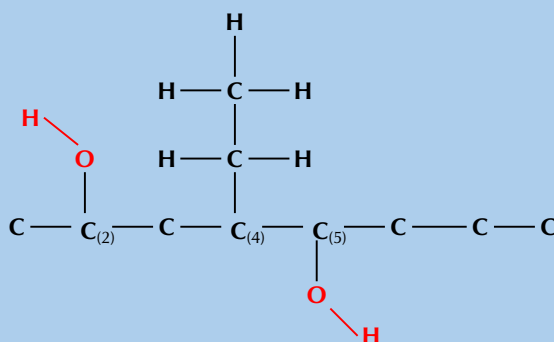
Die verbinding se agtervoegsel is -ol en dit is daarom 'n alkohol.

Stap 2: Identifiseer die langste koolstofketting wat die funksionele groep bevat

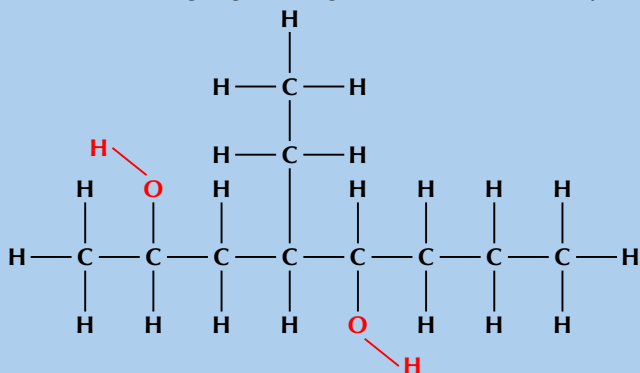
Die voorvoegsel is okt-, wat aandui dat daar 8 koolstofatome in die langste ketting wat die funksionelegroep bevat, voorkom. $\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{C}$

Stap 3: Plaas die funksionele groep en enige vertakte koolstofkettings

Daar is een $-\text{OH}$ aan koolstof 2 en een aan koolstof 5 gebind. Daar is ook 'n etiel ($-\text{CH}_2\text{CH}_3$) vertakking aan koolstof 4 gebind.



Stap 4: Kombineer hierdie inligting en voeg die waterstofatome by



Stap 5: Skryf die struktuurformule in verkorte notasie

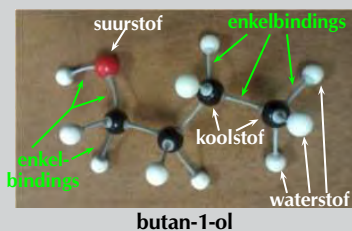
Skryf eerste die hoofketting in verkorte notasie: $\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

Voeg dan die sytak en die alkohol funksionele groep, in hakies, aan die korrekte koolstofatome: $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

Aktiwiteit: Die bou van alkohole

Die struktuurvoorstelling van butan-1-ol soos gebou met 'n atoommodelstel word hieronder getoon.

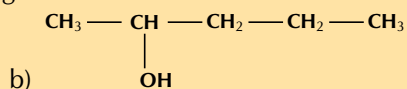
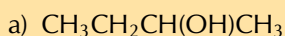
Deur gebruik te maak van atoommodelstelle, bou die molekules van metanol, etanol, propan-1-ol, pentan-1-ol en oktan-1-ol. As jy nie 'n modelstel het nie kan jy gebruik maak van 'jelly tots' (of speelklei/deeg) en tandestokkies. Verskillende kleure lekkers stel verskillende atome voor, en tandestokkies verteenwoordig die bindings.

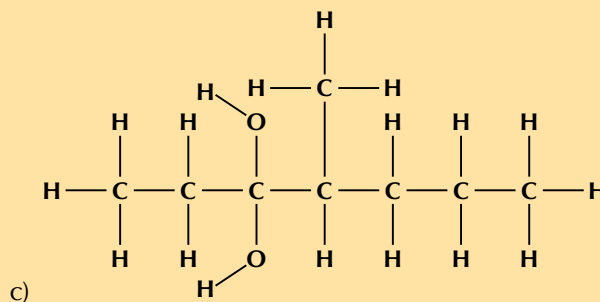


- Jy sal sien dat al die verbindings soortgelyke formules het. Onthou, hulle behoort tot die alkohole homoloë reeks. Wat is die algemene formule vir hierdie reeks?
- Probeer om die hidroksielgroep op verskillende koolstofatome in die ketting te plaas. Maak dit enige verskil aan die aantal koolstof-, waterstof- of suurstofatome in die molekule?

Oefening 4 – 13: Benaming van alkohole

1. Gee die struktuurvoorstelling van elk van die volgende organiese verbindings:
a) pentan-3-ol b) butan-2,3-diol c) 2-metielpentan-1-ol
2. Gee die IUPAC-naam van elk van die volgende:





3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C53 2. 2C54



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Benaming van karbonielverbindings

ESFVT

'n Karbonielgroep bestaan uit 'n koolstofatoom wat met 'n dubbelbinding aan 'n suurstofatoom gebind is (-C=O). Daar is baie verskillende funksionele groepe wat 'n karbonielgroep bevat.

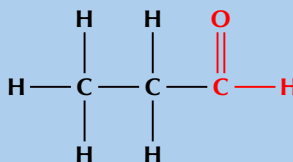
Benaming van aldehyede

Indien die karbonielgroep op die *einde* van die koolstofketting is, word die organiese verbinding 'n *aldehyd* genoem. 'n Aldehyd het die agtervoegsel -al.

Uitgewerkte voorbeeld 16: Benaming van aldehyede

VRAAG

Gee die IUPAC-naam en die molekulêre formule van die volgende organiese verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het 'n -C=O (karboniel) groep en geen ander funksionele groepe nie. Dit is dus 'n aldehyd of 'n ketoon. Die karbonielgroep is op die laaste (punt) koolstof in die hoofketting, en daarom is die verbinding 'n aldehyd. Dit sal die agtervoegsel -al hê.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Daar is drie koolstofatome in die langste ketting wat die funksionele groep bevat. Die voorvoegsel vir die verbinding is dus prop-. Aangesien daar slegs enkelbindings tussen die koolstofatome bestaan, is die voorvoegsel vir die verbinding propan-.

Stap 3: Nommer die koolstofatome in die koolstofketting

Die koolstofatome word genommer sodat die koolstofatoom met die aldehydgroep die laagste moontlike waarde het. In hierdie geval is dit van regs na links.

Stap 4: Soek na enige vertakte groepe

Daar is geen vertakte groepe in hierdie verbinding nie.

Stap 5: Kombineer die elemente van die verbinding in 'n enkele woord in die volgende volgorde: vertakking, voorvoegsel, naam wat eindig volgens die funksionele groep

Die verbinding se naam is **propanaal** (dit is verkeerd om te sê propan-1-aal, omdat alle aldehyede per definisie 1-aal sal wees).

Stap 6: Sit die struktuurformule om na die molekulêre formule

Daar is 3 koolstofatome, 6 waterstofatome en 1 suurstofatoom, en daarom is die molekulêre formule **C₃H₆O**.

(Onthou dat daar geen *strukturele* inligting deur die molekulêre formule gegee word nie).

FEIT

Let daarop dat butan-2-oon slegs butan-2-oon kan wees. Indien die karbonielgroep op koolstof 1 sou wees, sal dit 'n aldehyd wees, en as die karbonielgroep op koolstof 3 sou wees, sou ons net van die ander kant van die molekule af genummer het. Die 2 word egter steeds in die IUPAC benaming vereis.

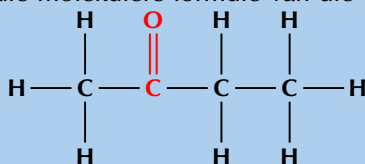
Benaming van ketone

Indien die karbonielgroep in die middel van die ketting is, word die verbinding 'n **katoon** genoem. 'n Katoon het die agtervoegsel -oon.

Uitgewerkte voorbeeld 17: Benaming van ketone

VRAAG

Gee die IUPAC-naam en die molekulêre formule van die volgende organiese verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het 'n -C=O (karboniel) groep en geen ander funksionele groepe nie. Dit is dus 'n katoon of 'n aldehyd. Die karbonielgroep is **nie** aan die einde van die ketting nie, en daarom is dit 'n katoon met die agtervoegsel -oon.

Stap 2: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Daar is vier koolstofatome in die langste ketting wat die funksionele groep bevat, en daar is slegs enkel koolstof-koolstofbindings. Die voorvoegsel vir hierdie verbinding sal dan butan- wees.

Stap 3: Nommer die koolstofatome in die koolstofketting

Die koolstofatome word van links na regs genummer, sodat die koolstofatoom met die ketoongroep die laagste moontlike nommer het (-2-oon).

Stap 4: Soek na enige vertakte groepe

Daar is geen vertakte groepe in hierdie verbinding nie.

Stap 5: Stel die elemente van die verbinding se naam saam in 'n enkele woord in die volgorde: vertakte groepe, voorvoegsel, naam wat eindig in ooreenstemming met die funksionele groep

Die verbinding se naam is **butan-2-oon**.

Stap 6: Sit die struktuurformule om na die molekulêre formule

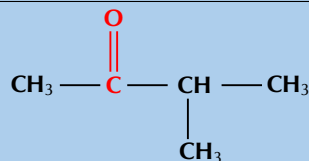
Daar is 4 koolstofatome, 8 waterstofatome en 1 suurstofatoom, en daarom is die molekulêre formule **C₄H₈O**.

(Onthou dat daar geen *strukturele* inligting deur die molekulêre formule gegee word nie)

Uitgewerkte voorbeeld 18: Benaming van karbonielverbindings

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het 'n -C=O (karboniel) groep en geen ander funksionele groepe nie. Dit is dus 'n ketoon of 'n aldehied. Die karbonielgroep is **nie** aan die einde van die ketting, en daarom is dit 'n ketoon met die agtervoegsel -oon.

Stap 2: Identifiseer die langste koolstofketting wat die funksionele groep bevat

Die langste koolstofketting wat die funksionele groep bevat, het 4 koolstofatome, en slegs enkel koolstof-koolstofbindings. Die voorvoegsel vir die verbinding is dus butan-

Stap 3: Nommer die koolstofatome in die koolstofketting

Die koolstofatome word genummer van links na regs sodat die koolstof van die ketoon funksionele groep op die laagste moontlike waarde voorkom. Die agtervoegsel sal -2-oon wees.

Stap 4: Soek na enige vertakte groepe

Daar is 'n vertakte groep op koolstof 3. Hierdie groep het slegs een koolstofatoom. Die vertakte groep is gebind aan die derde koolstofatoom (3-metiel).

Stap 5: Kombineer die verskillende dele van die verbinding in 'n enkele woord in die volgende volgorde: vertakking, voorvoegsel, naam wat eindig volgens die funksionele groep

Hierdie verbinding se naam is **3-metielbutan-2-oon**.

Uitgewerkte voorbeeld 19: Benaming van karbonielverbindings

VRAAG

Teken die struktuurformule en gekondenseerde struktuurformule van die organiese verbinding **3-metielpentanaal**.

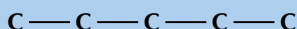
OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het die agtervoegsel -aal. Daarom is dit 'n aldehied en het dit 'n -C=O (karboniel) groep op die eerste koolstof.

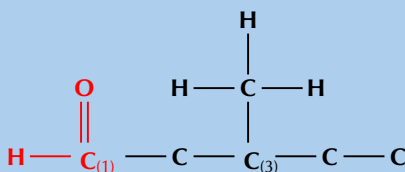
Stap 2: Identifiseer die langste koolstofketting wat die funksionele groep bevat

Die voorvoegsel is pent- wat aandui dat daar 5 koolstofatome in die langste ketting is.

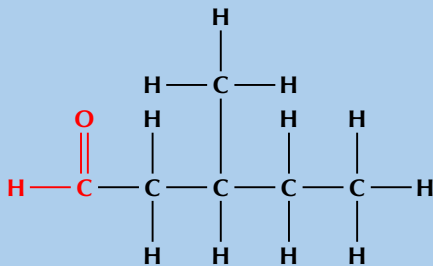


Stap 3: Plaas die funksionele groep en enige vertakte koolstofkettings

Daar is 'n -C=O (karboniel) groep gebind aan die eerste koolstofatoom, en 'n metiel-groep gebind aan die derde koolstofatoom (3-metiel).



Stap 4: Kombineer hierdie inligting en voeg die waterstofatome by



Stap 5: Skryf die struktuurformule in verkorte notasie

Skryf eers die hoofketting wat die karbonielgroep bevat in verkorte notasie: $\text{CHOCH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_3$

Voeg dan die sytak, in hakies, aan die korrekte koolstofatome:

$\text{CHOCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$

Uitgewerkte voorbeeld 20: Benaming van karbonielverbindings

VRAAG

Teken die struktuurformule en gekondenseerde struktuurformule van die organiese verbinding **3-metielpentan-2-oon**.

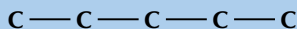
OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het die agtervoegsel -oon. Dit is dus 'n ketoon en het 'n -C=O (karboniel) groep. Hierdie groep *kan nie* op die eerste koolstof in die ketting wees nie.

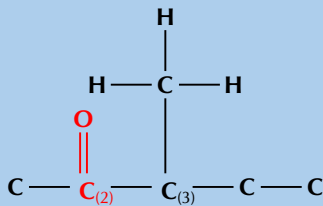
Stap 2: Identifiseer die langste koolstofketting wat die funksionele groep bevat

Die voorvoegsel is pent- en daarom is daar 5 koolstofatome in die langste koolstofketting.

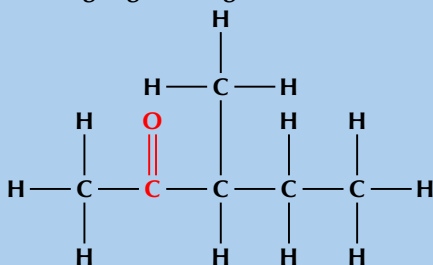


Stap 3: Plaas die funksionele groep en enige vertakte koolstofkettings

Daar is 'n -C=O (karboniel) groep op die tweede posisie (-2-oon) en 'n metielgroep gebind aan die derde koolstofatoom (3-metiel).



Stap 4: Kombineer hierdie inligting en voeg die waterstofatome by



Stap 5: Skryf die struktuurformule in verkorte notasie

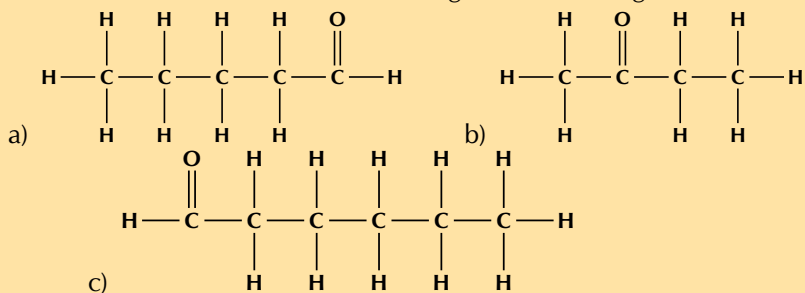
Skryf eers die hoofketting wat die karbonielgroep bevat in verkorte notasie:
 $\text{CH}_3\text{COCHCH}_2\text{CH}_3$

Voeg dan die sytak, in hakies, aan die korrekte koolstofatome:



Oefening 4 – 14: Benaming van aldehyde en ketone

1. Gee die IUPAC-naam vir elkeen van die volgende verbindings:



d) HCHO

e) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CH}_3$

2. Gee die struktuurformule van die volgende:

a) etanaal

b) propanoon

c) heptan-3-oon

3. Meer oefening. Tekn in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2C55](#) 2. [2C56](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

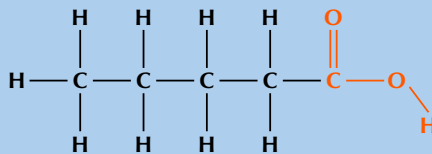
Benaming van karboksiesure

Karboksiesure word gekenmerk deur die teenwoordigheid van 'n karboksielgroep met die formule $-\text{COOH}$. In 'n karboksielgroep is 'n koolstofatoom met 'n dubbelbinding aan 'n suurstofatoom (karbonielgroep) gebind, maar ook met 'n enkelbinding aan 'n hidroksiel (alkohol) gebind. Die IUPAC agtervoegsel vir 'n karboksiesuur is -oësuur.

Uitgewerkte voorbeeld 21: Benaming van karboksiesure

VRAAG

Gee die IUPAC-naam en die molekule formule van die volgende organiese verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het 'n $-\text{COOH}$ groep en is daarom 'n karboksiesuur. Die agtervoegsel sal -oësuur wees.

Stap 2: Identifiseer die langste koolstofketting wat die funksionele groep bevat

Daar is vyf koolstofatome in die langste ketting wat die funksionele groep bevat, wat slegs enkel koolstof-koolstofbindings tussen die koolstofatome het. Die voorvoegsel vir die verbinding is pentan-.

Stap 3: Nummer die koolstofatome in die koolstofketting

Die koolstofatome word van regs na links genummer sodat die karboksielsuurgroep die laagste moontlike nommer het.

Stap 4: Soek na enige vertakte groepe

Daar is geen vertakte groepe in hierdie verbinding nie.

Stap 5: Stel die verskillende dele van die verbinding se naam saam in 'n enkele woord in die volgorde: vertakte groepe, voorvoegsel, naam wat eindig in ooreenstemming met die funksionele groep

Hierdie verbinding se naam is **pentanoësuur**.

Stap 6: Sit die struktuurformule om na die molekulêre formule

Daar is 5 koolstofatome, 10 waterstofatome en 2 suurstofatome en daarom is die molekulêre formule: $C_5H_{10}O_2$.

Uitgewerkte voorbeeld 22: Benaming van karboksielsure**VRAAG**

Teken die struktuurformule en gekondenseerde struktuurformule van die organiese verbinding **2-etielheksanoësuur**.

OPLOSSING**Stap 1: Identifiseer die funksionele groep**

Die verbinding het die agtervoegsel -oësuur, en is 'n karboksielsuur met 'n $-COOH$ groep. Hierdie groep kan slegs op koolstof 1 (aan die punt van die ketting) voorkom.

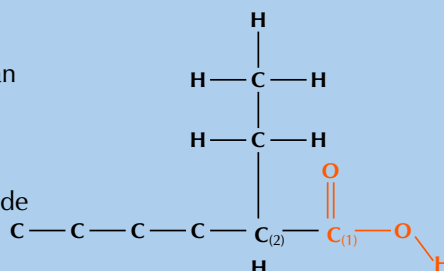
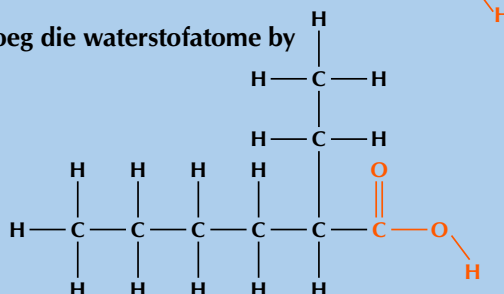
Stap 2: Identifiseer die langste koolstofketting wat die funksionele groep bevat

Die voorvoegsel is heks- en daarom is daar 6 koolstowwe in die langste koolstofketting.

**Stap 3: Plaas die funksionele groep en enige vertakte koolstofkettings**

Onthou dat die hoof koolstofketting die funksionele groep **moet** bevat. Dit is heksanoësuur en **nie** 'n gesubstitueerde heptaan **nie**.

Die eerste koolstofatoom bevat die $-COOH$ -groep. Die etielgroep is aan die tweede koolstof gebind.

**Stap 4: Kombineer hierdie inligting en voeg die waterstofatome by**

Stap 5: Skryf die struktuurformule in verkorte notasie

Skryf eers die hoofketting, insluitende die -COOH funksionele groep:



Voeg dan die sytak, in hakies, op die gepaste koolstofatome by:



Aktiwiteit: Bou van karboksielsure

Deur gebruik te maak van atoommodelstelle, bou die molekule van metanoësuur, etanoësuur, butanoësuur, pentanoësuur en oktanoësuur. Indien jy nie 'n modelstel het nie, kan daar van 'jelly tots' (of speelklei/deeg) en tandestokkies gebruik gemaak word. Gebruik verskillende kleure lekkers om die verskillende atome, en twee tandestokkies om die dubbelbindings, voor te stel.

- Jy sal sien dat die verbindings 'n soortgelyke formule het. Onthou dat almal tot die karboksielsuur homoloë reeks behoort. Wat is die algemene formule vir hierdie reeks?
- Onthou dat 'n koolstof vier-, suurstof twee- en waterstof slegs een binding moet hê. Deur hierdie feit in gedagte te hou, is dit moontlik om 'n karboksielsuur (-COOH) groep op enige ander posisie as die eerste (of laaste) koolstof in die ketting te hê?

Oefening 4 – 15: Benaming van karboksielsure

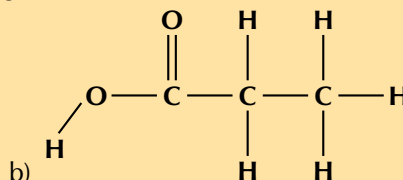
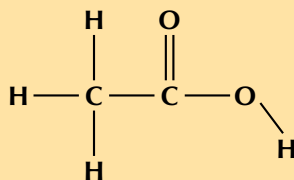
1. Gee die struktuurformule van die volgende:

a) pentanoësuur

b) 4-etiël-7-metieloktanoësuur

c) 4,4-diëtiëlheptanoësuur

2. Gee die IUPAC-naam van elk van die volgende:



c) $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

d) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{COOH}$

3. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C57 2. 2C58



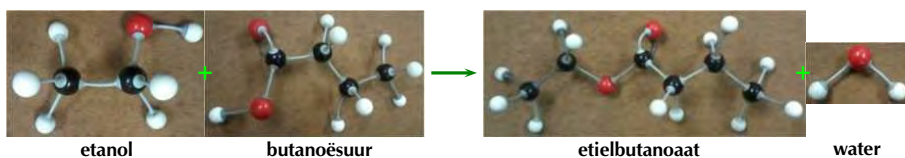
www.everythingscience.co.za



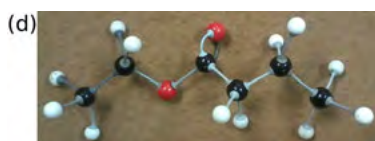
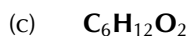
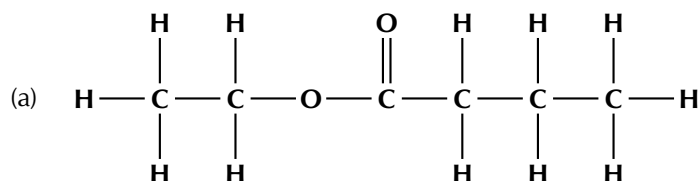
m.everythingscience.co.za

Benaming van esters

Wanneer 'n alkohol met 'n karboksielsuur reageer word 'n ester gevorm. 'n Nuwe binding tussen die suurstofatoom van die hidroksielgroep en die karbonielkoolstofatoom van die karboksielsuur word gevorm. Die agtervoegsel vir 'n ester is -oat.

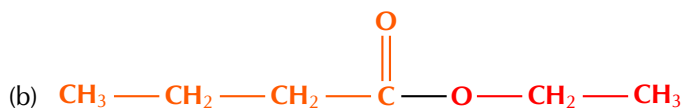
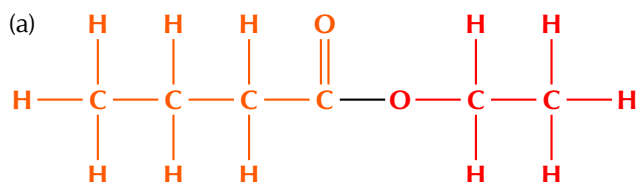


Figuur 4.49: Die esterifikasie van etanol en bottersuur na etielbutanoaat en water.



Figuur 4.50: Die (a) struktuurformule, (b) gekondenseerde struktuurformule en (c) molekulêre formule-voorstellings van etielbutanoaat. (d) 'n Atoommodel van etielbutanoaat.

Alhoewel die deel van die ester vanaf die alkohol (etiel) aan die regterkant, en die deel vanaf die karboksiesuur (butan-) aan die linkerkant in Figuur 4.51 is, word die deel van die naam vanaf die alkohol eerste geskryf wanneer die struktuur benoem word (etielbutanoaat).

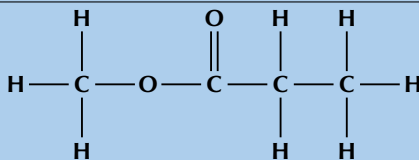


Figuur 4.51: Die (a) struktuur-, (b) semi-struktuur- en (c) gekondenseerde formule van etielbutanoaat.

Uitgewerkte voorbeeld 23: Benaming van esters

VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

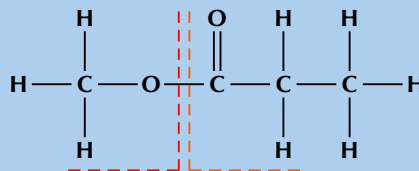
Daar is 'n $-\text{C}=\text{O}$ (karboniel)-groep, sowel as 'n suurstofatoom gebind aan die koolstofatoom van die karboniel en aan die ander kant van die suurstofatoom is daar nog 'n koolstofatoom. Hierdie is dus 'n ester en die agtervoegsel is -oat.

FEIT

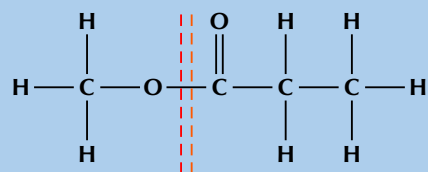
By esters word daar in twee rigtings getel omdat 'n ester bestaan uit 'n alkohol en karboksielsuur.

Stap 2: Bepaal watter deel vanaf die alkohol en watter deel vanaf die karboksielsuur afkomstig is

'n Ester is 'n derivaat van karboksielsuur. Verdeel die molekule in twee, met die karbonielgroep aan die een kant, en die suurstof wat gebind is aan twee koolstofatome, aan die ander kant.



Die deel wat die suurstofatoom gebind aan twee verskillende koolstofatome bevat, is gevorm vanaf die alkohol en is hier aan die linkerkant. Die deel wat die karbonielgroep bevat is gevorm vanaf die karboksielsuur en is hier aan die regterkant.



vanaf die alkohol vanaf die karboksielsuur

Stap 3: Nommer die koolstofatome op die koolstofkettings

Daar is slegs een koolstofatoom in die linkerkantste ketting (vanaf die alkohol). Dit sal dus metiel- wees. Daar is drie koolstofatome in die regterkantste ketting (vanaf die karboksielsuur), dus sal die voorvoegsel propan- wees.

Stap 4: Kombineer die verskillende dele van die verbinding se naam in 'n enkele woord, in die volgorde van die ketting vanaf die alkohol, voorvoegsel (vanaf ketting wat karboniel-funksionele groep bevat), en naam wat eindig volgens die funksionele groep

Hierdie verbinding se naam is **metielpropanoaat**.

Uitgewerkte voorbeeld 24: Benaming van esters

VRAAG

Teken die struktuurformule en gekondenseerde struktuurformule van die organiese verbinding **etielheksanoaat**.

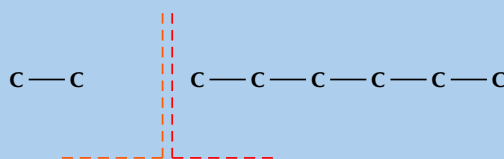
OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het 'n -oat agtervoegsel. Dit is dus 'n ester en het 'n $-C=O$ (karboniel)-groep sowel as 'n suurstofatoom gebind aan die koolstofatoom van die karboniel en nog 'n koolstofatoom aan die ander kant van die suurstofatoom.

Stap 2: Bepaal watter deel vanaf die alkohol en watter deel vanaf die karboksielsuur afkomstig is

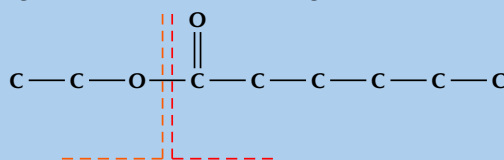
Die etiel- sê vir ons dat daar twee koolstofatome in die deel van die ketting vanaf die alkohol is. Die voorvoegsel heks- sê vir ons dat daar ses koolstofatome in die deel van die ketting vanaf die karboksielsuur is.



vanaf die alkohol vanaf die karboksielsuur

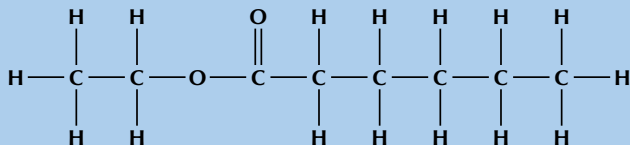
Stap 3: Plaas die funksionele groep en enige vertakte koolstofkettings

Die suurstofatoom wat verbind is aan twee verskillende koolstofatome is tussen die twee dele geleë. Die $-C=O$ (karboniel)-groep is by die eerste koolstofatoom van die karboksielsuurketting geleë.



vanaf die alkohol vanaf die karboksielsuur

Stap 4: Kombineer hierdie inligting en voeg die waterstofatome by



Stap 5: Skryf die struktuurformule in verkorte notasie

Skryf eers die deel van die verbinding wat van die karboksielsuur af gekom het. Begin dus van die regterkant af hier: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}$

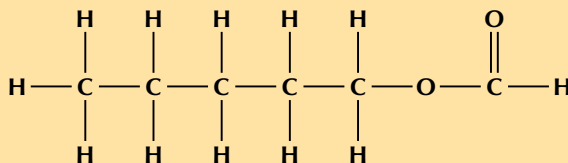
Die eerste O is vir die $-\text{C}=\text{O}$, die tweede is vanaf die $-\text{O}-$. Skryf nou die deel wat vanaf die alkohol kom, beginnende vanaf die $-\text{O}-$:



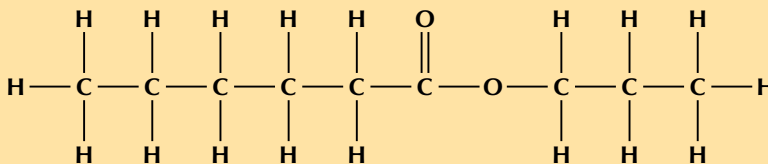
Oefening 4 – 16: Benaming van esters

1. Gee die IUPAC-naam vir elkeen van die volgende verbindings:

a) $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$



b)



c)

2. Gee die struktuurformules vir die volgende esters:

a) heptielpropanoaat b) metieloktanoaat c) heksielpentanoaat

3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2C59](#) 2. [2C5B](#)



www.everythingscience.co.za

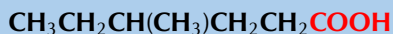


m.everythingscience.co.za

Uitgewerkte voorbeeld 25: Benaming van karbonielverbindings

VRAAG

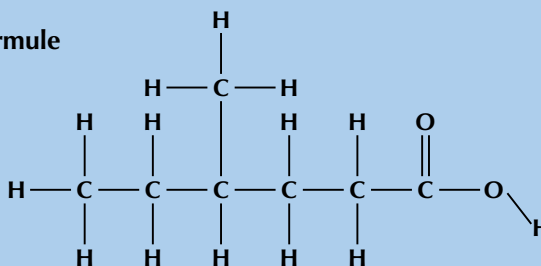
Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding:



(Onthou dat die sytak, in hakies, na die koolstofatome verwys waaraan hul verbind is).

OPLOSSING

Stap 1: Teken die struktuurformule



Stap 2: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het 'n --COOH funksionele groep. Dit is dus 'n karboksielsuur en die agtervoegsel is -oësuur.

Stap 3: Vind die langste koolstofketting wat 'n funksionele groep bevat

Daar is ses koolstofatome in die langste ketting wat die funksionele groep bevat. Die voorvoegsel vir hierdie verbinding is heksan-.

Stap 4: Nommer die koolstofatome in die koolstofketting

Die koolstofatome moet van links na regs genommer word, sodat die karboksielsuur-funksionele groep altyd die laagste genommerde koolstofatoom het.

Stap 5: Kyk uit vir enige vertakte groepe, benoem hulle en gee hul posisies op die koolstofketting

Daar is 'n vertakte groep verbind aan die vierde koolstofatoom. Hierdie groep het net een koolstofatoom en is dus 'n metielgroep (4-metiel-).

Stap 6: Kombineer die verskillende dele van die verbinding in 'n enkele woord in die volgende volgorde: vertakking, voorvoegsel, naam wat eindig volgens die funksionele groep

Hierdie verbinding se naam is **4-metielheksanoësuur**.

Uitgewerkte voorbeeld 26: Benaming van karbonielverbindinge

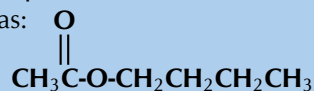
VRAAG

Gee die IUPAC-naam vir die volgende verbinding: $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

OPLOSSING

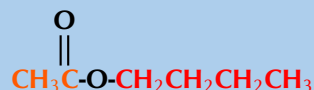
Stap 1: Identifiseer die funksionele groep

Die verbinding het 'n --COOC-- funksionele groep. Dit is dus 'n ester en die agtervoegsel sal -oaat wees. Dit kan ook gewys word as:



Stap 2: Bepaal watter deel vanaf die alkohol en watter deel vanaf die karboksielsuur afkomstig is

Die linkerkantste helfte van die verbinding bevat 'n karbonielgroep en is dus vanaf die karboksielsuur afkomstig. Die regterkantste helfte van die verbinding moet vanaf die alkohol wees.



Stap 3: Bepaal die hoeveelheid koolstofatome in elke ketting

Daar is twee koolstofatome in die deel wat die karbonielgroep (vanaf die karboksielsuur) bevat, dus is die voorvoegsel etan-. Daar is vier koolstofatome in die deel van die ketting sonder die karbonielgroep (vanaf die alkohol), wat dus butiel- is.

Stap 4: Kyk uit vir enige vertakte groepe, benoem hulle en gee hul posisies op die koolstofketting

Daar is geen vertakte groepe nie.

Stap 5: Combineer die dele van die verbinding se naam in 'n enkele woord in die volgorde van die ketting vanaf die alkohol, voorvoegsel (vanaf die ketting wat die karboniel-funksionele groep bevat); agtervoegsel

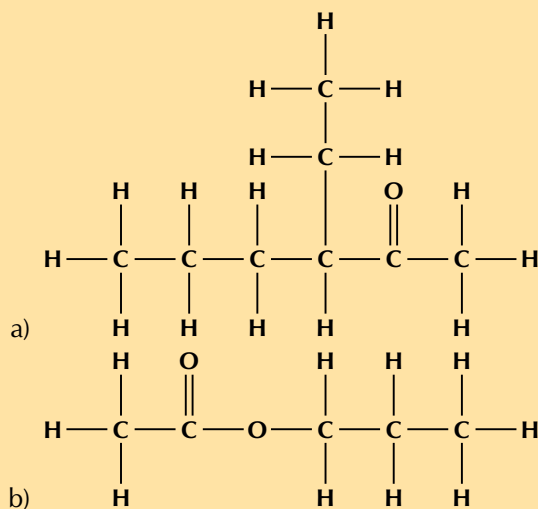
Hierdie verbinding se naam is **butieletanoaat**.

Oefening 4 – 17: Benaming van karbonielverbindings

1. Gee die struktuurformule vir die volgende verbindings:

- a) 3-metielpentanaal b) butielpentanoaat
c) 2-metielbutanoësuur d) oktan-4-on

2. Gee die IUPAC-naam vir elkeen van die volgende verbindings:



c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$

d) HCOOH

3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C5C 2. 2C5D



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

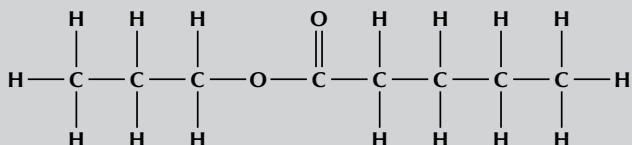
Aktiwiteit: Die bou van molekules

Gebruik atoommodelstelle om molekules butaan, but-1-een, but-1-yn, butan-1-ol, butanoësuur, butielbutanoaat, butan-2-on en butanaal te bou. As jy nie 'n atoommodelstel het nie, onthou dat jy 'jelly tots' (of speelklei/deeg) en tandestokkies kan gebruik. Gebruik verskillende kleure 'jelly tots' om die verskillende atome te verteenwoordig en ekstra tandestokkies om die dubbel- en trippelbindings te verteenwoordig.

- Identifiseer die funksionele groep in elk van hierdie molekules. Skuif die funksionele groep binne in die molekule. Jy behoort te vind dat jy dit kan doen met

but-1-een, but-1-yn en butan-1-ol. Dit sal nie moontlik wees met butanoësuur nie en in butaan is daar geen funksionele groep om te skuif nie.

- Kan jy sien dat as jy die karbonielgroep in butan-2-oon skuif sal jy òf nog steeds butan-2-oon kry, òf butanaal kry? Netso, wanneer jy die karbonielgroep in butanaal skuif kan jy net butanaal of butan-2-oon kry.
- Bou 'n model van die molekule hieronder:



- Vergelyk dit met butielbutanoaat. Watter verskille is daar tussen hierdie twee molekules? Watter ooreenkomste is daar? Wat is die naam van die nuwe molekule?
- Gaan voort deur verskillende verbindings vir jou vriende te bou. Laat hulle die funksionele groep, die aantal koolstofatome en dus die naam van die verbinding identifiseer.

Oefening 4 – 18: IUPAC-naamgewing

- Bestudeer die tabel hieronder en antwoord die vrae wat volg:

	A	B	C
	Verbinding	Funksionele groep	Aantal koolstofatome
1	<i>bv. metaan</i>	<i>bv. alkaan</i>	<i>bv. 1</i>
2	propanoësuur	alkyn	8
3	2-chloorëtaan	keton	4
4	1-oktanaal	karboksiësuur	6
5	3-heptyn	aldehyd	2
6	butanon	ester	6
7	3-hekseen	haloalkaan	1 en 5
8	1-heksanol	alken	3
9	metielpentanoaat	alkohol	7

- Pas die verbindings in kolom A by die korrekte funksionele groep in kolom B. Byvoorbeeld metaan is 'n alkaan: **A1, B1**.
 - Pas die verbindings in kolom A by die regte aantal koolstofatome in kolom C. Byvoorbeeld metaan het een koolstofatoom in sy langste ketting: **A1, C1**.
- Pas die struktuurformule in kolom A by die gekondenseerde struktuurformule (kolom B) en IUPAC-naam (kolom C).

	A	B	C
	Struktuurformule	Gekondenseerde formule	IUPAC-naam
1	$ \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H} - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} - \text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	CH ₃ CH(I)CH ₃	etielmetanoaat
2	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $	CH ₃ CH ₂ CH ₃	propanoon
3	$ \begin{array}{c} \text{H} & & \text{O} & & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} - \text{H} \\ & & & & \\ \text{H} & & & & \text{H} \end{array} $	CH ₃ COCH ₃	propaan

	A	B	C
	Struktuurformule	Gekondenseerde formule	IUPAC-naam
4		$\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$	propyn
5		CH_3CCH	propaanaal
6		CH_3CHCH_2	2-jodiumpropaan
7		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$	propaanoësuur
8		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	propeen

3. Voltooi die tabel:

IUPAC-naam	Funksionele groep	Gekondenseerde formule	Struktuurformule
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$	
etanol			
	karboksiel-suur	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COOH}$	
2-metiel-pent-2-een		$\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)\text{CHCH}_2\text{CH}_3$	
	alkaan		
butanoon	ester	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	
	ketoon		
1-pentyn			
	alkiel-halied	$\text{CH}_2(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CH}_3$	

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C5F 2. 2C5G 3. 2C5H



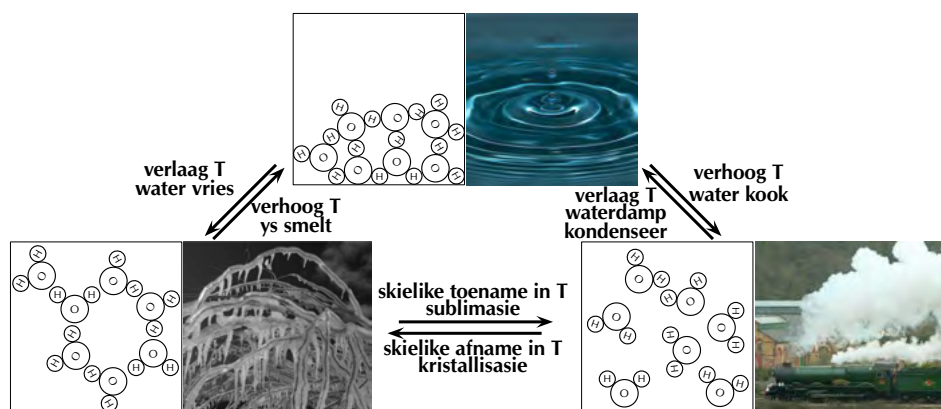
www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Die tipes intermolekulêre kragte wat in 'n stof werksaam is sal sy fisiese eienskappe beïnvloed, soos sy **fase**, **smeltpunt** en **kookpunt**. Jy behoort vanaf die kinetiese teorie van materie (sien Graad 10) te onthou dat die fase van 'n stof bepaal word deur hoe sterk die kragte tussen sy deeltjies is. Hoe swakker die kragte, hoe meer waarskynlik is dit dat die stof as 'n gas sal voorkom. Dit is omdat die deeltjies ver van mekaar af kan beweeg, want hulle word nie baie sterk bymekaar gehou nie. As die kragte baie sterk is, word die deeltjies digby mekaar gehou in 'n soliede struktuur. Onthou ook dat die *temperatuur* van 'n stof die energie van sy deeltjies beïnvloed. Hoe meer energie die deeltjies het, hoe meer waarskynlik is dit dat hulle die kragte wat hulle bymekaar hou sal kan oorkom. Dit kan 'n verandering in fase veroorsaak.

Figuur 4.52 wys die drie fases van water. Let op dat ons twee-dimensionele figure wys, maar in werklikheid is dit drie-dimensioneel.



Figuur 4.52: Submikroskopiese diagramme van die drie fases van water. Foto's deur laszlo-photo, Fields of View en Capt' Gorgeous op Flickr.

Die effekte van intermolekulêre kragte

Die kragte tussen molekules wat hulle saambind, staan bekend as **intermolekulêre kragte**. Intermolekulêre kragte laat ons toe om te bepaal watter stowwe 'n groot waarskynlikheid het om in ander stowwe op te los, en wat die smelt- en kookpunte van die stowwe is. Sonder intermolekulêre kragte wat molekules bymekaar hou, sou ons nie bestaan het nie.

DEFINISIE: Intermolekulêre kragte

Intermolekulêre kragte is kragte wat tussen molekules werk.

Onthou van Graad 11 dat 'n dipoolmolekule 'n molekule is waarvan die lading oneweredig versprei is. Een kant van die molekule is effens positief en die ander kant is effens negatief. 'n Oorsig van die verskillende tipes intermolekulêre kragte wat in hierdie hoofstuk bespreek word, word hieronder gegee:

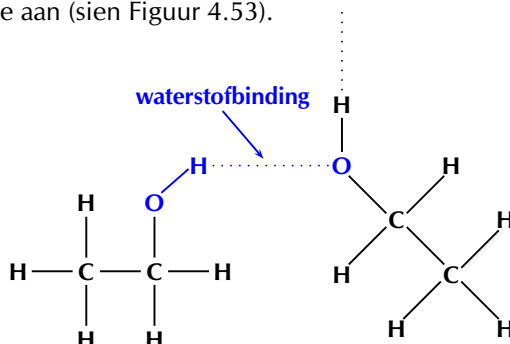
1. Dipool-dipoolkragte

Wanneer een dipoolmolekule in kontak kom met nog 'n dipoolmolekule, sal die positiewe pool van die een molekule aangetrek word tot die negatiewe pool van die ander, en die molekules sal op hierdie manier bymekaar gehou word.

Een spesiale geval hiervan is waterstofbinding:

- **Waterstofbindings**

Net soos die naam aandui, is 'n waterstofatoom by hierdie tipe intermolekulêre binding betrokke. Wanneer 'n molekule 'n waterstofatoom bevat wat kovalent verbind is aan 'n klein, hoogs elektronegatiewe atoom (bv. O, N of F) kan hierdie tipe intermolekulêre krag plaasvind. Die hoogs elektronegatiewe atoom op een molekule trek die waterstofatoom op 'n naby geleë molekule aan (sien Figuur 4.53).



Figuur 4.53: Waterstofbinding tussen twee etanolmolekules.

2. van der Waals-kragte

- **Geïnduseerde-dipoolkragte**

In nie-polêre molekules is die elektrostatische lading gewoonlik eweredig versprei, maar dit is moontlik dat, op 'n besondere oomblik in tyd, die elektrone nie eweredig versprei is nie (onthou dat die elektrone altyd in hul orbitale beweeg). Die molekule sal 'n tydelike *dipool* hê. Wanneer dit gebeur sal molekules wat langs mekaar is, mekaar baie swak aantrek.

- **Dipool-geïnduseerde-dipoolkragte**

Hierdie kragte bestaan tussen dipole en nie-polêre molekules. Die dipool sluit 'n dipool in die nie-polêre molekule in, wat lei tot 'n swak, tydelike krag wat die verbindings bymekaar hou.

In hierdie hoofstuk gaan ons fokus op die effekte wat van der Waals-kragte en waterstofbinding op die fisiese eienskappe van organiese molekules het.

Viskositeit

Viskositeit is die weerstand teen die vloei van 'n vloeistof. Dink hoe maklik dit is om water te skink in vergelyking met stroop of heuning. Die water vloei baie vinniger as stroop of heuning.

DEFINISIE: Viskositeit

Viskositeit is 'n maatstaf van hoeveel 'n vloeistof weerstand bied teen die vloei, m.a.w. hoe hoër die viskositeit, hoe minder vloeibaar is die stof.



Figuur 4.54: Die skink van water teenoor die skink van stroop.

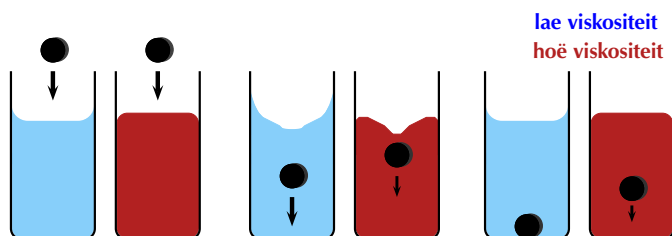
Jy kan dit sien as jy 'n silinder gevul met water en 'n silinder gevul met gliserien (propaan-1,2,3-triol) vat. Laat val 'n klein metaalbal in elke silinder en let op hoe maklik dit is vir die bal om tot die bodem te val (Figuur 4.55). In die gliserien val die bal stadig, terwyl dit vinniger in die water val.

WENK

Moenie waterstofbindings met intramolekulêre kovalente verbindings verwar nie. Waterstofbinding is 'n voorbeeld van 'n wetenskaplike wat iets benoem het omdat hy gedink het dat dit een ding is, terwyl dit eintlik iets anders was. In hierdie geval het die sterkte van die waterstofbinding wetenskaplikes mislei, sodat hulle gedink het dat dit 'n intramolekulêre binding is, terwyl dit eintlik net 'n sterk intermolekulêre krag is.

FEIT

Dipool-geïnduseerde-dipool-intermolekulêre kragte word ook soms *London* kragte of *dispersie* kragte genoem.



Figuur 4.55: Hoe hoër die viskositeit (rooi), hoe stadiger beweeg die bal deur die vloeistof.

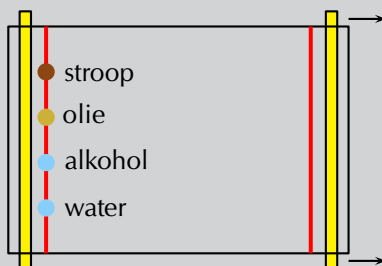
Soos deur die definisie aangedui word, is stowwe met sterker intermolekulêre kragte minder vloeibaar as stowwe met swakke intermolekulêre kragte. Hoe sterker die intermolekulêre kragte, hoe meer sal die stof vloe weerstaan. Hoe groter die interne wrywing, hoe meer sal 'n stof 'n voorwerp wat deur dit beweeg vertraag.

Aktiwiteit: Weerstand tot vloei

Gebruik 'n glasplaat wat ten minste 10 by 15 cm groot is. Gebruik 'n waterdigte merker en teken 'n reguitlyn regoor die wydte van die glas, omtrent 2 cm vanaf elke kant.

Sit die glasplaat plat bo-op twee potlode neer en plaas dan versigtig 'n druppel water op die een kant van die lyn. Los ten minste 2 cm spasie langs die waterdruppel, en plaas dan versigtig 'n druppel alkohol. Herhaal dit met 'n druppel olie en 'n druppel stroop.

Verwyder stadig en versigtig die potlood van die kant wat teenoorstaande tot die druppels is (maak seker dat jy nie in die proses die glasplaat laat kantel na enige van die sykante toe nie).



- Water druppel beweeg die vinnigste en bereik eerste die eindstreep?
- Water druppel beweeg die stadigste?

Die stof wat die vinnigste beweeg bied die minste weerstand teen vloei en het dus die laagste viskositeit (is dus meer vloeibaar). Die stof wat die stadigste beweeg bied die meeste weerstand teen vloei en het dus die hoogste viskositeit (is die minste vloeibaar).

Digtheid

DEFINISIE: Digtheid

Digtheid is 'n maatstaf van die massa per eenheid volume.

Die vastefase is gewoonlik die digste fase (water is een noemenswaardige uitsondering). Dit kan verduidelik word deur die sterk intermolekulêre kragte in 'n vastestof. Hierdie kragte trek die molekules bymekaar, wat lei daartoe dat daar meer molekules per eenheid volume is as in die vloeistof- of gasfases. Hoe meer molekules daar in 'n eenheid volume is, hoe digter en swaarder sal daardie volume van die stof wees.

Digtheid kan gebruik word om verskillende vloeistowwe te skei, want die digter vloeistof

sal afsak na die bodem van die houer, terwyl die minder digte vloeistof bo-op dryf. As jy 'n blaar in 'n rivier of poel gooi, sal die blaar dryf. As jy in plaas daarvan 'n klip (met dieselfde oppervlakte en volume) in die rivier of poel gooi, sal dit sink. Dit is as gevolg van die verskil in digtheid van die twee stowwe: klippe is meer dig as water, terwyl blare minder dig as water is.

Smelt- en kookpunte

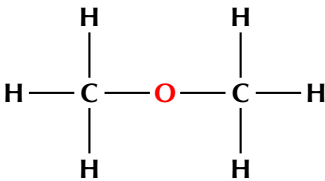
Intermolekulêre kragte beïnvloed die smelt- en kookpunte van stowwe. Stowwe met swak intermolekulêre kragte sal lae smelt- en kookpunte hê, aangesien minder energie (hitte) benodig word om hierdie kragte te oorkom. Stowwe met sterk intermolekulêre kragte sal hoë smelt- en kookpunte hê, aangesien meer energie (hitte) benodig word om hierdie kragte te oorkom. Wanneer die temperatuur van 'n stof bo sy smelt- of kookpunt gelig word, word die intermolekulêre kragte nie swakker nie, maar dit is eerder dat die molekules nou genoeg energie het om hierdie kragte te oorkom.

FEIT
'n Eter is 'n verbinding wat twee alkieltakke (bv. metiel-, etiel-) aan weerskante van 'n suurstofatoom, teen 'n hoek, verbind is (—O—).

Naam	Hoof intermolekulêre kragte	Molekulêre massa (g.mol ⁻¹)	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)	Fase (by 25°C)
etaan	geïnduseerde-dipool	30,06	-183	-89	gas
dimetieleter	dipool-dipool	46,06	-141	-24	gas
chloorëtaan	dipool-dipool	64,5	-139	12,3	gas
pentaan	geïnduseerde-dipool	72,12	-130	36	vloeistof
propan-1-ol	waterstofbindings	60,08	-126	97	vloeistof
etanol	waterstofbindings	46,06	-114	78,4	vloeistof
butan-1-ol	waterstofbindings	74,1	-90	118	vloeistof
etanoësuur	waterstofbindings	60,04	16,5	118,5	vloeistof

Tabel 4.9: Verwantskap tussen intermolekulêre kragte en smeltpunt, kookpunt en fisiese eienskappe.

Soos die intermolekulêre kragte sterker word (van bo na onder in Tabel 4.9), verhoog die smelt- en kookpunte. Hoe sterker die intermolekulêre kragte hoe meer waarskynlik is 'n stof om 'n vloeistof of vastestof by kamertemperatuur te wees.



Figuur 4.56: Die struktuurformule van dimetieleter.

Uitgewerkte voorbeeld 27: Vergelyking van fisiese eienskappe

VRAAG

Gegee:

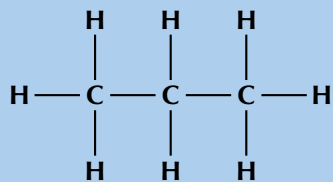
Vul die tabel in:

	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)
propaan	–188	–42
butanoësuur	–7,9	163,5
broomëtaan	–118	38,5
diëtleter	–116,3	34,6

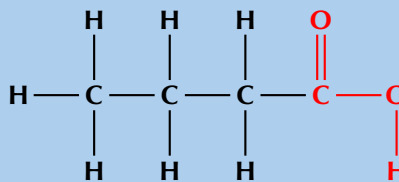
Naam	Hoof-intermolekulêre kragte	Molekulêre formule	Molekulêre massa (g.mol ⁻¹)	Fase (by 25 °C)
propaan				
butanoësuur				
broomëtaan				
diëtleter				

OPLOSSING

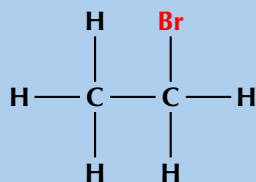
Stap 1: Teken die struktuurformule van elke molekule



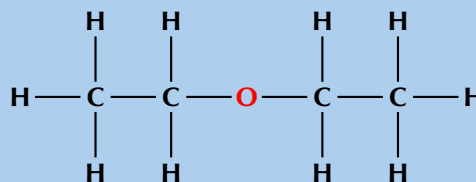
propaan



butanoësuur



broomëtaan



diëtieleter

Stap 2: Wat is die intermolekulêre kragte wat elke molekule sal ervaar?

- **propaan** het net enkel-koolstof-koolstofbindings en geen ander funksionele groep nie. Dit sal dus slegs geïnduseerde-dipoolkragte hê.
- **butanoësuur** het die karboksiesuur-funksionele groep. Dit kan dus waterstofbindings vorm.
- **broomëtaan** het die hoogs elektronegatiewe broomatoom. Dit beteken dat dit dipool-dipoolkragte met aangrensende molekules sal vorm.
- **diëtieleter** sal geïnduseerde-dipool kragte hê, maar as gevolg van die buigsame aard van die molekule, kan dit ook dipool-geïnduseerde-dipool (sterker van der Waalskragte), sowel as dipool-dipool kragte hê.

Stap 3: Maak hierdie kragte sin met die smelt- en kookpunte wat voorsien is?

Propaan het die laagste smelt- en kookpunte en die swakste intermolekulêre kragte. Die tweede laagste smelt- en kookpunte is dié van broomëtaan en diëtieleter - altwee met dipool-dipoolkragte - wat die volgende sterkste intermolekulêre kragte is. Die hoogste smelt- en kookpunte is dié van butanoësuur, wat sterk waterstofbindings het. Daarom maak hierdie kragte sin.

Stap 4: Bereken die molekulêre massa van hierdie molekule

- propaan - C_3H_8 , molekulêre massa = $44,08 \text{ g.mol}^{-1}$
- butanoësuur - $C_4H_8O_2$, molekulêre massa = $88,08 \text{ g.mol}^{-1}$
- broomëtaan - C_2H_5Br , molekulêre massa = $108,95 \text{ g.mol}^{-1}$
- diëtieleter - $C_4H_{10}O$, molekulêre massa = $74,10 \text{ g.mol}^{-1}$

Stap 5: Wat gaan die fase van elke verbinding wees by 25°C ?

Om die verbinding van 'n molekule by 25°C te bepaal, kyk na die smelt- en kookpunte:

- Die smelt- en kookpunte van propaan is altwee onder 25°C , daarom sal die molekule 'n gas wees by 25°C .
- Die smeltpunte van butanoësuur, broomëtaan en diëtieleter is onder 25°C , maar die kookpunte van al drie molekules is bo 25°C . Daarom sal hierdie molekule by 25°C vloeistowwe wees.

Stap 6: Vul die tabel in

Naam	Hoof-intermolekulêre kragte	Molekulêre formule	Molekulêre massa (g.mol ⁻¹)	Fase (by 25 °C)
propaan	geïnduseerde-dipool	C ₃ H ₈	44,08	gas
butanoësuur	waterstofbindings	C ₄ H ₈ O ₂	88,08	vloeistof
broomëtaan	dipool-dipool	C ₂ H ₅ Br	108,95	vloeistof
diëtieleter	dipool-dipool	C ₄ H ₁₀ O	74,10	vloeistof

Algemene eksperiment: Ondersoek van kook- en smeltpunte

Doel:

Om die verhouding tussen kookpunte en intermolekulêre kragte te ondersoek.

Apparaat:

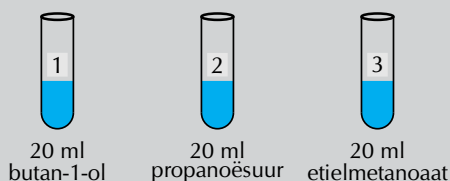
- butan-1-ol (CH₂(OH)CH₂CH₂CH₃), propanoësuur (CH₃CH₂COOH) en etielmetanoaat (HCOOCH₂CH₃), kookolie
- drie proefbuis, 'n beker, 'n termometer, 'n warmplaat

Metode:

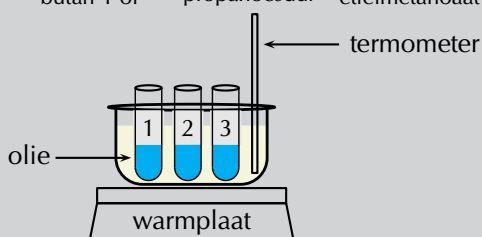
WAARSKUWING!

Etielmetanoaat kan jou oë, vel, neus en longe irriteer. Hou oop vlamme weg van jou eksperiment en maak seker jy werk in 'n goed-geventileerde area.

1. Merk die proefbuis 1, 2 en 3. Plaas 20 ml butan-1-ol in proefbuis 1, 20 ml propanoësuur in proefbuis 2, en 20 ml etielmetanoaat in proefbuis 3.



2. Maak die beker halfvol met kookolie en plaas dit op die warmplaat.
3. Plaas die termometer en die drie proefbuis in die beker.
4. Teken die temperatuur aan waarteen elke stof begin kook.



Resultate:

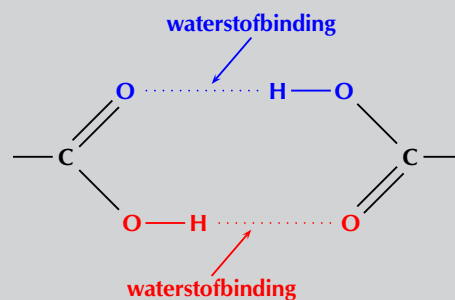
Vul die oop plekke in die onderstaande tabel in. Stem die waardes wat jy gekry het ooreen met die literatuur s'n?

Verbinding	etielmetanoaat	butan-1-ol	propanoësuur
Molekulêre formule			
Molekulêre massa			
Hoof-intermolekulêre kragte			
Literatuur kookpunt (°C)	54	118	141
Eksperimentele kookpunt (°C)			

Skets die struktuurformules van etielmetanoaat, butan-1-ol en propanoësuur.

Bespreking en gevolgtrekking:

Jy behoort te vind dat die etielmetanoaat eerste kook, dan die butan-1-ol en dan die propanoësuur. Etielmetanoaat het dipool-dipoolkragte maar kan nie 'n waterstofbinding vorm nie. Die alkohol (butan-1-ol) kan waterstofbindings vorm en het daarom 'n hoër kookpunt. Hierdie sterk intermolekulêre krag benodig meer energie om te breek en daarom moet die kookpunt hoër wees.



Figuur 4.57: 'n Karboksielsuur-waterstof-binding dimeer.

Vir propanoësuur vorm waterstofbindings tussen die karbonielgroep op een molekule met die hidroksielgroep op die ander molekule. Dit beteken dat elke molekule propanoësuur deel kan wees van twee waterstofverbindinge (dit word dimerisering genoem, kyk Figuur 4.57) en daarom is die kookpunt vir propanoësuur selfs nog hoër as vir butan-1-ol.

Vlambaarheid en dampdruk

Vlambaarheid is 'n maatstaf van hoe maklik dit vir 'n stof is om vlam te vat en te begin brand. Die *vlampunt* van 'n stof is die laagste temperatuur wat waarskynlik 'n gasagtige mengsel gaan vorm wat jy aan die brand sal kan steek. Indien 'n vloeistof se vlampunt laag genoeg is, word dit as vlambaar beskou (maklik om aan die brand te steek) terwyl dié met hoër vlampunte as nie-vlambaar beskou word. 'n Stof wat as nie-vlambaar geklassifiseer word, kan steeds geforseer word om te brand, maar dit sal nie so maklik ontvlam nie.

Wanneer 'n stof in die vloeistof- of vastestof toestand is, sal daar 'n paar molekules in die gasvorm wees. Hierdie molekules het genoeg energie om die intermolekulêre kragte, wat die grootste deel van die stof in die vloeistof- of vastestof fase hou, te oorkom. Hierdie gasmolekule oefen 'n druk uit op die vloeistof of vastestof (en die houer) en daardie druk is die gasdamp van die samestelling. Hoe swakker die intermolekulêre kragte in 'n stof, hoe hoër gaan die dampdruk wees. Verbindings met hoër dampdrukke het laer vlampunte en is daarom meer vlambaar.

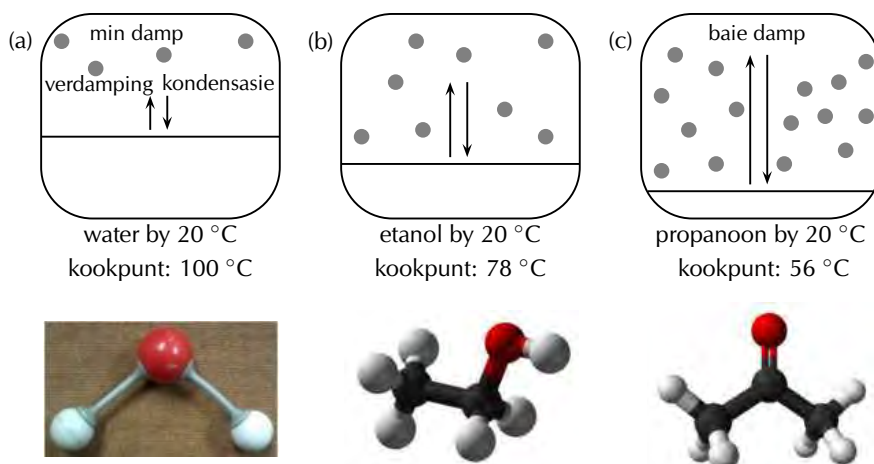
DEFINISIE: Dampdruk

Die druk wat uitgeoefen word (teen 'n bepaalde temperatuur) op 'n vastestof- of vloeistofverbinding deur molekule van daardie verbinding wat in die gasfase is.

Naam	Hoof inter-molekulêre kragte	Dampdruk (kPa teen 20°C)	Vlampunt (°C)	Vlambaarheid
etaan	geïnduseerde-dipool	3750	-135	baie hoog
propaan	geïnduseerde-dipool	843	-104	baie hoog
dimetieleter	dipool-dipool	510	41	baie hoog
butaan	geïnduseerde-dipool	204	-60	baie hoog
chloorëtaan	dipool-dipool	132,4	-50	baie hoog
pentaan	geïnduseerde-dipool	57,9	-49	baie hoog
propanoon	dipool-dipool	24,6	-17	hoog
etanol	waterstofbindings	5,8	17	hoog
water	waterstofbindings	2,3	-	baie laag
propan-1-ol	waterstofbindings	2	22	hoog
etanoësuur	waterstofbindings	1,6	40	matig
butan-1-ol	waterstofbindings	0,6	35	hoog

Tabel 4.10: Verhouding tussen intermolekulêre kragte en die vlambaarheid van 'n stof.

Soos die intermolekulêre kragte verhoog (van bo na onder in Tabel 4.10), kan jy 'n vermindering in dampdruk sien. Dit stem ooreen met 'n verhoging in die vlampunt-temperatuur en 'n verlaging in die vlambaarheid van die stof. Figuur 4.58 toon 'n paar voorbeelde.



Figuur 4.58: Die dampdruk van (a) water, (b) etanol en (c) propanoon teen 20 °C. Beelde deur Duncan Watson.

Oefening 4 – 19: Tipes intermolekulêre kragte

1. Gebruik jou kennis van verskillende tipes intermolekulêre kragte om die volgende stellings te verduidelik:

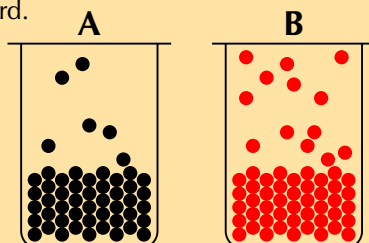
- a) Die kookpunt van heks-1-een is baie laer as die kookpunt van propanoësuur.
- b) Water verdamp stadiger as propanoon.

2.

	IUPAC-naam	Kookpunt (°C)
A	etaan	–89,0
B	etanol	78,4
C	etanoësuur	118,5

- a) Watter van die verbindings wat in die tabel gelys word, is gasse by kamertemperatuur?
- b) Noem die hoof tipe intermolekulêre kragte vir A, B en C.
- c) Verduidelik die verskil in kookpunt tussen A en B.
- d) Verduidelik waarom die kookpunte van B en C verskil.
- e) Teken die struktuurformule van A, B en C.

3. a) Watter houër (A of B) bevat die verbinding met die hoër dampdruk? Verduidelik jou antwoord.



- b) Teken die gekondenseerde struktuurformule vir elkeen van hierdie verbindings.
 - i. propanoësuur
 - ii. butan-1-ol
- c) Propanoësuur het 'n dampdruk van 0,32 kPa by 20 °C

WENK
Vanilla het 'n soet reuk. Die reuk van eteen en dimetieleter bly egter in jou neus, en die eterreuk kan selfs tot 24 ure op jou vel bly.

FEIT
In mense verminder etanol die afskeiding van 'n hormoon wat die anti-diuretiese hormoon (ADH) genoem word. Die rol van ADH is om die hoeveelheid water wat die liggaam agterhou, te beheer. Wanneer hierdie hormoon nie in die regte hoeveelhede afgeskei word nie, kan dit tot dehidrasie lei, omdat te veel water deur die liggaam verloor word in die vorm van urine (etanol is dus 'n diuretiese stof). Dit is die rede waarom mense wat te veel alkohol drink gedehidreer kan raak, en simptome soos 'n hoofpyn, 'n droë mond en lusteloosheid kan ervaar. Deel van die rede vir die hoofpyn is dat dehidrasie veroorsaak dat die brein effens weg van die skedel af krimp.

Butan-1-ol het 'n dampdruk van 0,64 kPa by 20 °C
Verduidelik die verskil in dampdruk.

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.
Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.
1a. 2C5J 1b. 2C5K 2. 2C5M 3a. 2C5N 3b. 2C5P 3c. 2C5Q



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Fisiese eienskappe en funksionele groepe

ESFVX

Verbindings wat baie soortgelyke atome het, kan eienskappe hê wat baie verskil, afhangende van hoe die atome gerangskik is. Dit is veral waar wanneer hulle verskillende funksionele groepe het. Tabel 4.11 toon sommige van die eienskappe van verskillende funksionele groepe.

Funksionele groep	Tipiese reuk	Voorbeeld	Formule	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)	Fase (by 25 °C)
alkaan	reukloos	etaan	C ₂ H ₆	-183	-89	gas
alkeen	soet/ muskusagtig	eteen	C ₂ H ₄	-169,2	-103,7	gas
eter (-O-)	soet	dimetieleter	C ₂ H ₆ O	-141	-24	gas
haloalkaan	amper reukloos	chloor etaan	C ₂ H ₅ Cl	-139	12,3	gas
aldehyd	skerp vrugtige	etanaal	C ₂ H ₄ O	-123,4	20,2	gas
alkohol	skerp	etanol	C ₂ H ₆ O	-114	78,4	vloeistof
ester	dikwels vrugtig	metiel-metanoaat	C ₂ H ₄ O ₂	-100	32	vloeistof
alkyne	reukloos	etyn	C ₂ H ₂	-80,8	-84	gas
karboksiel-suur	asyn suur botter	etanoësuur	C ₂ H ₄ O ₂	16,5	118,5	vloeistof

Tabel 4.11: Sommige eienskappe van verbindings met verskillende funksionele groepe

In die tabel is die algemene reuke en ander fisiese eienskappe gelys wat geassosieer word met algemene funksionele groepe. Slegs een verteenwoordigende voorbeeld uit elke homoloë reeks word verskaf. Dit beteken nie dat alle verbindings in daardie reeks presies dieselfde eienskappe het nie. Kort- en langketting alkane is byvoorbeeld gewoonlik reukloos, terwyl dié met 'n gemiddelde kettinglengte (ongeveer 6 - 12 koolstofatome) soos petrol ruik (Tabel 4.15).

'n Paar spesifieke eienskappe van 'n aantal funksionele groepe sal nou in meer detail bespreek word.

Fisiese eienskappe van die alkohole

Die hidroksielgroep (–OH) beïnvloed die **oplosbaarheid** van die alkohole.

DEFINISIE: Oplosbaarheid

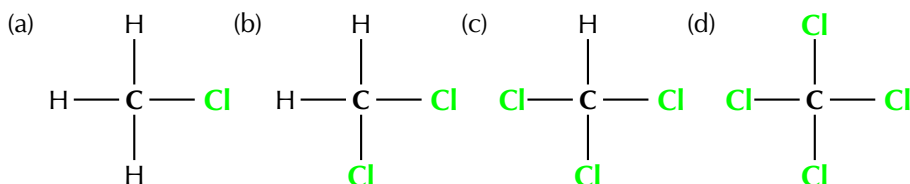
Oplosbaarheid is 'n maatstaf van die vermoë van 'n stof (vastestof, vloeistof of gas) om in 'n ander stof in op te los. Die hoeveelheid van die stof wat kan oplos is die maatstaf van sy oplosbaarheid.

Die hidroksielgroep maak oor die algemeen die alkoholmolekule *polêr*, en dus meer waarskynlik om **oplosbaar** in water te wees. Die koolstofketting werk egter oplosbaarheid teë, en dus is daar twee neigings wat mekaar in die alkohole teenwerk. Alkohole met korter koolstofkettings is gewoonlik meer oplosbaar in water as dié met langer koolstofkettings.

Alkohole is geneig om hoër **kookpunte** as koolwaterstowwe te hê as gevolg van die sterk waterstofbinding tussen die waterstofatoom van een hidroksielgroep en die suurstofatoom van nog 'n hidroksielgroep.

Fisiese eienskappe van haloalkane

In 'n haloalkaan kan meer as een waterstofatoom gesubstitueer word met halogeenatome. Hoe meer halogene gesubstitueer is, hoe minder **vlugtig** word die haloalkaan. 'n Voorbeeld is die haloalkaanreeks wat in Figuur 4.59 getoon word.



Figuur 4.59: 'n Reeks haloalkane met 'n toenemende aantal chlooratome:

(a) chloormetaan, (b) dichloormetaan, (c) trichloormetaan en (d) tetrachloormetaan.

DEFINISIE: *Vlugtigheid*

Die geneigdheid van molekule by die oppervlak van die stof om in die gasfase in te gaan. Hoe meer vlugtig 'n stof is, hoe meer waarskynlik is dit.

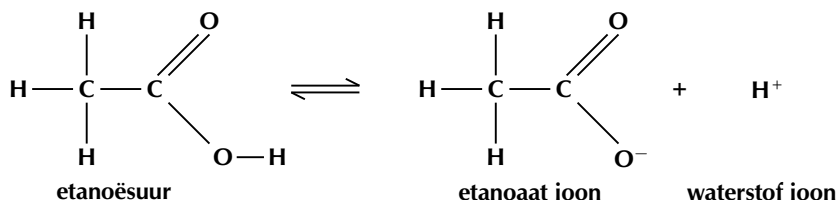
Vir elke *addisionele* chlooratoom op die oorspronklike metaanmolekule neem die vlugtigheid van die verbinding af. Dit kan gesien word aan die toename in beide die smelt- en kookpunt (Tabel 4.12) soos 'n mens van chloormetaan deur na tetrachloormetaan beweeg. Hoe meer halogeenatome in die verbinding is, hoe sterker is die intermolekulêre kragte, wat lei tot hoër smelt- en kookpunte.

Algemene naam	Getal Cl-atome	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)
chloormetaan	1	−97,4	−24,2
dichloormetaan	2	−96,7	39,6
trichloormetaan	3	−63,5	61,2
tetrachloormetaan	4	−22,9	76,7

Tabel 4.12: Smelt- en kookpunte van haloalkane met 'n toenemende aantal chlooratome.

Eienskappe van karbonielverbindinge

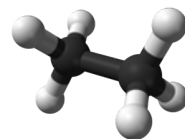
Karboksielsure is **swak sure**, met ander woorde, hulle dissosieer slegs gedeeltelik. Waarom het die karboksielgroep suureienskappe? In die karboksielgroep is die waterstof geneig om homself te verwyder (dissosieer) vanaf die suurstofatoom. Met ander woorde, die karboksielgroep word 'n bron van positief-gelaaide waterstofione (H^+). Dit word in Figuur 4.60 getoon.



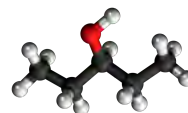
Figuur 4.60: Die dissosiasie van 'n karboksielsuur.

FEIT

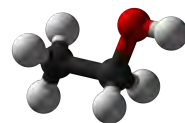
Etaan het 'n relatiewe lae oplosbaarheid.



Omdat hidroksielgroepe ($-OH$) waterstofbinding kan vorm, het al drie pentanolmolekule 'n groter oplosbaarheid in water as etaan.



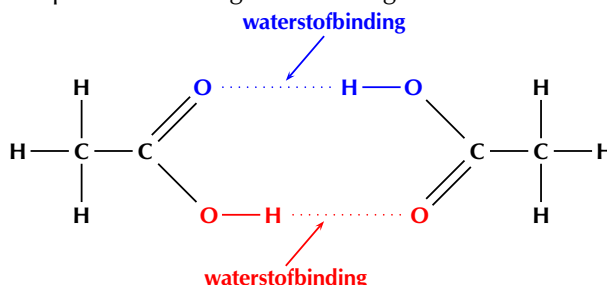
Etanol is in enige hoeveelheid volledig oplosbaar in water. Dit is omdat dit 'n hidroksielgroep bevat, en 'n baie korter en nie-polêre kettinglengte as pentanol het.



stof	oplosbaarheid (g.dm ⁻³)
etaan	0,057
pentan-1-ol	22
pentan-2-ol	45
pentan-3-ol	59
etanol	oplosbaar

Die karboksiesuur funksionele groep is oplosbaar in water. Soos die getal koolstofatome in die aangehegde koolstofketting egter toeneem, neem die oplosbaarheid af. Dit word in groter detail bespreek in die volgende afdeling

Onthou dat karboksiesure waterstofgebinde dimere vorm (hierdie vorming word dimerisering genoem), soos in Figuur 4.61 getoon word.



Figuur 4.61: Etanoësuur wat 'n karboksiesuur waterstofgebinde dimeer vorm.

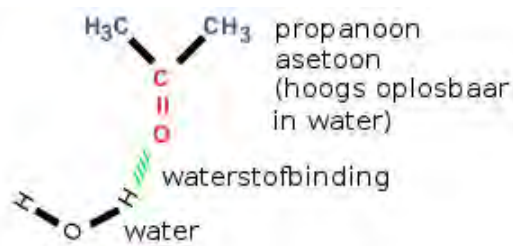
Die vermoë van 'n molekule om aan waterstofbinding deel te neem lei tot toenemende smelt- en kookpunte in vergelyking met soortgelyke molekule wat nie waterstofbinding kan ondergaan nie. Op soortgelyke wyse lei die vermoë van 'n molekule om 'n waterstofgebinde dimeer te vorm tot verhoogde smelt- en kookpunte in vergelyking met soortgelyke molekule wat slegs een waterstofbinding kan vorm (Tabel 4.13).

Molekule	Waterstofbindings per molekule	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)
etaan	0	-183	-89
etanol	1	-114	78,4
etanoësuur	2	16,5	118,5

Tabel 4.13: Die smelt- en kookpunte van soortgelyke organiese verbindings wat verskillende hoeveelhede waterstofbindings kan vorm.

Fisiese eienskappe van ketone

Waterstofbindings is sterker as die van der Waalskragte wat by ketone gevind word. Hierdie verbindings met funksionele groepe wat waterstofbindings kan vorm, sal meer waarskynlik in water oplos. Dit geld vir aldehyede sowel as vir ketone.



Figuur 4.62: Die waterstofbinding tussen water en 'n ketoon (propanoon).

Oefening 4 – 20: Fisiese eienskappe en funksionele groepe

- Verwys na die datatabel hieronder, wat die smelt- en kookpunte van 'n aantal organiese verbindings met verskillende funksionele groepe toon.

Formule	Naam	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)
C ₄ H ₁₀	butaan	-137	0
C ₄ H ₈	but-1-een	-185	-6,5
C ₄ H ₁₀ O	butan-1-ol	-90	118
C ₄ H ₈ O ₂	butanoësuur	-7,9	163,5
C ₅ H ₁₂	pentaan	-130	36
C ₅ H ₁₀	pent-1-een	-165,2	30
C ₅ H ₁₂ O	pentan-1-ol	-78	138
C ₅ H ₁₀ O ₂	pentanoësuur	-34,5	186,5

- By kamertemperatuur (ongeveer 25°C), watter van die verbindings in die tabel is:

i. gasse?

ii. vloeistowwe?

b) Beskou 'n alkaan, alkeen, alkohol en karboksielsuur met dieselfde aantal koolstofatome:

i. Hoe vergelyk hulle smelt- en kookpunte?

ii. Verduidelik hoekom hul smelt- en kookpunte verskil.

2. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C5R



www.everythingscience.co.za

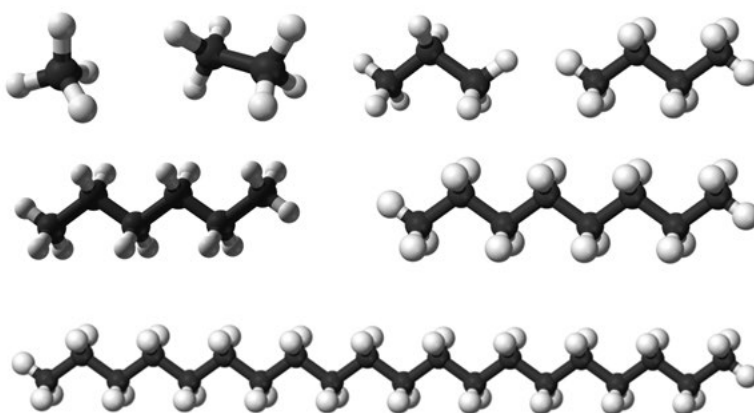


m.everythingscience.co.za

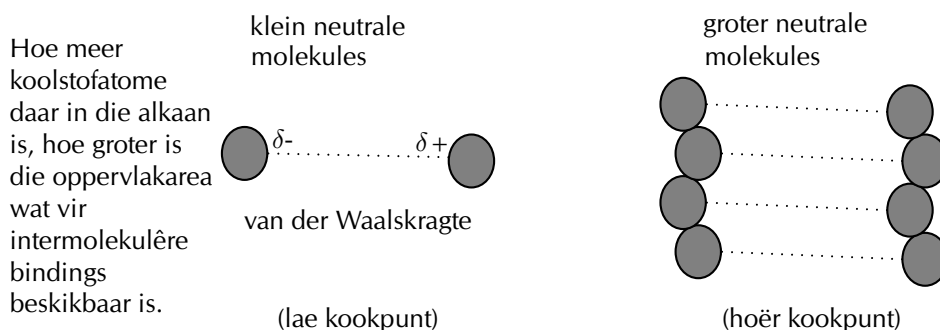
Fisiese eienskappe en kettinglengte

ESFVY

Onthou dat die alkane 'n groep verbindings is wat koolstof- en waterstofatome wat gebind is, bevat. Die koolstofatome bind saam om kettings van verskeie lengtes te vorm. Ons het alreeds genoem dat die alkane relatief onreaktief is as gevolg van hulle stabiele C-C en C-H bindings. Die kookpunte en smeltpunte van hierdie molekule word deur hul molekulêre struktuur en oppervlakarea bepaal.



Figuur 4.63: 'n Paar alkane, van links bo na onder regs: metaan, etaan, propaan, butaan, heksaan, oktaan en eikosaan.



Figuur 4.64: van der Waals intermolekulêre kragte neem toe soos die kettinglengte toeneem. Beeld deur Duncan Watson.

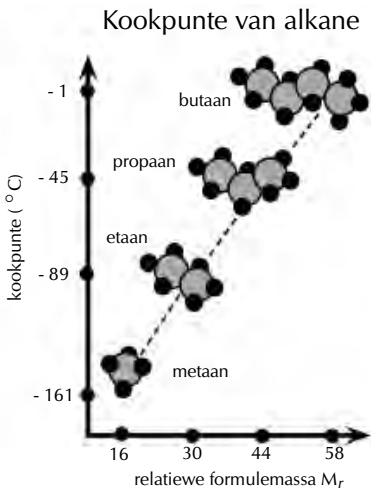
Hierdie toename in intermolekulêre kragte lei tot hoër smelt- en kookpunte. Dit word in Tabel 4.14 getoon.

WENK
Wees versigtig
wanneer jy molekule met verskillende tipes intermolekulêre kragte vergelyk. Byvoorbeeld, klein molekule met waterstofbinding kan sterker intermolekulêre kragte hê as groter molekule met slegs van der Waalskragte.

FEIT
Dit is deels die sterker intermolekulêre kragte wat verklaar hoekom petrol (hoofsaaklik oktaan) (C_8H_{18}) 'n vloeistof is, terwyl kerswas ($C_{23}H_{48}$) 'n vastestof is. As hierdie molekulêre kragte nie met toenemende molekulêre grootte toegeneem het nie, sou ons nie vloeibare brandstof in ons motors kon gooi en vaste kerse kon gebruik nie.

Formule	Naam	Molekulêre massa ($g \cdot mol^{-1}$)	Smeltpunt ($^{\circ}C$)	Kookpunt ($^{\circ}C$)	Fase (by $25^{\circ}C$)
CH_4	metaan	16,04	-182	-162	gas
C_2H_6	etaan	30,06	-183	-89	gas
C_3H_8	propaan	44,08	-188	-42	gas
C_4H_{10}	butaan	58,1	-137	0	gas
C_6H_{14}	heksaan	86,14	-95	68,5	vloeistof
C_8H_{18}	oktaan	114,18	-57	125,5	vloeistof
$C_{20}H_{42}$	eikosaan	282,42	37	343	vastestof

Tabel 4.14: Die fisiese eienskappe van 'n paar alkane.



Let op dat wanneer die molekulêre massa van die alkane laag is (bv. as daar min koolstofatome is), is die organiese verbindings gasse omdat die intermolekulêre kragte swak is. As die aantal koolstofatome en die molekulêre massa toeneem, is dit meer waarskynlik dat die verbindings vloeistowwe of vastestowwe is omdat die intermolekulêre kragte sterker is.

Hoe groter 'n molekule is, hoe sterker is die intermolekulêre kragte tussen die molekule. Dit is een van die redes waarom metaan (CH_4) 'n gas by kamertemperatuur is, terwyl heksaan (C_6H_{14}) 'n vloeistof is, en eikosaan ($C_{20}H_{42}$) 'n vastestof is.

Figuur 4.65: Soos die molekulêre massa van 'n alkaan toeneem, neem sy kookpunt ook toe. Beeld deur Duncan Watson.

Tabel 4.15 toon sommige van die ander eienskappe van die alkane wat ook met kettinglengte verander.

Naam	Digtheid ($g \cdot dm^{-3}$)	Vlam punt ($^{\circ}C$)	Reuk	Fase (by $25^{\circ}C$)
metaan	0,66	-188	reukloos	gas
etaan	1,28	-135	reukloos	gas
propaan	2,01	-104	reukloos	gas
butaan	2,48	-60	soos petrol	gas
heksaan	650	-26	soos petrol	vloeistof
oktaan	700	13	soos petrol	vloeistof
eikosaan	790	>113	reukloos	vaste stof

Tabel 4.15: Eienskappe van sommige alkane.

Digtheid neem toe met toenemende molekulêre grootte. Let op dat verbindings wat gasse is baie minder dig as vloeistowwe of vastestowwe is.

Onthou dat die vlampunt van 'n vlugtige molekule die laagste temperatuur is waarby daardie molekule 'n dampmengsel met lug vorm en aan die brand gesteeek kan word. Die vlampunt neem toe met toenemende kettinglengte, wat beteken dat langer kettings minder vlambaar is (Tabel 4.10), alhoewel hulle nog steeds aan die brand gesteeek kan word.

Die verandering in fisiese eienskappe as gevolg van kettinglengte geld nie net vir koolwaterstowwe nie. Die oplosbaarheid van ketone in water neem af soos die kettinglengte toeneem. Hoe langer die kettinglengte, hoe sterker is die intermolekulêre kragte tussen die ketoonmolekule.

CC(=O)CCCC
 pentan-2-oon
 5,5 % wateroplosbaar

CC(=O)CCC
 pentan-3-oon
 4,8 % wateroplosbaar

CCCCCCCCC(=O)C
 nie-polêre alkielgroep
 polêre karbonielgroep
 oktan-2-oon, inoplosbaar in water

Figuur 4.66: Die wateroplosbaarheid van ketone neem af soos wat die kettinglengte toeneem.

Formule	Naam	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)
C ₄ H ₁₀	Butaan	−137	0
C ₅ H ₁₂	Pentaan	−130	36
C ₆ H ₁₄	Heksaan	−95	68,5
C ₄ H ₈	But-1-een	−185	−6,5
C ₅ H ₁₀	Pent-1-een	−165,2	30
C ₆ H ₁₂	Heks-1-een	−140	63

- a) By kamertemperatuur (ongeveer 25 °C), watter van die organiese verbindings in die tabel is: i. gasse? ii. vloeistowwe?
- b) In die alkane:
- Beskryf wat met die smeltpunt en kookpunt gebeur as die aantal koolstofatome in die verbinding toeneem.
 - Verduidelik waarom dit die geval is.

3. Vul die tabel hieronder in. Onder kookpunt, skryf 1 vir die verbinding met die laagste kookpunt, 2 vir die tweede laagste kookpunt, en so aan totdat jy by 6 vir die verbinding met die hoogste kookpunt kom. Moenie spesifieke kookpuntwaardes gebruik nie, maar gebruik eerder jou kennis van intermolekulêre kragte.

Verbinding	Gekondenseerde formule	Kookpunt
propaan	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	
heksaan	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	
metaan	CH_4	bv. 1
oktaan	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	
butaan	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	
etaan	CH_3CH_3	

4. Teken die struktuurformules van elk van die volgende verbindings en beantwoord die vraag wat volg:
- but-2-yn
 - heks-2-yn
 - pent-2-yn
 - Watter van hierdie verbindings sal die hoogste viskositeit hê?

5. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C5S 2. 2C5T 3. 2C5V 4. 2C5W



www.everythingscience.co.za



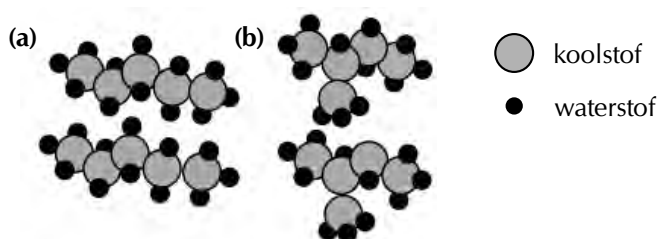
m.everythingscience.co.za

Fisiese eienskappe van vertakte groepe

ESFVZ

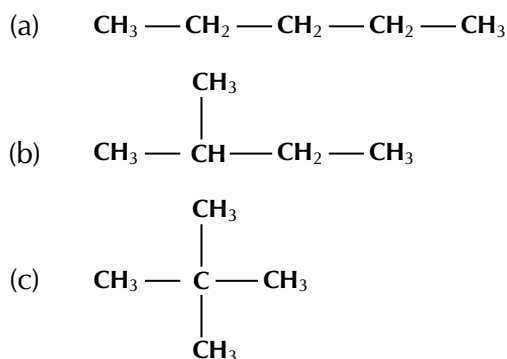
In 'n reguit ketting molekule is die koolstofatome gebind aan, *op die meeste*, twee ander koolstofatome. In 'n vertakte molekule is sommige koolstofatome egter gebind aan *drie tot vier* ander koolstofatome. Hierdie is dieselfde beginsel wat bespreek is met primêre-, sekondêre- en tersiêre alkohole.

Reguit kettings het altyd hoër kookpunte as die ekwivalente molekule met vertakte kettings. Dit is omdat die molekule met reguit kettings 'n groter oppervlakarea het, wat meer kontak toelaat. Vertakte kettings het laer kookpunte omdat hulle aanrakingsoppervlak kleiner is. Omdat hierdie molekule meer kompak is en nie so naby aan mekaar kan kom nie, is daar minder punte waarop die van der Waalskragte kan inwerk.



Figuur 4.67: (a) Reguit kettings van pentaan (b) vertakte 2-metielbutaankettings. (Beeld deur Duncan Watson)

In Figuur 4.68 word al drie isomere gewys wat almal die molekulêre formule C_5H_{12} het. Hulle is almal alkane, met die enigste verskille die vertakte kettings is wat langer of korter hoofkettings tot gevolg het.



Figuur 4.68: Drie isomere van C_5H_{12} : (a) pentaan, (b) 2-metielbutaan en (c) 2,2-dimetielpropaan.

Soos in Tabel 4.16 getoon word, verskil die eienskappe van hierdie drie verbindings beduidend. Die smeltpunt is aansienlik anders, en die kookpunte neem reëlmatig af soos wat die aantal vertakte groepe toeneem.

Naam	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)	Digtheid (g.dm ⁻³)	Dampdruk (kPa by 20°C)	Vlampunt (°C)
pentaan	-130	36	621	57,9	-49
2-metielbutaan	-160	27,7	616	77	-51
2,2-dimetielpropaan	-16,6	9,5	586	147	<-7

Tabel 4.16: Eienskappe van verbindings met verskillende getalle vertakte groepe.

Alhoewel die digthede van al drie verbindings baie soortgelyk is, is daar 'n afname in digtheid met die toename in vertakte groepe. Die dampdruk neem toe met toenemende aantal vertakte groepe, en die ontbrandingspunt van 2,2-dimetielpropaan is aansienlik hoër as dié van 2-metielbutaan.

Dit is interessant dat die gewone tendens vir smelt- en kookpunte nie hier gevolg word nie - 2,2-dimetielpropaan het die hoogste smeltpunt, die laagste kookpunt, en is die mins vlambaar, alhoewel al drie verbindings wel hoogs vlambaar is. **Simmetriese** molekule (soos 2,2-dimetielpropaan) neig om hoër smeltpunte te hê as soortgelyke molekule wat **minder simmetries**, as gevolg van hulle rangskikking in die vastestof toestand. Wanneer hulle eers in die vloeibare toestand is, volg hulle die normale patroon.

Oefening 4 – 22: Fisiese eienskappe en vertakte kettings

Struktuurformule	Kookpunt (°C)
$\begin{array}{ccccccc} & H & & H & & H & & H \\ & & & & & & & \\ H & - C & - & C & - & C & - & C - Cl \\ & & & & & & & \\ & H & & H & & H & & H \end{array}$	78
1. $\begin{array}{c} & & H & & \\ & & & & \\ & H & - C & - & H \\ & & & & \\ H & - C & - & C & - C - H \\ & & & & \\ & H & & Cl & H \end{array}$	51

a) Gee die IUPAC-naam van elke verbinding.

- b) Verduidelik die verskil in smeltpunte.
2. Daar is vyf isomere met die molekulêre formule C_6H_{14} .
- Teken die struktuurformule van:
2-metielpentaaan en 2,2-dimetiëlbutaan (twee van die isomere)
 - Wat is die name van die ander drie isomere?
 - Teken die semi-struktuurformule van die drie molekules.
 - Die smeltpunte van die drie isomere is: -118 , -95 en -130 °C. Pas die korrekte smeltpunt by elke isomeer. Gee 'n rede vir jou antwoorde.
3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.
1. 2C5X 2. 2C5Y



www.everythingscience.co.za



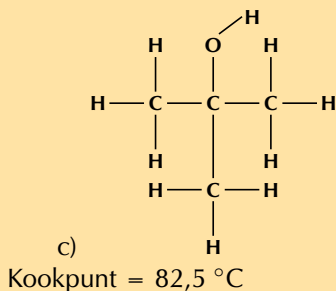
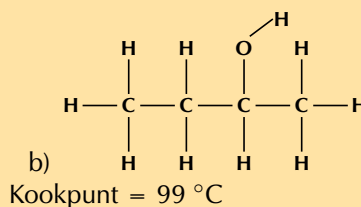
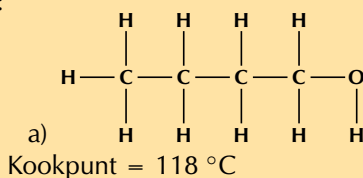
m.everythingscience.co.za

Oefening 4 – 23: Fisiese eienskappe van organiese verbindings

1. Die tabel wys data wat tydens 'n praktiese eksperiment vir vier organiese verbindings (A - C) ingesamel is.

	Verbinding	Molekulêre massa ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	Kookpunt (°C)
A	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44,08	-42
B	CH_3CHO	44,04	20
C	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	46,06	78

- Is verbinding A versadig of onversadig? Gee 'n rede vir jou antwoord.
 - Aan watter homoloë reeks behoort die verbinding B?
 - Skryf die IUPAC-naam vir die volgende verbindings neer:
 - B
 - C
 - Verwys na intermolekulêre kragte om die verskil in die kookpunte van verbindings A en C te verduidelik.
 - Watter een van die verbindings B of C sal die hoogste dampdruk hê by 'n spesifieke temperatuur? Gee 'n rede vir jou antwoord.
2. Gee die IUPAC-naam van die volgende verbindings, en beantwoord die vrae wat volg:



- d) Verduidelik die verskil in kookpunte.

3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C5Z 2a. 2C62 2b. 2C63 2c. 2C64 2d. 2C65



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

4.5 Toepassing van organiese chemie

ESFW2

Alkane as fossielbrandstowwe

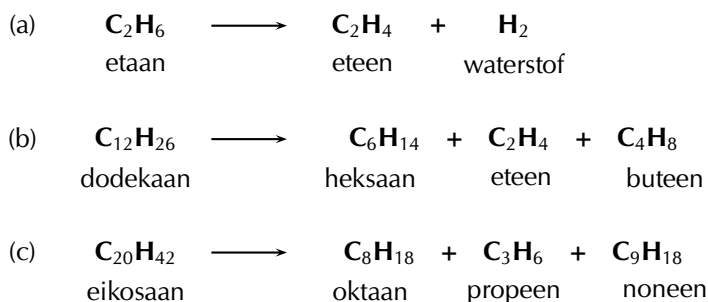
ESFW3

Fossielbrandstowwe is brandstowwe wat gevorm word tydens die natuurlike afbraakproses van organismes onder hitte en druk. Hulle bevat 'n hoë persentasie koolstof en sluit brandstowwe soos steenkool, petrol en natuurlike gas in. Hulle is ook **nie-hernubare hulpbronne**.

DEFINISIE: Koolwaterstofkraking

Die kraking van koolwaterstowwe is die proses waarin koolstof-koolstofbindings in langketting koolwaterstowwe afgebreek word om eenvoudiger, korter-ketting koolwaterstowwe te vorm.

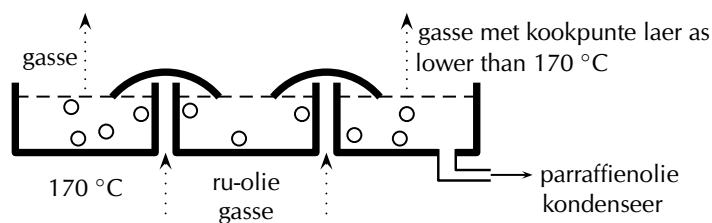
Koolwaterstofkraking is 'n belangrike industriële proses. Tydens hierdie proses word lang, bonkige alkane na korter verbindings afgebreek. Hierdie verbindings sluit korter alkane en alkene in. 'n Paar voorbeelde van koolwaterstof kraking word in Figuur 4.69 gegee.



Figuur 4.69: Die kraking van verskeie koolwaterstowwe om *alkane* en *alkene* te vervaardig.

Daar is twee tipes koolwaterstofkraking. **Termiese** kraking vind sonder 'n katalis plaas by hoë drukke en temperatuur, terwyl **katalitiese** kraking plaasvind by laer drukke en temperatuur in die teenwoordigheid van 'n katalisator. Hierdie proses is 'n algemene bron van korter (meer bruikbare) alkane, asook onversadigde alkane. Die alkane word dan in verbrandingsprosesse gebruik.

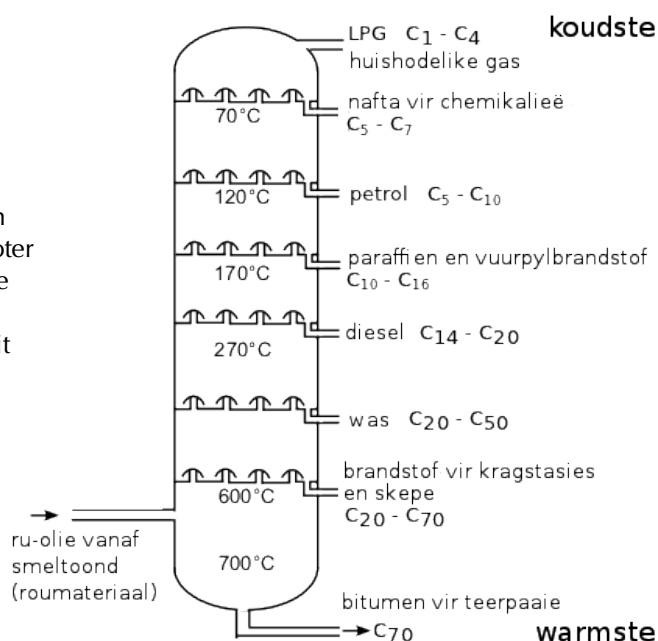
Dit is moontlik om die produkte van koolwaterstofkraking te skei, en om spesifieke produkte van ru-oliegemengsel te verkry deur 'n proses van *fraksionele distillasie*. Dit word gedoen met die gebruik van 'n *fraksionele kolom*. Ru-olie verdamp wanneer dit tot 700°C verhit word. Die gas borrel deur 'n pan wat by 'n sekere temperatuur gebou word. Die alkane en alkene wat by daardie temperatuur kondenseer sal dan in die pan kondenseer. Byvoorbeeld, as die pan by 170°C gehou word, sal die produk paraffienolie wees (Figuur 4.70).



Figuur 4.70: Een laag van 'n fraksionele distillasiekolom. Foto deur Duncan Wilson.

'n Fraksionele distillasiekolom het 'n reeks van hierdie panne (Figuur 4.71), elkeen by 'n konstante temperatuur. Dit beteken dat verskeie verbindings uit die ru-olie mengsel geskei kan word. Die ru-olie word verhit tot 700°C, en die ru-oliegas word deur die kolom gelei. Bitumen vir teerpaaië word aan die onderkant van die fraksioneeringskolom versamel. Hierdie is al die verbindings met meer as 70 koolstofatome. Die temperatuur neem af soos wat daar in die kolom opbeweeg word. Soos wat die gasse opstyg, kondenseer verbindings met verskillende lengtes koolstofkettings, totdat slegs die kettings met 1 - 4 koolstofatome aan die bokant van die kolom versamel word. Hierdie verbindings word vir vloeibare petroleumgas gebruik.

Let op dat dit ooreenstem met wat ons in die vorige afdeling geleer het. Hoe meer koolstofatome daar in die ketting is, hoe groter is die intermolekulêre kragte en hoe hoër is die kookpunt dus. Dit beteken dat hierdie molekules teen hoër temperature sal kondenseer.



Figuur 4.71: 'n Voorbeeld van 'n fraksionele distillasiekolom.

Vir meer inligting oor die proses van fraksionele distillasie kyk na hierdie animasie:

📺 Sien simulasie: [2C66](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Verbranding van alkane

Alkane is ons belangrikste fossielbrandstowwe. Die verbranding van alkane (wat ook bekend staan as oksidasie) is hoogs eksotermies.

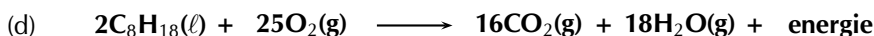
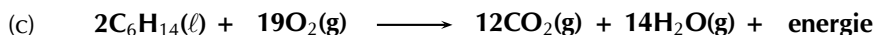
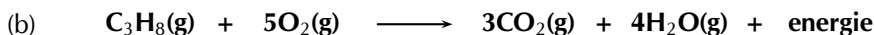
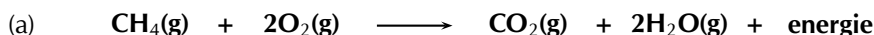
DEFINISIE: Verbranding

Tydens 'n verbrandingsreaksie reageer 'n stof met 'n oksideermiddel (bv. suurstof), en hitte en lig word vrygestel.

In die volledige verbranding van alkane word koolstofdiksied (CO_2) en water (H_2O), tesame met energie, vrygestel. Fossielbrandstowwe word verbrand vir die energie wat hulle vrystel. Die algemene reaksie vir die verbranding van 'n alkaan word in Figuur 4.72 gegee.



Figuur 4.72: Die volledige verbranding van 'n alkaan.



Figuur 4.73: Die volledige verbrandingsreaksies van (a) metaan, (b) propaan, (c) heksaan en (d) oktaan.

FEIT

Die volledige verbranding van alkane produseer slegs CO_2 en H_2O . Nie alle verbrandingsprosesses is egter volledig nie. 'n Onvolledige verbranding sal ook koolstofmonoksied (CO) produseer.

WENK

Onthou dat 'n eksotermiese reaksie energie vrystel ($\Delta H < 0$), terwyl 'n endotermiese reaksie energie absorbeer ($\Delta H > 0$). Die feit dat die energie vrygestel word in 'n verbrandingsreaksie impliseer dat $\Delta H < 0$, en dat die reaksie eksotermies is.

Uitgewerkte voorbeeld 28: Balansering van vergelykings

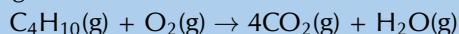
VRAAG

Balanseer die volgende vergelyking: $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

OPLOSSING

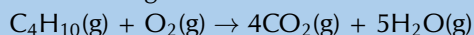
Stap 1: Balanseer die koolstofatome

Daar is 4 koolstofatome aan die linkerkant. Daar is 1 koolstofatoom aan die regterkant. Plaas 'n 4 voor die CO_2 molekule aan die regterkant:



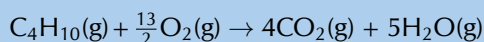
Stap 2: Balanseer die waterstofatome

Daar is 10 waterstofatome aan die linkerkant. Daar is 2 waterstofatome aan die regterkant. Plaas 'n 5 voor die H_2O molekule aan die regterkant:



Stap 3: Balanseer die suurstofatome

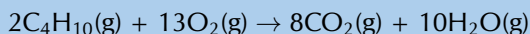
Daar is 2 suurstofatome aan die linkerkant. Daar is 13 suurstofatome aan die regterkant (4×2 in die CO_2 en 5 in die H_2O). Deel die hoeveelheid O atome aan die regterkant deur 2 om $\frac{13}{2}$ te kry. Hierdie is die hoeveelheid O_2 molekules wat aan die linkerkant benodig word:



Dit is aanvaarbaar, maar dit is beter dat alle getalle heelgetalle is.

Stap 4: Maak seker dat alle getalle heelgetalle is

Daar is $\frac{13}{2}$ voor die O_2 terwyl al die ander getalle heelgetalle is. Dus, maal die hele vergelyking met 2:



Uitgewerkte voorbeeld 29: Balansering van vergelykings

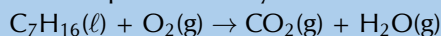
VRAAG

Balanseer die vergelyking vir die volledige verbranding van heptaan

OPLOSSING

Stap 1: Skryf die ongebalanseerde vergelyking

Die molekulêre formule van heptaan is C_7H_{16} . Suurstof (O_2) is altyd by verbranding betrokke. Die volledige verbranding van 'n alkaan produseer altyd koolstofdiksied (CO_2) en water (H_2O):

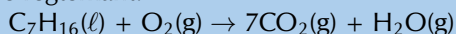


FEIT

Gedurende die vorming van 'n ester is een suurstofatoom van 'n alkoholmolekule afkomstig, terwyl die karbonielgroep van die karboksiesuur af kom. Ons weet dit is so omdat dit moontlik is om die atome van die reagente te merk (met die gebruik van radioaktiewe nukliede), en te sien waar dit in die produkte opeindig.

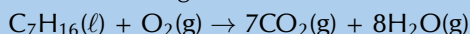
Stap 2: Balanseer die koolstofatome

Daar is 7 koolstofatome aan die linkerkant. Daar is 1 koolstofatoom aan die regterkant. Voeg 'n 7 by voor die CO_2 molekule aan die regterkant:



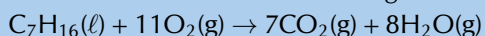
Stap 3: Balanseer die waterstofatome

Daar is 16 waterstofatome aan die linkerkant. Daar is 2 waterstofatome aan die regterkant. Voeg 'n 8 by voor die H_2O molekule aan die regterkant:



Stap 4: Balanseer die suurstofatome

Daar is 2 suurstofatome aan die linkerkant. Daar is 22 suurstofatome aan die regterkant (7×2 in die CO_2 en 8 in die H_2O). Deel die getal O atome aan die regterkant deur 2 om 11 te kry. Hierdie is die getal O_2 molekules wat aan die linkerkant benodig word:



Oefening 4 – 24: Alkane as fossielbrandstowwe

- Balanseer die volgende verbrandingsreaksies:
 - $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 - $\text{C}_7\text{H}_{16}(\ell) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 - $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- Skryf die gebalanseerde vergelykings vir die volledige verbranding van:
 - oktaan
 - pentaan
 - heksaan
 - butaan
- Is die verbranding van alkane eksotermies of endotermies van aard? Wat beteken dit?
- Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.
 - 1a. 2C67
 - 1b. 2C68
 - 1c. 2C69
 - 2a. 2C6B
 - 2b. 2C6C
 - 2c. 2C6D
 - 2d. 2C6F
 3. 2C6G



www.everythingscience.co.za



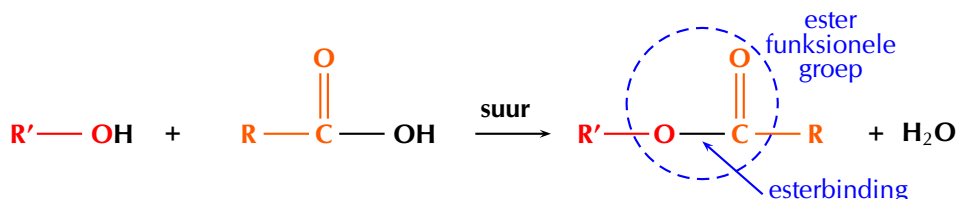
m.everythingscience.co.za

Esters

ESFW4

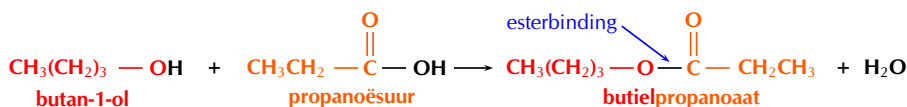
Die produksie van esters

Soos wat ons vroeër in die hoofstuk bespreek het, is een manier om 'n ester te vorm die reaksie tussen alkohol en 'n karboksiesuur. Hierdie proses word **suur-gekataliseerde kondensasie** of **esterifikasie** van 'n karboksiesuur genoem.



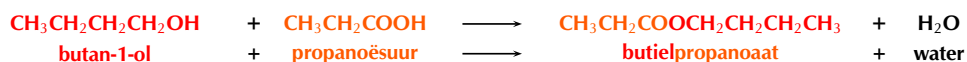
Figuur 4.74: Die suur-gekataliseerde kondensasie van 'n karboksiesuur om 'n ester te vorm.

In die algemene vorm hierbo kombineer 'n alkohol (rooi) en 'n karboksiesuur (oranje) om 'n ester en water te vorm. 'n Spesifieke voorbeeld, naamlik die formasie van butielpropanoaat en water, word in Figuur 4.75 gegee.



Figuur 4.75: Die esterifikasie van butan-1-ol en propanoësuur om butielpropanoaat te vorm, water word ook deur die reaksie gevorm.

Hierdie reaksie kan ook geskryf word as:



'n Meer algemene voorbeeld is:



Dit is belangrik om te kan identifiseer watter ester deur 'n spesifieke alkohol en karboksielsuur gevorm sal word. Onthou dat die eerste deel van die esternaam sy voorvoegsel kry van die alkohol, met die agtervoegsel -iel. Die tweede deel van die esternaam kry sy voorvoegsel vanaf die karboksielsuur, met die esteragtervoegsel -oat.

Uitgewerkte voorbeeld 30: Bepaling van estername

VRAAG

Wat is die naam van die ester wat gevorm sal word vanuit **heksan-1-ol** en **propanoësuur**

OPLOSSING

Stap 1: Watter verbinding vorm die eerste deel van die esternaam, en watter een vorm die tweede deel van die esternaam?

Die alkohol vorm die eerste deel van die esternaam, en neem die agtervoegsel -iel. Die karboksielsuur vorm die tweede deel van die esternaam, en neem die agtervoegsel -oat.

Stap 2: Bepaal die eerste deel van die esternaam

Die alkohol is *heksan-1-ol*, dus is daar 6 koolstofatome, en hierdie sal heksiel- wees.

Stap 3: Bepaal die tweede deel van die esternaam

Die karboksielsuur is *propanoësuur* suur, dus is daar 3 koolstofatome, en sal hierdie propan- wees.

Stap 4: Kombineer die eerste en tweede dele van die esternaam

Die ester sal **heksielpropanoaat** wees.

Dit is ook belangrik om te kan bepaal watter verbindings gebruik is om 'n ester te vorm.

Uitgewerkte voorbeeld 31: Bepaling van die reaktante vir die bereiding van 'n ester

VRAAG

Van watter reaktante sal die ester **oktielheptanoaat** berei?

OPLOSSING

Stap 1: Watter tipe verbindings word gebruik om esters te vorm?

Esters word gevorm uit alkohole (wat deel word van die eerste deel van die esternaam) en karboksielsure (wat die tweede deel van die esternaam word).

Stap 2: Bepaal die voorvoegsel vir die alkohol

Die eerste deel van die esternaam kom van die alkohol (-ol) af. Dus is die voorvoegsel *okt-*.

Stap 3: Bepaal die voorvoegsel vir die karboksielsuur

Die tweede deel van die esternaam kom van die karboksielsuur (-oësuur) af. Dus is die voorvoegsel *hept-*.

Stap 4: Bepaal die verbindings wat gebruik is om die ester te vorm

Oktielheptanoaat is gevorm uit **oktan-1-ol** en **heptanoësuur**.

'n Paar voorbeelde van esters word in Tabel 4.17 gegee.

Esternaam	Reuk	Gebruike		
metiel-metanoaat	eter	kitsdroog afwerkings	insekdoder	farmaseutiese produkte
etiel-metanoaat	rum	verniss	veiligheids-glas	uitrook van voedsel
propiel-metanoaat	pere	oplos-middel	geurmiddel	parfuum
metiel-etanoaat	gom	gomme	verwe	naellak verwyderaar
etiel-etanoaat	appel	gomme ens.	oplos-middels	dekaffinerings
propiel-etanoaat	peer	oplos-middel	geurmiddel	parfuum
butiel-etanoaat	piesang of appel	verniss	geurmiddel	
pentiel-etanoaat	piesang of appel	verniss	oplos-middels	harpuise
metiel-butanoaat	appel of pynappel	geurmiddel	parfuum	
etiel-butanoaat	pynappel	geurmiddel	parfuum	plastiseermiddel
propiel-heksanoaat	swartbessie of kaas	geurmiddel	oplos-middel	parfuum

Tabel 4.17: Die gebruike van 'n paar esters.

Die volgende eksperiment sal jou help om esters voor te berei. Gebruik wat jy in hierdie afdeling geleer het om die vrae wat volg te beantwoord.

Algemene eksperiment: Bereiding van esters**Doel:**

Om esters te berei en te identifiseer.

Apparaat:

- Metanol (CH_3OH), etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{OH})$), pentan-1-ol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2(\text{OH})$), metanoësuur (HCOOH), etanoësuur (CH_3COOH), swaelsuur (H_2SO_4)
- Marmerstukkies (of klein, skoon klippies)

- Vyf lang proefbuisse of bekere, 'n waterbad, 'n warmplaat (of bunsenbrander), 'n termometer, rekkies, papierhanddoek, vyf bakkies koue water

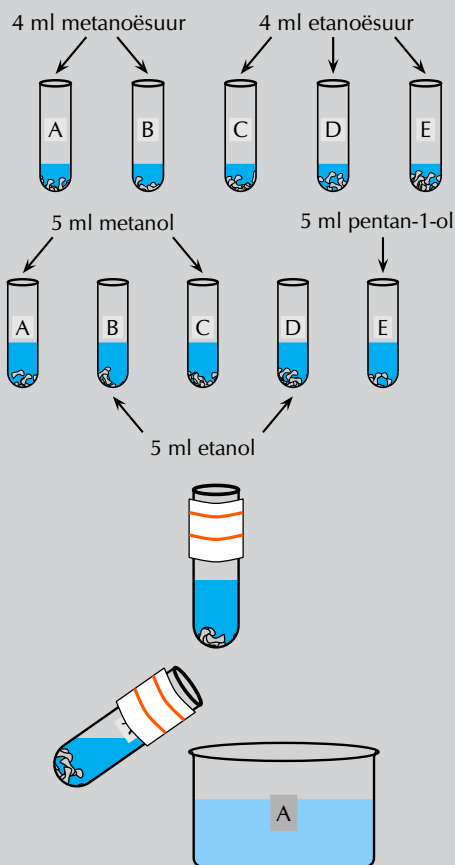
Metode:

WAARSKUWING!

Gekonsentreerde sure kan ernstige brandwonde veroorsaak. Ons stel die gebruik van handskoene en 'n veiligheidsbril voor wanneer daar ooit met 'n suur gewerk word. Voeg altyd die suur by die water, en vermy die inaseming van die suurdampe.

Onthou dat alle alkohole giftig is. Metanol is veral giftig en kan blindheid, 'n koma of selfs die dood veroorsaak. Hanteer alle chemikalieë versigtig.

1. Plaas die marmerstukkies (of skoon klippies) in die proefbuisse en etiketteer hulle A - E.
2. Voeg 4 ml metanoësuur by proefbuisse A en B.
3. Voeg 4 ml etanoësuur by proefbuisse C, D en E.
4. Voeg 5 ml metanol by proefbuis A en C.
5. Voeg 5 ml etanol by proefbuis B en D.
6. Voeg 5 ml pentan-1-ol by proefbuis E.
7. Voeg **versigtig** 2 ml H_2SO_4 by elke proefbuis.
8. Deurweek die papierhanddoek in koue water en heg dit met 'n rekkie aan die kante naby die bokant van elke proefbuis vas (moenie die proefbuis toemaak nie, draai net die papier om die kante naby die bokant).
9. Verhit die waterbad tot $60\text{ }^\circ\text{C}$ (met die gebruik van die bunsenbrander of die warmplaat) en plaas die proefbuis daarin vir 10-15 min.
10. Na 10-15 min koel elke proefbuis in koue water af. Etiketsteer die bakke koue water A - E, en gooi die inhoud van proefbuis A in bak A in, ens.
11. Neem die oppervlakte van die water waar, en maak notas oor die reuk in elke bak.



Vrae:

1. Wat is die doel van H_2SO_4 ?
2. Wat is die doel wat die nat papierhanddoek?
3. Wat het jy aan die einde op die oppervlak van elke bak water waargeneem?
4. Vul jou waarnemings in 'n tabel soos die een hieronder in:

Karboksielsuur	Alkohol	Produkte	Reuk
metanoësuur	metanol		
metanoësuur	etanol		
etanoësuur	metanol		
etanoësuur	etanol		
etanoësuur	pentan-1-ol		

Bespreking en gevolgtrekking:

'n Ester is die produk van 'n suur-gekataliseerde kondensasie tussen 'n alkohol en 'n karboksiesuur. Esters het identifiseerbare reuke (soos die geurige reuk en aroma van vrugte), en word gebruik in parfuums. As jy niks geruik het nie, is dit waarskynlik dat jou waterbad se temperatuur te hoog gestel was, en die ester gevolglik afgebreek is.

Esters is minder wateroplosbaar as die karboksiesuur waaruit hulle gevorm is, en vorm 'n oliërige laag op water. Voor dit afgekoel het, sou van die ester egter 'n damp gewees het, en die nat papierhanddoek sou die verlies van hierdie produk verhoed het. Verwys na Tabel 4.17, en kyk of die reuke ooreenstem met dié wat daar gelys is. Onthou om die reuk met jou hand na jou toe te waai, en om nie die dampe direk in te asem nie!

Oefening 4 – 25: Esters

- Gee die IUPAC-naam van die produk van die esterifikasie van etanoësuur met:
a) metanol b) oktan-1-ol c) heksan-1-ol d) propan-1-ol
- Wat is 'n ander naam vir die tipe reaksie in die vraag hierbo?
- Gee die IUPAC-naam van die reaksie van butan-1-ol met:
a) etanoësuur b) pentanoësuur c) heptanoësuur d) metanoësuur
- Vul die ontbrekende reaktant of deel van die produknaam in die reaksies hieronder in.
a) oktanol + _____ → _____ heksanoaat
b) _____ + propanoësuur → heksiel _____
c) _____ + butanol → _____ pentanoaat
- Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.
Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1a. [2C6H](#) 1b. [2C6J](#) 1c. [2C6K](#) 1d. [2C6M](#) 2. [2C6N](#) 3a. [2C6P](#)
3b. [2C6Q](#) 3c. [2C6R](#) 3d. [2C6S](#) 4a. [2C6T](#) 4b. [2C6V](#) 4c. [2C6W](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

4.6 Addisie-, eliminasië- en substitusiereaksies

ESFW5

Ons gaan drie hoofipes reaksies bestudeer - addisie, eliminasië en substitusie.

- 'n **Addisiereaksie** vind plaas wanneer twee of meer reaktante kombineer om 'n enkele produk te vorm. Hierdie produk sal *alle* atome bevat wat aanwesig was in die reaktante. Addisiereaksies vind plaas met **onversadigde** verbindings.
Die algemene vergelyking vir 'n **addisiereaksie**: $A + B \rightarrow C$
Neem kennis dat C die finale produk is, en dat niks van A of B oorbly nie.
- 'n **Eliminasiereaksie** vind plaas wanneer 'n reaktant na twee produkte opgebreek word. Eliminasiereaksies vind plaas met **versadigde** verbindings.
Die algemene vergelyking vir 'n **eliminasiereaksie**: $A \rightarrow B + C$
- 'n **Substitusiereaksie** vind plaas wanneer 'n omruiling van elemente in die reaktante plaasvind. Die oorspronklike reaktante word getransformeer of *omgeruil* om die finale produk te gee.
Die algemene vergelyking vir 'n **substitusie** reaksie: $AB + CD \rightarrow AD + BC$

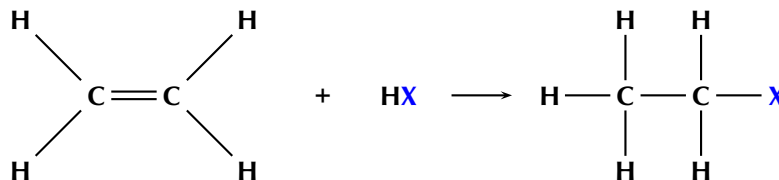
'n Paar spesifieke voorbeelde van die reaksies word op die volgende bladsye gegee.

Addisiereaksies

ESFW6

1. Hidrohalogenering

Hidrohalogenasie behels die addisie van 'n **waterstofatoom** en 'n **halogeenaatoom** tot 'n onversadigde verbinding (wat 'n koolstof-koolstof dubbelbinding bevat). 'n Voorbeeld word in Figuur 4.76 gegee. X kan fluoor (F), chloor (Cl), broom (Br) of jodium (I) wees.



Figuur 4.76: Die hidrohalogenering van eteen tot 'n haloetaan.

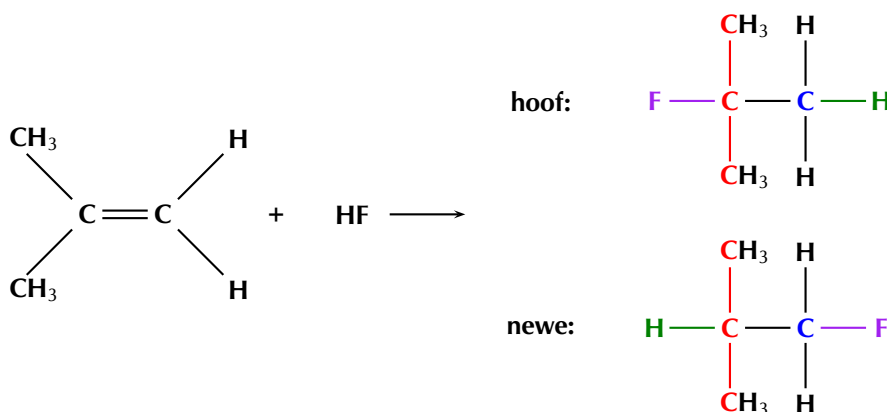
As meer as een produk moontlik is, sal die **hoofproduk** die verbinding wees waar:

- die **waterstofatoom** by die **minste gesubstitueerde koolstofatoom** gevoeg word
- m.a.w. die koolstofatoom met die minste koolstofatome daaraan geheg
- die **halogeenaatoom** word by die **mees gesubstitueerde koolstofatoom** gevoeg
- m.a.w. die koolstofatoom waaraan die meeste koolstofatome gebind is

Dit word aangetoon in Figuur 4.77.

DEFINISIE: Hoof- en neweprodukte

Die hoofproduk van 'n reaksie is die produk wat die grootste waarskynlikheid het om te vorm. Byprodukte is die produkte wat die kleinste waarskynlikheid het om te vorm.



Figuur 4.77: Die halogenering van 2-metielpropeen waarin 2-fluoro-2-metielpropeen (hoofproduk) en 1-fluoro-2-metielpropaan (neweproduk) gevorm word.

Reaksiekondisies:

- **geen water** teenwoordig in die reaksie

2. Halogenering

Halogenering is soortgelyk aan hidrohalogenering, maar 'n **diatomiese halogeën-molekule** word oor die dubbelbinding ingevoeg. 'n Voorbeeld hiervan word in Figuur 4.78 gegee.

FEIT

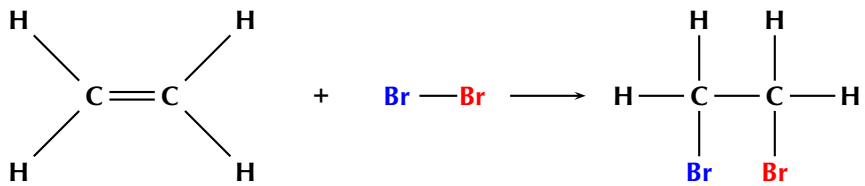
Onthou uit die afdeling oor versadigde- en onversadigde verbindings dat mens toetse kan doen om te bepaal of 'n samestelling versadig is of nie. As broomwater of kaliumpermanganaat deur 'n verbinding ontkleur word, is die verbinding onversadig, en wanneer dit nie ontkleur word nie, is die verbinding nie versadig nie.

WENK

Onthou dat 'n **tersiêre koolstofatoom** gebind is aan drie ander koolstofatome, 'n **sekondêre koolstofatoom** is gebind aan twee ander koolstofatome, en 'n **primêre koolstofatoom** is gebind aan een ander koolstofatoom. Dus is tersiêr die mees gesubstitueerd, sekondêr minder gesubstitueerd as tersiêr en meer gesubstitueerd as primêr, en primêr die minste gesubstitueerd.

FEIT

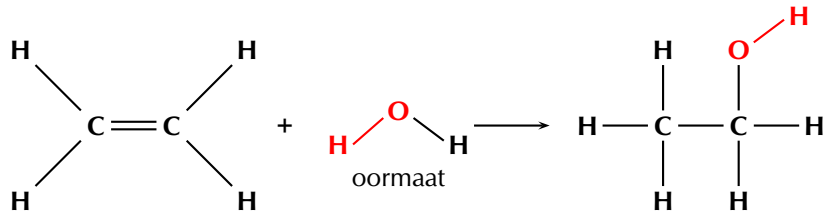
Fermentasie kan verwys na die omskakeling van suiker na alkohol deur 'n fungus). Die proses van fermentasie produseer middels soos wyn, bier en jogurt. Om wyn te maak word druiwesap gefermenteer om alkohol te vervaardig. Hierdie reaksie word hieronder aangetoon: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH + \text{energie}$



Figuur 4.78: Die reaksie tussen eteen en broom waartydens 1,2-dibroomëtaan gevorm word.

3. Hidrasie

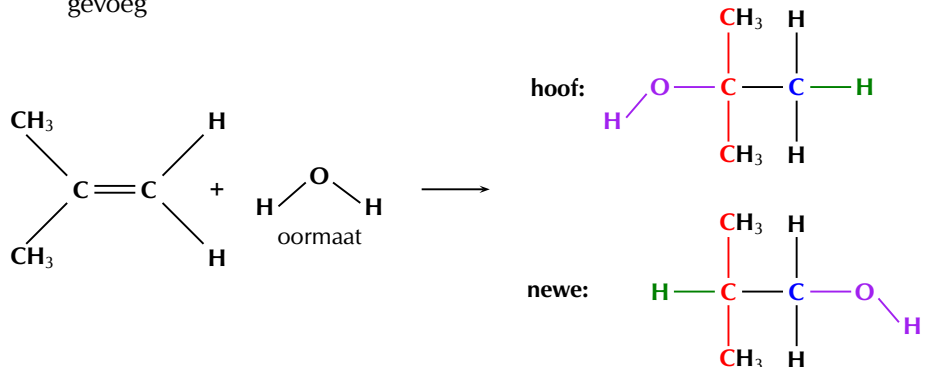
'n Hidrasiereaksie behels die toevoeging van **water** (H_2O) tot 'n **onversadigde verbinding**. Dit is een manier waarop alkohol vanaf die ooreenkomstige alkeen (Figuur 4.79) berei kan word.



Figuur 4.79: Die hidrasie van eteen tot etanol.

As meer as een produk moontlik is, sal die **hoofproduk** die verbinding wees waar:

- die **waterstofatoom** word by die **minste gesubstitueerde koolstofatoom** gevoeg
- die **hidroksielgroep** ($-OH$) word by die **mees gesubstitueerde koolstofatoom** gevoeg



Figuur 4.80: Die hidrasie van 2-metielpropeen waartydens 2-metielpropan-2-oon (hoof- produk) en 2-metielpropan-1-oon (newe- produk) gevorm word.

Reaksiekondisies:

- water moet in **oormaat** teenwoordig wees
- 'n **suurkatalisator** word benodig vir hierdie reaksie om plaas te vind
- die katalisator wat meestal gebruik word is fosforsuur (H_3PO_4)

Aktiwiteit: Vorming van alkohol deur fermentasie

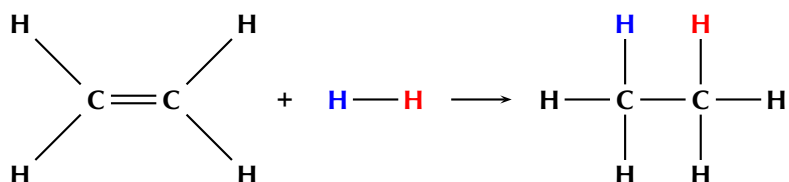
Etanol kan ook deur die proses van fermentasie gevorm word. In bykans elke land is daar 'n produk wat gemaak word deur die fermentasie van plaaslike vrugte. In Malawi word byvoorbeeld aartappels, suikerriet of mielies gefermenteer om *katchasu* te vorm. Hier in Suid-Afrika fermenteer mense maroela om *mampoer* te maak, druiwe om *witblits* te maak, en sorghum om bier te maak.

- Doen navorsing oor die onderliggende chemie van die fermentasieproses.

- Watter ander plante word deur mense gefermenteer?
- Fermentasie lei tot die vorming van suur. Doen navorsing waarom dit gebeur.
- Sorghum word ook gebruik om suurpap te maak. Hoe word dit gemaak?

4. Hidrogenering

Hidrogenering behels die toevoeging van **waterstof** (H_2) tot 'n **alkeen**. Tydens hidrogenering word die dubbelbinding gebreek (soos in hidrohalogenering en halogenering) en word meer waterstofatome tot die molekule gevoeg. 'n Spesifieke voorbeeld word aangetoon in Figuur 4.81.

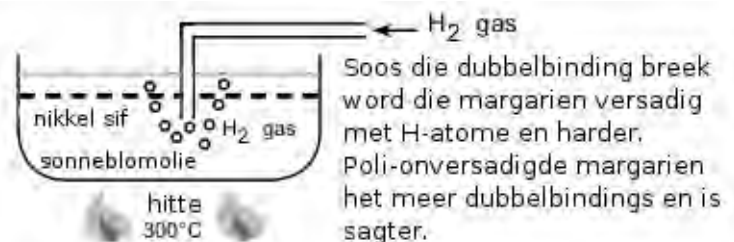


Figuur 4.81: Die hidrogenering van eteen tot etaan.

Reaksierekondisies:

- 'n **katalisator** soos platinum (Pt), palladium (Pd) of nikkel (Ni) word vir hierdie reaksies benodig
- **verhitting** word vereis
- die reaksie moet verloop in 'n **onreaktiewe atmosfeer**, nie lug (bv. $N_2(g)$) nie

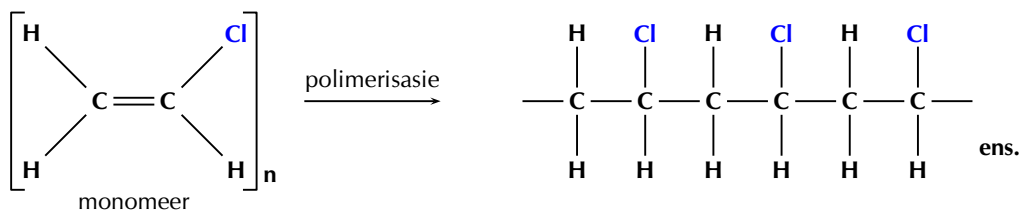
Die hidrogenering van groente-olie om margarien te vorm is nog 'n voorbeeld van hierdie addisiereaksie (sien Figuur 4.82).



Figuur 4.82: Die hidrogenering van sonneblomolie tot margarien.

5. Polimerisasiereaksies

'n Polimeer word opgebou uit vele kleiner eenhede bekend as *monomere*. Wanneer hierdie monomere saamgevoeg word, vorm hulle 'n polimeer. Een manier waarop *polimerisasie* kan geskied is deur 'n **addisiereaksie**. Meer besonderhede word later in hierdie hoofstuk in *Plastiek en polimere* (Afdeling 4.7) gegee.



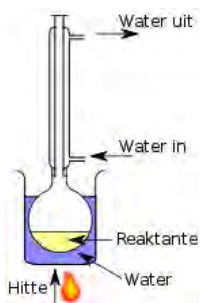
Figuur 4.83: Die polimerisasie van **vinielchloried** monomere waartydens 'n **polivinielchloried** polimeer gevorm word.

Polivinielchloried (Figuur 4.101) word onder meer in die konstruksie- en klerebedrywe gebruik.

Oefening 4 – 26: Addisiereaksies

FEIT

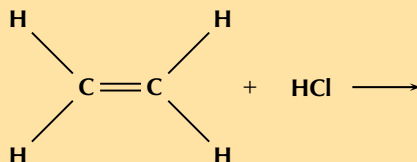
Refluks is 'n tegniek waarin 'n reaksie-oplossing in 'n houër met 'n klein opening in die bokant geplaas word. 'n Buis wat voortdurend verkoel word, word aan die opening gekoppel. Die oplossing word tot byna kookpunt verhit, maar enige gas wat geproduseer word, kondenseer in die buis en loop terug tot in die houër. Op hierdie wyse kan die reaksie versnel word sonder enige verlies aan materiaal.



WENK

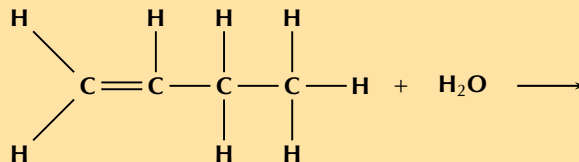
Sien hidrolise in die afdeling oor substitusioreaksies vir meer inligting oor wat gebeur wanneer verskillende reaksiekondisies gebruik word.

1. Die onderstaande diagram toon die reaktante in 'n addisiereaksie aan.



- a) Skets die struktuurformule van die finale produk van hierdie reaksie.
b) Wat is die gekondenseerde formule van die produk?

2. Die onderstaande diagram toon die reaktante in 'n addisiereaksie aan.



- a) Skets die struktuurformule van die hoofproduk van hierdie reaksie en voorsien redes.
b) Skets die struktuurformule van die nuwe produk in hierdie reaksie en verskaf redes.

- c) Van watter tipe addisiereaksie is hierdie reaksie 'n voorbeeld?

3. a) Watter tipes homoloë reekse kan addisiereaksies ondergaan?
b) Is die verbindings wat addisie ondergaan versadigde- of onversadigde verbindings?

4. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C6X 2. 2C6Y 3. 2C6Z



www.everythingscience.co.za



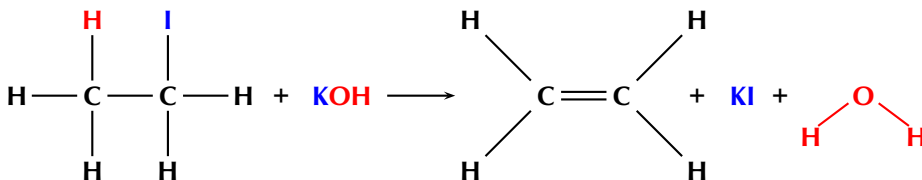
m.everythingscience.co.za

Elimasiereaksie

ESFW7

1. Dehidrohalogenering

In dehidrohalogenering word 'n **haloalkaan** blootgestel aan 'n **basis**. Die basis bevorder dan die eliminasië van 'n halogeen- en 'n waterstofatoom. 'n Dubbelbinding word gevorm (alkaan $\rightarrow$ alkeen). Dehidrohalogenering word beskou as die teenoorgestelde van hidrohalogenering. Die eliminasië van jodium uit jodiumëtaan is 'n voorbeeld van dehidrohalogenering (Figuur 4.84).

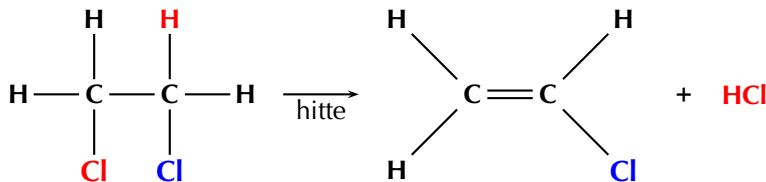


Figuur 4.84: Die dehidrohalogenering van jodiumëtaan met kaliumhidroksied (KOH) om eteen, kaliumjodied (KI) en water te vorm.

Die volgende reaksiekondisies word vereis vir elimasiereaksies om plaas te vind:

- hitte onder refluks (ongeveer 70°C)
- 'n gekonsentreerde, sterk basis (b.v. NaOH, KOH)
- die basis moet opgelos word in suiwer etanol (warm etanoliese basis)

Gedehalogeneerde versadigde samestellings kan ook eliminasiereaksies ondergaan om onversadig te word, en verloor sodoende een halogeen- en een waterstofatoom. In die onderstaande voorbeeld (Figuur 4.85), word 'n atoom van waterstof en chloor **geëlimineer** uit die oorspronklike verbinding om 'n onversadigde haloalkeen en soutsuur te vorm.

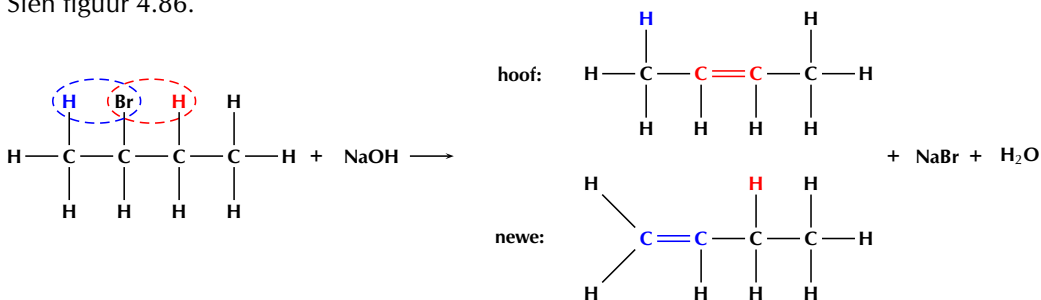


Figuur 4.85: Die eliminasië van soutsuur (HCl) uit 1,2-dichloorëtaan om chloorëtaan te vorm.

Indien meer as een produk moontlik is sal die hoofproduk daardie verbinding wees waarin:

- die waterstofatoom verwyder word vanaf die **mees gesubstitueerde koolstofatoom**
- m.a.w. die koolstof wat aan die grootste aantal koolstofatome gebind is

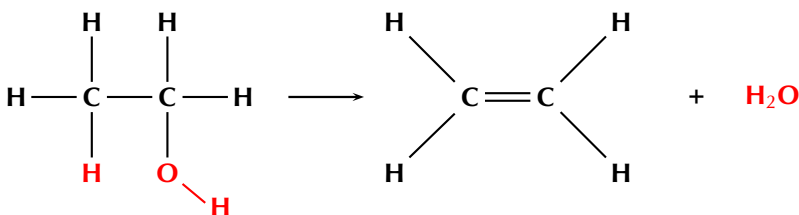
Sien figuur 4.86.



Figuur 4.86: Die dehidrohalogenering van 2-broomëtaan om **but-2-een** (hoofproduk) en **but-1-een** (neweproduk) te vorm.

2. Dehidrasie van 'n alkohol

Gedurende die dehidrasie van alkohol word die **hidroksielgroep** (–OH) en 'n **waterstofatoom geëlimineer** uit die reaktant. 'n Watermolekule word gevorm as 'n produk van die reaksie saam met 'n alkeen (Figuur 4.87). Hierdie reaksie kan beskou word as die teenoorgestelde van 'n hidrasiereaksie ('n soort addisiereaksie).



Figuur 4.87: Die dehidrasie van etanol om eteen en H₂O te vorm.

Reaksiëkondisies:

- 'n **oormaat** van 'n **sterk suurkatalisator** (gewoonlik H₂SO₄ of H₃PO₄)
- hoë temperatuur (ongeveer 180°C)

Indien meer as een eliminasiëproduk moontlik is sal die hoofproduk daardie samestelling wees waar:

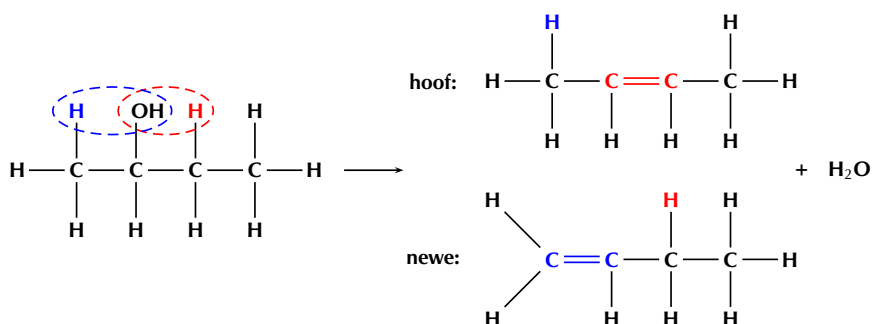
- die waterstofatoom verwyder word vanaf die koolstofatoom wat aan die grootste aantal koolstofatome gebind is (m.a.w. die **mees gesubstitueerde koolstofatoom**)

Dit word aangetoon in Figuur 4.88.

FEIT

Swaelsuur (H₂SO₄) is 'n dehidrerende middel en word dikwels gebruik om gedroogde vrugte te berei.





Figuur 4.88: Die dehidrasie van *butan-2-ol* om **but-2-een** (hoofproduk) en **but-1-een** (nweproduk) te vorm.

Oefening 4 – 27: Eliminasiereaksie

- Beantwoord die volgende vrae oor eliminasie-reaksies:
 - Watter twee samestellings word benodig in 'n dehidrohalogeneringsreaksie?
 - Vanaf watter koolstofatoom sal die waterstof verwyder word tydens 'n dehidrasie-reaksie (hoofproduk)?
 - Is die reaktante in 'n eliminasie-reaksie versadig of onversadig?
 - Noem die eliminasie-reaksie wat beskou word as omgekeerde van 'n hidrasie-addisiereaksie.
 - Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.
1. 2C72 2. 2C73



www.everythingscience.co.za

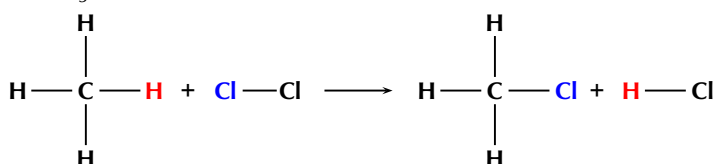


m.everythingscience.co.za

Substitusioreaksies

ESFW8

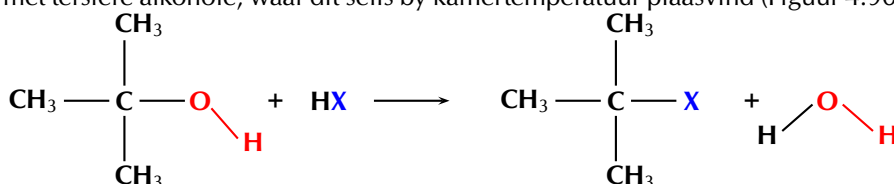
'n Paar eenvoudige voorbeelde van substitusioreaksies word hieronder aangetoon:
 $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$



Figuur 4.89: 'n Chlooratoom (vanaf Cl_2) en 'n waterstofatoom (vanaf CH_4) word uitgeruil om nuwe produkte (CH_3Cl en HCl) te vorm.

1. Die vorming van haloalkane

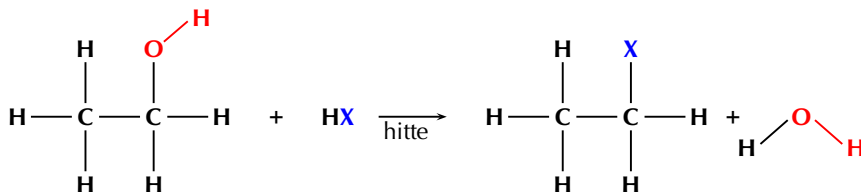
Haloalkane kan gevorm word wanneer die hidroksielgroep ($-\text{OH}$) van 'n **alkohol** vervang word met 'n **halogeenatoom** ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$). Hierdie reaksie werk die beste met tersiêre alkohole, waar dit selfs by kamertemperatuur plaasvind (Figuur 4.90)



Figuur 4.90: Die vorming van 'n *tersiêre haloalkaan* vanuit 'n *tersiêre alkohol* deur substitusie met HX ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$).

'n *Tersiêre* koolstofatoom is aan drie ander koolstofatome gebind. 'n *Sekondêre* koolstofatoom is aan twee ander koolstofatome gebind, terwyl 'n *primêre* koolstofatoom aan een ander koolstofatoom gebind is. In Figuur 4.90 is die koolstof gebind aan die funksionele groep, sowel as drie ander koolstofatome. Dus is dit 'n *tersiêre* alkohol wat aan die linkerkant van die pyl is, en 'n *tersiêre* haloalkaan aan die regterkant.

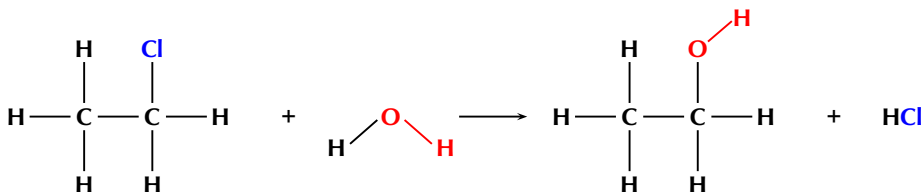
Dit is ook moontlik vir 'n *sekondêre*- of *primêre* alkohol om 'n *sekondêre*- of *primêre* haloalkaan te vorm (sien Figuur 4.91), maar dit vereis hoë temperature, en die reaksie is baie stadig.



Figuur 4.91: Die vorming van 'n *primêre* haloëtaan vanuit *etanol* deur 'n substitusie met HX (X = Cl, Br).

2. Hidrolise

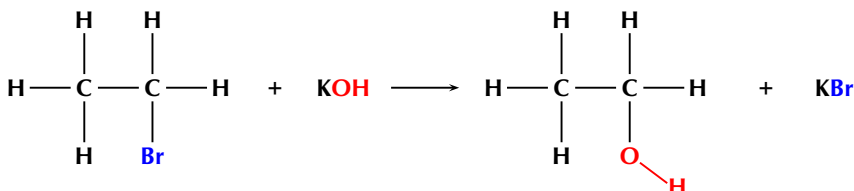
In 'n vorige afdeling het ons die hidrasie van 'n eteen om 'n alkohol te vorm, gesien. Dit is 'n addisiereaksie. Alkohole kan ook deur 'n substitusiereaksie met 'n **haloalkaan** gevorm word. In die voorbeeld wat in Figuur 4.92 gegee word, sal die haloalkaan is water opgelos wees.



Figuur 4.92: Die vorming van *etanol* vanuit *chloorëtaan* deur 'n substitusiereaksie met water.

Die gebruik van 'n basis (bv. KOH, NaOH) opgelos in water en die opwarming van die oplossing sal die reaksietempo verhoog (Figuur 4.93). Vir die substitusie om plaas te vind moet die volgende reaksiekondisies gebruik word:

- lae temperature (naby kamertemperatuur)
- 'n verdunde oplossing van 'n sterk basis (bv. NaOH)
- die oplossing moet waterig wees (in water)



Figuur 4.93: Die vorming van *etanol* vanuit *broomëtaan* deur 'n substitusiereaksie met kaliumhidroksied (KOH).

As die konsentrasie van die basis te hoog is, kan dit lei tot eliminisie van die halogeen- en 'n waterstofatoom (dehidrohalogenering).

3. Vorming van haloalkane vanuit alkane

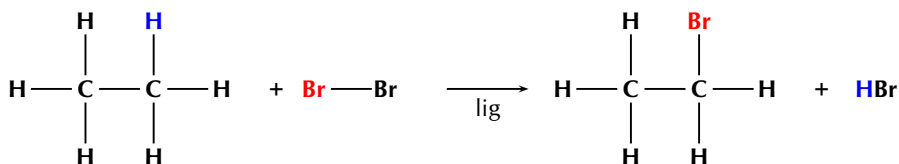
Nog 'n manier om 'n haloalkaan te maak behels die verwydering van 'n waterstofatoom vanaf 'n **versadigde verbinding**. Die waterstofatoom word vervang deur 'n **halogeen** (F, Cl, Br of I) om 'n haloalkaan te vorm (Figuur 4.94). Omdat alkane nie baie reaktief is nie, is lig nodig vir hierdie reaksie om plaas te vind.

WENK

Sien dehidrohalogenering in die eliminasiereaksies afdeling vir meer inligting oor wat gebeur wanneer verskillende reaksiekondisies gebruik word.

FEIT

Verwys na die afdeling versadigde- en onversadigde verbindings vir meer inligting oor waarom alkane nie baie reaktief is nie.



Figuur 4.94: Die vorming van *broomëtaan* vanuit *etaan* deur 'n substitusiereaksie met Br_2 .

Reaksierekondisies:

- energie in die vorm van lig

Oefening 4 – 28: Substitusiereaksies

1. Wanneer die haloalkane deur substitusiereaksies met alkohole vorm, is dit die beste om tersiêre-, sekondêre- of primêre alkohol te gebruik? Gee 'n rede vir jou antwoord.
2. a) Wat is 'n substitusiereaksie?
b) Skryf die algemene vergelyking van 'n substitusiereaksie neer deur die reaktante WX en YZ te gebruik
3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C74 2. 2C75



www.everythingscience.co.za



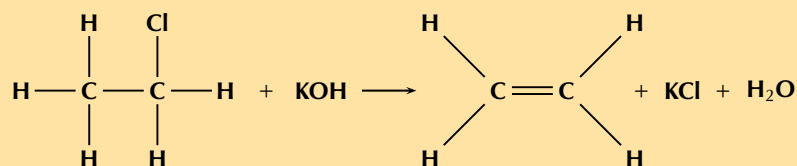
m.everythingscience.co.za

Oefening 4 – 29: Addisie-, eliminasië- en substitusiereaksies

1. a) Beantwoord die volgende vrae oor hidrasiereaksies:
 - i. Watter tipe reaksie is 'n hidrasiereaksie?
 - ii. Wat is die mees algemene katalisator wat in hierdie reaksie gebruik word?b) Noem een van die mees algemene katalisators wat in 'n hidrogenasiereaksie gebruik word.
- c) Beantwoord die volgende vrae oor alkaanreaksies:
 - i. Is alkane reaktief in vergelyking met die alkene en alkyne?
 - ii. In 'n haloalkaan reaksie reageer 'n alkaan en 'n halogeen. Watter vereiste is nodig vir hierdie reaksie om plaas te vind?d) Kyk na die algemene vergelykings hieronder gegee, en beantwoord die vrae wat volg:
 - i. haloalkaan + basis $\rightarrow \text{A} + \text{B}$
 - A. Benoem A en B vir 'n hidrolisereaksie.
 - B. Watter tipe reaksie is 'n hidrolisereaksie?
 - ii. haloalkaan + basis $\rightarrow \text{A} + \text{B} + \text{C}$
 - A. Benoem A, B en C vir 'n dehidrohalogeneringsreaksie.
 - B. Watter tipe reaksie is 'n dehidrohalogeneringsreaksie?
 - iii. Vul die reaksierekondisies wat vir dehidrohalogenering en hidrolisereaksies benodig word in die tabel hieronder in:

	Dehidrohalogenering	Hidrolise
Temperatuur		
Oplosmiddel		
Konsentrasie van basis		

2. Verwys na die diagram hieronder en beantwoord dan die vrae wat volg:

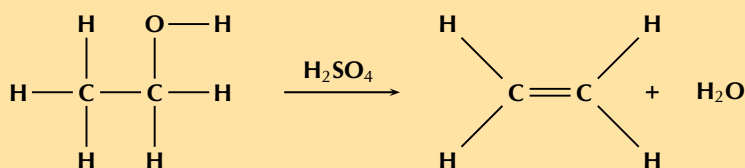


- Watter tipe reaksie is hierdie reaksie?
- Gee 'n rede vir jou antwoord hierbo.
- Wat is die vereiste reaksiekondisies?

3. Skryf die vergelyking vir die volgende reaksies deur gebruik te maak van die gekondenseerde formules. Sê watter tipe reaksie hul is:

- Die dehidrasie van heksan-2-ol ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)
- Die hidrasie van pent-1-een ($\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)
- Die hidrolise van 2-fluorobutaan ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{F})\text{CH}_2\text{CH}_3$) met water (geen basis).

4. Die volgende reaksie vind plaas:



- Watter tipe reaksie is dit?
- Gee 'n rede vir jou antwoord.

5. Skryf die vergelykings vir die volgende reaksies deur gebruik te maak van struktuurformules. Gee ook die tipe reaksie.

- Die hidrogenering van propen (CH_2CHCH_3)
- Die vorming van 'n haloalkaan vanuit:
 - butan-1-ol ($\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$) en soutsuur (HCl)
 - 2-metielpent-2-een ($\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)\text{CHCH}_2\text{CH}_3$) en waterstofjodied (HI).
Dui die hoof- en neweprodukte aan en gee redes.
- Skryf gebalanseerde vergelykings vir die volgende reaksies wat hept-3-een ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$) insluit, en benoem die produk.
 - Hidrohalogenering, kies enige halogeen
 - Die dehidrohalogenering met kaliumhidroksied (KOH) van die produk van c) i
 - Halogenering, kies enige halogeen
 - Die dehidrohalogenering van die produk van c) iii

6. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

- 1a. 2C76 1b. 2C77 1c. 2C78 1d. 2C79 2. 2C7B 3. 2C7C
4. 2C7D 5. 2C7F



www.everythingscience.co.za



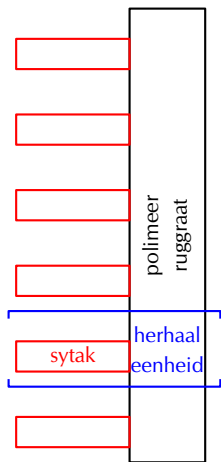
m.everythingscience.co.za

FEIT

Mono beteken een, terwyl **poli** baie beteken. Dus is 'n monomeer 'n enkel eenheid, en bestaan 'n polimeer uit baie monomere.

WENK

'n Polimeer bestaan uit 'n ruggraat wat uit herhalende eenhede bestaan.



FEIT

'n Termoplastiek is 'n plastiek wat verhit en verskeie kere gevorm kan word, sonder om chemies te verander.



4.7 Plastiek en polimere

ESFW9

Wat is 'n polimeer?

ESFWB

Polimere is groot molekule (makromolekule) wat bestaan uit baie herhalende strukturele eenhede wat **monomere** genoem word, en verskeie funksionele groepe het. Eenvoudiger gestel: 'n monomeer is soos 'n boublok.

DEFINISIE: Monomeer

'n Monomeer is 'n klein molekule wat deur 'n reaksie gekombineer kan word om 'n polimeer te vorm. Dit is 'n herhalende eenheid in 'n polimeer.

Wanneer baie monomere deur kovalente bindings saamgebind is, vorm hulle 'n **polimeer**.

DEFINISIE: Polimeer

Polimeer is 'n term wat gebruik word om groot molekule wat uit herhalende strukturele eenhede (monomere) bestaan, wat deur kovalente chemiese bindings aanmekaar geheg is.

In 'n **organiese polimeer** is die monomere aanmeekaargeskakel deur die *koolstofatome* van die polimeer ruggraat of *ketting*. 'n Polimeer kan ook **anorganies** wees, in welke geval daar atome soos *silikon* in die plek van die koolstofatome mag wees. Ons sal alleenlik na organiese polimere kyk. Polimere is 'n spesifieke groep van *makromolekule*. 'n Makromolekule is enige verbinding met 'n groot aantal atome. 'n *Biologiese makromolekule* is een wat in lewende organismes gevind word. Biologiese makromolekules sluit molekules soos koolhidrate, proteïene, nukleïensure en lipiede in. Hulle is noodsaaklik vir die voortbestaan van alle bekende vorms van lewe.

DEFINISIE: Makromolekule

'n Makromolekule is enige molekule wat uit 'n groot aantal atome bestaan.

Die sleuteleienskap wat 'n polimeer verskillend maak van ander makromolekule is die herhaling van identiese of soortgelyke monomere in die polimeer ketting. Polimere sal kettings van dieselfde tipe funksionele groep bevat, en daardie funksionele groep is afhanklik van die monomeer wat gebruik is. Die voorbeelde wat op die volgende bladsye gegee word sal help om hierdie konsepte duideliker te maak. *Plastieke* is 'n groep polimere wat gedurende vervaardiging gevorm kan word. Hulle kan een polimeer of 'n mengsel van polimere wees, en mag ook ander stowwe bevat. Hierdie ander stowwe kan anorganies wees (bv. soos gebruik vir elektroniese verpakking) of stabiliserend (bv. soos gebruik om vuurbestandheid te verbeter).

DEFINISIE: Plastiek

'n Subgroep van organiese polimere wat gevorm kan word. Plastieke mag meer as een organiese polimeer bevat, sowel as ander bymiddels.

Aktiwiteit: Wat is 'n polimeer?

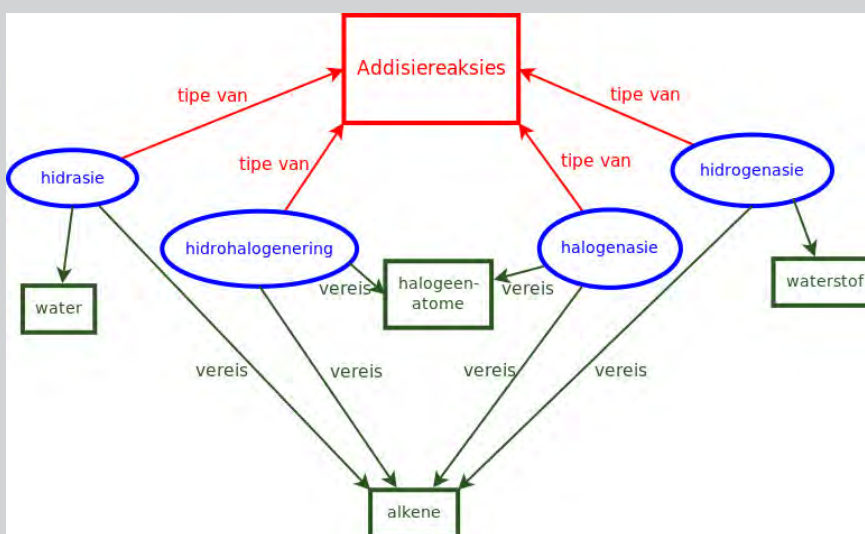
1. SASOL Polimere is die grootste afdeling van die Johannesburg-gebaseerde maatskappy se chemiese besigheid. Verdeel die klas in 4 groepe en laat elke groep die vervaardiging van polimere in Suid-Afrika navors, insluitende ondersoek van een van die produkte hieronder gelys:

- Kevlar en Mylar
- Remskoene
- Motorruite
- Polimere om glas te vervang

Doen navorsing oor die funksies van die materiale, wie dit ontdek of eerste vervaardig het, asook waarvan hulle gemaak is. Dra jou bevindings in 'n 5 minute besprekingsessie aan die res van die klas voor.

2. Lees hierdie afdeling (Wat is 'n polimeer?) sorgvuldig deur. Doen navorsing oor begrippe wat jy nie verstaan nie, en teken 'n konsepkaart (breinkaart of "mindmap") om te beskryf wat 'n polimeer is.

'n *Konsepkaart* is 'n manier waarmee begrippe en verwante kennis deur middel van 'n grafiese voorstelling getoon word. 'n Voorbeeld word hieronder aange-
toon:



Hoe word polimere gevorm?

ESFWC

Polimere word gevorm deur 'n proses genoem **polimerisasie**, waar monomere met mekaar reageer om 'n polimeerketting te vorm. Twee van die tipes polimerisasiereaksies is **addisie-polimerisasie** en **kondensasie-polimerisasie**.

DEFINISIE: Polimerisasie

Polimerisasie is 'n proses waardeur monomere, of *enkel eenhede* verbind word om lang kettings, genoem polimere, te vorm.

Addisie-polimerisasie

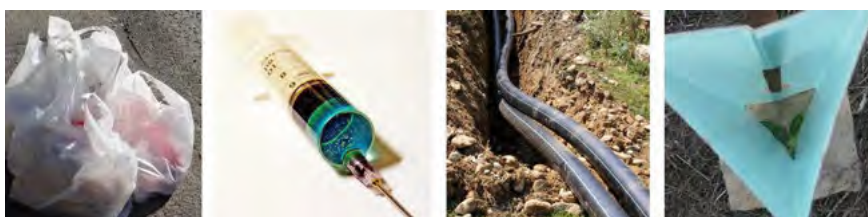
In hierdie tipe reaksie word **monomere molekules** by 'n groeiende **polimeerketting** een vir een bygevoeg. (Geen *klein molekules* word geëlimineer in die proses nie).

Vier belangrike voorbeelde van addisie polimere is politeen, polipropileen, polivinielchloried (PVC) en polistireen (Tabel 4.18). Al vier hierdie organiese polimere is ook plastieke.

Polimeer naam	Produksie (metrieke ton)	Enkele gebruike		
poliëtileen	>80 miljoen	plastiese sakke	bottels	plastiese films
polipropileen	>45 miljoen	etiketering	tekstiele	skryfbehoeftes
poliviniel chloried	>30 miljoen	konstruksie	klerasie	insulasie
polistireen	>2 miljoen	verpakkings-materiaal	gietvorm	eetgerei

Tabel 4.18: Algemene gebruike van vier belangrike polimere wat deur addisiereaksies gevorm word.

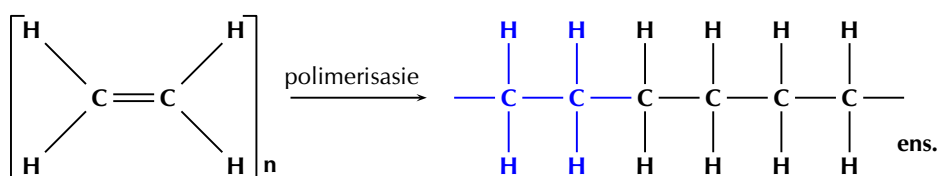
1. Politeen (poliëtileen)



Figuur 4.95: 'n Versameling produkte wat van politeen gemaak is: plastieksakke, 'n spuit, pype, 'n plastiese boonskerm.

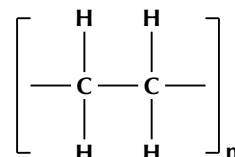
Vroeër in hierdie hoofstuk het ons gekyk na die struktuur van 'n groep koolwaterstowwe genoem die *alkene*. Een voorbeeld is die molekule **eteen**. Die struktuurformule van eteen word aangetoon in Figuur 4.96. Wanneer 'n klomp eteen molekules verbind word, vorm 'n polimeer, genoem **politeen** (algemeen bekend as poliëtileen). Eteen is die *onversadigde monomeer* wat, as dit aan ander eteen molekules deur 'n addisiereaksie verbind word, die *versadigde polimeer* **politeen** vorm.

Politeen is die mees algemeen gebruikte plastiek, met meer as 80 miljoen metrieke ton wat jaarliks geproduseer word. Dit is goedkoop en word gebruik in die vervaardiging van drukbottels, films, plastieksakke, speelgoed en gegote voorwerpe, sowel as vir elektriese isolasie. Dit het 'n herwinningsnommer van 4, en is maklik om te prosesseer, sterk, gehard, buigbaar, maklik om te seël, en waterbestand.



Figuur 4.96: Die polimerisasie van 'n **eteen** monomeer om 'n **politeen** polimeer te vorm. Die groep wat herhaal word, word in blou aangedui.

'n Polimeer kan 'n ketting van duisende monomere bevat, dus is dit onmoontlik om die hele polimeer voor te stel. Die struktuur van 'n polimeer kan egter gekondenseer word en voorgestel word soos in Figuur 4.97 aangedui word.



Figuur 4.97: 'n Vereenvoudigde voorstelling van politeen

Die monomeer word tussen hakies geskryf, en die letter *n* stel die aantal **herhalende groepe** (die versadigde vorm van die monomeer) in die polimeer voor, waar *n* 'n heelgetal is. Wat dit dus voorstel is dat die monomeer 'n oneindige aantal kere in 'n politeen molekule herhaal word.

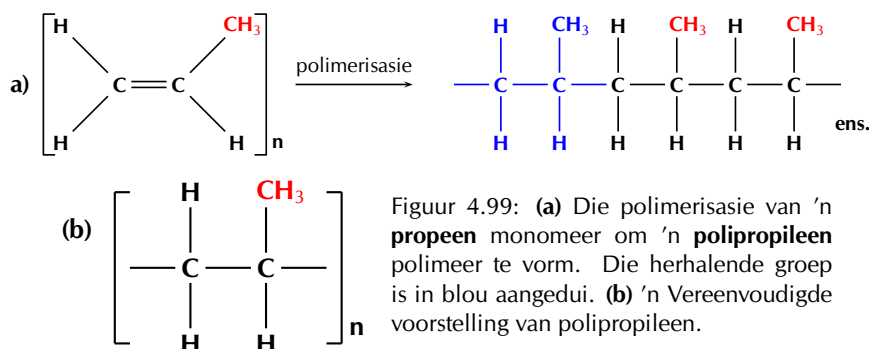
► Sien video: [2C7G](https://www.everythingscience.co.za/2C7G) op www.everythingscience.co.za

2. Polipropeen (polipropileen)



Figuur 4.98: 'n Versameling produkte gemaak van polipropileen: 'n lampskerm, rekenaaronderdele, en winkeltrollies.

Nog 'n voorbeeld van 'n polimeer is *polipropeen* (Figuur 2). Polipropeen (algemeen bekend as polipropileen) is ook 'n plastiek, maar dit is sterker as politeen, en word gebruik in die vervaardiging van kratte, vesels en toue. Dit word ook gebruik in tekstiele, skryfbehoeftes en motoronderdele. In hierdie polimeer is die monomeer die alkeen **propeen**.



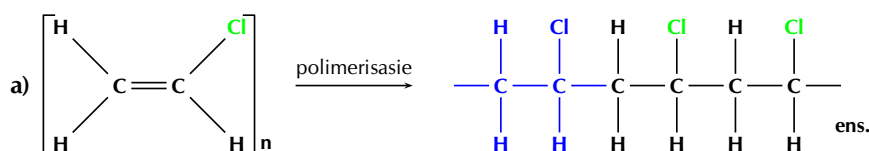
► Sien video: 2C7H op www.everythingscience.co.za

3. Polivinielchloried (PVC)



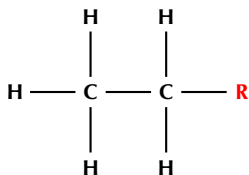
Figuur 4.100: 'n Versameling produkte gemaak uit polivinielchloried: pype, elektriese isolasieband en motoronderdele.

Polivinielchloried of PVC (Figuur 4.101) word gevorm van die monomeer chloor-eteen, algemeen bekend as vinielchloried. PVC word in die konstruksiebedryf gebruik, veral in die vervaardiging van plastiese pype. Met die byvoeging van 'n plastiseerder word dit ook in die kler- en bekleedselbedryf gebruik asook in die vervanging van rubber. Die rol van die plastiseerder is om die vermoë van 'n stof om van vorm te verander, sonder om te breek, te verbeter.

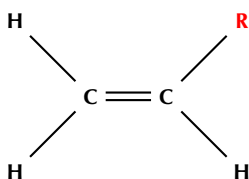


WENK

Eteniel is nie dieselfde as etiel nie. Etiel is 'n etaan molekule wat aan 'n ander verbinding gebind is (**R**). Eteniel is 'n eteen molekule wat aan 'n ander verbinding gebind is (**R**).



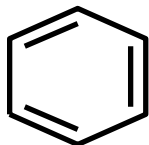
etiel



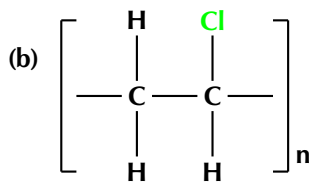
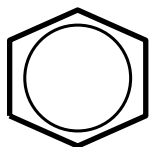
eteniel

FEIT

Benseen kan voorgestel word met drie dubbelbindings:



of met 'n sirkel binne die ring:

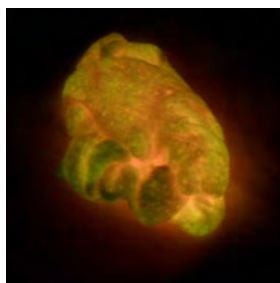


Figuur 4.101: (a) Die polymerisasie van 'n **chloorëtaan** monomeer om 'n **polivinielchloried** polimeer te vorm. Die herhalende groep word in blou aangedui. (b) 'n Vereenvoudigde voorstelling van polivinielchloried.

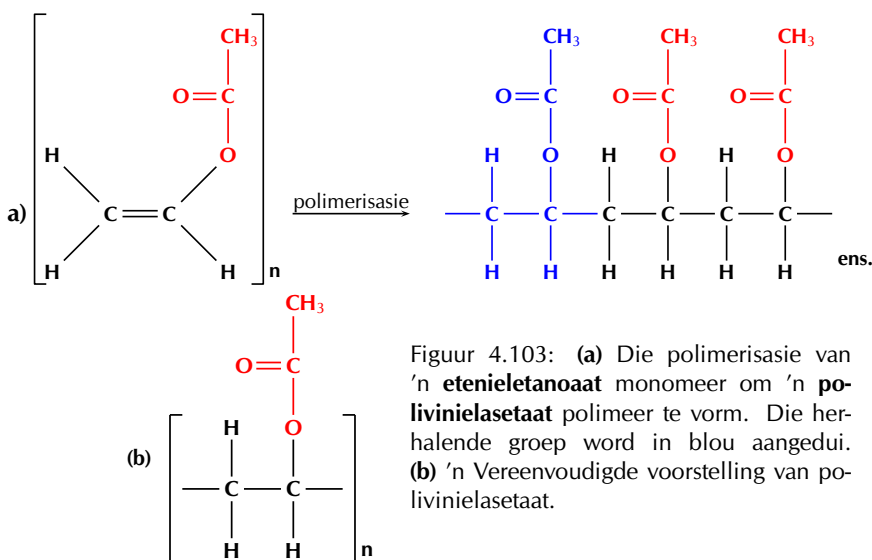
► Sien video: 2C7J op www.everythingscience.co.za

4. Polivinielasetaat

Polivinielasetaat of PVA (Figuur 4.103) word gevorm vanaf die monomeer etenietetanoaat, algemeen bekend as venielasetaat. PVA word gebruik in verskillende vorms van gom en hegmiddels (soos houtlym).



Figuur 4.102: Gloeiende slym wat met polivinielasetaat gemaak is.



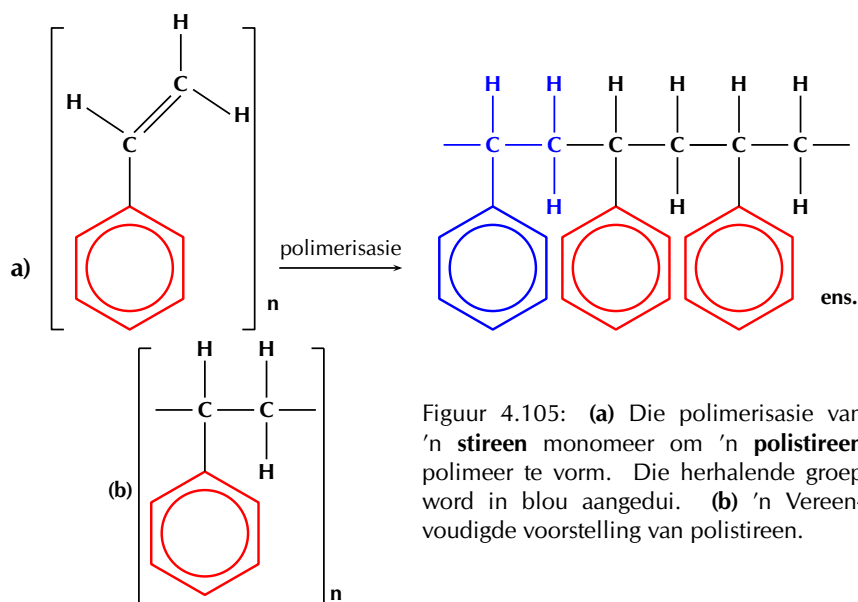
Figuur 4.103: (a) Die polymerisasie van 'n **etenietetanoaat** monomeer om 'n **polivinielasetaat** polimeer te vorm. Die herhalende groep word in blou aangedui. (b) 'n Vereenvoudigde voorstelling van polivinielasetaat.

5. Polistireen



Figuur 4.104: 'n Versameling produkte vervaardig uit polistireen: 'n koppie, 'n kitaarkas, polistireenbeelde, en drywende swembadnoedels ("pool noodles").

Polistireen is gemaak uit die monomeer *stireen* wat 'n vloeibare petrochemiese stof is. Stireen bevat 'n benseenring ('n seslid-ringstruktuur met drie dubbelbindings) wat aan 'n eteenketting gebind is. Polistireen is 'n aromatiese polimeer met baie gebruike, onder andere as verpakkingsmateriaal, in skinkborde, as plastiekdeksels, en bottels.



Figuur 4.105: (a) Die polimerisasie van 'n **stireen** monomeer om 'n **polistireen** polimeer te vorm. Die herhalende groep word in blou aangedui. (b) 'n Vereenvoudigde voorstelling van polistireen.

► Sien video: [2C7K](https://www.youtube.com/watch?v=2C7K) op www.everythingscience.co.za

Dit is interessant om te dink dat die polimerisasie van 'n monomeer verskillende fisiese eienskappe van die polimeer (Tabel 4.19) tot gevolg kan hê. Die smeltpunt van die polimeer hang af van die graad van die polimeer.

Naam	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)	Fase (by 25°C)
etileen	-169,2	-103,7	gas
poliëtileen	105 - 130	kook nie	vastestof
propileen	-185,2	-47,6	gas
polipropileen	130 - 171	kook nie	vastestof
vinielchloried	-153,8	-13,4	gas
polivinielchloried	100 - 260	kook nie	vastestof
vinielasetaat	-93	72,7	vloeistof
polivinielasetaat	60	kook nie	vastestof
stireen	-30	145	vloeistof
polistireen	240	kook nie	vastestof

Tabel 4.19: Verskillende fisiese eienskappe van addisie-monomere en polimere

Aktiwiteit: Ontwikkeling van addisie-polimere

Politeen is twee maal per ongeluk ontdek. Bestudeer die geskiedenis van hierdie algemeen gebruikte plastiek, sowel as ander addisie-polimere.

- Wie het hulle ontdek?
- Hoe is hulle ontdek?
- Watter verskil het hulle aan die moderne lewe gemaak?

Aktiwiteit: Die bou van polimere

Maak gebruik van atoommodelstelle, 'jelly tots', speelklei/deeg en tandestokkies om vier eteen-, vier propreen-, en vier vinielchloriedmonomere te bou.

FEIT

Onthou dat die IUPAC-naam van:

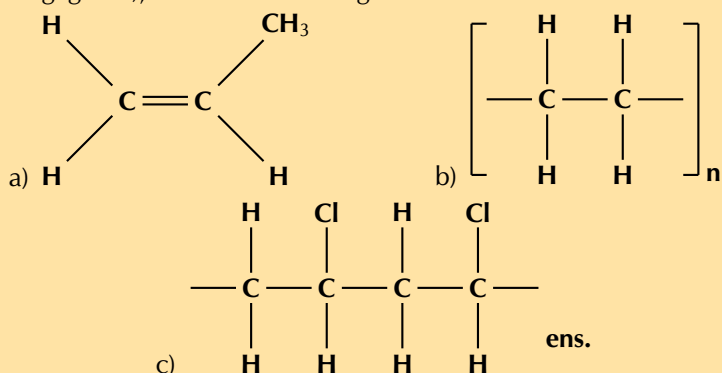
- etileen is eteen
- propileen is propreen
- vinielchloried is chloorëteen

- Verbind drie van elke tipe monomeer om politeen, polipropeen en polivinylchloried te vorm.
- Identifiseer die herhalende groep in elke polimeer.
- Maak 'n lys van die verskille en ooreenkomste tussen die monomere en die herhalende groep.

Neem kennis dat die monomere almal dubbelbindings het, terwyl die herhalende groep slegs 'n enkelbinding het.

Oefening 4 – 30: Addisie-polimere

1. Watter neiging is opmerklik as die smeltpunte van monomere en polimere vergelyk word?
2. Noem die monomeer (waar die polimeer gegee is), of die polimeer (waar die monomeer gegee is), vir elk van die volgende:



3. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C7M 2. 2C7N



www.everythingscience.co.za



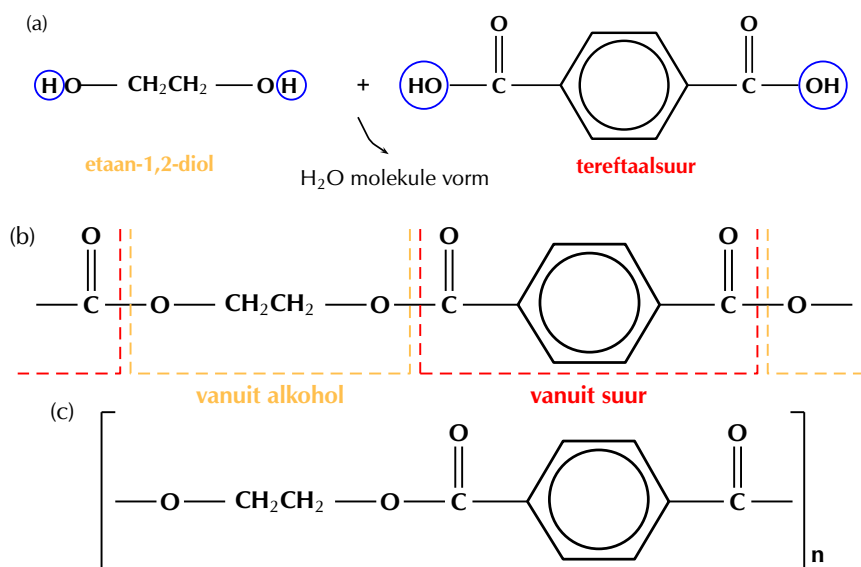
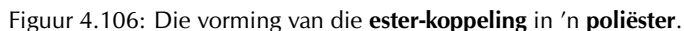
m.everythingscience.co.za

Kondensasie polimerisasie

In hierdie tipe reaksie verbind twee monomeer molekules deur middel van 'n kovalente binding, en 'n klein molekule soos water word gevorm in die bindingsproses. Amper alle biologiese makromolekules word deur hierdie proses gevorm. **Poliësters** is polimere wat vorm deur kondensasie polimerisasie.

Poliësters bevat 'n aantal eienskappe wat hulle baie bruikbaar maak. Hulle bied weerstand teen inkrimping en uitsetting, is maklik wasbaar en word gou droog, en is ook bestand teen skimmel. Dit is as gevolg van hierdie redes dat poliësters al meer en meer in **tekstiele** gebruik word. Poliësters word uitgetrek in vesels en kan dan gebruik word in die vervaardiging van materiaal en klerasie. Tuis word poliësters gebruik om klere, matte, gordyne, lakens, kussings en bekleedsels te maak.

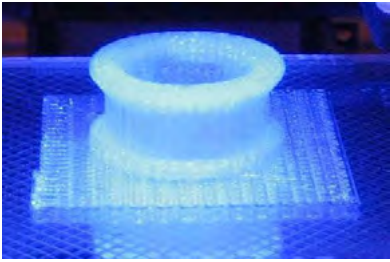
Poliësters is 'n groep polimere wat die **ester** funksionele groep in die hoofketting bevat. Hierdie binding word 'n **ester-koppeling** genoem. 'n Poliëster moet egter 'n aaneenlopende ketting hê. Dit benodig 'n **-diol** (twee alkohol funksionele groepe) en 'n **-disuur** (twee karboksielsuur funksionele groepe) soos aangetoon in Figuur 4.106, of 'n monomeer wat beide 'n hidroksielgroep en 'n karboksielsuur bevat.



FEIT

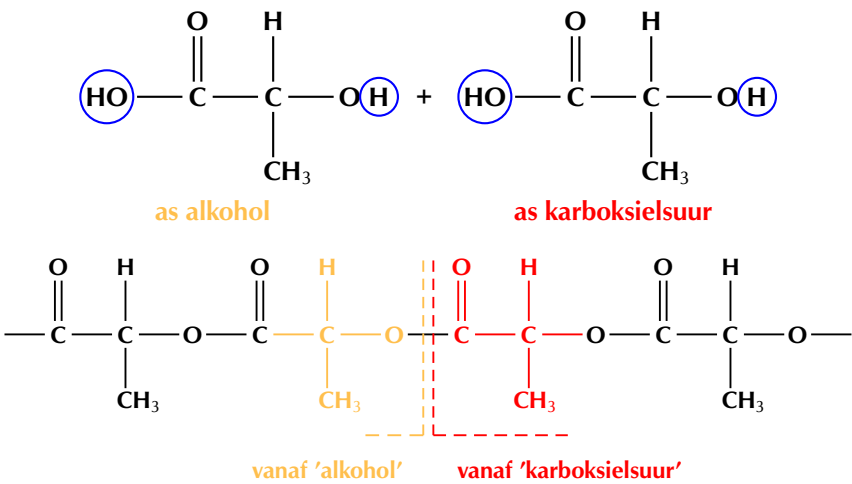
3-D drukwerk is die proses waardeur 'n soliede, drie-dimensionele voorwerp gedruk word. As jy 'n 3-D-drukker het, is dit moontlik om enige voorwerp te druk, vanaf mode items (bv. selfoon oortreksels) tot menslike organe, alhoewel die druk van organe lewende selle as die 'ink' benodig.

2. Poli-aktiesesuur (PLA)



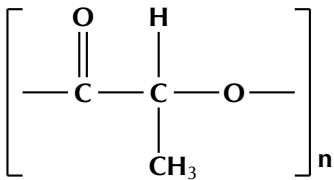
Figuur 4.109: 3-D drukproses waartydens poli-aktiesesuur as ink gebruik word.

Ondanks die naam, is poliaktiesesuur (PLA) eintlik 'n poliëster (sien die ester-koppeling voorheen bespreek). Dit is 'n interessante polimeer aangesien die monomeer wat vir hierdie polimeer gebruik word, (Figuur 4.110) afkomstig is van die biologiese fermentasie van plantmateriaal, terwyl die meeste monomere wat in plastiek gebruik word, afkomstig is van petroleum. As gevolg hiervan is PLA bio-afbreekbaar, met 'n lae koolstofdioksied (CO₂) vrystelling.



Figuur 4.110: Ester-koppelings tussen laktiesesuur monomere.

PLA word hoofsaaklik gebruik as verpakkingsmateriaal, en aangesien dit bioafbreekbaar is, het dit die potensiaal om grondopvulling-afvalverwydering probleme te verlig. Die PLA polimeer se herhalende groep word aangetoon in Figuur 4.111.



Figuur 4.111: Die poliëster poliaktiesesuur

► Sien video: 2C7Q op www.everythingscience.co.za

Polimeernaam	Enkele gebruike		
poliëtileen-tereftalaat	sentetiese vesel	plastiekhouders	harpuise
poliaktiesesuur	mediese inplantings	verpakkings-materiaal	tekstiele

Tabel 4.20: Enkele algemene gebruike van polimere wat deur kondensasiereaksies gevorm is.

Vir poliëtileentereftalaat word twee monomere, *etileenglikol* en *tereftaalsuur*, saamgevoeg om die polimeer te vorm. Elke monomeer het sy eie unieke eienskappe (Tabel 4.21).

Naam	Monomeer/ polimeer	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)	Fase (by 25°C)
tereftaalsuur	monomeer	300	sublimeer (vastestof → gas)	vastestof
etileenglikol	monomeer	-12,9	197,3	vloeistof
poliëtileen- tereftalaat	polimeer	>250	ontbind	vastestof
laktiese suur	monomeer	16,8	122	vloeistof
polilaktiesesuur	polimeer	150 - 160	kook nie	vastestof

Tabel 4.21: Verskillende fisiese eienskappe van kondensasie monomere en polimere

Oefening 4 – 31: Kondensasie polimere

1. Wat is die belangrikste verskil tussen die reaktante wat in 'n addisie-polimerisasie en in 'n kondensasie-polimerisasie gebruik word?
2. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C7R



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Uitbreiding

Inisiasie, propagering en terminering

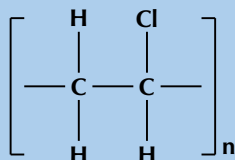
Daar is drie stappe in die proses van addisie-polimerisasie. **Inisiasie** verwys na 'n chemiese reaksie wat die sneller is vir een of meer sekondêre reaksies. Inisiasie is dus die vertrekpunt van 'n polimerisasie reaksie. **Kettingreaksie** is die deel waar monomere voortduur tot 'n langer en langer polimeerketting gevoeg word. Gedurende 'n kettingreaksie is dit die reaktiewe eindgroepe van die polimeerketting wat tydens elke stap reageer, om 'n nuwe monomeer tot die ketting toe te voeg. Wanneer 'n monomeer bygevoeg word, is die reaktiewe deel van die polimeer nou in hierdie laaste monomeer en kan die kettingreaksie dus voortduur. **Beëindiging** verwys na 'n chemiese reaksie wat die aktiewe deel van die polimeerketting vernietig word, sodat die kettingreaksie tot stilstand kom.

Dit is belangrik om die monomeer wat gebruik word om die polimeer uit die herhalende groep van die ketting te vorm, te kan identifiseer.

Uitgewerkte voorbeeld 32: Identifisering van monomere

VRAAG

Watter monomeer is gebruik om hierdie polimeer te vorm (gee die naam en teken sy struktuur)



OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die polimeer deur sy funksionele groepe

Hierdie polimeer bevat 'n chlooratoom. Watter polimeer bevat chloor? Polivinielchlooried bevat chloor.

Stap 2: Dink aan wat jy van hierdie polimeer weet

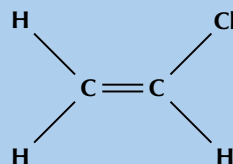
PVC word gevorm deur 'n addisiereaksie. Daar is twee koolstowwe in die herhalende groep (etaan), en die polimeer bevat chlooratome.

Stap 3: Pas hierdie kennis op die monomeer toe

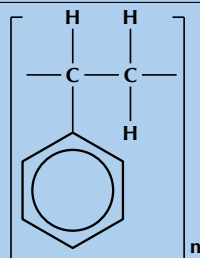
'n Addisiereaksie is 'n aanduiding dat die monomeer 'n dubbelbinding moet bevat. Aangesien die polimeer etaan-groepe bevat, moet die monomeer eteen wees. Die monomeer moet 'n chlooratoom bevat.

Stap 4: Benoem die monomeer

Die monomeer moet **chloorëtaan**, ook bekend as **vinielchloried**, wees

Stap 5: Teken die struktuur van hierdie monomeer**Uitgewerkte voorbeeld 33: Identifisering van monomere****VRAAG**

Watter monomeer is gebruik om hierdie polimeer te vorm (gee die naam en teken sy struktuur)

**OPLOSSING****Stap 1: Identifiseer die polimeer deur sy funksionele groepe**

Hierdie polimeer bevat 'n benseenring gebind aan twee koolstofatome. Watter polimeer bevat 'n benseenring? Polistireen bevat 'n benseenring wat gebind is aan twee koolstofatome.

Stap 2: Dink aan wat jy van hierdie polimeer weet

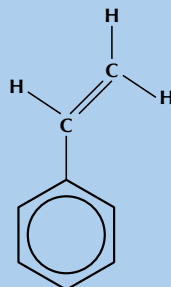
Polistireen word gevorm deur 'n addisiereaksie. Daar is twee koolstofatome gebind aan die benseenring.

Stap 3: Pas hierdie kennis op die monomeer toe

'n Addisiereaksie is 'n aanduiding dat die monomeer 'n dubbelbinding moet bevat. Die polimeer bevat twee koolstofatome wat aan die benseenring gebind is, wat met 'n dubbelbinding aan die monomeer gebind is.

Stap 4: Benoem die monomeer

Die monomeer is **stireen**.

Stap 5: Teken die struktuur van hierdie monomeer

Uitgewerkte voorbeeld 34: Identifisering van monomere

VRAAG

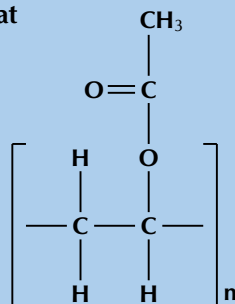
Gee die struktuur van die monomeer wat gebruik word om polivinielasetaat te berei.

OPLOSSING

Stap 1: Teken die herhalende groep van polivinielasetaat

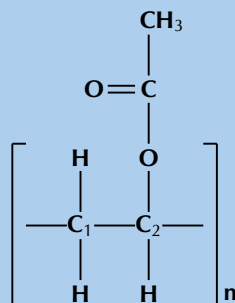
Stap 2: Dink aan wat jy van hierdie polimeer weet

Polivinielasetaat moet uit vinielasetaat gevorm word.
Die IUPAC-naam vir vinielasetaat is etenieletanoaat.
Die polimeer vorm met behulp van 'n addisiereaksie.

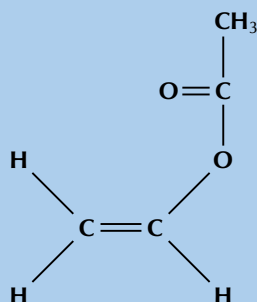


Stap 3: Pas hierdie kennis op die monomeer toe

'n Addisiereaksie impliseer dat die monomeer 'n dubbelbinding moet bevat. Die enigste plek waar dit kan gebeur is tussen koolstowwe 1 en 2:



Stap 4: Teken die struktuur van die monomeer



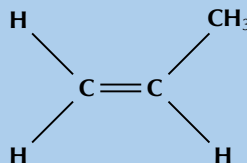
Uitgewerkte voorbeeld 35: Die identifisering van polimere

VRAAG

Watter polimeer word gevorm uit propene? Gee die naam en die herhalende groep.

OPLOSSING

Stap 1: Teken die struktuur wat die monomeer voorstel



Stap 2: Dink aan wat jy van hierdie monomeer weet

Propene bevat 'n dubbelbinding tussen die eerste en tweede koolstowwe.

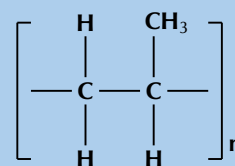
Stap 3: Pas hierdie kennis op die polimeer toe

Die polimeer moet gevorm word deur 'n addisiereaksie wat die dubbelbinding breek. Daar moet 'n metielgroep op elke tweede koolstofatoom wees.

Stap 4: Benaming van die polimeer

Die polimeer moet **polipropreen** (polipropileen) wees.

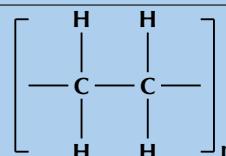
Stap 5: Teken die herhalende strukturele eenheid van hierdie polimeer



Uitgewerkte voorbeeld 36: Identifisering van tipes polimerisasiereaksies

VRAAG

Is hierdie polimeer gevorm deur 'n addisie- of kondensasie reaksie?



OPLOSSING

Stap 1: Kyk na die tipe bindings en funksionele groepe in die herhalende groep van die polimeer

Daar is slegs enkel koolstof-koolstof bindings, en geen funksionele groepe.

Stap 2: Watter tipe monomeer kon hierdie polimeer vorm?

Aangesien daar geen suurstofatome in die herhalende groep is nie, kon hierdie polimeer slegs ontstaan uit 'n monomeer wat 'n dubbelbinding bevat.

Stap 3: Pas hierdie kennis toe om die tipe reaksie te bepaal

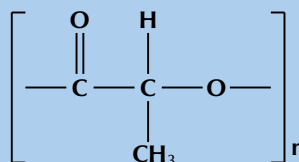
Die polimeer moes gevorm word deur 'n **addisie** reaksie.

(Dit is politeen en is gevorm deur die addisie van eteen monomere).

Uitgewerkte voorbeeld 37: Identifisering van tipes polimerisasiereaksies

VRAAG

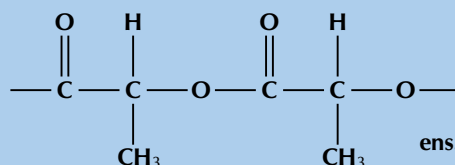
Is hierdie polimeer gevorm deur 'n addisie- of kondensasie reaksie?



OPLOSSING

Stap 1: Kyk na die tipe bindings in die polimeer se herhalende groep

Daar is koolstof-koolstof enkelbindings. As jy die herhalende groep uitbrei, sal jy sien dat daar 'n ester-koppeling in die strukturele ketting is.



Stap 2: Watter tipe monomeer kon hierdie polimeer vorm?

Die ester-koppeling benodig 'n alkohol en 'n karboksielsuur monomeer, of 'n monomeer wat beide 'n hidroksiel- en 'n karboksiel funksionele groep bevat.

Stap 3: Pas hierdie kennis toe om die tipe reaksie te bepaal

Die reaksie tussen 'n alkohol en 'n karboksielsuur om 'n ester te vorm (met gepaardgaande verlies van water) is 'n **kondensasie** reaksie.

(Dit is 'n polilaktiesesuur wat gevorm is deur die kondensasiereaksie van laktiese suur-monomere).

Algemene eksperiment: Maak polimeerslym

Doel:

Om die verskille tussen slym te vergelyk wat gemaak is van polivinielalkohol en polivinielasetaat.

Apparaat:

- 4% vloeibare polivinielalkohol-oplossing, 4% vloeibare boraks (hidreerde natriumtetraboraat)-oplossing, wit houtlym (polivinielasetaat), voedselkleursel
- 'n beker, twee weggooibare plastiese koppies, 'n metaalspatel, weggooibare plastiese handskoene

Metode:

1. Plaas 40 cm³ van die polivinielalkohol oplossing in een koppie en noem dit A.
2. Plaas 20 cm³ van die houtlym in die tweede koppie. Voeg 20 cm³ water by en roer. Noem hierdie koppie B.
3. Voeg een druppel voedselkleursel by elke koppie en roer goed.
4. Gooi 10 cm³ van die borakoplossing in die beker en voeg dit dan by koppie A.
5. Herhaal stap 4 met koppie B
6. Roer totdat dit vloeibaar is (slym gevorm het)
7. Trek die plastiese handskoene aan, vat die slym uit koppie A en rol dit in jou hand om die lugblasies te verwyder. Doen dieselfde met koppie B.

Vrae:

1. Trek die slym van elke koppie stadig uitmekaar. Wat gebeur?
2. Trek dit vinnig uitmekaar. Wat gebeur?
3. Rol elke slymstuk in 'n bal en laat dit op die tafel val. Wat gebeur?
4. Plaas 'n klein stukkie van elke stuk slym op die tafel en slaan dit hard met jou hand. Wat gebeur?
5. Wat is die ooreenkomste en verskille tussen die twee tipes slym?

Bespreking en gevolgtrekkings:

Jy sou gevind het dat die slym nie opbreek as dit stadig uitgetrek word nie, maar sal breek as dit vinnig gedoen word. Dit is omdat die slym kan uitsit onder spanning. Dit behoort selfs effens te hop as dit op 'n harde oppervlak gegooi word.

Impak van polimere en plastiek

ESFWD

Plastiek en die omgewing

Alhoewel plastiek wêreldwyd 'n groot impak gehad het, is daar ook 'n hoë omgewingsprys betaal vir die gebruik daarvan. Die volgende is slegs enkele voorbeelde van die skade wat plastiek aan die omgewing kan doen.

1. Afvalverwydering

Plastiek word nie maklik deur mikroörganismes afgebreek nie, en hulle is dus nie maklik bio-afbreekbaar nie. Dit lei tot probleme met die verwydering van afval.

FEIT
 Die Groot Stille Oseaan Rommel Gebied is 'n groot area van plastiese afval wat in die sentraal Noord Stille Oseaan versamel het. Dit word bereken dat dit ten minste 700 000 km² beslaan.



- Lugbesoedeling**
 As plastiek verbrand word, lei dit tot die vrystelling van giftige gasse soos koolstofmonoksied, waterstofsianied en waterstofchloried (in besonder van PVC en ander plastiek wat chloor en stikstof bevat)
- Herwinning**
 Dit is moeilik om plastiek te herwin om weer te gebruik aangesien elke tipe plastiek verskillende eienskappe het en dus is verskillende herwinningsmetodes nodig vir elke tipe plastiek. Sommige plastieke kan gesmelt en weer gebruik word, terwyl ander opgemaal en as grondopvulling gebruik kan word. Een van die probleme met die herwinning van plastiek is dat dit volgens plastiek *tipe* gesorteer moet word. 'n Lys van sommige van die verskillende plastiektipes en hulle identifikasiekodes word gegee in Tabel 4.22. Alternatiewelik, behoort plastiek weer gebruik te word. In baie lande, insluitende Suid Afrika, moet verbruikers nou betaal vir hulle plastieksakke. Dit moedig mense aan om die sakke wat hulle reeds het weer te gebruik.

PIC	Plastiektipe	Eienskappe	Gebruike	Herwinning
	poliëtileen tereftalaat	baie helder hoë sterkte bestand teen gas bestand teen vog	waterbottels houers vir grondboontjebotter mondspoelbottels	blikkie herwinning meeste plekke
	hoë digtheid poliëtileen	baie stram hoë sterkte versperring vir vog laat gas deur	jogurthouers skoonmaakmiddel- bottels ontbytgraansakkies	blikkie herwinning meeste plekke
	poliviniel chloried	kan maklik gemeng word hoë sterkte baie sterk	skoonmaakmiddel- bottels, mediese apparaat pype	baie selde herwin
	lae-digtheid poliëtileen	baie buigsaam hoë sterkte bestand teen vog	klerasie uitdruk-bottels broodsakkies	nie dikwels herwin nie
	polipropileen	hoë sterkte weerstand hitte bestand teen vog	stroopbottels plastiekdoppies strooitjies	redelik maklik om te herwin
	polistireen	baie gebruike baie helder, word maklik gevorm	eierhouers weggooibare bekertjies wegneemete houers	redelik maklik om te herwin
	ander	afhanklik van kombinasie van polimere	groot houers sonbrille rekenaarkaste	dikwels nie herwin nie

Tabel 4.22: Die plastiek-indentifikasiekode (PIK), tipe, eienskappe en gebruike van verskeie algemeen gebruikte plastieke.

Gevallestudie: Plastiekbesoedeling in Suid-Afrika

Lees die volgende uittreksel wat geneem is uit *Planet Ark* (September 2003), en beantwoord dan die vrae wat volg.

'Suid-Afrika stuur die week 'n program van stapel om sy nasionale blom uit te roei - die miljoene gebruikte plastieksakke wat die hele land vol lê. Vanaf Vrydag moet plastiek inkopiesakke wat in die land gebruik word beide dikker en meer herwinbaar wees, 'n stap wat amptenare hoop mense sal keer om hulle sommer net weg te gooi. 'Die regering het plastieksakke geteiken omdat hulle die mees sigbare tipe afval is,' het Phindile Makwakwa, woordvoerder vir die Departement van Omgewingsake en Toerisme, gesê. 'Maar hierdie stap gaan meestal daaroor om mense se ingesteldhede teenoor die omgewing te verander.'

Suid-Afrika is oortrek met plastiekbesoedeling. Plastieksakke is só 'n algemene oogseer dat hulle sypaadjie-madeliefies genoem is, en na verwys word as the nasionale blom. Bill Naude van die Plastiekfederasie van Suid-Afrika het gesê dat die land jaarliks omtrent agt biljoen plastieksakke gebruik, 'n getal wat met 50 persent kan daal as die nuwe wet werk.'

Dit is soms moeilik om jouself in te dink presies hoeveel afval elke jaar in ons land geproduseer word. Waar gaan dit alles heen? Jy gaan 'n paar eenvoudige berekeninge maak om te probeer om die volume plastieksakke wat elke jaar in Suid-Afrika vervaardig word, te skat.

1. Neem 'n plastiek inkopiesak, en vou dit totdat dit 'n styf saamgepersde blokkie vorm.
 - a) Meet die benaderde lengte, breedte en diepte van jou saamgepersde plastieksak.
 - b) Bereken die benaderde volume wat deur die sak beset word.
 - c) Bereken nou die benaderde volume van jou klaskamer deur sy lengte, breedte en diepte te meet.
 - d) Bereken nou die aantal saamgepersde plastieksakke wat in 'n klaskamer met hierdie volume sal inpas.
 - e) Indien Suid-Afrika jaarliks 'n gemiddeld van 8 biljoen plastieksakke vervaardig, hoeveel klaskamers sal hiermee gevul kan word as die sakke weggegooi word en nie hergebruik word nie?
2. Wat het Suid-Afrika gedoen om te probeer om die hoeveelheid plastieksakke wat vervaardig word te verminder?
3. Dink jy dat dit die situasie verbeter het?
4. Wat kan jy doen om die hoeveelheid plastiek wat jy weggooi te verminder?
5. Doen 'n opname onder jou klasmaats, familie en vriende oor die hoeveelhede en tipes vaste afval wat hulle genereer. Watter metodes kan hulle gebruik om hierdie afval te verminder?
6. Dit is nou reeds meer as tien jaar sedert winkels begin het om geld vir plastieksakke te vra. Doen navorsing oor die effek wat hierdie wet op Suid-Afrikaanse plastiekafval gehad het.

Gevallestudie: Biodegradeerbare plastieke

Lees die volgende uittreksel, wat uit *Nova: Science in the News* (Julie 2006) geneem is, en beantwoord dan die vrae wat volg.

Dit lyk asof ons hele wêreld in plastiek toegedraai is. Bykans elke produk wat ons koop, meeste van die kos wat ons eet, en baie van die vloeistowwe wat ons drink is in plastiek toegemaak. Plastiekverpakking lewer uitstekende beskerming aan die produk, is maklik om te vervaardig en hou oënskynlik vir altyd. Maar dat plastiek baie lank hou blyk ook nou 'n

groot omgewingsprobleem te wees. Nog 'n probleem is dat tradisionele plastiek vanuit nie-hernubare bronne - olie, steenkool en gas, vervaardig word. In 'n poging om hierdie probleme te oorkom, probeer navorsers en ingenieurs om biodegradeerbare plastieke wat uit hernubare bronne soos plante gemaak is, te ontwikkel.

Die term biodegradeerbare plastiek verwys na 'n stof wat na eenvoudiger stowwe afgebreek kan word deur middel van die aktiwiteite van lewende organismes, en wat dus onwaarskynlik vir 'n lang tyd in die omgewing sal voortbestaan. Die rede waarom meeste plastieke nie biodegradeerbaar is nie, is omdat hulle polimeermolekule te groot is en te sterk gebind is om opgebreek en gebruik te word deur ontbindingsorganismes. Plastieke wat gebaseer is op natuurlike plantpolimere wat vanaf koring- of mieliestysel kom, bestaan uit molekule wat makliker deur mikrobies afgebreek kan word.

Stysel is 'n natuurlike polimeer. Dit is 'n wit, korrelagtige koolhidraat wat deur plante vervaardig word gedurende fotosintese, en dit dien as die plant se energiestoor. Baie plante bevat groot hoeveelhede stysel. Stysel kan direk in 'n bioplastiek omgeskakel word, maar omdat stysel oplosbaar is in water, sal artikels wat van stysel gemaak word uitswel en vervorm as hulle aan vogtigheid blootgestel word, wat hul bruikbaarheid beperk. Hierdie probleem kan oorkom word deur stysel na 'n ander polimeer om te sit. Eerstens word die stysel vanuit mielies, koring of aartappels geoes, en dan sit mikroörganismes dit om in melksuur, 'n monomeer. Laastens word die melksuur chemies behandel om te veroorsaak dat die melksuurmolekule bind om lang kettings of polimere te vorm, wat saambind om 'n plastiek wat polilaktied (PLA) genoem word, te vorm.

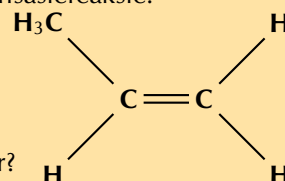
PLA kan vir produkte soos plantpote en weggoobare doeke gebruik word. Dit is reeds sedert 1990 in sommige lande kommersieel beskikbaar, en sekere mengsels is met welslae gebruik in mediese inplantings, oplosbare steke en geneesmiddel-toedieningsisteme, omdat hulle met tyd oplos en verdwyn. Omdat PLA egter baie duurder as gewone plastieke is, het dit nie so gewild geraak as wat 'n mens sou kon hoop nie.

Vrae:

1. Verduidelik in jou eie woorde wat bedoel word met 'n biodegradeerbare plastiek.
2. Gebruik jou kennis van chemiese binding om te verduidelik hoekom sommige polimere biodegradeerbaar is, en ander nie.
3. Verduidelik hoekom melksuur 'n meer bruikbare monomeer as stysel is vir die maak van biodegradeerbare plastiek.
4. As jy 'n verbruiker was, sou jy kies om eerder 'n biodegradeerbare plastiek as 'n ander soort te gebruik? Verduidelik jou antwoord.
5. Wat dink jy kan gedoen word om biodegradeerbare plastieke meer gewild onder verbruikers te maak?

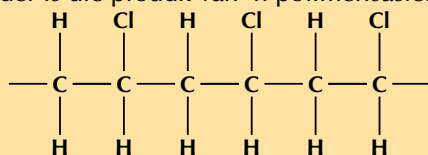
Oefening 4 – 32: Polimere

1. Die volgende monomeer is 'n reaktant in 'n polimerisasiereaksie:



- a) Wat is die IUPAC-naam van hierdie monomeer?

- b) Gee die struktuurformule van die polimeer wat in hierdie polimerisasie-reaksie gevorm word.
- c) Is die reaksie 'n addisie- of 'n kondensasiereaksie?
2. Die polimeer hieronder is die produk van 'n polimerisasie-reaksie.



- a) Gee die struktuurformule van die monomeer wat gebruik is om hierdie polimeer te vorm.
- b) Wat is die naam van die monomeer?
- c) Teken die gekondenseerde formule van die polimeer (die eenheid wat herhaal word).
- d) Is hierdie polimeer deur 'n addisie- of 'n kondensasie-polimerisasie-reaksie gevorm?
3. 'n Polimerisasie-reaksie vind plaas tussen twee melksuurmonomere.
- a) Gee die strukturele voorstelling van:
- melksuur
 - die herhalende eenheid van die polimeerproduk.
- b) Wat is die naam van die produk?
- c) Is hierdie polimeer deur 'n addisie- of 'n kondensasie-polimerisasie-reaksie gevorm?
4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C7S 2. 2C7T 3. 2C7V



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

4.8 Hoofstukopsomming

ESFWF

- Sien aanbieding: 2C7W op www.everythingscience.co.za
- Sien aanbieding: 2C7X op www.everythingscience.co.za

- **Organiese chemie** is die vertakking van chemie wat oor organiese molekule handel. 'n **Organiese molekule** is een wat koolstof bevat.
- Alle **lewende organismes** bevat koolstof. Plante gebruik sonlig om koolstofdioksied in die lug om te sit na organiese verbindings deur middel van die proses van **fotosintese**. Diere en ander organismes voed dan op die plante om hul eie organiese verbindings te verkry. **Fossielbrandstowwe** is nog 'n belangrike bron van koolstof.
- Dit is die **unieke eienskappe van die koolstofatoom** wat organiese verbindings sekere eienskappe gee.
- Die koolstofatoom het **vier valenselektrone**, dus kan dit met baie ander atome bind, wat dikwels aanleiding gee tot langketting strukture. Dit vorm ook meestal **kovalente bindings** met die atome waarmee dit bind.
- 'n Organiese verbinding kan op verskillende maniere voorgestel word, deur gebruik te maak van sy **molekulêre formule**, **struktuurformule**, **semi-struktuur formule** of **gekondenseerde struktuurformule**.

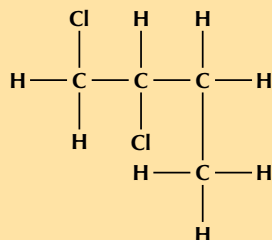
- 'n **Funksionele groep** is 'n spesifieke groep atome in 'n molekule wat sekere chemiese reaksiekarakteristieke aan dit gee. Organiese verbindings kan saamge-groepeer word volgens hulle funksionele groep.
- Die **koolwaterstowwe** is organiese verbindings wat slegs koolstof en waterstof bevat. Hulle kan verder onderverdeel word in alkane, alkene en alkyne, op grond van die tipe bindings tussen die koolstofatome.
- Die **alkane** het slegs **enkelbindings** tussen hul koolstofatome en is onreaktief. Die **alkene** het ten minste een **dubbelbinding** tussen twee van hul koolstofatome, en die **alkyne** het ten minste een **trippel binding** tussen twee van hul koolstofatome. Hulle is beide meer reaktief as die alkane.
- 'n **Alkohol** is 'n organiese verbinding wat 'n **hidroksielgroep** ($-OH$) bevat.
- Die alkohole het 'n aantal verskillende gebruike, insluitende as oplosmiddel, vir medisinale doeleindes en in alkoholiese drankie.
- Die alkohole deel 'n aantal **eienskappe** as gevolg van die hidroksielgroep. Die hidroksielgroep beïnvloed die **oplosbaarheid** van die alkohole (in water). Dié met korter koolstofkettings is oor die algemeen meer oplosbaar, en dié met langer kettings is minder oplosbaar. Die sterk waterstofbinding tussen die waterstof- en suurstofatome in die hidroksielgroep gee aan alkohole 'n hoër smelt- en kookpunt as die koolwaterstowwe.
- 'n **Karbonielgroep** bestaan uit 'n suurstofatoom wat dubbelgebind is aan 'n koolstofatoom. In 'n **ketoen** is die karbonielgroep in die middel van die koolstofketting. In 'n **aldehyd** is die karbonielgroep aan die punt van die ketting.
- Die **karboksiesure** is organiese sure wat 'n **karboksielgroep** met die formule $-COOH$ bevat. In 'n karboksielgroep is 'n koolstofatoom dubbelgebind aan 'n suurstofatoom, en is dit ook aan 'n hidroksielgroep gebind.
- Die karboksiesure het swak **suureienskappe** omdat die waterstofatoom van die karboksielgroep af kan dissosieer.
- 'n **Ester** word gevorm wanneer 'n alkohol reageer met 'n karboksiesuur. Esters bevat 'n karboniel funksionele groep, sowel as 'n suurstofatoom gebind aan 'n karboniel koolstofatoom en nog 'n koolstofatoom.
- Dit word gesê dat 'n molekule **versadig** is as dit die maksimum moontlike aantal waterstof (of ander) atome vir daardie molekule bevat. Die alkane is almal versadigde verbindings.
- 'n Molekule is **onversadig** as dit nie die maksimum aantal waterstofatome vir daardie molekule bevat nie. Die alkene en alkyne is voorbeelde van onversadigde molekule. As 'n dubbel- of trippelbinding gebreek word, kan meer waterstof (of ander) atome by die molekule gevoeg word.
- As twee verbindings **isomere** is, beteken dit dat hulle dieselfde molekulêre formules het, maar verskillende struktuurformule.
- Organiese verbindings word **benoem** volgens hul funksionele groep en sy posisie in die molekule, die aantal koolstofatome in die molekule, en die posisie van enige dubbel- en trippelbindings. Die IUPAC reëls vir nomenklatuur word vir die benaming van molekule gebruik.
- Baie van die **eienskappe** van die koolwaterstowwe word bepaal deur hulle **molekulêre struktuur**, die **bindings** tussen atome en molekule, en hul **oppervlakarea**.
- Die **smeltpunte** en **kookpunte** van die koolwaterstowwe neem toe soos hul aantal koolstofatome toeneem.
- Die **molekulêre massa** van die koolwaterstowwe bepaal of hulle by spesifieke temperature in die gas-, vloeistof- of vastestof fase sal wees.
- Hoe swakker die **intermolekulêre kragte** tussen molekule, hoe meer **vlugtig** en hoër is die **dampdruk** van daardie verbinding. Haloalkane raak minder vlugtig hoe meer halogeenatome hulle bevat. Dit is die gevolg van verhoogde inter-

molekulêre kragte.

- Drie tipes reaksies wat plaasvind is **addisie**, **eliminasië** en **substitusie**. Die alkene ondergaan **addisie** reaksies omdat hulle onversadig is.
- 'n **Polimeer** is 'n makromolekule wat bestaan uit baie herhaalde eenhede wat **monomere** genoem word, en wat deur kovalente bindings gebind word.
- Polimere wat koolstofatome in die hoofketting bevat, word **organiese polimere** genoem.
- Organiese polimere kan verdeel word in **natuurlike organiese polimere** (bv. natuurlike rubber) en **sintetiese organiese polimere** (bv. polistireen).
- Die polimeer **politeen**, byvoorbeeld, bestaan uit baie eteen monomere wat in 'n polimeerketting gebind is.
- Polimere vorm deur 'n proses wat **polimerisasie** genoem word. Twee voorbeelde van polimerisasiereaksies is **addisie-** en **kondensasie** reaksies.
- 'n **Addisie-polimerisasiereaksie** vind plaas wanneer onversadigde monomere (bv. alkene) een vir een by mekaar gevoeg word. Die breking van 'n dubbelbinding tussen koolstofatome in die monomeer beteken dat 'n binding met die volgende monomeer kan vorm.
- In 'n **kondensasie-polimerisasiereaksie** word 'n watermolekule vrygestel as 'n reaksieproduk. Die watermolekule bestaan uit atome wat deur elk van die monomere verloor is.
- Die **chemiese eienskappe** van polimere (bv. hul vermoë om spanning te weerstaan en hul smeltpunt) word bepaal deur die tipe atome in die polimeer, en deur die sterkte van die bindings tussen naburige polimeerkettings. Hoe sterker die bindings is, hoe sterker is die polimeer, en hoe hoër is sy smeltpunt.
- **Politeen, polipropreen, polivinielchloried, polivinielasetaat en polistireen** is almal polimere wat deur addisie-polimerisasie gevorm word.
- **Poliëtileentereftalaat en polilaktiesesuur** is polimere wat deur kondensasie-polimerisasie gevorm word.
- **Plastieke** is 'n subgroep van organiese polimere wat gevorm kan word. Hulle bevat meer as een polimeer.
- Dit is nie maklik om alle plastieke te **herwin** nie, en dus veroorsaak hulle omgewingsprobleme.
- Sommige van hierdie **omgewingsprobleme** sluit kwessies van afvalverwydering, lugbesoedeling en herwinning in.
- **Polilaktiese suur** is 'n voorbeeld van 'n biodegradeerbare polimeer wat vanuit hernubare bronne gemaak word.

Oefening 4 – 33:

1. Gee **een woord of term** vir elkeen van die volgende beskrywings:
 - a) Die naam van die homoloë reeks waaraan 2-metielpropreen behoort.
 - b) Die naam van die funksionele groep wat aan alkohole hul eienskappe gee.
 - c) Die groep organiese verbindings wat suureienskappe het.
 - d) Die IUPAC name van die organiese verbinding wat in asyn gevind word.
 - e) Die naam van die organiese verbinding wat in alkoholiese drankie gevind word.
2. Wanneer 1-propanol deur aangesuurde kaliumpermanganaat geoksideer word, is 'n moontlike produk wat gevorm word:
 - propaan • propaansuur • metielpropanol • propielmetanoaat (IEB 2004)
3. Wat is die IUPAC-naam vir die verbinding wat voorgestel word deur die volgende struktuur?



- 1,2-dichloorbutaan
- 2,2-dichloorbutaan
- 1,2-dichloor-3-metielpropaan
- 1,1-dichloor-3-metielpropaan

(IEB 2003)

- Gee die struktuurformule en IUPAC name van al die moontlike isomere van C_6H_{14} (wenk: daar is 5)
- Skryf gebalanseerde vergelykings vir die volgende reaksies:
 - Eteen reageer met broom (gebruik gekondenseerde formules)
 - Die volledige verbranding van etyngas (gebruik die molekulêre formule).
 - Etanoësuur ioniseer in water.

- Die tabel gee die kookpunte van tien organiese verbindings.

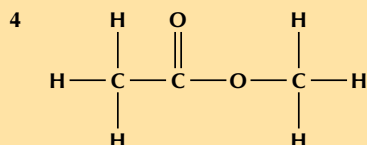
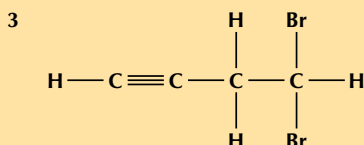
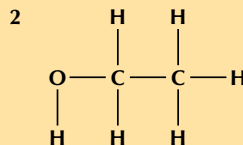
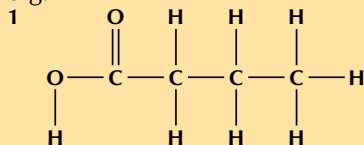
	Verbinding	Molekulêre formule	Kookpunt ($^{\circ}\text{C}$)
1	metaan	CH_4	-162
2	etaan	C_2H_6	-89
3	propaan	C_3H_8	-42
4	butaan	C_4H_{10}	0
5	pentaan	C_5H_{12}	36
6	metanol	CH_4O	64,7
7	etanol	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	78,4
8	propan-1-ol	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	97
9	propaan-1,2-diol	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	188
10	propaan-1,2,3-triol	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	290

Die volgende vrae verwys na die verbindings in die bostaande tabel.

- Tot watter homoloë reeks behoort die volgende verbindings?
 - Verbindings 1 - 5
 - Verbindings 6 - 10
- Watter van bostaande verbindings is gasse by kamertemperatuur?
- Wat is die rede vir die toenemende kookpunte soos waargeneem word vir verbindings 1 tot 5?
- Ten spyte van die feit dat die lengte van die koolstofketting in verbindings 8, 9 en 10 dieselfde is, is die kookpunt van propaan-1,2,3-triol baie hoër as die kookpunt van propan-1-ol. Wat is verantwoordelik vir hierdie groot verskil in kookpunt?
- Gee die IUPAC-naam en struktuurformule van 'n isomeer van butaan.
- Watter een van die verbindings word gebruik as 'n reaktant in die bereiding van die ester, etielmetanoaat?
- Deur van 'n struktuurformule gebruik te maak, skryf die vergelyking neer vir die reaksie wat etielmetanoaat vorm.

(IEB 2004)

- Verwys na die genommerde diagramme hieronder, en beantwoord dan die vrae wat volg.



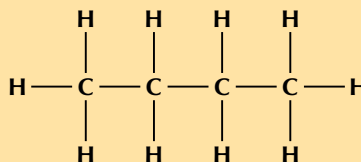
- Watter een van die bostaande verbindings word vervaardig deur die fermentasie van stysels en suikers in plantmateriaal?
- Aan watter van die volgende homoloë reekse behoort verbinding 1?
 - esters
 - alkohole
 - aldehyede
 - karboksiesure
- Die korrekte IUPAC-naam vir verbinding 3 is...
 - 1,1-dibroombut-3-yn
 - 4,4-dibroombut-1-yn
 - 2,4-dibroombut-1-yn
 - 4,4-dibroomprop-1-yn
- Wat is die korrekte IUPAC-naam vir verbinding 4?
 - propanoësuur
 - etielmetanoaat
 - metieletanoaat
 - metielpropanoaat

IEB 2005

8. Beantwoord die volgende vrae:

- Verduidelik die term homoloë reeks.
- 'n Mengsel van etanoësuur en metanol word verhit in die teenwoordigheid van swaelsuur.
 - Gee 'n vergelyking vir die reaksie wat plaasvind deur van struktuurformules gebruik te maak.
 - Wat is die IUPAC-naam van die organiese verbinding wat in hierdie reaksie gevorm word?

Beskou die volgende koolwaterstof:



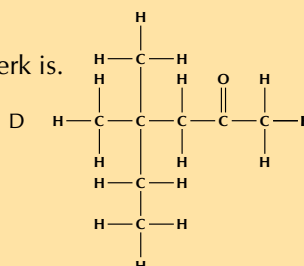
c)

- Gee die IUPAC-naam van hierdie verbinding.
- Gee die gebalanseerde vergelyking vir die volledige verbranding van hierdie verbinding in 'n oormaat suurstof (gebruik molekulêre formules).

(IEB Paper 2, 2003)

9. Beskou die organiese verbindings wat A tot D gemerk is.

- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- C_6H_6
- $\text{CH}_3 - \text{Cl}$



- Skryf 'n gebalanseerde chemiese vergelyking neer vir die bereiding van verbinding C, deur 'n alkaan as een van die reaktante te gebruik.
 - Skryf die IUPAC-naam vir verbinding D neer.
 - Skryf die struktuurformule van 'n isomeer van verbinding A neer wat slegs VIER atome in die langste ketting het.
 - Skryf die struktuurformule van verbinding B neer.
10. Chloor en etaan reageer om chloorëtaan en soutsuur te vorm.
- Skryf 'n gebalanseerde chemiese vergelyking vir hierdie reaksie deur gebruik te maak van molekulêre formules.
 - Gee die struktuurformule van chloorëtaan.
 - Watter tipe reaksie het in hierdie voorbeeld plaasgevind?
11. Petrol is in werklikheid nie 'n suiwer C_8H_{18} nie, maar 'n mengsel van verskillende *alkane*. Die *oktaangetal* van petrol verwys na die persentasie van die petrol wat C_8H_{18} is. Byvoorbeeld, 93 oktaan brandstof bevat 93% C_8H_{18} en 7% ander *alkane*. Die *isomeer* van C_8H_{18} waarna in die *oktaangetal* verwys word, is in werklikheid nie oktaan nie, maar 2,2,4-trimetielpentaan.

- a) Skryf 'n gebalanseerde vergelyking vir die chemiese reaksie wat plaasvind wanneer C_8H_{18} brand in oormaat suurstof (volledige verbranding).
- b) Gee die algemene formule van die *alkane*.
- c) Definieer die term *isomeer*.
- d) Gebruik die inligting wat in hierdie vraag gegee word en jou kennis van die benaming van organiese verbindings om die volle struktuurformule van 2,2,4-trimetieelpentaaan af te lei en te teken.(I.E.B.)

12. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1a. 2C7Y	1b. 2C7Z	1c. 2C82	1d. 2C83	1e. 2C84	2. 2C85
3. 2C86	4. 2C87	5a. 2C88	5b. 2C89	5c. 2C8B	6. 2C8C
7. 2C8D	8. 2C8F	9. 2C8G	10. 2C8H	11. 2C8J	



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Arbeid, energie en drywing

5.1	<i>Inleiding</i>	222
5.2	<i>Werk</i>	222
5.3	<i>Arbeid-energie-stelling</i>	233
5.4	<i>Behoud van energie</i>	242
5.5	<i>Krag</i>	249
5.6	<i>Hoofstukopsomming</i>	254

5.1 Inleiding

ESFWG

Ons gebruik die term 'werk' elke dag in gesprekke wat baie verskillende dinge kan beteken. Ons praat van werk toe gaan, huiswerk doen, werk in die klas. In die Fisika verwys ons na die 'werk' wat gedoen word as arbeid.

In Fisika gebruik ons die term arbeid om die proses te beskryf van energie-oordrag van een voorwerp of sisteem na 'n ander of die omskakeling van een vorm van energie na 'n ander.

Jy sal leer dat arbeid en energie nou verband hou met Newton se bewegingswette. Jy sal sien dat die energie van 'n voorwerp sy vermoë is om arbeid te verrig. Om arbeid te verrig is die proses van energie-oordrag van een voorwerp of vorm na 'n ander deur middel van 'n krag. Met ander woorde,

- 'n voorwerp met baie energie kan baie arbeid verrig.
- wanneer voorwerp A energie aan voorwerp B oordra, sal die energie van voorwerp A verminder met dieselfde hoeveelheid as waarmee die energie van voorwerp B verhoog. Ons sê dat voorwerp A arbeid verrig op voorwerp B.

Om voorwerpe op te lig of te gooi vereis dat arbeid aan hulle verrig word. Dit vereis arbeid om 'n elektriese lading te laat vloei. Voorwerpe of sisteme moet energie hê om arbeid te kan verrig of aan ander voorwerpe of sisteme energie oor te dra.

Verwante konsepte

- Eenhede en omskakeling van eenhede — Fisiese Wetenskappe, Graad 10, Wetenskapvaardighede
- Vergelykings — Wiskunde, Grade 10, Vergelykings en ongelykhede
- Metodes van vektoroptelling — Fisiese Wetenskappe, Graad 10, Vektore en skalare
- Newton se wette — Fisiese Wetenskappe, Graad 11, Kragte
- Kragtediagram — Fisiese Wetenskappe, Graad 11, Kragte

► Sien video: 2C8K op www.everythingscience.co.za

5.2 Werk

ESFWH

Ons dek verskillende onderwerpe in verskillende hoofstukke in verskillende grade, dit beteken egter nie dat hulle nie verband hou met mekaar nie. Trouens, is dit baie belangrik om te besef dat al die verskillende onderwerpe wat verband hou met meganika (kragte, meganiese energie, momentum, reglynige beweging) eintlik 'n **logiese** beeld van dieselfde fisiese sisteem vorm. Daar was voorbeelde waar ons gewys het dat dieselfde resultate verkry word deur twee verskillende metodes te gebruik, byvoorbeeld om spoed of snelheid te bepaal deur bewegingsvergelykings of die behoud van meganiese energie te gebruik. Om oor arbeid te leer sal ons help om alles wat ons van te vore geleer het met mekaar te verbind.

Arbeid sal ons toelaat om energie-oordrag met kragte te verbind, wat ons reeds aan momentum en die bewegingsvergelykings verbind het. Wanneer 'n krag geneig is om in of teen die rigting van beweging van 'n voorwerp te werk, kan ons sê dat die krag arbeid verrig op die voorwerp. Arbeid word spesifiek wiskundig in terme van die krag en die verplasing van die voorwerp definieer.

DEFINISIE: *Werk*

Wanneer 'n krag in of teen die rigting van beweging van 'n voorwerp werk, word arbeid op die voorwerp verrig.

$$W = F\Delta x \cos \theta$$

Dit beteken dat vir arbeid om verrig te word, 'n voorwerp se posisie moet verander deur 'n hoeveelheid $\Delta \vec{x}$, terwyl 'n krag, $\vec{F}$, daarop inwerk sodat daar sommige nie-nul komponente van die krag in die rigting van die verplasing is.

Arbeid word bereken as:

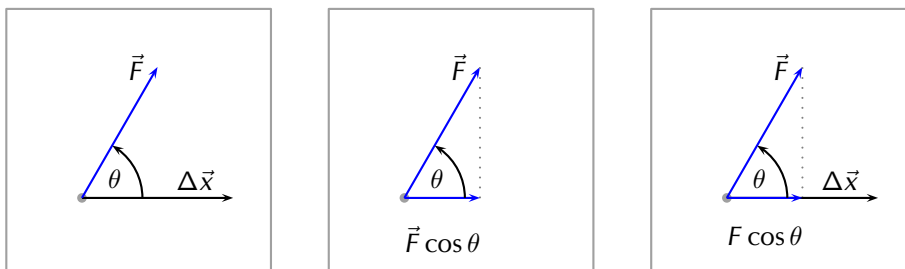
$$W = F\Delta x \cos \theta$$

Waar:

- W = werk in joules (J)
- F = grootte van die krag waarvoor ons arbeid in newtons (N) bereken
- Δx = grootte van die verplasing in meter (m)
- θ = hoek tussen die krag en die rigting van verplasing

Let op dat:

- $F \cos \theta$ is die grootte van die komponent van $\vec{F}$ in die rigting van $\Delta \vec{x}$. As $\theta > 90^\circ$ is die komponent parallel aan die rigting van die verplasing, maar wys in die teenoorgestelde rigting en die krag werk die beweging teen.
- Ons behandel in hierdie hoofstuk konstante kragte, nie kragte wat gedurig verander nie. Al die beginsels wat ons reeds gedoen het, is toepaslik wanneer kragte nie konstant is nie.

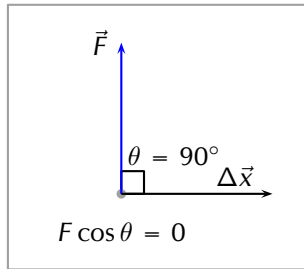


Figuur 5.1: Die krag $\vec{F}$ veroorsaak dat die voorwerp verplaas word deur $\Delta \vec{x}$ teen 'n hoek θ .

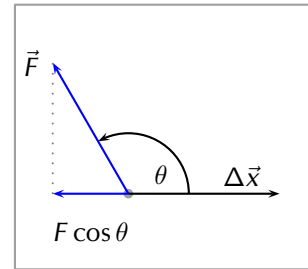
Belangrik: $\cos \theta$ sê dat die relatiewe rigting van die krag en die verplasing belangrik is. As die komponent van die krag saam met die rigting van die verplasing in die teenoorgestelde rigting van die verplasing is, sal die teken van die verplasingsvektor en die kragvektor verskillend wees. Dit is ongeag watter rigting as positief gekies word.

Kom ons kyk na 'n paar voorbeelde om dit ordentlik te verstaan. In die beelde hieronder verteenwoordig die grys kol 'n voorwerp. 'n Krag, $\vec{F}$, werk op die voorwerp in. Die voorwerp beweeg deur 'n verplasing, $\Delta \vec{x}$. Wat is die teken van die arbeid wat in elke geval verrig word?

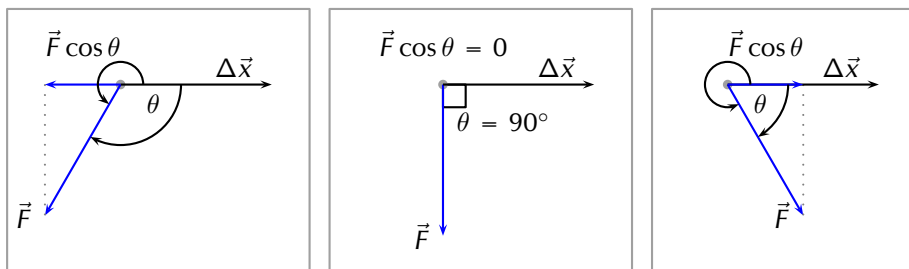
By $\theta = 90^\circ$ is die grootte van die komponent van die kragte in die rigting van die verplasing nul, dus **geen arbeid word verrig nie** as $\cos(90) = 0$.



By $\theta > 90^\circ$ is die grootte van die komponent van die krag langs die lyn van die verplasing in die teenoorgestelde rigting van die verplasing, dus **negatiewe arbeid word verrig**, $\cos \theta < 0$.

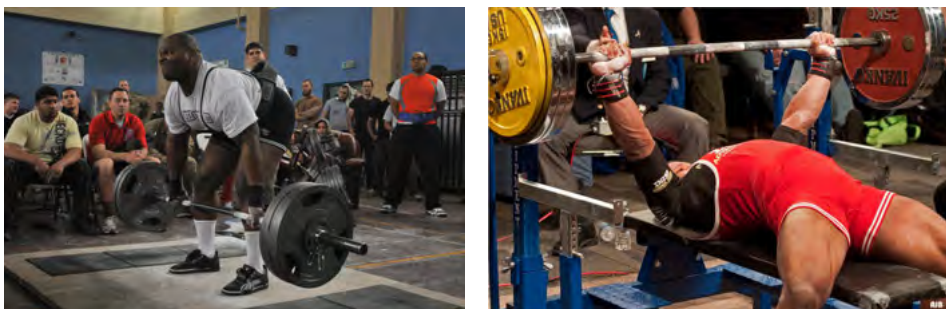


Dit is belangrik om op te let dat vir arbeid om verrig te word daar 'n komponent van die toegepaste krag in die rigting van beweging moet wees. Kragte loodreg aan die rigting van beweging, verrig nie arbeid nie.



Figuur 5.2: Die krag $\vec{F}$ veroorsaak dat die voorwerp verplaas word deur $\Delta\vec{x}$ teen 'n hoek θ .

Dit is slegs die rigting van die krag op 'n voorwerp wat saak maak en nie die rigting vanaf die oorsprong van die krag na die voorwerp nie. In Figuur 5.3 oefen beide kragoptellers 'n opwaartse krag op die gewigte uit. Aan die linkerkant word die gewig opwaarts getrek en aan die regterkant word dit opwaarts gestoot.



Figuur 5.3: Links: 'n Kragopteller tel 'n gewig uit dooierus op. Regs: 'n Kragopteller stoot 'n gewig op.

Gewigoptel is 'n goeie voorbeeld waarin mens oor arbeid kan dink omdat dit help om wanbegrippe wat as gevolg van algemene gebruik van die term 'werk' bestaan te identifiseer. In die twee gevalle in Figuur 5.3 sal almal die beweging van die gewigte opwaarts sien as baie harde werk. Van 'n fisika perspektief, terwyl die kragoptellers die gewigte optel oefen hulle 'n krag in die teenoorgestelde rigting van die verplasing uit sodat positiewe arbeid op die gewigte verrig word.

Oorweeg die sterkman wat in Figuur 5.4 stap. Hy dra twee baie swaar sleë so ver as wat hy kan in 'n kompetisie. Watter arbeid verrig die man op die sleë en hoekom?

Meeste mense sal sê hy werk baie hard omdat die sleë swaar is om te dra, maar vanuit 'n fisika-perspektief verrig hy geen arbeid op die sleë nie. Die rede hiervoor is, omdat die krag wat hy uitoefen direk opwaarts is om die gravitasiekrag te balanseer en die verplasing in die horisontale rigting is. Daarom is daar geen komponent van die krag in die rigting van die verplasing ($\theta = 90^\circ$) nie en geen arbeid word verrig nie.

Sy spiere moet hul energie reserwes gebruik om die krag vol te hou om gravitasie uit te balanseer. Dit veroorsaak nie energie-oordrag aan die sleë nie.



Figuur 5.4: 'n Sterkman dra swaar sleë so ver as moontlik in 'n kompetisie.

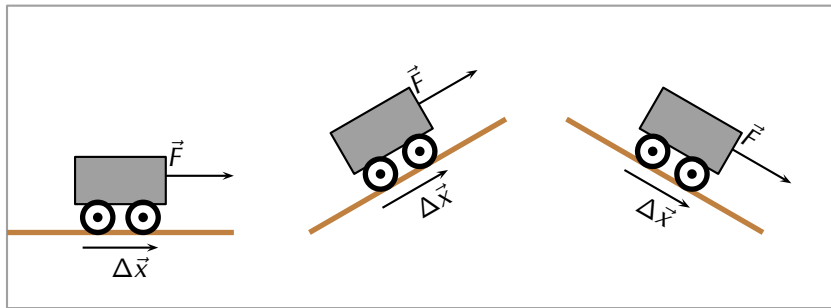
Ondersoek: Word arbeid verrig?

Besluit of arbeid verrig word of nie verrig word nie onder die volgende omstandighede. Onthou dat vir arbeid om verrig te word, 'n krag toegepas moet word in die rigting van beweging en daar 'n verplasing moet wees. Identifiseer watter twee voorwerpe in interaksie is, wat die aksie-reaksie kragpare sal wees en hoekom die krag wat beskryf is arbeid verrig of nie verrig nie.

1. Max stoot teen 'n muur en word moeg.
2. 'n Boek val van 'n tafel af en 'n boom val op die grond.
3. 'n Vuurpyl versnel deur die ruimte.
4. 'n Kelner hou 'n skinkbord vol borde bo sy kop met een arm en dra dit self na die anderkant van die kamer, reguit oor die kamer teen konstante spoed.

WENK

Die algemene gebruik van die woord 'werk' verskil van die gebruik in die fisika. In fisika is dit slegs die komponent van die toegepaste krag wat parallel aan die beweging is, wat arbeid op die voorwerp verrig. So byvoorbeeld verrig 'n persoon wat 'n swaar boek vashou geen arbeid op die boek nie.



Vir elkeen van die bogenoemde prente werk die kragvektor in dieselfde rigting as die verplavingsvektor. Die hoek is dus $\theta = 0^\circ$ aangesien daar geen verskil in die hoek tussen die rigting van die toegepaste krag en die rigting van die verplasing is nie.

Die arbeid wat 'n krag verrig kan positief of negatief wees. Die teken sê vir ons oor die rigting van die energie-oordrag. Arbeid is 'n skalaar dus moet die teken nie verkeerd interpreteer word nie, wat beteken dat arbeid 'n vektor is nie. Arbeid word definieer as energie-oordrag, energie is 'n skalaargrootheid en die teken dui aan of energie vermeerder of verminder.

- As $\vec{F}_{\text{toegepas}}$ inwerk of 'n komponent het wat in dieselfde rigting as die beweging werk, sal positiewe arbeid verrig word. In hierdie geval sal die voorwerp waarop die krag toegepas word energie bykry.
- As die rigting van beweging en $\vec{F}_{\text{toegepas}}$ teenoorgesteld is, sal negatiewe arbeid verrig word. Dit beteken dat energie verlore gaan en die voorwerp wat die krag uitoefen kry energie by. Byvoorbeeld, as jy 'n motor teen 'n heuwel uit probeer stoot deur 'n krag teen die helling op uit te oefen en die motor begin agteruit teen die heuwel afrol, verrig jy negatiewe arbeid op die motor. Anders gestel, doen die motor positiewe werk op jou.

Soos alle fisiese hoeveelhede, moet arbeid eenhede hê. Vanuit die definisie word arbeid gemeet in N·m. Die naam vir hierdie kombinasie van S.I. eenhede is joule (simbool J).

Uitgewerkte voorbeeld 1: Bereken arbeid op 'n motor wat versnel

VRAAG

'n Motor beweeg langs 'n reguit horisontale pad. 'n Krag van 500 N word op die motor toegepas in die rigting van beweging om dit te laat versnel. Terwyl die motor versnel, dek dit 'n afstand van 20 m. Bereken die arbeid verrig op die motor.



OPLOSSING

Stap 1: Analyseer die vraag om te bepaal watter inligting gegee is.

- Die grootte van die krag wat toegepas is is $F = 500 \text{ N}$.

- Die afstand beweeg is $\Delta x = 20 \text{ m}$.
- Die toegepaste krag en afstand beweeg is in dieselfde rigting. Daarom is die hoek tussen die krag en die verplasing $\theta = 0^\circ$.

Hierdie eenhede is almal in SI eenhede, dus hoef ons nie omskakelings te doen nie.

Stap 2: Analiseer die vraag om te bepaal wat gevra word

- Ons word gevra om die arbeid wat op die motor verrig word te bepaal. Ons weet vanuit die definisie dat arbeid verrig is: $W = F\Delta x \cos \theta$

Stap 3: Ons vervang nou die waardes en bereken die arbeid verrig

$$\begin{aligned} W &= F\Delta x \cos \theta \\ &= (500)(20)(\cos 0) \\ &= (500)(20)(1) \\ &= 10\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

Onthou dat die antwoord *positief* moet wees as die toegepaste krag en die verplasing in dieselfde rigting is. In hierdie geval kry die motor kinetiese energie by.

Uitgewerkte voorbeeld 2: Bereken die arbeid verrig op die motor terwyl dit rem

VRAAG

Dieselfde motor verminder spoed wanneer 'n krag van 300 N toegepas word in die teenoorgestelde rigting van beweging terwyl dit 25 m vorentoe beweeg. Bereken die arbeid verrig op die motor.

OPLOSSING

Stap 1: Analiseer die vraag om te bepaal watter inligting gegee is

- Die grootte van die krag wat toegepas is is $F = 300 \text{ N}$.
- Die afstand beweeg is $\Delta x = 25 \text{ m}$.
- Die toegepaste krag en die afstand beweeg is in teenoorgestelde rigtings. Dus is die hoek tussen die krag en die verplasing $\theta = 180^\circ$.

Hierdie hoeveelhede is almal in die regte eenhede so geen eenheidomskakelings is nodig nie.

Stap 2: Analiseer die vraag om te bepaal wat gevra word

- Ons word gevra om die arbeid verrig op die motor te bepaal. Ons weet vanuit die definisie arbeid verrig is: $W = F\Delta x \cos \theta$

Stap 3: Ons vervang nou die waardes en bereken die arbeid verrig

$$\begin{aligned} W &= F \Delta x \cos \theta \\ &= (300)(25)(\cos 180) \\ &= (300)(25)(-1) \\ &= -7500 \text{ J} \end{aligned}$$

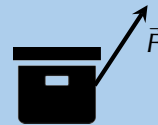
Let op dat die antwoord *negatief* moet wees as die toegepaste krag en die verplasing in die teenoorgestelde rigting is. Dit beteken dat die motor energie verloor. Dit mag energie in die vorm van hitte aan die omgewing wees. Behoud van energie bly staan, die energie word slegs oorgedra na 'n groter sisteem wat die motor bevat.

Wat gebeur as die toegepaste krag en die beweging nie parallel is nie? Deur die formule $W = F \Delta x \cos \theta$ te gebruik bereken ons eintlik die *komponent* van die toegepaste krag in die rigting van beweging. Let op dat die komponent van die krag loodreg aan die rigting van beweging geen arbeid verrig nie.

Uitgewerkte voorbeeld 3: Bereken die arbeid verrig op 'n boks wat met 'n hoek getrek word

VRAAG

Bereken die arbeid verrig op die boks as dit 5 m grondlangs getrek word deur 'n krag van $F = 20 \text{ N}$ en teen 'n hoek van 60° met die horisontaal.



OPLOSSING

Stap 1: Analiseer die vraag om te bepaal watter inligting gegee is

- Die krag wat toegepas word is $F = 20 \text{ N}$
- Die afstand wat beweeg word is $\Delta x = 5 \text{ m}$ grondlangs
- Die hoek tussen die toegepaste kragte en die beweging is $\theta = 60^\circ$

Hierdie hoeveelhede is in die regte eenhede, dus hoef ons geen omskakelings te doen nie.

Stap 2: Analiseer die vraag om te bepaal wat gevra word

- Ons moet die arbeid vind wat op die boks verrig is.

Stap 3: Vervang en bereken die arbeid verrig

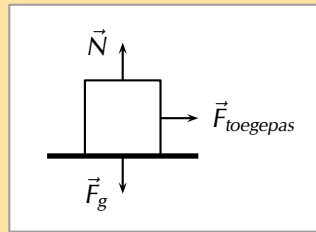
Ons kan nou die arbeid verrig op die boks uitwerk:

$$\begin{aligned} W &= F \Delta x \cos \theta \\ &= (20)(5)(\cos 60) \\ &= 50 \text{ J} \end{aligned}$$

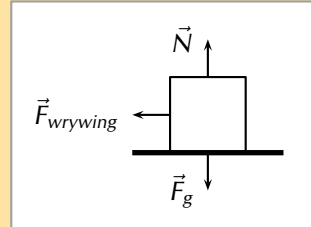
Let op dat die antwoord positief is as die komponent van die krag parallel aan die rigting van beweging in dieselfde rigting as die beweging is. Die arbeid verrig op die boks is 50 J.

Oefening 5 – 1: Werk

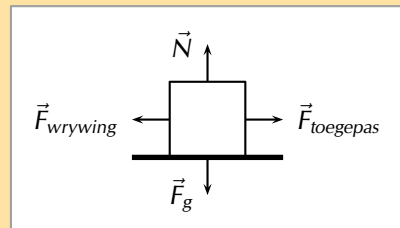
1. 'n 10 N krag word toegepas om 'n blok oor 'n wrywinglose oppervlak te stoot vir 'n verplasing van 5,0 m na regs. Die blok het 'n gewig van $\vec{F}_g$ van 20 N. Bepaal die arbeid verrig deur die volgende kragte: normaalkrag, gewig $\vec{F}_g$, toegepaste krag.



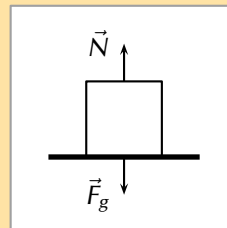
2. 'n 10 N wrywingskrag vertraag 'n blok tot dit tot stilstand kom na 'n verplasing van 5,0 m na regs. Die blok het 'n gewig van 20 N. Bepaal die arbeid verrig deur die volgende kragte: normaalkrag, massa, wrywingskrag.



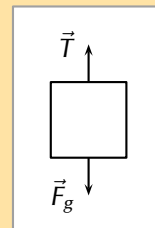
3. 'n 10 N krag word toegepas om 'n blok oor 'n wrywingsoppervlak teen 'n konstante spoed te stoot vir 'n verplasing van 5,0 m na regs. Die blok het 'n gewig van 20 N en die wrywingskrag is 10 N. Bepaal die arbeid verrig deur die volgende kragte: normaalkrag, gewig, toegepaste krag en wrywingskrag.



4. 'n Voorwerp met 'n gewig van 20 N skuif teen 'n konstante spoed oor 'n wrywinglose oppervlak vir 'n verplasing van 5 m na regs. Bepaal of daar enige arbeid verrig is.



5. 'n Voorwerp met 'n gewig van 20 N word opwaarts getrek teen 'n konstante spoed deur 'n 20 N krag vir 'n vertikale verplasing van 5 m. Bepaal of daar enige arbeid verrig is.



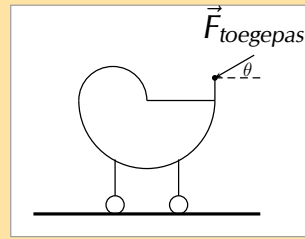
6. Voor 'n tuimeltrein begin afdraende beweeg word dit eers teen die eerste heuwel opgetrek tot 'n aanvangshoogte. Arbeid word verrig op die tuimeltrein om die aanvangshoogte te bereik. 'n Tuimeltreinontwerper oorweeg drie verskillende invalshoeke **van die heuwel** waarteen die 2000 kg kar trein na die bokant van die 60 m hoë heuwel getrek word. In elke geval is die krag wat op die kar toegepas word parallel met die heuwel. Haar kritiese vraag is: watter hoek is nodig om die minste arbeid te verrig? Analiseer die data, bepaal die arbeid verrig in elke geval gedoen, en antwoord hierdie kritiese vraag.

Invalshoek	Toegepaste krag	Afstand	Werk
35°	$1,1 \times 10^4 \text{ N}$	100 m	
45°	$1,3 \times 10^4 \text{ N}$	90 m	
55°	$1,5 \times 10^4 \text{ N}$	80 m	

7. 'n Reisiger dra 'n 150 N tas teen vier stelle trappe op ('n totale hoogte van 12 m) en stoot dit dan met 'n horisontale krag van 60 N teen 'n konstante spoed van

$0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vir 'n horisontale afstand van 50 m oor 'n wrywinglose oppervlak. Hoeveel arbeid verrig die reisiger op die tas tydens die hele tog.

8. 'n Ouer druk op 'n stootwaentjie met 'n krag van 50 N teen 'n hoek van 30° met die horisontaal. Die stootwaentjie beweeg oor 'n wrywinglose oppervlak. As die ouer die stootwaentjie vir 'n horisontale afstand van 30 m stoot, hoeveel arbeid word op die stootwaentjie verrig?



9. Hoeveel arbeid word verrig deur die krag wat nodig is om 'n 2000 N hysbak 5 vloere vertikaal teen 'n konstante spoed te lig? Die vertikale afstand tussen die vloere is 5 m hoog.
10. 'n Student met 'n massa van 60 kg hardloop teen drie stelle trappe op in 15 s, hy dek 'n vertikale afstand van 10 m. Bepaal die hoeveelheid arbeid werk wat op die student verrig word om sy liggaam tot hierdie hoogte te lig.
11. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C8M 2. 2C8N 3. 2C8P 4. 2C8Q 5. 2C8R 6. 2C8S
7. 2C8T 8. 2C8V 9. 2C8W 10. 2C8X



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Netto arbeid

ESFWJ

Ons het net na 'n enkele krag gekyk wat op 'n voorwerp inwerk. Soms werk meer as net een krag op dieselfde tyd (ons het dit in Graad 11 behandel). Ons noem die arbeid verrig na al die kragte oorweeg is, die **netto arbeid verrig**. As daar slegs een krag is wat werk dan is die arbeid wat dit verrig, indien enige, die netto arbeid verrig. In hierdie geval is daar twee ekwivalente benaderings wat ons kan gebruik om die netto arbeid verrig op die voorwerp uit te werk. Ons kan:

- **Benadering 1:** Bereken die werk gedoen deur **elke krag individueel** en dan die som van hulle deur **die tekens in ag te neem**. As een krag positiewe arbeid verrig en 'n ander een dieselfde hoeveelheid arbeid verrig, maar dit is negatief, kanselleer hulle mekaar uit.
- **Benadering 2:** Bereken die resultante krag van al die kragte en bereken die arbeid deur die resultante krag te gebruik. Dit sal ekwivalent aan Benadering 1 wees. As die resultante krag parallel aan die rigting van beweging nul is, sal geen netto arbeid verrig word nie.

Onthou dat arbeid 'n aanduiding van die energie-oordrag van of na 'n voorwerp deur middel van 'n krag is. Dit is hoekom ons nul netto arbeid kan hê selfs al werk meer as een krag op 'n voorwerp in. Kragte wat positiewe arbeid verrig verhoog die energie van 'n voorwerp, kragte wat negatiewe arbeid verrig verminder die energie van 'n voorwerp. As daar net so veel energie na 'n voorwerp oorgedra word as wat van 'n

voorwerp oorgedra is, is die uiteindelijke gevolg dat die voorwerp geen netto energie kry nie.

Uitgewerkte voorbeeld 4: Benadering 1, bereken die netto arbeid op 'n motor

VRAAG

Dieselfde motor as in voorbeelde 1 en 2 versnel nou vorentoe, maar wrywing werk teen die beweging van die motor. 'n Krag van 300 N word vorentoe toegepas op die motor terwyl dit 20 m vorentoe beweeg. 'n Wrywingskrag 100 N werk in die teenoorgestelde rigting van beweging. Bereken die netto arbeid verrig op die motor.



Slegs kragte met 'n komponent in die vlak van beweging word op die diagram getoon. Geen arbeid is verrig deur F_g of $F_{Normaal}$ aangesien hulle loodreg tot die rigting van beweging werk.

OPLOSSING

Stap 1: Analiseer die vraag om te bepaal watter inligting gegee is

- Die krag wat toegepas word is $F_{toegepas} = 300 \text{ N}$ voorwaarts.
- Die wrywingskrag is $F_{wrywing} = 100 \text{ N}$ in die teenoorgestelde rigting van beweging.
- Die afstand beweeg is $\Delta x = 20 \text{ m}$.
- Die toegepaste krag en die afstand wat beweeg word is in dieselfde vlak dus kan ons die arbeid verrig deur die toegepaste voorwaartse krag asook die arbeid verrig deur die wrywingskrag agtertoe bereken.

Hierdie hoeveelhede is almal in die regte eenhede so geen eenheidskakelings is nodig nie.

Stap 2: Analiseer die vraag om te bepaal wat gevra word

- Ons word gevra om die netto arbeid verrig op die motor te vind. Ons weet vanuit die definisie dat arbeid verrig $W = F\Delta x \cos \theta$ is.

Stap 3: Ons moet nou die arbeid verrig deur elke krag bereken

$$\begin{aligned} W_{toegepas} &= F_{toegepas} \Delta x \cos \theta \\ &= (300) (20) (\cos 0) \\ &= (300) (20) (1) \\ &= 6000 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{wrywing} &= F_{wrywing} \Delta x \cos \theta \\ &= (100) (20) (\cos 180) \\ &= (100) (20) (-1) \\ &= -2000 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{net} &= W_{toegepas} + W_{wrywing} \\
 &= (6000) + (-2000) \\
 &= 4000 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Die antwoord in die volgende uitgewerkte voorbeeld wys dat, alhoewel energie deur die motor verloor is as gevolg van wrywing, die totale arbeid verrig op die motor 'n netto wins van energie tot gevolg het. Dit kan deur die positiewe antwoord gesien word.

Soos vantevore genoem is daar 'n alternatiewe manier om dieselfde probleem op te los, deur die netto kragte te bepaal wat op die kar inwerk en om dit te gebruik om arbeid te bereken. Dit beteken dat die vektorkragte wat op die vlak van beweging werk bymekaar getel moet word om die netto kragte $\vec{F}_{net}$ te kry. Die netto krag word dan toegepas oor die verplasing om die netto arbeid W_{net} te kry.

Uitgewerkte voorbeeld 5: Benadering 2, bereken die netto krag

VRAAG

Dieselfde motor versnel nou vorentoe, maar wrywing werk teen die beweging van die motor. 'n Krag van 300 N word vorentoe toegepas op die motor terwyl dit 20 m vorentoe beweeg. 'n Wrywingskrag 100 N werk in die teenoorgestelde rigting van beweging. Bereken die netto arbeid verrig op die motor.

OPLOSSING

Stap 1: Analiseer die vraag om te bepaal watter inligting gegee is

- Die krag wat toegepas word is $\vec{F}_{toegepas} = 300 \text{ N}$ voorwaarts.
- Die wrywingskrag is $\vec{F}_{wrywing} = 100 \text{ N}$ agtertoe.
- Die afstand beweeg is $\Delta x = 20 \text{ m}$.
- Die toegepaste kragte $\vec{F}_{toegepas} = 300 \text{ N}$ en die wrywingskrag $\vec{F}_{wrywing} = 100 \text{ N}$ is in dieselfde vlak as die afstand beweeg. Daarom kan ons die vektore bymekaar tel. Aangesien vektore rigting nodig het, sal ons die voorwaartse rigting as positief neem en dus die terugwaartse rigting as negatief. Let op dat die wrywingskrag teen 180° werk d.i. terugwaarts en dit werk dus in die teenoorgestelde vektorrigting d.i. negatief.

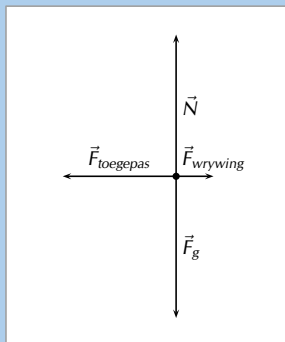
Hierdie hoeveelhede is almal in die regte eenhede so geen eenheidsomskakelings is nodig nie.

Stap 2: Analiseer die vraag om te bepaal wat gevra word

- Ons word gevra om die netto arbeid verrig op die motor te vind. Ons weet vanuit die definisie arbeid verrig is $W_{net} = F_{net} \Delta x \cos \theta$

Stap 3: Ons bereken die netto kragte wat op die motor werk en ons skakel dit om na netto arbeid

Ons trek eers die kragdiagram:



Laat voorwaarts (na links in die prent) positief wees. Ons weet dat die beweging van die motor in die horisontale rigting is, dus kan ons die aantrekkingskrag, $\vec{F}_g$, en die normaalkrag, $\vec{N}$, ignoreer. **Let op:** as die kar op 'n helling was moes ons die komponent van die aantrekkingskrag parallel tot die helling bereken.

$$\begin{aligned}\vec{F}_{net} &= \vec{F}_{toegepas} + \vec{F}_{wrywing} \\ &= (+300) + (-100) \\ \vec{F}_{net} &= 200 \text{ N voorwaarts}\end{aligned}$$

$\vec{F}_{net}$ wys in dieselfde rigting as die verplasing, dus is die hoek tussen die krag en die verplasing $\theta = 0^\circ$.

$$\begin{aligned}W_{net} &= F_{net} \Delta x \cos \theta \\ &= (200)(20) \cos(0) \\ &= 4000 \text{ J}\end{aligned}$$

BELANGRIK!

Die twee verskillende benaderings gee dieselfde resultaat, maar dit is belangrik om die tekens verskillend te hanteer. Die kragte is vektore, maar arbeid is skalaar dus moet hulle nie op dieselfde manier geïnterpreteer word nie.

5.3 Arbeid-energie-stelling

ESFWK

Konserwatiewe en nie-konserwatiewe kragte

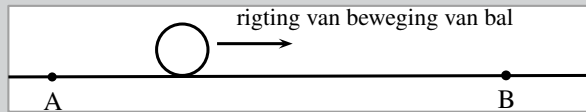
ESFWM

In Graad 10 het jy gesien dat meganiese energie behoue bly in die **afwesigheid** van nie-konserwatiewe kragte. Dit is belangrik om te weet of 'n krag 'n konserwatiewe of 'n nie-konserwatiewe krag in 'n sisteem is, aangesien dit verband hou met of die krag die voorwerp se totale meganiese energie verander as dit arbeid op 'n voorwerp verrig.

Wanneer die enigste kragte wat arbeid verrig konserwatiewe kragte (byvoorbeeld aantrekkings- en veerkragte) is, vorm energieveranderings - van kinetiese na potensiele (of teenoorgesteld); tog bly die hoeveelheid meganiese energie ($E_K + E_P$) behoue. Byvoorbeeld, as 'n voorwerp in 'n gravitasieveld val van 'n hoë hoogte na 'n laer hoogte, verander van die voorwerp se potensiele energie in kinetiese energie. Die som van die kinetiese en potensiele energie bly egter konstant.

Onderzoek: Nie-konserwatiewe kragte

Ons kan die effek van nie-konserwatiewe kragte op 'n voorwerp se totale meganiese energie ondersoek deur 'n bal grondlangs van punt A na punt B te rol.



Vind 'n gladde oppervlak (bv. 'n noukeurig gepoleerde vloer), merk twee punte A en B en rol die bal tussen hulle.

Die totale meganiese energie van die bal, by elke punt, is die som van sy kinetiese energie (E_k) en gravitasie-potensiële energie (E_p):

$$\begin{aligned}E_{\text{totaal,A}} &= E_{k,A} + E_{p,A} \\&= \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A \\&= \frac{1}{2}mv_A^2 + mg(0) \\&= \frac{1}{2}mv_A^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_{\text{totaal,B}} &= E_{k,B} + E_{p,B} \\&= \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B \\&= \frac{1}{2}mv_B^2 + mg(0) \\&= \frac{1}{2}mv_B^2\end{aligned}$$

In die afwesigheid van wrywing en ander nie-konserwatiewe kragte, moet die bal grondlangs geskuif word en die spoed moet *dieselfde* wees by posisies A en B. Aangesien daar geen nie-konserwatiewe kragte op die bal werk nie, is sy totale meganiese energie by punte A en B gelyk.

$$\begin{aligned}v_A &= v_B \\ \frac{1}{2}mv_A^2 &= \frac{1}{2}mv_B^2 \\ E_{\text{totaal,A}} &= E_{\text{totaal,B}}\end{aligned}$$

Kom ons ondersoek nou wat gebeur as daar wrywing ('n *nie-konserwatiewe krag*) op die bal inwerk.

Rol die bal oor 'n growwe oppervlak of 'n vloer met 'n mat. Wat gebeur met die spoed van die bal by punt A in vergelyking met punt B?

As die oppervlak waarop jy die bal rol baie grof is en 'n groot nie-konserwatiewe wrywingskrag verskaf, sal die bal baie stadiger by punt B as by punt A beweeg.

Kom ons vergelyk die totale meganiese energie van die bal by punte A en B:

$$\begin{aligned}E_{\text{totaal,A}} &= EK_A + PE_A \\&= \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A \\&= \frac{1}{2}mv_A^2 + mg(0) \\&= \frac{1}{2}mv_A^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_{\text{totaal,B}} &= EK_B + PE_B \\&= \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B \\&= \frac{1}{2}mv_B^2 + mg(0) \\&= \frac{1}{2}mv_B^2\end{aligned}$$

In hierdie geval is $v_A \neq v_B$ en daarom $E_{\text{totaal},A} \neq E_{\text{totaal},B}$. Aangesien

$$v_A > v_B$$
$$E_{\text{totaal},A} > E_{\text{totaal},B}$$

Daarom het die bal meganiese energie verloor soos dit oor die mat beweeg het. Alhoewel die bal meganiese energie verloor het, het die energie in die groter sisteem egter behoue gebly. In hierdie geval is die verlore energie die arbeid wat die mat deur die wrywingskrag op die bal verrig. In hierdie geval het die mat negatiewe arbeid op die bal verrig.

Wanneer 'n nie-konserwatiewe krag (byvoorbeeld wrywing, lugweerstand, toegepaste krag) arbeid verrig op 'n voorwerp, word die totale meganiese energie ($E_k + E_p$) van daardie voorwerp verander. As positiewe arbeid verrig word, sal die voorwerp energie bykry. As negatiewe arbeid verrig word, sal die voorwerp energie verloor.

Wanneer 'n netto **krag arbeid verrig** op 'n voorwerp is daar **altyd 'n verandering in kinetiese energie** van die voorwerp. Dit is omdat die voorwerp 'n versnelling ervaar en dus 'n verandering in snelheid.

Hieruit kan ons die arbeid-energie-stelling aflei.

DEFINISIE: *Arbeid-energie-stelling*

Die arbeid-energie-stelling stel dat die arbeid verrig op 'n voorwerp deur die netto krag gelyk is aan die verandering aan sy kinetiese energie:

$$W_{\text{net}} = \Delta E_k = E_{k,f} - E_{k,i}$$

Die arbeid-energie-stelling is nog 'n voorbeeld van die behoud van energie wat jy in Graad 10 gesien het.

Uitgewerkte voorbeeld 6: Arbeid-energie-stelling

VRAAG

'n 1 kg baksteen word van 'n hoogte van 10 m laat val. Bereken die arbeid wat op die baksteen verrig word tussen die oomblik wat dit laat los is en die oomblik wat dit die grond getref het. Aanvaar dat die lugweerstand weglaatbaar is.

OPLOSSING

Stap 1: Bepaal wat gegee is en wat gevra is

- Massa van die baksteen: $m = 1 \text{ kg}$.
- Aanvanklike hoogte van die baksteen: $h_i = 10 \text{ m}$.
- Finale hoogte van die baksteen: $h_f = 0 \text{ m}$.
- Ons word gevra om die arbeid verrig op die baksteen te bepaal wanneer dit die grond tref.

Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader

Die baksteen val vry, dus word energie behou. Ons weet dat die arbeid verrig gelyk is aan die verskil in kinetiese energie. Die baksteen het geen kinetiese energie op die oomblik wat dit gelos is nie, omdat dit stilstaande is. Wanneer die baksteen die grond tref sal die baksteen se potensiële energie omgeskakel word na kinetiese energie.

Stap 3: Bepaal die baksteen se potensiële energie by h_i

$$\begin{aligned} E_p &= m \cdot g \cdot h \\ &= (1)(9,8)(10) \\ &= 98 \text{ J} \end{aligned}$$

Stap 4: Bepaal die arbeid verrig op die baksteen

Die baksteen het 98 J potensiële energie wanneer dit laat los is en 0 J kinetiese energie. Wanneer die baksteen die grond tref het dit 0 J potensiële energie en 98 J kinetiese energie. Daarom $E_{k,i} = 0 \text{ J}$ en $E_{k,f} = 98 \text{ J}$.

Van die arbeid-energie-stelling:

$$\begin{aligned} W_{net} &= \Delta E_k \\ &= E_{k,f} - E_{k,i} \\ &= 98 - 0 \\ &= 98 \text{ J} \end{aligned}$$

Daarom is 98 J arbeid verrig op die baksteen.

Uitgewerkte voorbeeld 7: Arbeid-energie-stelling 2**VRAAG**

Die bestuurder van 'n 1000 kg motor ry teen 'n spoed van $16,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en trap die rem toe hy 'n rooi lig sien. Die motor se remme verskaf 'n wrywingskrag van 8000 N. Bepaal die remafstand van die motor.

OPLOSSING**Stap 1: Bepaal wat gegee is en wat gevra is**

Gegee:

- massa van die motor: $m = 1000 \text{ kg}$
- spoed van die motor: $v = 16,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- wrywingskrag van die remme: $\vec{F} = 8000 \text{ N}$

Ons word gevra om die remafstand van die motor te bepaal.

Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader

Ons pas die arbeid-energie-stelling toe. Ons weet dat al die motor se kinetiese energie verloor word as gevolg van wrywing. Daarom is die verandering in die motor se kinetiese energie gelyk aan die arbeid verrig deur die wrywingskrag van die motor se remme.

Ons moet daarom eers die kinetiese energie van die motor op die oomblik wat die remme aangeslaan word bepaal: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

Die energie is gelyk aan die arbeid verrig deur die remme. Ons het die krag wat deur die remme toegepas is en kan dus $W = F\Delta x \cos \theta$ gebruik om die remafstand te bepaal.

Stap 3: Bepaal die kinetiese energie van die motor

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2}mv^2 \\ &= \frac{1}{2}(1000)(16,7)^2 \\ &= 139\,445 \text{ J} \end{aligned}$$

Stap 4: Bepaal die arbeid verrig

Aanvaar die remafstand is Δx_0 . Aangesien die rigting van die toegepaste krag en die verplasing in teenoorgestelde rigtings is, $\theta = 180^\circ$. Dan is die arbeid verrig:

$$\begin{aligned} W &= F\Delta x \cos \theta \\ &= (8000)(\Delta x_0) \cos(180) \\ &= (8000)(\Delta x_0)(-1) \\ &= (-8000)(\Delta x_0) \end{aligned}$$

Stap 5: Pas die arbeid-werk-stelling toe

Die verandering in kinetiese energie is gelyk aan die arbeid verrig.

$$\begin{aligned} \Delta E_k &= W_{net} \\ E_{k,f} - E_{k,i} &= (-8000)(\Delta x_0) \\ 0 - 139\,445 &= (-8000)(\Delta x_0) \\ \therefore \Delta x_0 &= \frac{139445}{8000} \\ &= 17,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Stap 6: Skryf die finale antwoord

Die motor stop in 17,4 m.

WENK

'n Krag verrig slegs arbeid op 'n voorwerp vir die tydperk wat dit in kontak met die voorwerp is. 'n Persoon wat byvoorbeeld 'n trollie stoot, verrig arbeid op die trollie, maar die pad verrig geen arbeid op die wiele van 'n motor as hulle draai sonder om te gly nie (die krag word nie oor 'n afstand toegepas nie omdat 'n ander deel van die wiel op elke oomblik aan die pad raak).

Uitgewerkte voorbeeld 8: Blok op 'n hellende vlak [krediet: OpenStax College]

VRAAG

'n Blok van 2 kg word langs 'n gladde helling van 'n lengte 10 m en hoogte 5 m deur 'n nie-konserwatiewe krag getrek. Aan die einde van die helling word die blok losgelaat vanuit rus om na onder te gly. Vind die

1. arbeid verrig deur nie-konserwatiewe kragte,

2. die kinetiese energie van die blok aan die einde van die beweging, en
3. die spoed aan die einde van die beweging.

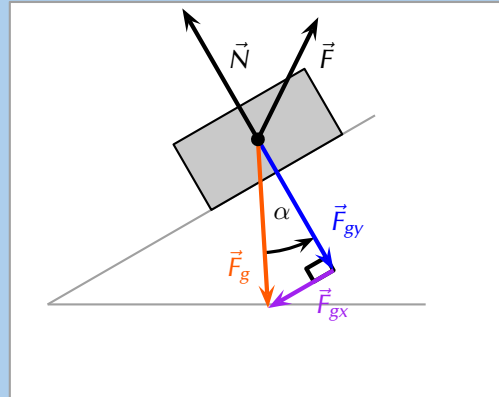
OPLOSSING

Stap 1: Analiseer wat gegee is en wat gevra word

Daar is drie kragte wat op die blok werk terwyl dit opgaan:

1. gewig van die blok, $\vec{F}_g = m\vec{g}$,
2. normaalkrag, $\vec{N}$, toegepas deur die blok en
3. nie-konserwatiewe krag, $\vec{F}$

Daar is egter slegs twee kragte wanneer die blok afgaan. Die nie-konserwatiewe krag is afwesig tydens die afwaartse beweging. Die kragtediagram van die kragte word hier gewys vir die opwaartse beweging van die blok.



Stap 2: Arbeid verrig deur nie-konserwatiewe kragte gedurende die volledige beweging

Die arbeid verrig deur die nie-konserwatiewe kragte word W_F genoem.

Die grootte of rigting vir $\vec{F}$ word nie gegee nie, al wat ons weet is dat dit die blok teen die helling op moet laat beweeg.

Ons het die nie-konserwatiewe kragte op die kragtediagram voorgestel met 'n arbitrêre vektor. $\vec{F}$ werk slegs tydens die opwaartse beweging. Let op dat die blok slegs aan die einde van die opwaartse beweging gelos word. Ons moet die arbeid verrig deur die nie-konserwatiewe krag tydens die opwaartse beweging bepaal.

$$W_F = W_{F(op)} + W_{F(af)} = W_{F(op)} + 0 = W_{F(op)}$$

Die kinetiese energie aan die begin en aan die einde van die beweging teen die helling op is nul.

Ons kan aflei dat die som van die arbeid verrig deur al drie kragte gelyk aan nul is vir die opwaartse beweging. Die verandering in kinetiese energie is nul wat impliseer dat die netto arbeid verrig ook nul is.

$$\begin{aligned} W_{net} &= W_{F(op)} + W_{g(op)} + W_{N(op)} \\ 0 &= W_{F(op)} + W_{g(op)} + W_{N(op)} \end{aligned}$$

As ons weet wat die arbeid verrig deur die ander twee kragte (normaalkrag en gravitasie) is, kan ons die arbeid verrig deur die nie-konserwatiewe kragte bereken, F , soos vereis.

Stap 3: Arbeid verrig deur die normaalkrag tydens opwaartse beweging

Die blok beweeg opwaarts teen die helling, die normaalkrag is loodreg aan die helling en is daarom loodreg aan die rigting van beweging. Kragte wat loodreg aan die rigting

van beweging is verrig geen arbeid nie.

$$\begin{aligned}0 &= W_{F(op)} + W_{g(op)} + W_{N(op)} \\0 &= W_{F(op)} + W_{g(op)} + (0) \\W_{F(op)} &= -W_{g(op)}\end{aligned}$$

Daarom moet ons die arbeid verrig deur gravitasie uitwerk om die arbeid verrig deur die nie-konserwatiewe kragte uit te werk.

Stap 4: Arbeid verrig deur gravitasie tydens opwaartse beweging

Die komponent van die krag as gevolg van gravitasie is loodreg aan die helling, $\vec{F}_{gy}$, en verrig geen arbeid nie, dus hoef ons slegs die komponent parallel aan die helling te oorweeg, $\vec{F}_{gx}$.

Vir die opwaartse beweging is $\vec{F}_{gx}$ in die teenoorgestelde rigting van beweging, daarom is die hoek tussen hulle $\theta = 180^\circ$, wat beteken $\cos \theta = -1$. Dus verwag ons om negatiewe arbeid te sien.

Die grootte van $\vec{F}_{gx}$ is $F_{gx} = mg \sin \alpha$. Die arbeid verrig deur gravitasie tydens die opwaartse beweging is:

$$\begin{aligned}W_{g(op)} &= F_{gx} \Delta x \cos \theta \\&= mg \sin \alpha \cdot \Delta x \cos \theta \\&= (2)(9,8)\left(\frac{5}{10}\right)(10) \cos(180) \\&= -98 \text{ J}\end{aligned}$$

BELANGRIK!

Wees versigtig om nie verward te raak deur hoeke wat α gemerk is en die wat θ gemerk is nie. α is nie 'n hoek tussen die krag en die rigting van beweging nie, maar die helling van die vlak in hierdie spesifieke probleem. Dit is belangrik om te verstaan watter simbool die fisiese grootte verteenwoordig in die vergelykings wat jy geleer het.

Daarom is die arbeid verrig deur die nie-konserwatiewe krag tydens die hele beweging:

$$\begin{aligned}W_F &= W_{F(op)} = -W_{g(op)} \\&= -(-98) \\&= 98 \text{ J}\end{aligned}$$

Stap 5: Kinetiese energie aan die einde van die voltooide beweging

Die kinetiese energie aan die einde van die opwaartse beweging was nul, maar dit is nie nul aan die einde van die hele afwaartse beweging nie.

Ons kan die arbeid-energie-stelling gebruik om die hele beweging te analiseer:

$$\begin{aligned}W_{(op \text{ en } af)} &= E_{k,f} - E_{k,i} \\&= E_{k,f} - 0 \\&= E_{k,f}\end{aligned}$$

Om die netto arbeid verrig te bepaal, $W_{(op\ en\ af)}$, moet ons die som van arbeid verrig deur elke krag vir die hele tydperk bepaal. Ons het die arbeid verrig deur $\vec{F}$ reeds bepaal en ons weet dat daar geen arbeid verrig is deur die normaalkrag nie.

Die totale arbeid verrig tydens die hele beweging deur gravitasie is die som van arbeid verrig tydens die opwaartse beweging (waar die krag in die teenoorgestelde rigting as beweging is) en die afwaartse beweging (waar die krag in dieselfde rigting as beweging is).

Die afstand waaroor die kragte werk is dieselfde vir die opwaartse en afwaartse beweging en die grootte van die kragte is dieselfde. Die enigste verskil tussen die berekening vir die arbeid verrig tydens die opwaartse en afwaartse beweging is die teken aangesien die rigting van beweging verander. Daarom:

$$\begin{aligned} W_{g(op\ en\ af)} &= W_{g(op)} + W_{g(af)} \\ &= (mg \sin \alpha \cdot \Delta x \cos 180^\circ) + (mg \sin \alpha \cdot \Delta x \cos 0^\circ) \\ &= (-mg \sin \alpha \cdot \Delta x) + (mg \sin \alpha \cdot \Delta x) \\ &= 0\text{ J} \end{aligned}$$

Dus is die totale arbeid verrig tydens die hele beweging:

$$\begin{aligned} W_{(op\ en\ af)} &= W_F + W_g + W_N \\ &= W_F + W_{g(op)} + W_{N(op)} \\ &= (98) + (0) + (0) \\ &= 98\text{ J} \end{aligned}$$

Ons kan nou hierdie vergelyking in die arbeid-energie-stelling gebruik:

$$\begin{aligned} W_{(op\ en\ af)} &= E_{k,f} \\ E_{k,f} &= 98\text{ J} \end{aligned}$$

Stap 6: Spoed van die blok

Ons weet wat die kinetiese energie van die blok is en kan daarom sy spoed bereken:

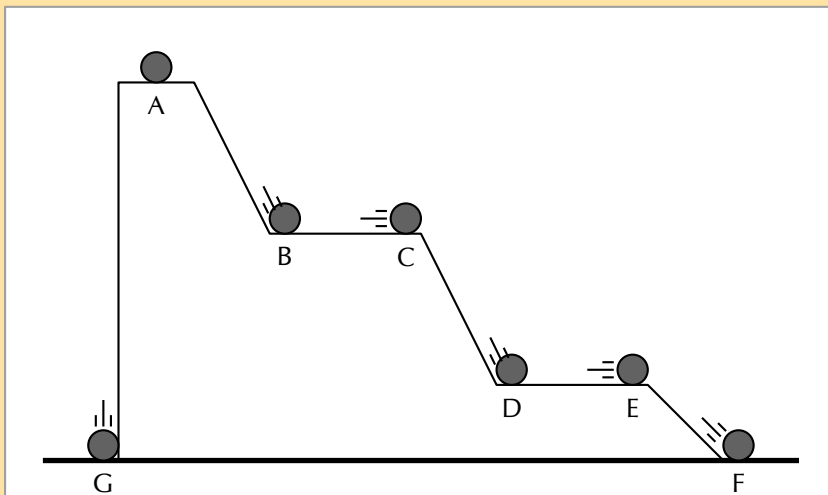
$$\begin{aligned} E_{k,f} &= \frac{1}{2}mv^2 \\ \frac{1}{2}mv^2 &= E_{k,f} \\ v &= \pm \sqrt{\frac{2}{m}E_{k,f}} \\ &= \pm \sqrt{\frac{2}{(2)}(98)} \\ &= \pm 9,89949493661 \\ &= 9,90\text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Let op dat die totale arbeid verrig tydens die opwaartse beweging nul is aangesien die blok stilstaande aan die begin en aan die einde van die beweging teen die helling op is. Die positiewe arbeid verrig deur die nie-konserwatiewe kragte word uitgekanselleer deur die feit dat dit presies dieselfde hoeveelheid negatiewe arbeid as gravitasie verrig.

Die netto arbeid kom van die arbeid verrig tydens die afwaartse beweging deur gravitasie. Netto arbeid verrig veroorsaak 'n verandering in kinetiese energie volgens die arbeid-energie-stelling.

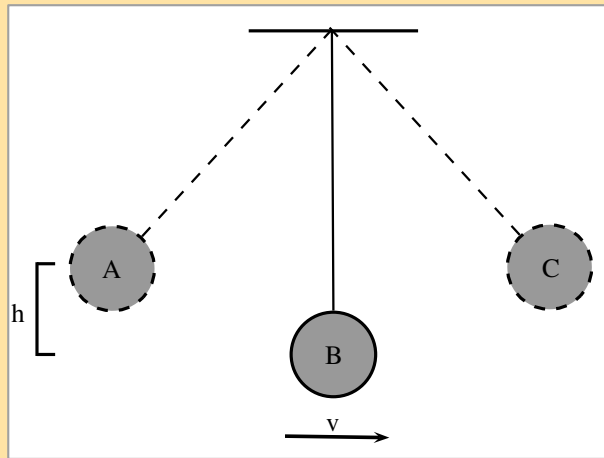
Oefening 5 – 2: Energie

1. Vul die ontbrekende inligting in die tabel in deur die posisies van die 1kg bal in die diagram hieronder en die arbeid-energie-stelling te gebruik.



posisie	EK	PE	v
A		50 J	
B		30 J	
C			
D		10 J	
E			
F			
G			

2. 'n Vallende bal tref die grond teen $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in 'n vakuum. Sou die spoed van die bal vermeerder of verminder as die lugweerstand in ag geneem sou word? Bespreek aan die hand van die arbeid-energie-stelling.
3. 'n Slingergewig met massa 300 g word aan die plafon vasgemaak. Dit word opgetrek tot by punt A wat teen 'n hoogte van $h = 30 \text{ cm}$ vanaf die ewewig posisie is.



Bereken die spoed van die slingerewig wanneer dit by punt B (die ewewigspunt) kom. Aanvaar dat daar geen nie-konserwatiewe kragte op die slingerewig in-werk nie.

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C8Y 2. 2C8Z 3. 2C92



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

5.4 Behoud van energie

ESFWN

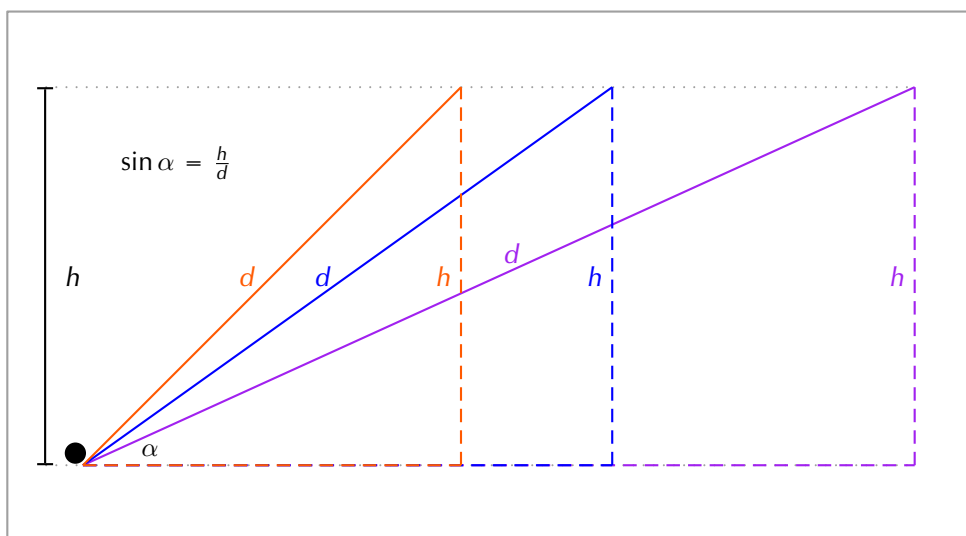
Daar is twee kategorieë van kragte wat ons sal oorweeg, konserwatief en nie-konserwatief.

DEFINISIE: *Konserwatiewe krag*

'n Konserwatiewe krag is een waarvoor arbeid verrig deur of aan dit slegs afhang van die begin en eindpunt van 'n beweging en nie die roete wat dit neem nie.

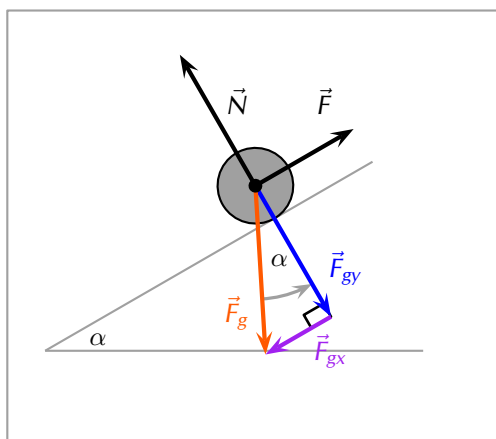
'n **Konserwatiewe krag** veroorsaak gebergde of **potensiële energie** en ons kan 'n potensiële energie (E_p) definieer vir enige konserwatiewe krag.

Gravitasie is 'n konserwatiewe krag. Ons het die gravitasie-potensiële energie in Graad 10 bestudeer. Ons beskik nou oor al die konsepte om dit eintlik self af te lei. Kom ons oorweeg die situasie waar 'n bal teen 'n paar verskillende hellings opgestoot word.



Figuur 5.5: Drie verskillende hellings word getoon, almal styg tot 'n hoogte van h . Die denkbeeldige reghoekige driehoek word vir elke helling getoon. d is die lengte van die helling. α is die hoek wat die helling met die horisontaal maak.

Die helling van lengte d is die skuinssy van 'n denkbeeldige reghoekige driehoek. Die arbeid wat verrig word deur gravitasie terwyl 'n bal met 'n massa m teen elkeen van die hellings opgestoot word, kan bereken word. Ons weet dat die komponent van die gravitasiekrag parallel aan die helling $\vec{F}_{gx} = \vec{F}_g \sin \alpha$ teen die helling af is.



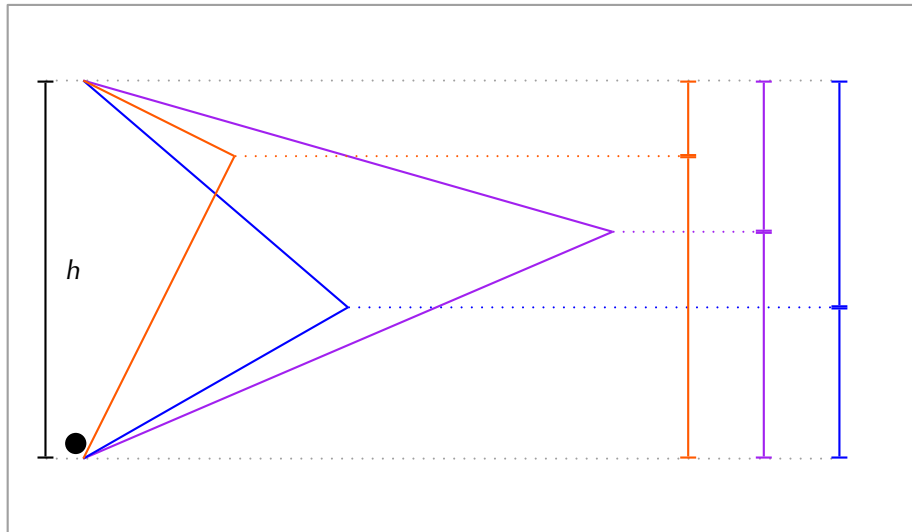
Die arbeid verrig deur gravitasie wanneer die krag $\vec{F}$ die bal teen die helling opstoot sal negatief wees omdat die rigting van beweging en $\vec{F}_g \sin \alpha$ teenoorgestel is.

$$\begin{aligned}
 W_g &= Fd \cos \theta \\
 &= (\vec{F}_g \sin \alpha)d(-1) \\
 &= -\vec{F}_g(\sin \alpha)d \\
 &= -\vec{F}_g \left(\frac{\text{teenoorstaande}}{\text{skuinssy}} \right) d \\
 &= -\vec{F}_g \left(\frac{h}{d} \right) d \\
 &= -\vec{F}_g h
 \end{aligned}$$

Hierdie finale resultaat is afhanklik van die hoek van die helling. Dit is omdat $\sin \alpha = \frac{\text{teenoorstaande}}{\text{skuinssy}} = \frac{h}{d}$ en dus die afstand uitkanselleer. As die bal teen die helling af beweeg is die enigste verandering die teken, die arbeid verrig deur gravitasie sal steeds slegs afhang van die verandering in hoogte. Dit is hoekom meganiese energie gravitasiepotensiële energie insluit en behoue bly. As 'n voorwerp 'n afstand van h opgaan verrig gravitasie negatiewe arbeid. As dit weer h afwaarts beweeg verrig gravitasie positiewe arbeid, maar die absolute hoeveelheid arbeid is dieselfde dus 'kry jy dit terug', ongeag hoe jy daar kom.

Dit beteken dat arbeid verrig deur gravitasie dieselfde sal wees as die bal teen enige van die hellings op beweeg aangesien die eindposisie van almal by dieselfde hoogte is. Die verskillende hellings eindig nie presies op dieselfde posisie in die prent nie. As ons elkeen van die hellings in twee afdelings opbreek soos in Figuur 5.6, sal ons

3 verskillende roetes na presies dieselfde eindposisie hê. In hierdie geval is die totale arbeid verrig deur gravitasie langs elke roete die som van die arbeid verrig op elke stuk wat net verband hou met die hoogte. Die totale arbeid verrig hou verband met die totale hoogte.



Figuur 5.6: Drie verskillende roetes wat van dieselfde beginpunt na dieselfde eindpunt loop. Elke roete lei na dieselfde verandering in hoogte, h , en daarom dieselfde arbeid verrig deur gravitasie.

Daar is ander voorbeelde soos wanneer jy 'n speelding of 'n outydse horlosie opwen. Jy verrig arbeid teen die veer en stoor energie daarin. (Ons hanteer hierdie vereas ideaal en aanvaar dat daar nie wrywing is nie en dat geen termiese energie produseer word nie.) Hierdie gebergde energie is beskikbaar as arbeid en dit is handig om daaraan te dink as potensiële energie wat in die veer gestoor word.

Die totale arbeid verrig deur 'n konserwatiewe krag veroorsaak 'n verandering in potensiële energie, ΔE_p . As die konserwatiewe krag positiewe arbeid verrig sal die verandering in potensiële energie negatief wees. Dus:

$$W_{\text{konserwatief}} = -\Delta E_p$$

DEFINISIE: Nie-konserwatiewe krag

'n Nie-konserwatiewe krag is een waarvoor die arbeid verrig op die voorwerp afhang van die roete wat die voorwerp neem.

BELANGRIK!

Nie-konserwatiewe kragte beteken nie dat totale energie nie behoue bly nie. Totale energie word altyd behou. Nie-konserwatiewe kragte beteken dat meganiese energie nie behoue bly in 'n spesifieke sisteem nie, wat impliseer dat die energie oorgedra is in 'n proses wat nie omkeerbaar is nie.

Wrywing is 'n goeie voorbeeld van 'n nie-konserwatiewe krag, omdat dit energie uit 'n sisteem haal sodat die hoeveelheid meganiese energie nie behoue bly nie. Nie-

konserwatiewe kragte kan ook positiewe arbeid verrig en sodoende die totale meganiese energie van die sisteem verhoog.

Die energie wat oorgedra word om wrywing te oorkom sal afhang van die afstand afgelê en word omgeskakel na termiese energie wat nie deur die sisteem verhaal kan word nie.

Nie-konserwatiewe kragte en arbeid-energie-stelling

ESFWP

Ons weet dat die netto arbeid verrig die som van die arbeid verrig deur al die individuele kragte sal wees:

$$F_{\text{net}} = F_{\text{konserwatief}} + F_{\text{nie-konserwatief}}$$

(die werk deur al die grootte kragte)

$$W_{\text{net}} = W_{\text{konserwatief}} + W_{\text{nie-konserwatief}}$$

(gebruik die arbeid-energie-stelling)

$$\Delta E_k = W_{\text{konserwatief}} + W_{\text{nie-konserwatief}}$$

(gebruik $W_{\text{konserwatief}} = -\Delta PE$)

$$\Delta E_k = -\Delta E_p + W_{\text{nie-konserwatief}}$$

$$W_{\text{nie-konserwatief}} = \Delta E_k + \Delta E_p$$

Wanneer die nie-konserwatiewe kragte die beweging teenstaan, sal die arbeid verrig deur die nie-konserwatiewe kragte negatief wees, wat 'n afname in meganiese energie van die sisteem veroorsaak. Wanneer die nie-konserwatiewe kragte positiewe arbeid verrig, sal energie by die sisteem gevoeg word. As die som van die nie-konserwatiewe kragte nul is, bly die meganiese energie behoue.

Uitgewerkte voorbeeld 9: 'n Glyende voetbalspeler [krediet: OpenStax College Physics]

VRAAG

Oorweeg die situasie hieronder waar 'n voetbalspeler tot stilstand kom op gelyke grond. Gebruik energiebeginsels om die afstand wat die 65,0 kg voetbalspeler gly te bereken, as sy beginspoed $6,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ is en die wrywingskrag wat teen hom werk 'n konstante 450 N is.



OPLOSSING

Stap 1: Analiseer die probleem en bepaal wat gegee is

Wrywing stop die speler deur sy kinetiese energie in ander vorme om te skakel, insluitend termiese energie. In terme van die arbeid-energie-stelling, is die arbeid verrig

deur die wrywing, wat negatief is, by die aanvanklike kinetiese energie getel om dit tot nul te verminder. Die arbeid verrig deur die wrywing is negatief omdat F_f in die teenoorgestelde rigting van beweging is (dit is, $\theta = 180^\circ$ en dus $\cos \theta = -1$). Dus $W_{\text{nie-konserwatief}} = -F_f \Delta x$.

Daar is geen verandering in potensiële energie nie.

Stap 2: Ons moet nou die afstand bereken deur die behoud van energie te gebruik

Ons begin met die behoud van energie:

$$W_{\text{nie-konserwatief}} = \Delta EK + \Delta PE$$

Die vergelyking brei uit na:

$$\begin{aligned} W_{\text{nie-konserwatief}} &= \Delta E_k + \Delta E_p \\ &= E_{k,f} - E_{k,i} + (0) \\ -F_f \Delta x &= E_{k,f} - E_{k,i} \\ -F_f \Delta x &= (0) - E_{k,i} \\ F_f \Delta x &= \frac{1}{2} m v_i^2 \\ \Delta x &= \frac{m v_i^2}{2 F_f} \\ &= \frac{(65,0)(6,00)^2}{2(450)} \\ &= 2,60 \text{ m} \end{aligned}$$

Stap 3: Gee die finale antwoord

Die voetbalspeler kom tot stilstand nadat hy vir 2,60 m gegly het.

Bespreking

Die belangrikste punt van hierdie voorbeeld is dat die hoeveelheid nie-konserwatiewe arbeid gelyk is aan die verandering in meganiese energie. Jy moet byvoorbeeld harder werk om 'n trok te laat stop, met sy groot meganiese energie, as om 'n muskiet te stop.

Uitgewerkte voorbeeld 10: Gly teen 'n helling op [krediet: OpenStax College Physics]

VRAAG

Dieselfde 65,0 kg voetbalspeler hardloop teen dieselfde spoed van $6,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en duik teen 'n skuinswal langs die veld. Die wrywingskrag is steeds 450 N aangesien dit dieselfde oppervlak is, maar die oppervlak het 'n helling van 5° . Hoe ver gly hy nou?

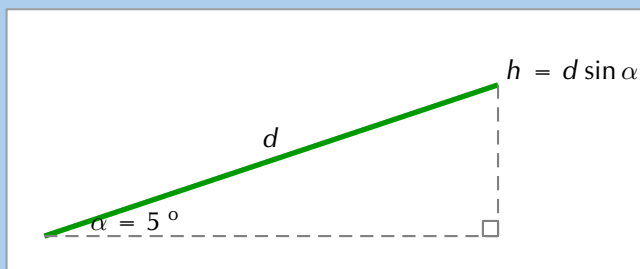
OPLOSSING

Stap 1: Analiseer die vraag

Wrywing stop die speler deur sy kinetiese energie in ander vorme van energie, insluitend termiese energie, om te skakel, net soos in die vorige uitgewerkte voorbeeld. Die verskil in hierdie geval is dat die hoogte van die speler sal verander wat 'n nie-nul verandering aan gravitasie-potensiële energie beteken.

Die arbeid verrig deur die wrywing is negatief omdat F_f in die teenoorgestelde rigting van beweging is (dit is $\theta = 180^\circ$).

Ons skets die situasie van die voetbalspeler wat 'n afstand d teen die wal opgly.



In hierdie geval verminder die nie-konserwatiewe wrywingskrag op die speler die meganiese energie, wat hy as gevolg van kinetiese energie by nul hoogte het, na die finale meganiese energie wat hy het as hy deur die afstand d beweeg om die hoogte h langs die helling te bereik. Dit word deur die vergelyking uitgedruk:

$$\begin{aligned}W_{\text{nie-konserwatief}} &= \Delta E_k + \Delta E_p \\W_{\text{nie-konserwatief}} &= E_{k,f} - E_{k,i} + E_{p,f} - E_{p,i} \\W_{\text{nie-konserwatief}} + E_{k,i} + E_{p,i} &= E_{k,f} + E_{p,f}\end{aligned}$$

Ons weet dat:

- die arbeid verrig deur wrywing is $W_{\text{nie-konserwatief}} = -F_f d$,
- die aanvanklike potensiële energie is $E_{p,i} = mg(0) = 0$,
- die aanvanklike kinetiese energie is $E_{k,i} = \frac{1}{2}mv_i^2$,
- die finale kinetiese energie is $E_{k,f} = 0$, en
- die finale potensiële energie is $E_{p,f} = mgh = mgd \sin \theta$.

Stap 2: Bereken die afstand

$$\begin{aligned}W_{\text{nie-konserwatief}} + E_{k,i} + E_{p,i} &= E_{k,f} + E_{p,f} \\(-F_f d) + \frac{1}{2}mv_i^2 + 0 &= 0 + mgd \sin \theta \\(-F_f d) - mgd \sin \theta &= -\frac{1}{2}mv_i^2 \\d(F_f + mg \sin \theta) &= \frac{1}{2}mv_i^2 \\d &= \frac{\frac{1}{2}mv_i^2}{F_f + mg \sin \theta} \\&= \frac{\frac{1}{2}(65,0)(6,00)^2}{450 + (65,0)(9,8) \sin(5,00)} \\&= 2,31 \text{ m}\end{aligned}$$

Stap 3: Haal die finale antwoord aan

Die speler gly vir 2,31 m voor hy stop.

Soos verwag, gly die voetballspeler vir 'n korter afstand omdat hy opdraend gly. Let op dat die probleem ook in terme van die kragte en die arbeid-energie-stelling opgelos kon word in plaas van om die potensiële energie te gebruik. Hierdie metode sal vereis dat die normaalkrag en die krag van die gravitasievektore, wat nie meer mekaar uitkanselleer nie omdat hulle in verskillende rigtings wys, en wrywing gebruik word om die netto krag te kry. Jy kon dan die netto krag en die netto arbeid gebruik het om die afstand d te vind wat die kinetiese energie verminder tot nul. Deur die behoud van energie toe te pas en eerder die potensiële energie te gebruik, hoef ons slegs die gravitasie-potensiële energie te gebruik, sonder om die kragvektore te meng en op te los. Dit vereenvoudig die oplossing aansienlik.

Oefening 5 – 3: Behoud van energie

1. 'n 60,0 kg skaatser met 'n beginspoed van $12,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ gly teen 'n 2,50 m hoë helling soos in die figuur aangetoon. Bepaal haar beginspoed aan die bopunt, as die koëffisiënt van die wrywing tussen haar ski's en die sneeu 0,0800 is. (Wenk: Kry die afstand afgelê teen die helling op deur dit as 'n reguit pad te gebruik soos in die prent getoon.)



2. a) Watter hoogte teen die heuwel kan die motor bereik (indien die enjin uitgeskakel is) as die arbeid verrig deur wrywing weglaatbaar is en die beginspoed $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ is?
b) As 'n 750 kg motor met 'n beginspoed van $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ werklik waargeneem word terwyl dit teen 'n heuwel oprol tot by 'n hoogte van 22,0 m bo

sy beginpunt, bereken hoeveel termiese energie deur wrywing veroorsaak word?

- c) Wat is die gemiddelde wrywingskrag as die heuwel 'n helling van $2,5^\circ$ bo die horisontaal het?
3. 'n Koeël beweeg teen 100 m/s en deurboor 'n houtplank van 5 m . Wat sou die spoed (in m/s) wees as die koeël 'n houtplank van dieselfde materiaal, maar met 'n dikte van 10 m tref.
4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2C93](#) 2. [2C94](#) 3. [2C95](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

FEIT

Die eenheid watt is vernoem na die Skotse uitvinder en ingenieur James Watt (19 Januarie 1736 - 19 Augustus 1819) wie se verbeteringe op die stoomenjin fundamenteel tot die Industriële Revolusie was. 'n Kernfaktor van dit was dat dit die enjin uit die veraf steenkoolvelde in die fabriek in gebring het.

5.5 Krag

ESFWQ

Noudat ons die verhouding tussen arbeid en energie verstaan kan ons na 'n kwantiteit kyk wat verband hou met die koers van energie oordrag. Byvoorbeeld, 'n ma stoot 'n trollie vol inkopies en neem 30 s of 60 s om die trollie in die paadjie af te stoot. Sy verrig dieselfde hoeveelheid arbeid, maar neem verskillende tye. Ons gebruik die idee van *krag* om die tempo te beskryf waarteen die arbeid verrig is.

DEFINISIE: *Krag*

Drywing word gedefinieer as die tempo waarteen arbeid verrig word of die tempo waarmee energie aan of van 'n sisteem oorgeplaas word. Die wiskundige definisie vir drywing is:

$$P = \frac{W}{t}$$

Drywing word maklik afgelei van die definisie van arbeid. Ons weet dat: $W = F\Delta x \cos \theta$

Drywing word gedefinieer as die tempo waarteen arbeid verrig word. Dus,

$$\begin{aligned} P &= \frac{W}{t} \\ &= \frac{F\Delta x \cos \theta}{t} \end{aligned}$$

die geval waar F en Δx in die selfde rigting is

$$\begin{aligned} &= \frac{F\Delta x}{t} \\ &= F \frac{\Delta x}{t} \\ &= Fv \end{aligned}$$

FEIT

Histories was *perdekrag* (simbool hp) die eenheid wat gebruik is om die krag wat deur 'n masjien gelewer word te bepaal. Een perdekrag is gelyk aan ongeveer 750 W. Die perdekrag is afgelei deur James Watt om 'n aanduiding van die krag van sy stoomenjien in terme van die krag van 'n perd te gee, wat was wat meeste mense gebruik het om 'n meulwiel te draai.

BELANGRIK!

In die geval waar die krag en die snelheid in teenoorgestelde rigtings is, sal die drywing negatief wees.

Die eenheid van drywing is watt (simbool W).

Uitgewerkte voorbeeld 11: Kragberekening 1

VRAAG

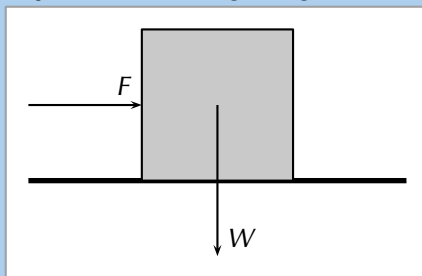
Bereken die drywing nodig vir 'n krag van 10 N wat toegepas word om 'n 10 kg boks teen 'n spoed van $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ oor 'n wrywinglose oppervlak te stoot.

OPLOSSING

Stap 1: Bepaal wat gegee is en wat vereis word

- Die krag word gegee, $F = 10 \text{ N}$.
- Die spoed word gegee, $v = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Ons moet die drywing benodig bereken.

Stap 2: Teken 'n kragdiagram



Stap 4: Bereken die drywing benodig

$$\begin{aligned} P &= F \cdot v \\ &= (10 \text{ N}) (1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}) \\ &= 10 \text{ W} \end{aligned}$$

Stap 3: Bepaal hoe om die probleem te benader

Van die kragdiagram kan ons sien dat die gewig van die boks teen 'n regte hoek met die rigting van beweging werk. Die gewig sal nie bydra tot die arbeid verrig nie en dra nie by tot die drywingberekening nie. Ons kan daarom die drywing bereken van: $P = F \cdot v$.

Stap 5: Skryf die finale antwoord

10 W drywing is nodig vir 'n krag van 10 N om 'n 10 kg boks teen 'n spoed van $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ oor 'n wrywinglose oppervlak te stoot.

Masjiene word ontwerp en gebou om arbeid op voorwerpe te verrig. Alle masjiene het gewoonlik 'n drywingsgradering. Die drywingsgradering dui die tempo aan waarteen die masjien arbeid verrig op voorwerpe.

'n Motorenjin is 'n voorbeeld van 'n masjien wat 'n drywingsgradering het. Die drywingsgradering hou verband met hoe vinnig die motor kan versnel. Veronderstel dat 'n 50 kW enjin 'n motor van $0 \text{ km} \cdot \text{hr}^{-1}$ tot $60 \text{ km} \cdot \text{hr}^{-1}$ in 16 s kan versnel. 'n Motor met vier maal die drywingsgradering (d.i. 200 kW) kan dus dieselfde hoeveelheid arbeid in 'n kwart van die tyd verrig. Dus kan 'n 200 kW enjin dieselfde motor van $0 \text{ km} \cdot \text{hr}^{-1}$ na $60 \text{ km} \cdot \text{hr}^{-1}$ in 4 s versnel.

VRAAG

'n Vurkhyser lig 'n krat met 'n massa 100 kg teen 'n konstante spoed tot 'n hoogte van 8 m oor 'n tydperk van 4 s. Die vurkhyser hou dan die krat in posisie vir 20 s. Bereken hoeveel drywing die vurkhyser uitoefen om die krat te lig. Hoeveel drywing sal die vurkhyser uitoefen om die krat in posisie te hou?

OPLOSSING

Stap 1: Bepaal wat gegee is en wat gevra is

Gegee:

- massa van krat: $m = 100 \text{ kg}$
- hoogte waartoe krat gelig is: $h = 8 \text{ m}$
- tyd geneem om krat te lig: $t_r = 4 \text{ s}$
- tyd wat krat in posisie gehou is: $t_s = 20 \text{ s}$

Ons moet die drywing wat uitgeoefen is bereken.

Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader

Ons kan $P = Fv = F \frac{\Delta x}{\Delta t}$ gebruik om die drywing te bereken. Die drywing nodig om die krat te lig is gelyk aan die gewig van die krat.

Stap 3: Bereken die drywing wat nodig is om die krat te lig

$$\begin{aligned} P &= F \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= m \cdot g \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ &= (100 \text{ kg}) (9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}) \frac{8 \text{ m}}{4 \text{ s}} \\ &= 1960 \text{ W} \end{aligned}$$

Stap 4: Bereken die drywing wat nodig is om die krat in posisie te hou

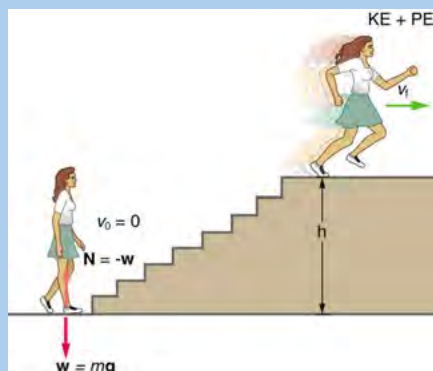
Terwyl die krat in plek gehou word, is daar geen verplasing nie. Dit beteken dat geen arbeid verrig word op die krat nie en dus geen drywing uitgeoefen word nie.

Stap 5: Skryf die finale antwoord

1960 W drywing word uitgeoefen om die krat te lig en geen drywing word uitgeoefen om die krat in posisie te hou nie.

VRAAG

Wat is die drywing vir 'n 60,0 kg vrou wat 'n 3,00 m hoë stel trappe uithard-loop in 3,50 s as sy by rus begin en 'n finale spoed van $2,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ het? Haar drywing hang af van hoe vinnig sy dit doen.



OPLOSSING

Stap 1: Analiseer die vraag

Die arbeid verrig verander in meganiese energie is $W = E_k + E_p$. Aan die onderkant van die trap neem ons beide E_k en die potensiële energie as gevolg van gravitasie, $E_{p,g}$, as aanvanklik nul; dus, $W = E_{k,f} + E_{p,g} = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh$, waar h die vertikale hoogte van die trappe is. Omdat al die terme gegee is, kan ons W bereken en dit dan deel deur die tyd om drywing te kry.

Stap 2: Bereken drywing

Deur die uitdrukking vir W in die definisie van drywing wat in die vorige vergelyking gegee is te vervang, $P = \frac{W}{t}$ lewer:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{W}{t} \\
 &= \frac{\frac{1}{2}mv_f^2 + mgh}{t} \\
 &= \frac{\frac{1}{2}(60,0)(2,00)^2 + (60,0)(9,80)(3,00)}{3,50} \\
 &= \frac{120 + 1764}{3,50} \\
 &= 538,3 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Stap 3: Haal die finale antwoord aan

Die drywing genereer is 538,0 W.

Die vrou verrig 1764 J arbeid om teen die trap op te beweeg in vergelyking met slegs 120 J om haar kinetiese energie te verhoog; dus is die meeste van haar drywing nodig om die trappe te klim eerder as om te versnel.

VRAAG

Hoeveel drywing is nodig om water van 'n boorgat te pomp wat 'n diepte van $h = 15,0$ m het teen 'n tempo van $20,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$?

OPLOSSING

Stap 1: Analiseer die vraag

Ons weet dat ons eers arbeid moet verrig op die water om gravitasie te oorkom sodat dit 'n sekere hoogte kan lig. As ons enige eksterne faktore ignoreer kan ons die arbeid, en drywing bereken wat nodig is om die massa water tot die regte hoogte te lig.

Ons weet hoeveel water nodig is in 'n enkele sekonde. Ons kan eers bepaal wat die massa van die water is: $20,0 \text{ l} \times \frac{1 \text{ kg}}{11} = 20,0 \text{ kg}$.

Die water sal ook 'n nie-nul kinetiese energie hê wanneer dit by die oppervlak kom aangesien dit moet aanhou vloei. Die pomp moet elke sekonde $20,0 \text{ kg}$ beweeg vanuit die diepte van die boorgat. Ons weet wat die diepte is, dus weet ons die spoed waarteen die water moet beweeg is $v = \frac{h}{t} = \frac{15,0}{1} = 15,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Stap 2: Arbeid verrig om water te lig

Ons kan die volgende gebruik

$$\begin{aligned} W_{\text{nie-konserwatief}} &= \Delta E_k + \Delta E_p \\ &= E_{k,f} - E_{k,i} + E_{p,f} - E_{p,i} \\ &= \frac{1}{2}mv^2 - (0) + mgh - 0 \\ &= \frac{1}{2}(20)(15)^2 + (20)(9,8)(15) \\ &= 2,25 \times 10^3 + 2,94 \times 10^3 \\ &= 5,19 \times 10^3 \text{ J} \end{aligned}$$

Stap 3: Bereken drywing

$$\begin{aligned} P &= \frac{W}{t} \\ &= \frac{5,19 \times 10^3}{1} \\ &= 5,19 \times 10^3 \text{ W} \end{aligned}$$

Stap 4: Haal die finale antwoord aan

Die minimum drywing vereis van die pomp is $5,19 \times 10^3 \text{ W}$.

Algemene eksperiment: Eenvoudige metings van menslike krag

Jy kan verskillende fisiese aktiwiteite verrig, byvoorbeeld om gewigte te lig of 'n stel trappe te klim om jou uitvoerdrywing met 'n stophorlosie te bepaal. Let wel: die menslike liggaam is nie baie doeltreffend in hierdie aktiwiteite nie, so jou eintlike drywing sal baie groter wees as wat jy hier geskat het.

Oefening 5 – 4: Krag

- [IEB 2005/11 HG] Watter een van die volgende is ekwivalent aan die SI eenheid van drywing:

a) $\text{V}\cdot\text{A}$
b) $\text{V}\cdot\text{A}^{-1}$
c) $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
d) $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
- Twee studente, Bill en Bob, is in die gewigte-afdeling van hulle gimnasium. Bill lig die 50 kg staafgewig 10 keer in een minuut oor sy kop, terwyl Bob die 50 kg staafgewig 10 keer in 10 s lig. Wie verrig die meeste arbeid? Wie voorsien die meeste drywing? Verduidelik jou antwoorde.

- Jack en Jill het teen 'n heuwel opgehardloop. Jack is twee maal so groot as Jill; Jill het egter dieselfde afstand in die helfte van die tyd geklim. Wie het die meeste arbeid verrig? Wie het die meeste drywing gelewer? Verduidelik jou antwoord.
- Terwyl 'n fisika student optrekke doen, lig haar 40 kg lyf 'n afstand van 0,25 m in 2 s. Wat is die drywing gelewer deur die student se boarmspiere?
- Die eenheid van drywing wat op 'n maandelikse elektrisiteitsrekening gebruik word is *kilowatt-ure* (simbool kWh). Dit is 'n eenheid van energie wat gelewer word deur die vloei van 1 kW elektrisiteit vir 1 uur. Toon hoeveel joules energie jy kry as jy 1 kWh elektrisiteit koop.
- 'n Roltrap word gewoonlik gebruik om elke minuut 20 passasiers van die eerste vloer van 'n winkelsentrum na die tweede vloer te vervoer. Die tweede vloer is 5 meter bo die eerste vloer. Die gemiddelde passasier se massa is 70 kg. Bepaal die drywingvereiste van die roltrap om hierdie hoeveelheid passasiers vir hierdie hoeveelheid tyd te beweeg.
- Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C96 2. 2C97 3. 2C98 4. 2C99 5. 2C9B 6. 2C9C



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

5.6 Hoofstukopsomming

ESFWR

► Sien aanbieding: 2C9D op www.everythingscience.co.za

- Kinetiese energie:** $E_k = \frac{1}{2}mv^2$
- Behoud van energie:** Energie word nooit geskep of vernietig nie, maar word slegs van een vorm na 'n ander omgeskakel.
- Behoud van meganiese energie:** in die afwesigheid van nie-konserwatiewe kragte word meganiese energie behou.
- Wanneer 'n krag op 'n voorwerp werk wat 'n komponent in die lyn van beweging het, word arbeid verrig.
- Arbeid is die proses van energie-oordrag van een voorwerp of sisteem na 'n ander.
- Energie is die vermoë om arbeid te verrig.

Eenhede					
Hoeveelheid	Simbool	Eenheid	S.I. Eenhede		Rigting
Snelheid	$\vec{v}$	-	$m \cdot s^{-1}$	of $m \cdot s^{-1}$	✓
Krag	$\vec{F}$	-	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$	of N	✓
Energie	E	J	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	of $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	-
Werk	W	J	N·m	of $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	-
Kinetiese Energie	E_k	J	N·m	of $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	-
Potensiële Energie	E_p	J	N·m	of $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	-
Meganiese Energie	U	J	N·m	of $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	-
Krag	P	W	$N \cdot m \cdot s^{-1}$	of $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$	-

Oefening 5 – 5:

1. Hoeveel arbeid verrig 'n persoon wat 'n winkeltrillie met 'n krag van 200 N stoot oor 'n afstand van 80 m in die rigting van die krag?
2. Hoeveel arbeid verrig gravitasiekrag om 'n 20 kg boks teen 'n 45° wrywinglose gelinde vlak met lengte van 18 m af te trek?
3. [IEB 2001/11 HG 1] Van watter een van die volgende hoeveelhede is $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}$ die basis S.I. eenheid?

a	Energie	c	Krag
b	Krag	d	Momentum

4. [IEB 2003/11 HG1] 'n Motor word gebruik om 'n massa m deur 'n vertikale hoogte h in tyd t te lig. Wat is die drywing van die motor terwyl dit gebeur?

a	$\frac{mgh}{t}$	c	$\frac{mgt}{h}$
b	$\frac{mgh}{t}$	d	$\frac{ht}{mg}$

5. [IEB 2002/11 HG1] 'n Elektriese motor lig 'n vrag van massa M vertikaal deur 'n hoogte h teen 'n konstante spoed v . Watter een van die volgende uitdrukkings kan gebruik word om die drywing te bepaal wat deur die motor aan die vrag oorgedra word terwyl dit teen 'n konstante spoed gelig word?

a	Mgh	c	Mgv
b	$Mgh + \frac{1}{2} Mv^2$	d	$Mgv + \frac{1}{2} \frac{Mv^3}{h}$

6. 'n Stel 193 kg houers moet na hoër vloere gelig word tydens bouwerk. Die afstand wat hulle gelig moet word is 7,5 m teen 'n konstante spoed. Die projekbestuurder het bepaal dat om by die begroting en tyd te bly, dit so na as moontlik aan 5,0 s moet neem om te lig. Die kapasiteit van die drie motors is gelys as 1,0 kW, 3,5kW en 5,5 kW. Watter motor is die beste vir die taak?
7. [IEB 2003/11 HG1] In watter van die volgende situasies is daar nie arbeid verrig op die voorwerp nie.
 - a) 'n Appel val op die grond.
 - b) 'n Baksteen word van die grond tot die bokant van die gebou gelig.
 - c) 'n Motor verminder spoed tot dit stop.
 - d) 'n Boks beweeg teen 'n konstante spoed oor 'n wrywinglose horisontale oppervlak.

8. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C9F
2. 2C9G
3. 2C9H
4. 2C9J
5. 2C9K
6. 2C9M
7. 2C9N



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Dopplereffek

6.1	<i>Inleiding</i>	258
6.2	<i>Die Dopplereffek met klank</i>	258
6.3	<i>Die Doppereffek met lig</i>	267
6.4	<i>Hoofstukopsomming</i>	270

6.1 Inleiding

ESFWS

Het jy al ooit besef hoe die toonhoogte van 'n polisiemotor of ambulans se sirene verander soos wat dit verby jou beweeg, of hoe 'n trein of motorkar wat na jou beweeg anders klink as een wat van jou af weg beweeg? Indien nie, probeer eksperimenteer deur ekstra aandag daaraan te spandeer die volgende keer wanneer jy in so situasie is om agter te kom of jy 'n verskil in toonhoogte kan hoor. Dit is nie net op voertuie en treine van toepassing nie, maar enigiets wat golwe uitgee - hetsy dit klankgolwe of elektromagnetiese (EM) golwe is.

Die effek word ook waargeneem wanneer jy na- of weg van die bron van klank beweeg. Hierdie verskynsel staan as die **Dopplereffek** bekend en sal in hierdie hoofstuk verder bestudeer word.

Onderzoek: Die Dopplereffek in klas

Jy kan die Dopplereffek in klas naboots. Om dit te doen, benodig jy:

- tou en
- 'n stemvurk.

Bind die tou aan die bodem van die stemvurk vas. Tref die stemvurk om 'n noot te veroorsaak en swaai dan die stemvurk in 'n horisontale vlak in sirkels.

WAARSKUWING!

Die tou moet baie stewig aan die stemvurk vas wees om te verseker dat dit nie tydens die demonstrasie loskom nie.

Die klas behoort agter te kom dat die frekwensie van die bewegende stemvurk verskillend van die frekwensie van die stilstaande stemvurk is.

▶ Sien video: 2C9P op www.everythingscience.co.za

▶ Sien video: 2C9Q op www.everythingscience.co.za

▶ Sien video: 2C9R op www.everythingscience.co.za

6.2 Die Dopplereffek met klank

ESFWT

Die persoon wat die klank hoor word die *waarnemer* of *luisteraar* genoem en die item wat die klank afgee, die *bron*. Soos in die inleiding genoem, is daar twee situasies wat tot die Dopplereffek lei:

1. Wanneer die bron relatief tot die stilstaande waarnemer beweeg.
2. Wanneer die waarnemer relatief tot die stilstaande bron beweeg.

In punt 1 en 2 hierbo is daar 'n relatiewe beweging tussen die bron en die waarnemer. Beide die bron en die waarnemer kan gelyktydig beweeg, maar ons bespreek nie dié geval in hierdie hoofstuk nie.

DEFINISIE: Dopplereffek

Die Dopplereffek is die verandering in die waargenome frekwensie van 'n golf wanneer die bron of die waarnemer relatief tot die sendingsmedium beweeg.

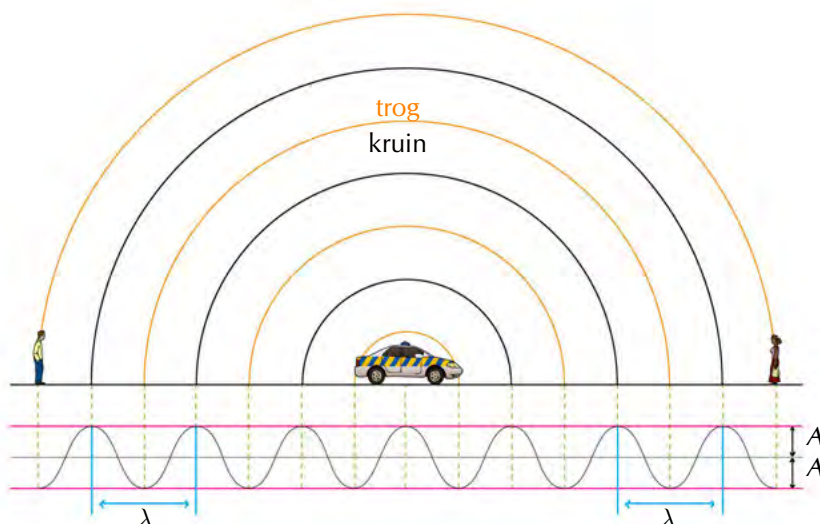
Die Dopplereffek vind plaas wanneer 'n golfbron en/of waarnemer relatief tot mekaar beweeg, sodat die waarnemer 'n verskillende frekwensie van die golwe meet as wat die bron uitstuur. Die medium waardeur die golwe beweeg, die sendingsmedium, bly ook stilstaande in die gevalle waarna ons sal kyk.

Die vraag wat heel waarskynlik sal opper is: "Hoe vind die Dopplereffek plaas?". Ons kan verstaan wat gebeur deur noukeurig die situasie te deurdink.

Geval 1: Bewegende bron, stilstaande waarnemer

ESFWV

Kom ons veronderstel 'n bron van klankgolwe met konstante frekwensie en amplitude. Die klankgolwe kan as konsentriese sirkels voorgestel word, waar elke sirkel 'n kruin of spits van die golf front voorstel. Dit is omdat golwe in alle rigtings weg van die bron beweeg en die afstand tussen opeenvolgende kruine of troë in 'n golf konstant bly (die golflengte soos ons in Graad 10 geleer het). In hierdie figuur word kruine deur swart lyne en troë deur oranje lyne voorgestel.



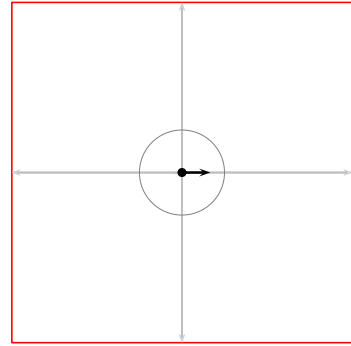
Figuur 6.1: Stilstaande klankbron soos meer golf fronte uitgestraal word.

FEIT

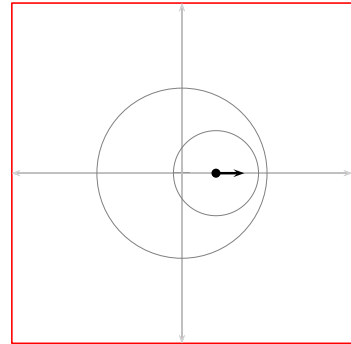
Die Dopplereffek is vernoem na Johann Christian Andreas Doppler (29 November 1803 - 17 Maart 1853), 'n Oostenrykse wiskundige en fisikus wat die verskynsel die eerste keer in 1842 verduidelik het.

Die klankbron is die stilstaande polisiemotor in die middel. Vir die Dopplereffek om plaas te vind (openbaar), moet die bron *relatief* tot die waarnemer beweeg.

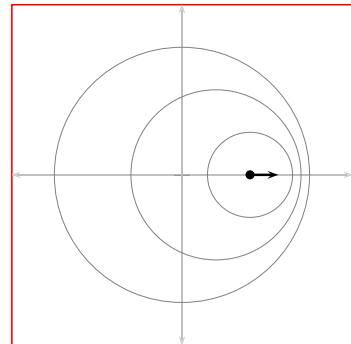
Kom ons neem die volgende situasie in ag: Die bron (deur die swart kol voorgestel) straal een golf uit (die swart sirkels verteenwoordig kruine van die klankgolf) wat vanaf die bron teen dieselfde tempo in alle rigtings beweeg. Die afstand tussen die kruine verteenwoordig die golflengte (λ) van die klank. Hoe nader aan die kruine, hoe hoër die frekwensie (of toonhoogte) van die klank, volgens $f = \frac{v}{\lambda}$, waar v (spoed van klank) konstant bly.



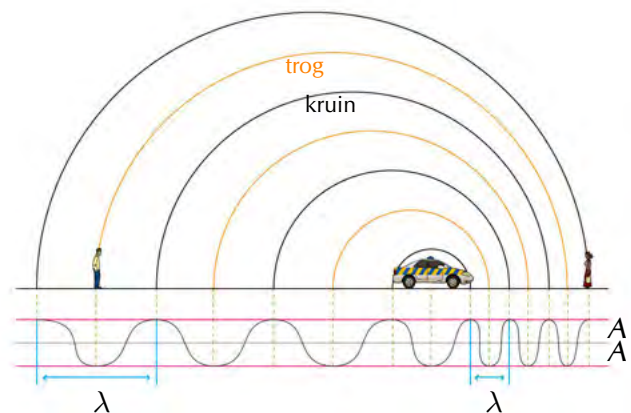
Soos wat die kruin wegbeweeg, beweeg die bron ook en straal dit nog kruine uit. Nou is die twee sirkels nie meer konsentris nie, maar grens hulle nader aan mekaar aan die een kant en verder van mekaar aan die ander kant. Dit word in die volgende diagram getoon.



Indien die bron aanhou om teen dieselfde spoed in dieselfde rigting te beweeg, bly die afstand tussen kruine aan die regterkant van die bron konstant. Die afstand tussen kruine aan die linkerkant bly ook konstant. Die afstand tussen opeenvolgende kruine aan die linkerkant is konstant, maar groter as die afstand tussen opeenvolgende kruine aan die regterkant.



Wanneer 'n motorkar jou nader, het die klankgolwe wat jou bereik 'n korter golflengte en hoër frekwensie. Jy hoor 'n klank met 'n hoër toonhoogte. Wanneer 'n motorkar weg van jou beweeg, het die klankgolwe wat jou bereik 'n langer golflengte en laer frekwensie. Jy hoor 'n klank met 'n laer toonhoogte.



Figuur 6.2: Bewegende klankbron soos meer golffronte uitgestraal word.

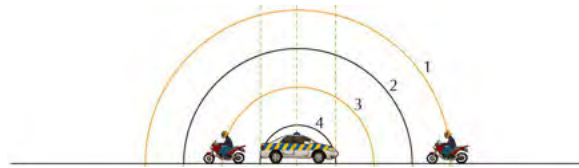
Net soos vantevore, kom ons veronderstel 'n bron ('n polisiemotor) van klankgolwe met konstante frekwensie en amplitude. Daar is twee waarnemers, een na links wat weg beweeg van die bron en een na regs wat na die bron beweeg. Ons het drie diagramme:

1. toon die algehele situasie aan met die sirene wat begin by tyd t_1 ;
2. toon die situasie aan by tyd t_2 wanneer die waarnemers beweeg; en
3. toon die situasie aan by t_3 nadat die waarnemers beweeg het vir 'n sekere tydinterval, $\Delta t = t_3 - t_2$.

Die kruine en die troë is genummer sodat jy kan sien hoe hulle wegbeweeg en sodat ons kan tred hou watter van hulle deur die waarnemers gemeet is.

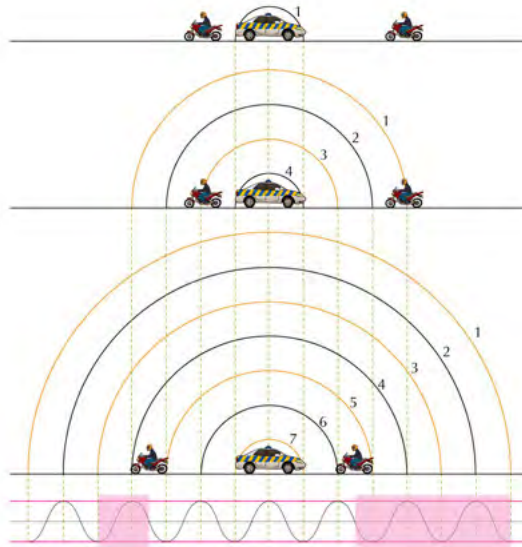


Die waarnemers kan die klankgolwe, uitgestraal deur die polisie kar, hoor en hulle begin om te beweeg (ons ignoreer die tyd wat dit hulle neem om te versnel).



Die frekwensie van die golwe wat 'n waarnemer meet is die aantal voltooide golfsiklusse per eenheid tyd. Deur die kruine en troë te nommer kan ons sien watter voltooide golfsiklusse gemeet is in tyd Δt deur elk van die waarnemers. Om die frekwensie te bepaal kan ons die aantal golfsiklusse deel deur Δt .

In die tydinterval wat verloop het het die waarnemer wat beweeg het in die rigting van die polisie kar die kruine en troë genummer 1 tot 5 waargeneem (die gedeelte van die golf is hieronder uitgelig). Die waarnemer wat wegbeweeg kom net 'n klein gedeelte van die golffront teë, kruin 3 en trog 4. Die tydinterval vir elk van hulle is dieselfde. Vir die waarnemers sal dit beteken dat die frekwensie wat hulle gemeet het, sal verskil.



Die beweging van die waarnemer sal die frekwensie van die gemete klank vanaf 'n stasionêre (stilstaande) bron verander:

- 'n Waarnemer wat beweeg **na die** bron meet 'n **hoër** frekwensie.
- 'n Waarnemer wat beweeg **weg van** bron meet 'n **laer** frekwensie.

Dit is belangrik om in ag te neem dat ons net gekyk het na die gevalle waar die bron en die waarnemer direk na mekaar toe of weg van mekaar beweeg en hierdie is die enigste gevalle wat ons in ag gaan neem.

NOTA:

Ons het nie eintlik nodig om beide gevalle te analiseer nie. Ons kon enige van die twee verklarings gebruik het vanweë relatiewe beweging. Die geval van 'n stilstaande bron met 'n bewegende waarnemer is dieselfde as die geval van die stilstaande waarnemer en die bewegende bron omdat die relatiewe beweging dieselfde is. Stem jy saam? Bespreek onder jou vriende en probeer om juis te oortuig dat dit wel die geval is. Deur in staat te wees om werk aan mekaar te verduidelik sal julle help om dit beter te kan verstaan. Indien jy dit nie verstaan nie, sal jy dit nie behoorlik kan verduidelik nie.

Vir 'n werklike konseptuele toets, bespreek wat jy dink sal gebeur indien die bron en die waarnemer albei beweeg in dieselfde rigting en teen dieselfde spoed.

Die formule wat die verwantskap tussen die frekwensie uitgestraal deur die bron en die frekwensie gemeet deur die luisteraar bepaal is:

$$f_L = \left(\frac{v \pm v_L}{v \pm v_S} \right) f_S$$

- waar f_L die frekwensie is wat deur die waarnemer (luisteraar) waargeneem is,
- f_S is die frekwensie van die bron,
- v is die spoed van die golwe,
- v_L die spoed van die luisteraar en

- v_s die spoed van die bron.

Neem kennis: Die tekens wys of die relatiewe beweging van die bron en die waarnemer na mekaar of weg van mekaar is, al dan nie:

Bron beweeg na die luisteraar	v_s : negatief
Bron beweeg weg vanaf die luisteraar	v_s : positief
Luisteraar beweeg na die bron	v_L : positief
Luisteraar beweeg weg vanaf die bron	v_L : negatief

In hierdie hoofstuk kyk ons net na gevalle waar slegs een van die punte (bron of waarnemer) beweeg. Om die keuse van tekens te kan verstaan, kan jy dink aan die prentjies van die bewegings. Vir die luisteraar/waarnemer gebruik ons die teller in die vergelyking. 'n Fraksie word groter wanneer die teller groter word. So, as ons verwag dat die frekwensie moet toeneem, verwag ons optelling in die teller ($f_L = (\frac{v+v_L}{v})f_s$). Indien die teller kleiner word, word die fraksie kleiner. So, as ons verwag dat die frekwensie moet afneem, verwag ons aftrekking in die teller ($f_L = (\frac{v-v_L}{v})f_s$).

Vir die noemer is die teenoorgestelde waar omdat ons deel deur die noemer. Hoe groter die noemer, hoe kleiner die fraksie en omgekeerd. So, as ons verwag dat die beweging van die bron die frekwensie moet laat toeneem, verwag ons aftrekking in die noemer ($f_L = (\frac{v}{v-v_s})f_s$) en as ons verwag dat die frekwensie moet afneem, verwag ons optelling in die noemer ($f_L = (\frac{v}{v+v_s})f_s$).

► Sien video: [2C9S](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Uitgewerkte voorbeeld 1: Ambulans se sirene

VRAAG

Die sirene van 'n ambulans straal klank uit met 'n frekwensie van 700 Hz. Jy staan op die sypadjie.

Indien die ambulans verby jou ry teen 'n spoed van $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, watter frekwensie sal jy hoor wanneer

1. die ambulans nader aan jou kom
2. die ambulans weg van jou af ry

Neem die spoed van klank in die lug aan as $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



OPLOSSING

Stap 1: Analiseer die vraag

Die vraag vra uitdruklik watter frekwensie jy sal hoor wanneer die bron teen 'n sekere spoed beweeg. Dit vertel jou onmiddellik dat die vraag verwant is aan die Dopplereffek. Die waardes gegee in die vraag is almal in S.I. eenhede, so geen omskakelings word benodig nie.

Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader gebaseer op wat gegee is

Ons weet dat ons op soek is na die waargeneemde frekwensie met 'n bewegende bron. Die verandering in frekwensie kan bereken word deur gebruik te maak van:

$$f_L = \left(\frac{v \pm v_L}{v \pm v_S} \right) f_S$$

Om dit korrek te kan toepas moet ons eers bevestig dat dit geldig is en bepaal watter tekens ons nodig het om te gebruik vir die verskeie snelhede. Jy (die luisteraar) beweeg nie, maar ons moet twee verskillende gevalle in ag neem: (a) wanneer die ambulans na jou toe beweeg en (b) wanneer die ambulans weg van jou af beweeg. Ons weet dat as die bron beweeg na die waarnemer, gebruik ons aftrekking in die noemer en as dit weg beweeg gebruik ons optelling. Dit beteken:

$$f_S = 700 \text{ Hz}$$

$$v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_L = 0 \text{ want jy, die waarnemer, beweeg nie}$$

$$v_S = -20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ vir (a) en}$$

$$v_S = +20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ vir (b)}$$

Stap 3: Bepaal f_L wanneer die ambulans nader kom

$$f_L = \left(\frac{v \pm v_L}{v \pm v_S} \right) f_S$$

$$f_L = \left(\frac{340 + 0}{340 - 20} \right) (700)$$

$$= 743,75 \text{ Hz}$$

Stap 4: Bepaal f_L wanneer die ambulans verby is

$$f_L = \left(\frac{v \pm v_L}{v \pm v_S} \right) f_S$$

$$f_L = \left(\frac{340 + 0}{340 + 20} \right) (700)$$

$$= 661,11 \text{ Hz}$$

Stap 5: Skryf die finale antwoord

Wanneer die ambulans jou nader, hoor jy 'n frekwensie van 743,75 Hz en wanneer dit weg van jou af beweeg, hoor jy 'n frekwensie van 661,11 Hz.

Uitgewerkte voorbeeld 2: Bewegende waarnemer**VRAAG**

Watter frekwensie word deur 'n bestuurder gehoor wat teen $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ry na 'n fabrieksfluit wat teen 'n frekwensie van 800 Hz geblaas word. Aanvaar die spoed van klank in lug is $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

OPLOSSING**Stap 1: Analiseer die vraag**

Die vraag vra wat die frekwensie is wat die waarnemer sal hoor as hy teen 'n bepaalde snelheid beweeg. Dit dui onmiddelik daarop dat die vraag van toepassing is op 'n Doppler verskuiwing. Die waardes word alles in S.I. eenhede gegee en daar is geen omskakelings nodig nie.

Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader gebaseer op wat gegee is

Ons kan gebruik maak van:

$$f_L = \left(\frac{v \pm v_L}{v \pm v_S} \right) f_S$$

met:

$$v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_L = +15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_S = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$f_S = 800 \text{ Hz}$$

$$f_L = ?$$

Die waarnemer beweeg na die bron toe, v_L is dus positief en die bron staan stil daarom $v_S = 0$.

Stap 3: Bereken die frekwensie

$$\begin{aligned} f_L &= \left(\frac{v + v_L}{v + v_S} \right) f_S \\ &= \left(\frac{340 + 15}{340 + 0} \right) (800) \\ &= 835,29 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Stap 4: Skryf die finale antwoord

Die bestuurder hoor 'n frekwensie van 835,29 Hz.

Uitgewerkte voorbeeld 3: Doppereffek [NSC 2011 Vraestel 1]**VRAAG**

'n Trein nader 'n stasie teen 'n konstante snelheid van $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ terwyl sy fluit met 'n frekwensie van 458 Hz blaas. 'n Waarnemer op die perron hoor 'n verandering in die toonhoogte van die fluit soos die trein hom nader en by hom verbygaan en verder wegbeweeg.

1. Benoem die verskynsel wat die verandering in toonhoogte wat deur die waarnemer ondervind word verklaar. (1 punt)
2. Bereken die frekwensie van die klank wat die waarnemer hoor terwyl die trein hom nader. Gebruik die spoed van klank in lug as $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. (4 punte)
3. Hoe sal die waargenome frekwensie verander soos die trein die waarnemer nader, verbygaan en wegbeweeg? Skryf slegs NEEM TOE, NEEM AF of BLY DIESELFDE. (1 punt)
4. Hoe sal die frekwensie waargeneem deur die treindrywer vergelyk met die frekwensie van die klankgolwe wat deur die fluit voortgebring word. Skryf slegs GROTER AS, GELYK AAN of KLEINER AS. Gee 'n rede vir jou antwoord. (2 punte)

[Totaal: 8 punte]

OPLOSSING

Vraag 1:
Dopplereffek

(1 punt)

Vraag 2

$$f_L = \frac{v \pm v_L}{v \pm v_S} f_S$$
$$\therefore f_L = \frac{340 \pm 0}{340 - 20} (458)$$
$$= 486,63 \text{ Hz}$$

(4 punte)

Vraag 3
Neem af

(1 punt)

Vraag 4

Gelyk aan omdat

- die snelheid van die treindrywer relatief tot die fluit is nul.
- die treindrywer het dieselfde snelheid as die fluit.
- daar is geen relatiewe beweging tussen die bron en die waarnemer nie.

OF

OF

(2 punte)

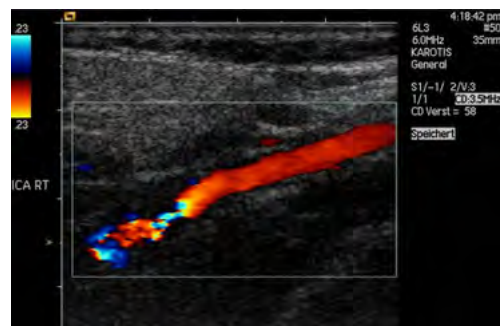
[Totaal: 11 punte]

Ultraklank en die Doppler-effek

ESFWX

Ultrasoniese golwe (ultraklank) is klankgolwe met 'n frekwensie groter as 20 000 Hz (die boonste grens van menslike gehoor). Hierdie golwe kan in die mediese veld gebruik word om die rigting van bloedvloeit te bepaal. Die apparaat, 'n Dopplervloeimeter, stuur klankgolwe uit. Die golwe beweeg deur die vel en weefsel en word deur bewegende voorwerpe (soos bloed) in die liggaam teruggekaats. Die weerkaatste golwe keer terug na die vloeimeter waar die frekwensie van die teruggekaatste golf, (ontvangde frekwensie) gemeet word en met die frekwensie van die uitgestuurde golf vergelyk word. As gevolg van die Doppler-effek sal bloed wat in die rigting van die meter vloei die frekwensie van die klankgolf verhoog terwyl bloed wat weg van die meter vloei die frekwensie sal verlaag.

Ultraklank kan gebruik word om te bepaal of bloed in ongebore babas in die regte rigting in die bloedsomloopstelsel vloei of om gebiede in die liggaam te identifiseer waar bloedvloei deur vernouing van are beperk word. Die gebruik van ultraklank toerusting in die mediese veld staan bekend as sonografie of ultrasonografie.



Figuur 6.3: Kleur Dopplerbeeld van servikokefaliese fibromuskulêre displasie

Oefening 6 – 1: Die Dopplereffek met klank

1. Veronderstel 'n trein nader jou terwyl jy op die perron van die stasie staan. Soos die trein die stasie nader neem sy snelheid af. Die drywer blaas die fluit terwyl die trein die stasie binnekom teen 'n konstante frekwensie van 400 Hz. Beskryf die toonhoogte van die klank van die fluit en hoe die toonhoogte van die fluit se klank verander soos die trein jou nader. Aanvaar die spoed van klank in lug is $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
2. Passasiers op 'n trein hoor die trein se fluit teen 'n frekwensie van 740 Hz. Anja staan langs die spoorlyn. Watter frekwensie hoor Anja terwyl die trein reguit na haar toe beweeg teen 'n snelheid van $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$? Aanvaar die spoed van klank in lug is $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
3. 'n Klein vliegtuig beweeg reguit weg van jou af langs die aanloopbaan. Die klank van die enjin, soos deur die vlieënier waargeneem, het 'n frekwensie van 1,15 keer die frekwensie wat jy hoor. Teen watter snelheid beweeg die vliegtuig? Aanvaar die spoed van klank in lug is $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
4. In sommige plekke soos Kanada kan die wintertemperature so laag soos -35°C daal. Dit beïnvloed die spoed van klank in lug en ons kan die Dopplereffek gebruik om die spoed van klank te bepaal. Op 'n wintersoggend in Kanada by 'n temperatuur van -35°C , stuur 'n bron klank teen 'n frekwensie van 1050 Hz uit terwyl dit weg van die waarnemer af beweeg teen $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Die frekwensie wat die waarnemer meet is 971,41 Hz. Bereken die spoed van die klank in lug.
5. Cecil nader 'n bron wat klank vrystel met 'n frekwensie van 437,1 Hz.
 - a) Hoe vinnig moet Cecil beweeg om 'n frekwensie wat 20 persent hoër is op te tel?
 - b) As hy teen hierdie spoed verby die bron beweeg, watter frekwensie sal hy meet terwyl hy weg beweeg?
 - c) Wat sou 'n praktiese metode wees om hierdie spoed te bereik?

Aanvaar dat die spoed van klank in lug $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ is.

6. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2C9T 2. 2C9V 3. 2C9W 4. 2C9X 5. 2C9Y



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

6.3 Die Doppereffek met lig

ESFWY

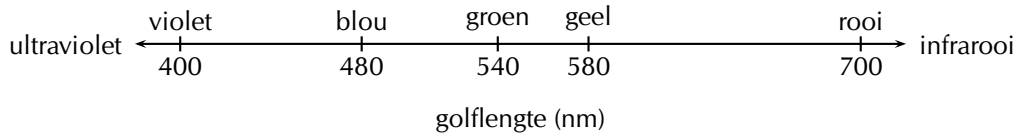
Lig is 'n golf en vroeër het jy geleer hoe jy die eienskappe van een golf kan bestudeer en dieselfde idees toepas op 'n ander golf. Dieselfde is van toepassing op klank en lig. Ons weet dat die Doppereffek relevant is in die konteks van klankgolwe wanneer die bron beweeg. Dus, in die konteks van lig (EM golwe), is die frekwensie van die lig wat waargeneem word verskillend van die frekwensie wat vrygestel word wanneer die bron van lig wegbeweeg van die waarnemer.

'n Frekwensie-verskuiwing van lig in die sigbare spektrum kan 'n verandering in kleur meebring wat deur die blote oog waargeneem kan word. Daar sal steeds 'n frekwensie-verskuiwing vir frekwensies van EM uitstraling wees wat ons nie kan sien nie.

WENK

1. Indien die bron van lig weg van die waarnemer beweeg (positiewe spoed) dan is die frekwensie wat ons waarneem laer en die golflengte langer (rooiverskuif).
2. Indien die bron van lig na die waarnemer beweeg (negatiewe spoed), dan is die frekwensie wat ons waarneem hoër en die golflengte korter (blouverskuif).

Ons kan al hierdie idees wat ons oor die Doppeffek geleer het op lig toepas. Wanneer ons oor lig praat gebruik ons effense ander terminologie om te beskryf wat gebeur. As jy na die kleur spektrum kyk (meer besonderhede in Hoofstuk 12), sal jy sien dat blou lig 'n korter golflengte as rooi lig het omdat korter golflengtes gelyk is aan hoër frekwensies ($c = f\lambda$). Relatief tot die middel van die sigbare spektrum (min of meer groen lig) is langer golflengtes (of laer frekwensies) rooier, en korter golflengtes (of hoër frekwensies) blouer. Ons noem dus verskuiwings na langer golflengtes rooiverskuif en verskuiwings na korter golflengtes blouverskuif.



Figuur 6.4: Blou lig het 'n korter golflengte as rooi lig.

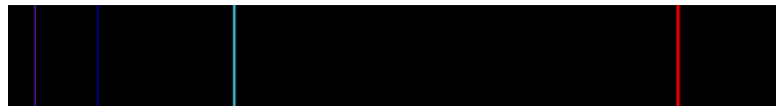
'n Verskuiwing in golflengte impliseer dat daar ook 'n verskuiwing in frekwensie is. Langer golflengtes het 'n laer frekwensie en korter golflengtes het hoër frekwensies. Van die Doppeffek weet ons dat wanneer 'n bron nader aan 'n waarnemer beweeg, golwe na korter golflengtes verskuif word (blouverskuif). As die bron wegbeweeg van die waarnemer, is die verskuiwing na langer golflengtes (rooiverskuif).

Die toenemende heelal

ESFWZ

Sterre stel lig vry - dit is hoekom ons hul kan sien in die nag. Sterrestelsels is massiewe versamelings van sterre. Een voorbeeld is ons eie sterrestelsel, die Melkweg, waar ons son net een van miljoene sterre is!

Deur groot teleskope soos die Southern African Large Telescope (SALT) in die Karoo te gebruik, kan astronome die lig van vergeleë sterrestelsels meet. Die spektrum van lig kan vir ons sê watter elemente in die sterre van die sterrestelsel is aangesien elke element unieke energievlakke het en daarom lig vrystel of absorbeer by spesifieke golflengtes.

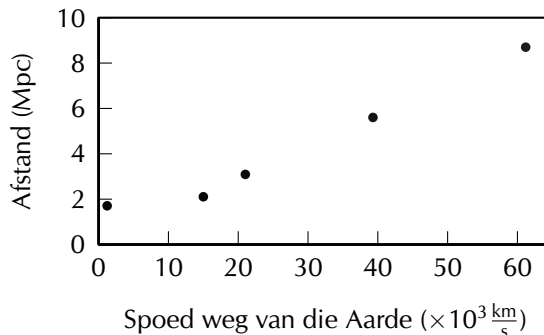


Figuur 6.5: 'n Gedeelte van die spektrale lyne van waterstof.

Indien hierdie lyne weg van hul normale golflengtes verskuif word na korter golflengtes, dan sê ons dat die lig van die sterrestelsel *blouverskuif* is. Indien die spektrale lyne na langer golflengtes verskuif word, dan sê ons dat die lig van die sterrestelsel *rooiverskuif* is. As ons dink aan blouverskuiwing en rooiverskuiwing in terme van die Doppeffek, dan sal 'n blouverskuiwde sterrestelsel lyk of dit *na* ons (die waarnemers) beweeg, en 'n rooiverskuiwde sterreheem sal lyk of dit weg van ons beweeg.

Edwin Hubble (20 November 1889 - 28 September 1953) het die Doppler-skuiwing van 'n groot aantal sterrestelsels gemeet. Hy het gevind dat die lig van vergeleë sterrestelsels *rooiverskuif* is, en dat daar 'n direkte verwantskap tussen die *rooiverskuif* en

die *blouverskuif* is. Sterrestelsels wat verder weg is kom altyd meer rooiverskuif voor as nabygeleë sterrestelsels. Onthou dat 'n rooiverskuiwing in Doppler terme beteken dat die spoed van die bron van lig weg van die waarnemer gerig is. So hoekom kom dit voor of vergeleë sterrestelsels wegbeweeg van ons sterrestelsel? Nie een van hulle lyk of hulle na ons beweeg nie.



Figuur 6.6: Die afstand na sterrestelsels in vergelyking met hul spoed weg van ons. Die afstand Mpc is 'n megaparsec wat baie groot is. 1 Mpc = 3.3 miljoen ligjare. 'n Ligjaar is die afstand wat lig in een jaar kan aflê, $365 \text{ dae} \times 24 \text{ ure} \times 60 \text{ minute} \times 60 \text{ s} \times 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 9.5 \times 10^{15} \text{ m}$.

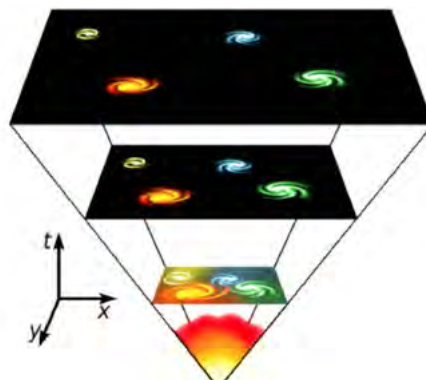
Die rede hiervoor is dat die **heelaal toeneem**. Sekere sterrestelsels beweeg wel in ons rigting, maar stadiger as wat die afstand tussen ons en hulle toeneem. Hierdie toename is so groot dat dit die primêre effek is wat ons waarneem. Die hoofsaaklike rede dat die lig rooiverskuif is het eintlik niks met die Dopplereffek te doen nie. Die lig is rooiverskuif omdat die heelaal toeneem en die golwe uitgerek word. Indien die Dopplereffek groter was sou van die sterrestelsels steeds blouverskuif wees (net tot 'n mindere mate as wanneer die heelaal nie toegeneem het nie).

BELANGRIK!

Jy dink dalk dat dit beteken dat ons die middel van die heelaal is. Dit is nie waar nie, die situasie lyk dieselfde vanaf elke sterrestelsel omdat die ruimte in alle rigtings toeneem.

Daar is twee dinge wat jy kan doen om dit beter te visualiseer. Eerstens kan jy 'n ballon kry en 'n paar kolle daarop teken met 'n merker. As jy die ballon opblaas beweeg elke kol verder weg van al die ander kolle. Die kolle verteenwoordig sterrestelsels in 'n twee-dimensionele, toenemende heelaal (die oppervlak van die ballon). Jy kan jou ook verbeel hoe rosyntjebrood bak. Soos die brood rys neem die afstand tussen al die rosyntjies toe. Elke rosyntjie dink dat al die ander rosyntjies van hom wegbeweeg.

In hierdie skets verteenwoordig die onderste punt die begin van tyd en die plat oppervlak verteenwoordig die ruimte. As jy opbeweeg deur die panele, beweeg jy later in tyd en die toename van die plat oppervlak stel die toename van die heelaal voor. Die sterrestelsels wat op die oppervlak aangedui word beweeg verder van mekaar net oor die toename in die ruimte.



FEIT

Hubble se wet is:

$$v = H_0 \times d$$

waar die mees onlangse waarde van H_0 $67,15 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$ is (tempo van toename van die heelaal). Mees onlangse waarde van Planck missie, 2013.

6.4 Hoofstukopsomming

ESFX2

▶ Sien aanbieding: 2CB2 op www.everythingscience.co.za

- Die Dopplereffek is die verandering in die waargenome frekwensie as gevolg van die relatiewe beweging van 'n bron en 'n luisteraar.
- Die volgende vergelyking kan gebruik word om die frekwensie van die klankgolf te bereken volgens die waarnemer of luisteraarse waarneming.

$$f_L = \left(\frac{v + v_L}{v + v_S} \right) f_S$$

- As die rigting van die golf vanaf die luisteraar na die bron as positief gekies word, het die snelhede die volgende tekens:

Bron beweeg na die luisteraar	v_S : negatief
Bron beweeg weg vanaf die luisteraar	v_S : positief
Luisteraar beweeg na die bron	v_L : positief
Luisteraar beweeg weg vanaf die bron	v_L : negatief

- Die Dopplereffek kan waargeneem word in alle golftipes, ultraklank, lig en radiogolwe ingesluit.
- Sonografie maak gebruik van ultraklank en die Dopplereffek om die rigting van bloedvloei te bepaal.
- Sterre straal lig uit. As gevolg van die Dopplereffek neem die frekwensie van hierdie lig af en die sterre vertoon rooier as wanneer hulle stilstaan. Dit word 'n rooiverskuiwing genoem en dit beteken dat die sterre weg vanaf die aarde beweeg. Dit is een van die redes waarvan ons kan aflei dat die Heelal uitdy.

Fisiese hoeveelhede		
Hoeveelheid	Eenheidnaam	Eenheidsimbool
Frekwensie (f)	hertz	Hz
Spoed (v)	meter per sekonde	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

Tabel 6.1: Eenhede gebruik in **Dopplereffek**.

Oefening 6 – 2:

1. Skryf 'n definisie vir elkeen van die volgende terme.
 - a) Dopplereffek
 - b) Rooiligverskuiwing
 - c) Ultraklank
2. 'n Toeter van 'n aankomende huurmotor het 'n frekwensie van 500 Hz. As die huurmotor teen 'n spoed van $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ry en die spoed van klank is $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, bereken die frekwensie van klank wat jy hoor wanneer

- a) die huurmotor na jou toe aankom.
- b) die huurmotor verby jou beweeg en wegry.

Teken 'n diagram van die waargenome frekwensie as 'n funksie van tyd.

3. 'n Vragmotor beweeg na jou toe teen 'n onbekende spoed. Die klank van die trok se enjin het 'n frekwensie van 210 Hz, maar jy hoor 'n frekwensie van 220 Hz. Die spoed van klank is $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - a) Bereken die spoed van die trok.
 - b) Hoe sal die klank verander as die trok verby jou beweeg? Verduidelik die verskynsel in terme van die golflengte en die frekwensie van die klank.
4. **[Uitbreidingsvraag]** 'n Polisiemotor ry in die rigting van 'n vluggende verdagte teen $\frac{v}{35} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, waar v die spoed van klank is. Die frekwensie van die polisiemotor se sirene is 400 Hz. Die verdagte hardloop weg teen $\frac{v}{68}$. Watter frekwensie hoor die verdagte?
5. Verduidelik hoe die Dopplereffek gebruik word om die rigting van bloedvloei in are te bepaal.
6. 'n Persoon in 'n motor wat teen $22,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ beweeg, nader 'n bron wat klankgolwe uitstraal met 'n frekwensie van 410 Hz. Wat is die frekwensie van klankgolwe wat deur die persoon waargeneem word? Aanvaar dat die spoed van klank in lug $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ is.
7. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CB3](#) 2. [2CB4](#) 3. [2CB5](#) 4. [2CB6](#) 5. [2CB7](#) 6. [2CB8](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za



Tempo en verloop van reaksie

7.1	<i>Inleiding</i>	274
7.2	<i>Reaksietempo's en faktore wat tempo beïnvloed</i>	274
7.3	<i>Meet die tempo van die reaksie</i>	290
7.4	<i>Meganisme van reaksies en katalise</i>	295
7.5	<i>Hoofstukopsomming</i>	299

7.1 Inleiding

ESFX3

'n Motor wat stadig wegroes, 'n vuurhoutjie wat brand, 'n pil wat in water oplos. Hierdie is alles chemiese reaksies wat teen verskillende tempo's plaasvind. As jy 'n resies tussen hierdie drie reaksies sou hou, sou jy vind dat die vuurhoutjie wen (dit brand vinnig), terwyl die roestende motor sou verloor (dit mag jare neem om te roes).

Ons sal in hierdie hoofstuk kyk waarom reaksies teen verskillende tempo's (snelhede) plaasvind en hoe ons die tempo van 'n reaksie kan verander.



Figuur 7.1: 'n Motor wat roes, 'n vuurhoutjie wat brand en 'n pil wat in water oplos.

7.2 Reaksietempo's en faktore wat tempo beïnvloed

ESFX4

Kom ons dink eerstens aan 'n paar verskillende tipe reaksies en hoe vinnig of stadig hulle plaasvind.

Oefening 7 – 1: Bedink reaksietempo's

- Dink oor elk van die volgende reaksies (Wenk: kyk in jou Graad 11 handboek weer na hierdie prosesse):
 - korrosie (bv. die roes van yster)
 - fotosintese
 - verwerking van rotse
 - verbranding
 - Skryf vir elk van die bostaande reaksies 'n gebalanseerde chemiese vergelyking vir die reaksie wat plaasvind.
 - Rangskik hierdie reaksies in volgorde van vinnigste tot stadigste.
 - Hoe het jy besluit watter reaksie die vinnigste en watter een die stadigste was?
 - Dink aan 'n paar ander voorbeelde van chemiese reaksies. Hoe vinnig of stadig is elkeen van hierdie reaksies in vergelyking met dié in die vorige lysie?
- Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CB9



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Hierdie video demonstreer op 'n eenvoudige manier hoe 'n verandering in **reaksie-oppervlakte** die gemiddelde tempo van 'n reaksie kan beïnvloed.

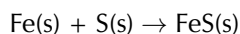
► Sien video: 2CBB op www.everythingscience.co.za

Jy kan sien hoe vinnig die brandstof brand wanneer dit oor die tafel gesprei is. Dink oor hoeveel meer brandstof benodig sou word om 'n ete te kook as dit oor 'n groot reaksie-oppervlakte gesprei is eerder as in 'n houer met 'n klein reaksie-oppervlakte.

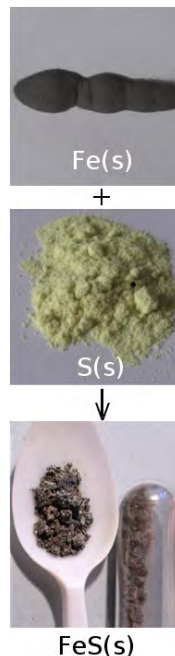
Wat is reaksietempo?

ESFX5

In 'n chemiese reaksie word die stowwe wat die reaksie ondergaan die **reagense** genoem, terwyl die stowwe wat vorm as gevolg van die reaksie, die **produkte** genoem word. Die **reaksietempo** beskryf hoe vinnig of stadig die reaksie plaasvind. Hoe weet ons dus of 'n reaksie stadig of vinnig is? Een manier om uit te vind, is deur te kyk na óf hoe vinnig die *reagense verbruik word* gedurende die reaksie, óf hoe vinnig die *produkte vorm*. Byvoorbeeld, yster en swael reageer volgens die volgende vergelyking:



In hierdie reaksie kan ons die spoed van die reaksie waarneem deur te meet hoe lank dit neem voordat daar geen yster of swael in die reaksiefles oor is nie. Met ander woorde, hoe vinnig die reagense verbruik is. As alternatief kan mens ook kyk hoe vinnig die ystersulfied (die produk) vorm. Aangesien ystersulfied baie anders lyk as die twee reagense, is dit maklik om te doen.



In nog 'n voorbeeld: $2\text{Mg(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{MgO(s)}$

In hierdie geval hang die reaksietempo af van hoe vinnig die reagense (suurstofgas en vaste magnesium) verbruik word, of hoe vinnig die produk (magnesiumoksied) gevorm word.

DEFINISIE: Reaksietempo

Die gemiddelde tempo van 'n reaksie beskryf hoe vinnig *reagense verbruik word* of hoe vinnig *produkte gevorm word* gedurende 'n chemiese reaksie.

Die gemiddelde tempo van 'n reaksie word uitgedruk as die aantal mol reagens verbruik, gedeel deur die totale reaksietyd, of as die aantal mol produk gevorm, gedeel deur die totale reaksietyd.

Gemiddelde reaksietempo vir:

- die verbruik van 'n reagens = $\frac{\text{mol reagens verbruik}}{\text{reaksietyd (s)}}$
- die vorming van 'n produk = $\frac{\text{mol produk wat vorm}}{\text{reaksietyd (s)}}$

Deur die magnesiumreaksie wat vroeër getoon is, te gebruik:

- Gemiddelde reaksietempo van Mg wat verbruik word = $\frac{\text{mol Mg verbruik}}{\text{reaksietyd (s)}}$
- Gemiddelde reaksietempo van O_2 wat verbruik word = $\frac{\text{mol O}_2 \text{ verbruik}}{\text{reaksietyd (s)}}$

FEIT

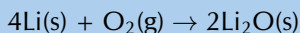
In fisika is spoed die skalaarmeting wat aandui hoe vinnig of stadig 'n voorwerp beweeg (posisie vs. tyd). Vir reaksies beteken die spoed (of tempo) van 'n reaksie hoe vinnig of stadig die reaksie is en dui op die hoeveelheid produk en die hoeveelheid reagense per tydseenheid gebruik.

- Gemiddelde reaksietempo van MgO wat vorm = $\frac{\text{aantal mol MgO gevorm}}{\text{reaksietyd (s)}}$

Uitgewerkte voorbeeld 1: Reaksietempo's

VRAAG

Die volgende reaksie vind plaas:



Na twee minute is 4 g litium verbruik. Bereken die tempo van die reaksie.

OPLOSSING

Stap 1: Bereken die aantal mol litium wat in die reaksie verbruik word

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4 \text{ g}}{6,94 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,58 \text{ mol}$$

Stap 2: Bereken die tydsduur (in sekondes) van die reaksie

$$t = 2 \text{ minutes} = 2 \times 60 \text{ s} = 120 \text{ sekondes}$$

Stap 3: Bereken die tempo van die reaksie

$$\begin{aligned} \text{Tempo van reaksie van Li verbruik} &= \frac{\text{aantal mol litium verbruik}}{\text{tyd}} \\ &= \frac{0,58 \text{ mol}}{120 \text{ s}} = 0,005 \text{ mol.s}^{-1} \end{aligned}$$

Die tempo van die reaksie is $0,005 \text{ mol.s}^{-1}$

Oefening 7 – 2: Reaksietempo's

1. 'n Aantal verskillende reaksies vind plaas. Die onderstaande tabel toon vir elke reaksie die aantal mol reagens wat in 'n bepaalde tyd verbruik word.

Reaksie	Reagense verbruik (mol)	Tyd (s)	Reaksietempo (mol.s^{-1})
1	2	30	
2	5	120	
3	1	90	
4	3,2	90	
5	5,9	30	

- a) Voltooi die tabel deur die gemiddelde tempo van elke reaksie te bereken.
 - b) Watter een is die *vinnigste* reaksie?
 - c) Watter een is die *stadigste* reaksie?
2. Yster reageer met suurstof soos in die gebalanseerde reaksie aangetoon:

$$2\text{Fe(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{FeO(s)}$$

2 g Fe en 0,57 g O_2 word verbruik gedurende die reaksie. 2,6 g FeO word gevorm. Die reaksie neem 30 minute om volledig te verloop.

Bereken die gemiddelde reaksietempo vir:

 - a) die verbruik van Fe
 - b) die verbruik van O_2
 - c) die vorming van FeO
 3. Twee reaksies vind gelyktydig in afsonderlike reaksieflesse plaas. Die reaksies is as volg:

$$\text{Mg(s)} + \text{Cl}_2\text{(g)} \rightarrow \text{MgCl}_2\text{(s)}$$

$$2\text{Na(s)} + \text{Cl}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{NaCl(s)}$$

Na 1 minuut is 2 g MgCl_2 in die eerste reaksie gevorm.

- a) Hoeveel mol MgCl_2 is na 1 minuut gevorm?
- b) Bereken die gemiddelde reaksietempo deur die hoeveelheid produk wat gevorm word te gebruik.
- c) Neem aan dat die tweede reaksie teen dieselfde tempo verloop en bereken:
 - i. die aantal mol NaCl na 1 minuut gevorm.
 - ii. die minimum massa (in g) natrium wat benodig word om hierdie reaksie vir 1 min te laat plaasvind.

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CBC 2. 2CBD 3. 2CBF



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Reaksietempo's en botsingsteorie

ESFX6

Dit behoort nou duidelik te wees dat die gemiddelde tempo van 'n reaksie varieer afhange van 'n aantal faktore. Hoe kan ons verklaar waarom reaksies teen verskillende tempo's plaasvind in verskillende toestande? **Botsingsteorie** word gebruik om die tempo van 'n reaksie te verduidelik.

Vir 'n reaksie om plaas te vind, moet die reagerende deeltjies teen mekaar bots. Slegs 'n breukdeel van al die botsings wat plaasvind lei in werklikheid tot 'n chemiese verandering. Hierdie word *sukcesvolle* of *effektiewe* botsings genoem.

DEFINISIE: Botsingsteorie

Reagenspartikels moet met die korrekte energie en oriëntasie bots vir die reaktante om na produkte te verander.

Botsingsteorie verklaar hoe chemiese reaksies plaasvind en waarom reaksietempo's vir verskillende reaksies verskil. Vir 'n reaksie om plaas te vind, moet die reaktantpartikels volgens die teorie:

- bots
- genoeg energie hê
- die regte oriëntasie hê die oomblik wanneer hulle bots

Hierdie *sukcesvolle botsings* is nodig om die bestaande bindings (in die reagentse) te breek en nuwe bindings (in die produkte) te vorm.

Aktiwiteit: Botsingsteorie

Doel:

Om die beste manier te vind om jou vriend te nader sodat jy jou **regterarm** by sy **linkerarm** kan inhaak.

Metode:

Probeer om jou vriend op verskillende maniere te nader:

FEIT

Oksaalsure kom algemeen in plante voor. Die blare van die teeplant (*Camellia sinensis*) bevat hoër konsentrasies oksaalsuur in vergelyking met ander plante. Oksaalsuur kom ook in klein hoeveelhede in kossoorte soos pietersielie, sjokolade, neute en bessies voor. Oksaalsuur irriteer die maagvlies wanneer dit geëet word en kan dodelik wees in hoë dosisse.



- rugkant na rugkant
- voorkant na rugkant
- sykant na sykant
- sykant na voorkant
- voorkant na voorkant
- ens.

Resultate:

Stel vas hoe moeilik dit is om in elk van hierdie posisies arms in te haak.

Bespreking:

As jy jou vriend van agter nader (met jou gesig na sy rug gekeer), is dit moeilik om arms in te haak. As jy van sy linkerkant kom (sywaarts, sodat jou regterkant aan sy linkerkant is), is dit maklik om in te haak.

Gevolgtrekking:

Jy behoort te vind dat elke metode 'n ander moeilikheidsgraad vir die inhaak van arms het. Dit is soortgelyk aan die wyse waarop molekules mekaar in 'n reaksie nader. Die verskillende maniere waarop jy jou vriend genader het, stel die verskillende oriëntasies van die molekules voor. Die korrekte oriëntasie maak suksesvolle botsings moontlik.

Faktore wat reaksietempo's beïnvloed

ESFX7

Verskeie faktore beïnvloed die gemiddelde tempo van 'n reaksie. Dit is belangrik om hierdie faktore te ken sodat reaksietempo's beheer kan word. Dit is veral van belang in die geval van industriële reaksies waar groter produktiwiteit tot groter winste vir maatskappye lei. Die volgende is sommige van die faktore wat die gemiddelde tempo van 'n reaksie beïnvloed.

Aard van reagense

Stowwe het verskillende chemiese eienskappe en reageer dus verskillend en teen verskillende tempo's (bv. die roes van yster teenoor die aanslaan van silwer).

📺 Sien video: [2CBG](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Algemene eksperiment: Die aard van reagense

Doel:

Om die effek van die aard van reagense op die gemiddelde tempo van 'n reaksie te bepaal.

Apparaat:

Jy sal die volgende items vir hierdie eksperiment benodig:

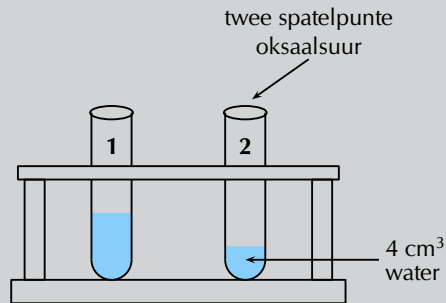
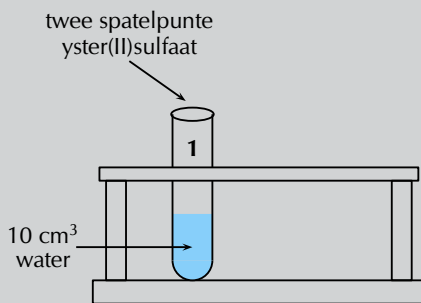
- Oksaalsuur ($(\text{COOH})_2$), yster(II)sulfaat (FeSO_4), kaliumpermanganaat (KMnO_4) en gekonsentreerde swaelsuur (H_2SO_4)
- 'n spatel, twee proefbuis, 'n medisynedrupper, 'n glasbeker en 'n glasstaaf.

Metode:

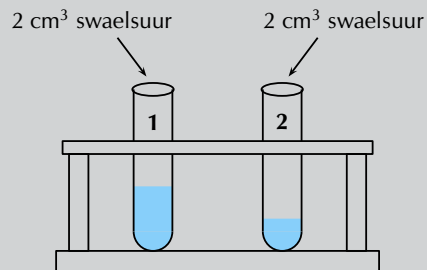
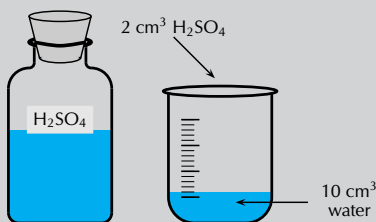
WAARSKUWING!

Gekonsentreerde H_2SO_4 kan ernstige brandwonde veroorsaak. Jy moet altyd handskoene en 'n skermbril dra wanneer jy met 'n suur werk. Onthou om die suur by die water te voeg en moenie aan die suur ruik nie. Hanteer alle chemikalieë versigtig.

1. Merk een proefbuis **1**. Berei 'n yster(II)sulfaatoplossing in proefbuis 1 deur twee spatelpunte yster(II)sulfaat in 10 cm^3 water op te los.
2. Merk die ander proefbuis **2**. Berei op dieselfde wyse 'n oplossing van oksaalsuur in hierdie proefbuis.

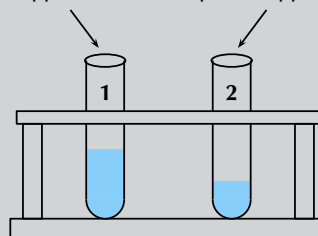


3. Berei 'n afsonderlike oplossing van swaelsuur deur 2 cm^3 van die gekonsentreerde suur by 10 cm^3 water te voeg. Onthou om altyd die **suur by die water** te voeg en nooit andersom nie.
4. Voeg 2 cm^3 van die swaelsuurooplossing by onderskeidelik die yster(II)sulfaat- en oksaalsuurooplossing.



'n paar druppels KMnO_4 'n paar druppels KMnO_4

5. Gebruik die medisynedrupper om 'n paar druppels kaliumpermanganaat by die twee proefbuis te voeg. Neem waar hoe vinnig die kaliumpermanganaatoplossing in elke oplossing ontkleur.



Resultate:

- Jy behoort waargeneem het dat die kaliumpermanganaat baie stadiger in die oksaalsuurooplossing ontkleur as in die yster(II)sulfaatoplossing.

FEIT

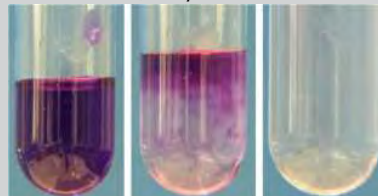
Die foto's van KMnO_4 met oksaalsuur en yster(II)sulfaat is skermkote van video's deur katalofuromai en Aaron Huggard op Youtube.

KMnO_4 + oksaalsuur



reaksie duur 'n paar minute

KMnO_4 + yster(II)sulfaat



reaksie duur 'n paar sekondes

Hierdie reaksies kan in die volgende video's gesien word:

► Sien video: 2CBH op www.everythingscience.co.za

► Sien video: 2CBJ op www.everythingscience.co.za

- Dit is die oksalaatione ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) en die Fe^{2+} -ione wat die ontkleuring veroorsaak. Dit is duidelik dat die Fe^{2+} -ione vinniger met die permanganaat reageer as die ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)-ione. Die rede hiervoor is dat daar geen kovalente bindings in die ysterione is wat gebreek moet word voordat die reaksie kan plaasvind nie. In die geval van die oksalaatione moet kovalente bindings tussen koolstof- en suurstofatome eers gebreek word.

Gevolgtrekkings:

Ten spyte van die feit dat beide hierdie reagense (oksaalsuur en yster(II)sulfaat) in waterige oplossings is, met dieselfde konsentrasies en by dieselfde temperatuur, is die reaksietempo's verskillend. Dit is omdat die aard van die reagense die gemiddelde tempo van 'n reaksie kan beïnvloed.

Die aard van die yster(II)sulfaat in oplossing (ysterione, gereed om te reageer) is verskillend van die aard van die oksaalsuur in oplossing (oksaalaatione met kovalente bindings wat gebreek moet word). Dit lei tot aansienlik verskillende reaksietempo's.

Reaksie-oppervlakte (van vaste reagense)

Algemene eksperiment: Reaksie-oppervlakte en reaksietempo

Marmer (CaCO_3) reageer met soutsuur (HCl) om kalsiumchloried, water en koolsuurgas te vorm volgens die volgende vergelyking:



Doel:

Om die effek van die reaksie-oppervlakte van reagense op die gemiddelde tempo van die reaksie te bepaal.

Apparaat:

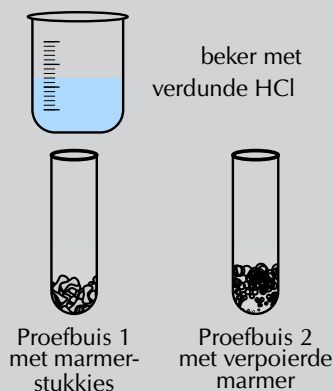
- 2 g marmerstukkies, 2 g verpoeierde marmer, gekonsentreerde soutsuur (HCl)
- een beker, twee proefbuis

Metode:

WAARSKUWING!

Gekonsentreerde HCl kan ernstige brandwonde veroorsaak. Jy moet altyd handskoene en 'n skermbril dra wanneer daar met 'n suur gewerk word. Onthou om die suur by die water te voeg en versigtig te hanteer.

1. Berei 'n oplossing van soutsuur in die beker deur 2 cm^3 van die gekonsentreerde suur by 20 cm^3 water te voeg.
2. Plaas die marmerstukkies in een proefbuis en die verpoeierde marmer in 'n afsonderlike proefbuis.
3. Voeg 10 cm^3 van die verdunde soutsuur in elk van die proefbuise en neem waar teen watter tempo die koolsuurgas (CO_2) gevorm word (jy behoort borrels CO_2 te sien).



Resultate:

Noteer (skryf neer) wat jy waarneem.

Vrae en bespreking:

- Watter reaksie verloop vinniger?
- Kan jy dit verklaar?

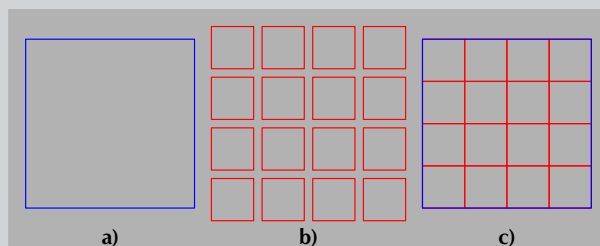
Gevolgtrekking:

Die reaksie met die verpoeierde marmer is vinniger. Hoe kleiner die stukkie marmer (in hierdie geval is die verpoeierde vorm die kleinste), hoe groter die reaksie-oppervlakte vir die reaksie om plaas te vind.

Slegs die molekules aan die oppervlak van die vaste stof kan met die soutsuur reageer. Die volgende laag molekules kan slegs reageer nadat die oppervlakmolekules gereageer het. Dit wil sê, wanneer die volgende laag molekules die oppervlak word.

Die stukkie marmer is relatief groot en dus is slegs 'n klein persentasie van die molekules aan die oppervlak wat aanvanklik reageer. Die verpoeierde marmer het veel kleiner vaste deeltjies en daar is dus baie meer oppervlakmolekules wat aan die soutsuur blootgestel is. Hoe meer molekules op die oppervlak blootgestel is (hoe groter die reaksie-oppervlakte), hoe vinniger sal die reaksie wees.

Vir dieselfde hoeveelheid massa, reageer kleiner deeltjies van 'n vaste stof vinniger, soos aangetoon in Figuur 7.2.



Figuur 7.2: **a)** 'n Groot partikel, **b)** klein partikels met dieselfde volume as die groot partikel.

c) Die oppervlakarea van groot partikels (in blou aangedui) is veel kleiner as dié van klein partikels (in rooi aangedui).

► Sien video: [2CBK](https://www.everythingscience.co.za/2CBK) op www.everythingscience.co.za

Kalsiumkarbonaat reageer met soutsuur volgens die volgende vergelyking:



Beskou die vaste stof kalsiumkarbonaat.

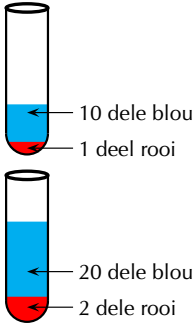
As ons 1 g CaCO_3 laat reageer, vind ons dat die reaksie vinniger is as die CaCO_3 verpoeier is vergeleke met die CaCO_3 as groot klonte.

FEIT

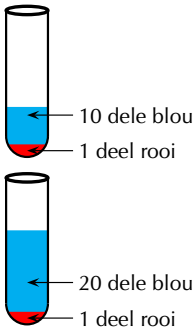
Reaksie-oppervlakte, konsentrasie en druk het almal dieselfde effek op reaksietempo ('n toename lei tot 'n vinniger reaksietempo). Dit is so omdat in elke geval 'n toename in die eienskap lei tot 'n toename in die aantal botsings in daardie fase van materie.

FEIT

beide oplossings het dieselfde konsentrasie



hierdie oplossings het verskillende konsentrasies



Verduideliking:

Die groot klont CaCO_3 het 'n klein oppervlakarea relatief tot dieselfde massa verpoeierde CaCO_3 . Dit beteken dat meer partikels van CaCO_3 in kontak sal wees met HCl in die verpoeierde CaCO_3 as in die klonte. Gevolglik kan daar meer *sukcesvolle* botsings per tydsseenheid wees en die reaksie van verpoeierde CaCO_3 is vinniger.

Vergroting van die reaksie-oppervlakte van die reaktante verhoog die reaksietempo.

Die volgende video toon die effek van reaksie-oppervlakte op die tyd wat 'n bruistablet neem om volledig op te los. Die tablet is volledig opgelos sodra die borrels (CO_2 gas) ophou vorm.

► Sien video: 2CBM op www.everythingscience.co.za

Konsentrasie (van oplossings)

Soos die konsentrasie van die reagense toeneem, neem die reaksietempo ook toe.

Algemene eksperiment: Konsentrasie en reaksietempo

Doel:

Om die effek van 'n reagens se konsentrasie op reaksietempo te bepaal.

Apparaat:

- Gekonsentreerde soutsuur (HCl), magnesiumlint
- Twee bekere, twee proefbuise en 'n maatsilinder.

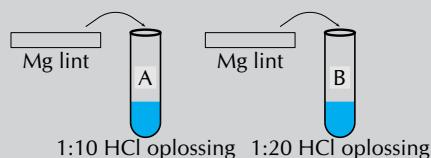
Metode:

WAARSKUWING!

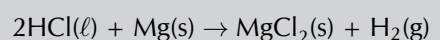
Moenie soutsuur (HCl) aan jou hande kry nie. Ons beveel aan dat jy altyd handskoene en 'n skermbril dra wanneer jy met sure werk en dit versigtig hanteer.

1. Wanneer jy 'n oplossing verdun, onthou dat indien jy 'n 1:10 oplossing (1 deel oorspronklike oplossing in 10 dele water) wil hê, 10 cm^3 water in 'n maatsilinder uitgemaat en in 'n beker oorgebring moet word, waarna 1 cm^3 van die oorspronklike oplossing ook in die beker gevoeg word. 2 dele gekonsentreerde suur by 20 dele water sal ook 'n 1:10 oplossing wees. Onthou om altyd die *suur* by die *water* te voeg, en nie andersom nie.
 - Berei 'n oplossing van 1 deel suur tot 10 dele water (1:10). Merk 'n proefbuis **A** en gooi 10 cm^3 van hierdie oplossing in die proefbuis.
 - Berei 'n oplossing van 1 deel suur tot 20 dele water (1:20). Merk 'n proefbuis **B** en gooi 10 cm^3 van hierdie oplossing in die proefbuis.
2. Neem twee stukkie magnesiumlint van **dieselfde lengte**. Plaas terselfdertyd een stukkie magnesium in proefbuis A en die ander stukkie in proefbuis B, terwyl jy noukeurig oplet wat gebeur.

Maak seker dat die magnesiumlint lank genoeg is sodat jou hand nie naby die HCl kom nie.



Die vergelyking vir die reaksie is:



Resultate:

Skryf neer wat gebeur het (wat het jy waargeneem?) in elke proefbuis.

Vrae en bespreking:

- Watter een van die twee oplossings is meer gekonsentreerd, die 1:10 of 1:20 soutsuuroplossing?
- In watter een van die proefbuise is die reaksie die vinnigste? Stel 'n rede hiervoor voor.
- Hoe kan jy die gemiddelde tempo van hierdie reaksie meet?
- Noem die gas wat gevorm word?
- Waarom is dit belangrik dat dieselfde lengte magnesiumlint vir elke reaksie gebruik word?

Gevolgtrekkings:

Die 1:10 oplossing is meer gekonsentreerd en hierdie reaksie verloop dus vinniger. Hoe hoër die konsentrasie van die reagent, hoe vinniger die gemiddelde tempo van die reaksie. Die gemiddelde reaksietempo kan gemeet word deur die tempo waarteen die magnesiumlint verdwyn te meet.

► Sien video: 2CBN op www.everythingscience.co.za

Verduideliking:

Die hoër konsentrasie van die reagent beteken dat daar meer partikels van die reagent (HCl) per inhoudsmaat van die oplossing is. Gevolglik sal die kans dat HCl partikels met die Mg partikels sal bots, groter wees vir die oplossing met die hoër konsentrasie. Die aantal suksesvolle botsings per tydseenheid sal hoër wees en die reaksietempo sal dus vinniger wees.

► Sien video: 2CBP op www.everythingscience.co.za

Projek: Konsentrasie en tempo

Ontwerp 'n eksperiment om die effek van konsentrasie op reaksietempo te bepaal deur asyn en koeksoda te gebruik.

Wenk: Meng water en asyn om die konsentrasie te verander, maar hou die totale volume konstant.

Druk (van gasvormige reagent)

Soos die druk van die reagent toeneem, neem die reaksietempo ook toe.

Hoe hoër die druk, hoe meer gaspartikels per inhoudsmaat. Daar is dus meer botsings per tydseenheid. Die aantal suksesvolle botsings per tydseenheid sal hoër wees en die tempo van die reaksie dus vinniger.

► Sien video: 2CBQ op www.everythingscience.co.za

Temperatuur

As die temperatuur van die reaksie toeneem, neem die gemiddelde tempo van die reaksie ook toe.

Algemene eksperiment: Temperatuur en reaksietempo

Doel:

Om die effek van temperatuur op reaksietempo te bepaal.

Apparaat:

- Twee bruistablette (bv. Cal-C-Vita)
- 'n Ysbad, twee proefbuis
- Twee balonne, twee rubberrekkies

Metode:

1. Vul twee groot proefbuis halfpad met water. Merk hulle A en B.
2. Breek twee bruistablette op in twee of drie stukkies en plaas hulle in die twee balonne. Pas een van hierdie balonne styf op proefbuis A en een op proefbuis B, terwyl jy versigtig is om nie die inhoud in die water te laat val nie. Jy kan die proefbuis in 'n beker staanmaak om dit makliker te kan doen.
3. Plaas *slegs* proefbuis A in 'n ysbad en laat ewilibreer (dieselfde temperatuur bereik). Ongeveer 10 minute behoort genoeg te wees.
4. Lig die balonne op proefbuis A en B gelyktydig op sodat die tablette in die water val. **Moenie** enigeen van die proefbuis skud nie.



$\text{CO}_2(\text{g})$ word gedurende hierdie reaksie vrygestel.

Neem waar hoe vinnig die balonne in grootte toeneem en skryf jou waarnemings (water een die vinnigste groter word) neer.

Resultate:

Notuleer jou waarnemings (skryf dit neer).

Vrae en bespreking:

- Watter ballon sit vinniger uit.
- Stel 'n rede voor vir die verskil in tempo.

Gevolgtrekkings:

Die ballon op proefbuis B sal vinniger uitsit. Die hoër temperatuur (kamertemperatuur eerder as 'n ysbad) lei tot 'n toename in die gemiddelde tempo van CO_2 -gasproduksie.

Die video hieronder wys hoeveel druk kan opbou as $\text{CO}_2(\text{g})$ afgegee word tydens die reaksie van 'n bruistablet in water.

► Sien video: [2CBR](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Hoe hoër die temperatuur is, hoe groter is die gemiddelde kinetiese energie van die deeltjies, wat beteken dat die deeltjies vinniger beweeg. Daarom:

- as deeltjies vinniger beweeg beteken dit meer botsings per eenheid tyd (botsings-teorie).
- deeltjies met 'n hoër kinetiese energie is ook meer geneig om te reageer as hulle

bots aangesien hulle genoeg energie het vir die reaksie om plaas te vind (kyk na Afdeling 7.4 oor die meganisme van 'n reaksie).

► Sien video: [2CBS](http://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Katalisator

As 'n katalisator bygevoeg word verhoog die reaksietempo omdat die energie wat nodig is vir 'n suksesvolle reaksie verminder. 'n Katalisator laat die reaksie vinniger plaasvind en word aan die einde van die reaksie heeltemal onveranderd vrygestel.

Algemene eksperiment: Katalisators en reaksietempo

Doel:

Waterstofperoksied ontbind stadig oor tyd in water en suurstof. Die doel van die eksperiment is om die effek van 'n katalisator op reaksietempo te bepaal.

Apparaat:

- 3% waterstofperoksied (H_2O_2), mangaandioksied (MnO_2) poeier, gispoeier
- twee bekere of groot maatsilinders

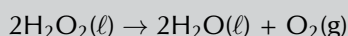
Metode:

WAARSKUWING!

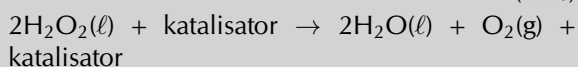
Wees versigtig wanneer jy met H_2O_2 werk aangesien dit jou kan brand. Ons beveel aan dat jy handskoene en veiligheidsbrille dra.

1. Gooi 30 cm^3 H_2O_2 in twee afsonderlike bekere.
2. Voeg 'n paletmespunt gis in een houer.
3. Meet hoe lank dit neem vir die borrels om te stop.
4. Herhaal met MnO_2 in die tweede houer.
5. Vergelyk die effek van die twee katalisators.

Die gebalanseerde vergelyking vir die reaksie is:



Dit kan ook geskryf word as:



Figuur 7.3: H_2O_2 voor MnO_2 bygevoeg word (links) en na MnO_2 bygevoeg is (regs).

Resultate:

- Watter chemiese verbindings werk as katalisators in hierdie reaksies?
- Wat veroorsaak die borrels in hierdie reaksie?

Gevolgtrekkings:

Die borrels wat vorm is suurstofgas. Suurstofgas vorm deur die ontbinding van waterstofperoksied. Dit sal oor tyd sonder die teenwoordigheid van die katalisator gebeur. Die mangaandioksied versnel die reaksie merkbaar. Die gis maak die reaksie vinniger, maar nie soveel soos die mangaandioksied nie.

► Sien video: [2CBT](http://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Algemene eksperiment: Katalisators en reaksietempo

Doel:

Om die effek van 'n katalisator op die gemiddelde tempo van 'n reaksie te bepaal

Apparaat:

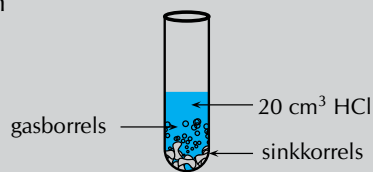
- Sinkkorrels, $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ soutsuur, koperstukkies
- Een proefbuis, 'n glasbeker, tangetjie

Metode:

WAARSKUWING!

Moenie soutsuur (HCl) op jou hande kry nie. Ons stel voor dat jy handskoene en veiligheidsbrille dra wanneer jy met sure werk. Wees veral versigtig as jy die koperstukkies uit die proefbuis haal.

1. Gebruik die tangetjie om 'n paar van die sinkkorrels in die proefbuis te sit.
2. Meet die massa van die paar stukkies koper en gebruik die tangetjie om hulle van die res van die koper te skei.
3. Voeg 20 cm^3 HCl by die proefbuis. Jy sal sien dat 'n gas vrygestel word. Skryf neer hoe vinnig of hoe stadig die gas vrygestel word (gebruik 'n stophorlosie of jou selfoon om dit te meet). Skryf 'n gebalanseerde chemiese vergelyking vir die chemiese reaksie wat plaasvind.
4. Voeg nou die koperstukkies by dieselfde proefbuis. Wat gebeur met die tempo waarmee die gas voortgebring word?
5. Haal die koperstukkies versigtig uit die proefbuis uit (gebruik die tangetjie), spoel hulle in water en alkohol en weeg hulle dan weer. Het die massa van die koper verander sedert die begin van die eksperiment?



Resultate:

Tydens die reaksie word waterstofgas vrygestel. Die tempo waarteen die waterstof produseer word *verhoog* wanneer die koperstukkies (die katalisator) bygevoeg word. Die massa van die koper verander nie tydens die reaksie nie.

Gevolgtrekkings:

Die koper werk as 'n *katalisator* tydens die reaksie. Dit versnel die gemiddelde tempo van die reaksie, maar verander nie enigsins self nie.

Ons sal weer noukeurig na katalisators kyk wanneer ons na die meganismes van reaksies kyk later in hierdie hoofstuk.

Algemene eksperiment: Temperatuur, konsentrasie en reaksietempo

Doel:

Om die effek van temperatuur en konsentrasie op die gemiddelde reaksietempo van die jodium-horlosie eksperiment te bepaal. Die eksperiment is beste geskik vir groepwerk.

Apparaat:

- Kaliumjodied (KI), oplosbare stysel, natriumthiosulfaatoplossing ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$),

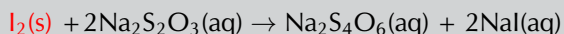
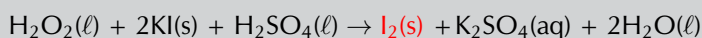
verdunde (omtrent $0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$) swaelsuur (H_2SO_4), 3% waterstofperoksied (H_2O_2) oplossing

- Vyf bekers, 'n maatsilinder, 'n konfoor (of warmplaat), 'n ysbad, roerstafie, 'n stophorlosie

Metode:

- Voorverhit die konfoor tot 40°C
- Merk 'n beker oplossing 1. Meet 75 ml H_2SO_4 in die beker af. Voeg 25 ml 3% H_2O_2 by. Onthou om verdunde ($0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$) swaelsuur te gebruik.

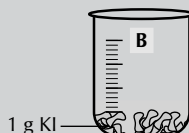
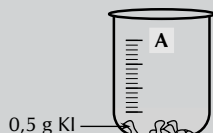
Die vergelyking vir wat in die reaksie gebeur is hieronder:



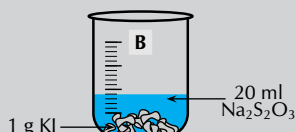
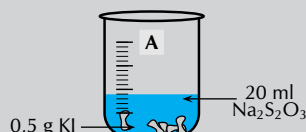
Dit is 'n goeie wetenskaplike beginsel om slegs een faktor op 'n slag tydens 'n eksperiment te varieer. Dit is hoekom die eksperiment twee dele het. Ons gaan eers die konsentrasie KI verander en daarna die temperatuur.

• Verander die konsentrasie

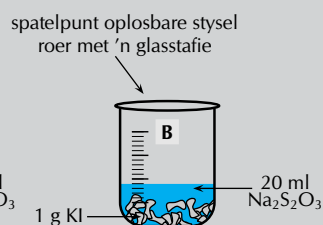
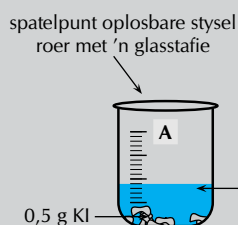
1. Weeg 0,5 g KI af in 'n beker en merk dit A.
2. Weeg 1 g KI af in 'n ander beker en merk dit B.



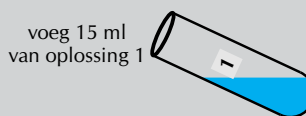
3. Voeg 20 ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ by beide beker A en beker B.



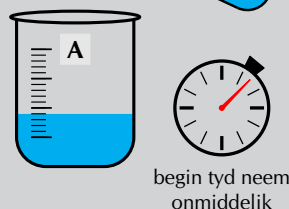
4. Voeg 'n spatelpunt van oplosbare stysel by beide beker A en beker B en roer met 'n glasstafie.



5. Meet 15 ml van oplossing 1 af met die maatsilinder. Hou jou stophorlosie reg. Gooi die 15 ml van oplossing 1 in beker A en begin die tyd neem.



Stop die tyd wanneer die oplossing begin kleur verander. Skryf jou tyd in die tabel hier onder neer.



6. Herhaal stap 5 met beker B.

Beker	Konsentrasie (M)	Temperatuur ($^\circ\text{C}$)	Tyd (s)
A	ongeveer 0.15	kamertemperatuur	
B	ongeveer 0.3	kamertemperatuur	

• **Varieer die temperatuur**

1. Weeg 0,5 g KI af in 'n nuwe beker en merk dit 0.
2. Voeg 20 ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ by beker C.
3. Voeg 'n spatelpunt oplosbare stysel by beker C en roer met 'n glasstafie.
4. Meet 15 ml van oplossing 1 af met die maatsilinder.
5. Sit beker C in die ysbad.
6. Hou jou stophorlosie reg. Gooi die 15 ml van oplossing 1 in beker C en begin die tyd neem. Stop die tyd wanneer die oplossing begin kleur verander. Skryf jou tyd in die tabel hieronder neer.
7. Herhaal stappe 1-4 (merk die beker D).
Sit beker D op die konfoor.. Herhaal dan stap 6

Beker	Konsentrasie (M)	Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	Tyd (s)
A	ongeveer 0.15	kamertemperatuur	
0	ongeveer 0.15	0	
D	ongeveer 0.15	40	

Beker A is hier ingesluit omdat dit dieselfde konsentrasie as bekere C en D het, maar die temperatuur is anders.

Resultate:

Maak 'n tabel met die inligting vir al die bekere. Sluit kolomme vir konsentrasie, temperatuur, tyd en reaksietempo in.

Vrae en bespreking:

- Het beker A of B die vinnigste reaksietempo?
- Waarom het dit 'n vinniger reaksietempo?
- Het beker A, C of D 'n vinniger reaksietempo? Hoekom?
- Het beker A, C of D die stadigste reaksietempo? Waarom?

Gevolgtrekkings:

Jy sal agterkom dat die vinniger reaksietempo in die beker met die hoogste konsentrasie KI plaasvind. Jy behoort ook agter te kom dat hoe hoër die temperatuur is, hoe vinniger is die reaksietempo.

📺 Sien video: [2CBV](https://www.everythingscience.co.za/2CBV) op www.everythingscience.co.za

Hierdie video wys hoe die eksperiment as 'n horlosie gebruik kan word as die konsentrasie gekies word sodat die eksperiment op 'n spesifieke tyd van kleur verander (of met 'n spesifieke deel van 'n liedjie). Dit is waarom die eksperiment bekend staan as die *jodium-horlosie reaksie* (of jodiumklokreaksie).

📺 Sien video: [2CBW](https://www.everythingscience.co.za/2CBW) op www.everythingscience.co.za

Uitgewerkte voorbeeld 2: Reaksietempo's

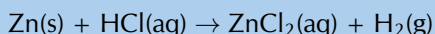
VRAAG

Skryf 'n gebalanseerde vergelyking vir die eksotermiese reaksie tussen Zn(s) en HCl(l) . Noem ook drie maniere om die tempo van die reaksie te verhoog.

OPLOSSING

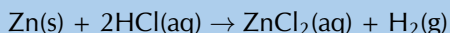
Stap 1: Skryf die vergelyking vir sink en soutsuur neer

Die produkte moet 'n sout en waterstofgas wees. Sinkione het 'n lading van 2+ en chloriedione het op hul beurt 'n lading van 1-. Daarom moet die sout ZnCl_2 wees.



Stap 2: Balanseer die vergelyking indien nodig

Daar is meer chloriedione en waterstofatome aan die regterkant van die vergelyking. Daarom moet daar 2 HCl aan die linkerkant van die vergelyking wees.



Stap 3: Dink oor die metodes wat in die afdeling genoem is wat die reaksietempo sal verhoog

- 'n Katalisator kan bygevoeg word
- Die sink vastestof kan tot 'n fyn poeier gemaal word om die oppervlakarea te verhoog.
- Die konsentrasie HCl kan verhoog word.

Oefening 7 – 3: Tempo van reaksie

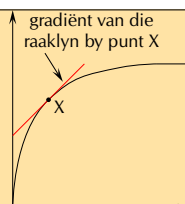
1. Swaelsuur en kalsiumkarbonaat reageer volgens die volgende vergelyking:



Die volume koolstofdioksied wat tydens die reaksie produseer word, word op verskillende tye gemeet. Die resultate word in die tabel hieronder getoon.

Tyd (min)	Totale volume CO_2 geproduseer (cm^3)
1	14
2	26
3	36
4	44
5	50
6	58
7	65
8	70
9	74
10	77

Let wel: Op 'n grafiek van produksie teen tyd word die tempo van die reaksie op 'n spesifieke tyd deur die gradiënt van die raaklyn tot die grafiek bepaal.



- Gebruik die data in die tabel om 'n grafiek te trek wat die volume gas wat in die reaksie geproduseer word oor 'n tydperk van 10 minute toon. (Onthou om die asse te benoem en trek die grafiek op grafiekpapier).
- Op watter van die volgende tye is die reaksie die *vinnigste*: 1 minuut; 6 minute of 8 minute. Verduidelik.
- Stel 'n rede voor waarom die reaksie na 'n tyd stadiger word.
- Gebruik die grafiek om die volume van die gas wat na 11 minute produseer sou wees te bepaal.

- e) Hoe lank dink jy sal dit neem vir die reaksie om te stop (gee tyd in minute)?
- f) As die eksperiment herhaal word deur 'n meer gekonsentreerde soutsuur oplossing te gebruik:
- sou die gemiddelde tempo van die reaksie hoër of laer wees as die een wat in die grafiek getoon is?
 - trek 'n lyn op dieselde stel asse om te wys hoe jy sou verwag die reaksie sou voortgaan met 'n meer gekonsentreerde HCl oplossing.

2. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CBX](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

7.3 Meet die tempo van die reaksie

ESFX8

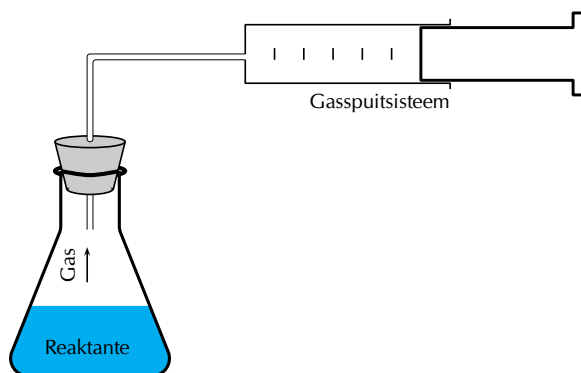
Hoe die gemiddelde tempo van 'n reaksie gemeet word sal afhang van wat die reaksie is, wat die reaktante is en watter produkte vorm. Kyk weer na die reaksies wat tot dusver bespreek is. Kyk in elke geval hoe die gemiddelde tempo van die reaksie gemeet is. Die volgende voorbeeld sal jou 'n idee gee oor ander maniere om die gemiddelde tempo van die reaksie te meet.

Meet die volume van die gas wat per eenheid tyd produseer is

ESFX9

Die volume gas wat in 'n reaksie geproduseer word kan gemeet word deur die gas in 'n gasspuit op te trek. (Figuur 7.4).

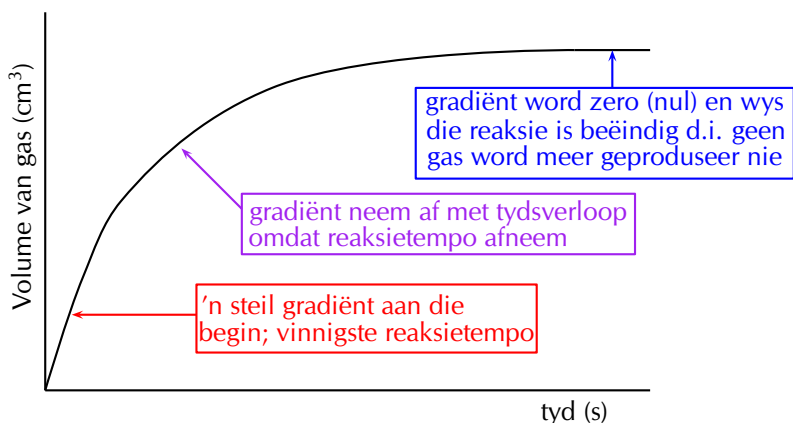
As meer gas produseer word, word die spuit se drukker uitgestoot en die volume gas in die spuit kan opgeteken word.



Figuur 7.4: Die gasspuit-metode.

► Sien video: [2CBY](#) op www.everythingscience.co.za

Deur die volume op vasgestelde intervale te meet, kan ons die data op 'n grafiek trek (Figuur 7.5) en sodoende die tempo van die reaksie bepaal.

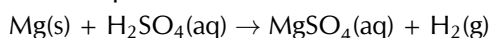


Figuur 7.5: 'n Voorstelling van die volume gas wat op spesifieke intervale versamel is.

Voorbeelde van reaksies wat gas produseer is hieronder gelys:

- *Reaksies wat waterstofgas produseer:*

Wanneer 'n metaal reageer met 'n suur, word waterstofgas produseer. Die waterstof kan in 'n proefbuis opgevang word. 'n **Brandende splinter** kan gebruik word om te toets vir waterstof. Die '**plof**'-geluid wys dat daar waterstof teenwoordig is. Byvoorbeeld: magnesium reageer met swaelsuur om magnesiumsulfaat en waterstof te produseer.



- *Reaksies wat koolstofdiksied produseer:*

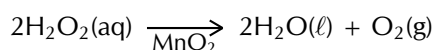
Wanneer 'n karbonaat reageer met 'n suur, word koolstofdiksiedgas produseer. Wanneer koolstofdiksied deur **kalkwater** geborrel word, maak dit die kalkwater **melkerig**. 'n Brandende splinter sal ook **ophou brand** (geblus word) in die teenwoordigheid van CO_2 gas. Dit is 'n eenvoudige toets vir die teenwoordigheid van koolstofdiksied.

Byvoorbeeld: kalsiumkarbonaat reageer met soutsuur om kalsiumchloried, water en koolstofdiksied te produseer.



- *Reaksies wat suurstof produseer:*

Waterstofperoksied ontbind in die teenwoordigheid van 'n mangaan(IV)oksied-katalisator om suurstof en water te produseer.



Algemene eksperiment: Meet die tempo van reaksies

Doel:

Om die effek van konsentrasie op die gemiddelde tempo van 'n reaksie te meet.

Apparaat:

- Soliede sinkkorrels, $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ soutsuur (HCl)
- Twee keëlvormige flesses, twee bekere, twee ballone, bunsenbrander, houtsplinter

Metode:

WAARSKUWING!

Moenie soutsuur (HCl) aan jou hande kry nie. Ons beveel aan dat jy altyd handskoene en 'n skermbril dra wanneer jy met sure werk en dit versigtig hanteer.

FEIT

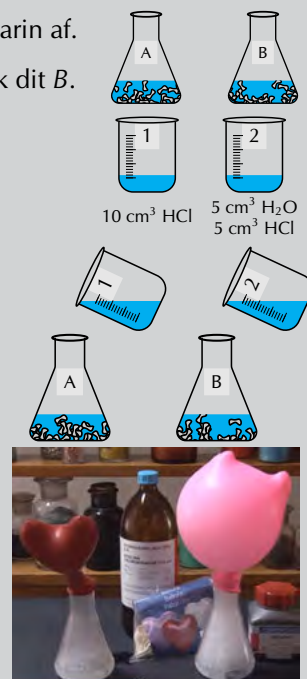
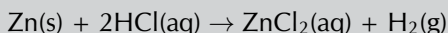
Wanneer die reaksie tussen twee vloeistowwe 'n onoplosbare verbinding vorm, sal soliede stowwe in die vloeistof vorm. Hierdie vastestowwe word neerslag genoem.

1. Merk 'n keëlvormige fles A. Weeg 5 g sinkkorrels daarin af.
Herhaal met die tweede keëlvormige fles, maar merk dit B.
2. Merk 'n beker 1. Gooi 10 cm^3 HCl daarin.
Merk die ander beker 2. Gooi 5 cm^3 H_2O daarin.
Voeg 5 cm^3 HCl by die tweede beker.

3. **Werk vinnig:** Gooi die vloeistof in beker 1 in keëlvormige fles A en gooi die vloeistof in beker 2 in keëlvormige fles B. Heg 'n ballon sorgvuldig aan elke keëlvormige fles.

4. Let op watter ballon die vinnigste vol raak.
5. Vul 'n proefbuis met die gas wat gevorm het. Steek **slegs** die gas in die proefbuis aan die brand. Hou die oop vlam weg van die ballone.

Die vergelyking vir die reaksie is:



Resultate:

- Watter beker bevat die meer gekonsentreerde oplossing HCl?
- Watter ballon het die vinnigste vol geraak?
- Wat het gebeur toe jy die gas in die proefbuis aan die brand gestee het?

Gevolgtrekkings:

Die meer gekonsentreerde oplossing lei tot 'n vinniger reaksietempo (d.i. die ballon wat vinniger vol H_2 word). Die toets vir waterstofgas sou 'n harde *plof*-geluid voortbring as die brandende splinter naby die bek van die proefbuis gehou word.

📺 Sien video: [2CBZ](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

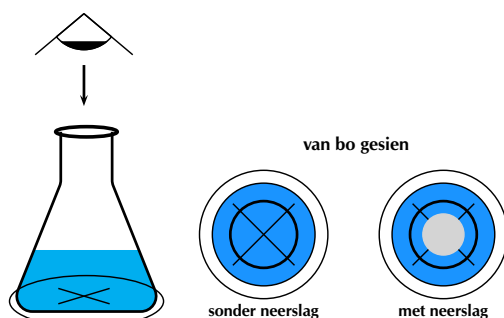
Neerslagreaksies

ESFXB

In reaksies waar *neerslag* gevorm word, is die hoeveelheid neerslag wat oor 'n spesifieke tydperk gevorm word gebruik om die reaksietempo te meet. Byvoorbeeld, wanneer natriumthiosulfaat reageer met 'n suur, sal 'n geel neerslag van swael vorm. Die reaksie is as volg:



Een manier om die gemiddelde tempo van die reaksie te bepaal is om die ondersoek in 'n keëlvormige fles te doen en 'n stukkie papier met 'n swart kruis onder die fles te sit. Aan die begin van die reaksie sal die kruis duidelik sigbaar wees as jy in die fles sou kyk (Figuur 7.6). As die reaksie egter voortduur en meer neerslag vorm, sal die kruis geleidelik minder sigbaar word en uiteindelik heeltemal verdwyn. Deur te meet hoe lank dit neem vir dit om te gebeur kry mens 'n idee van die reaksietempo. Let op dat dit nie moontlik is om die SO_2 gas wat in die reaksie produseer word op te vang nie aangesien dit baie oplosbaar is in water.



Figuur 7.6: Aan die begin van die reaksie tussen natriumthiosulfaat en soutsuur, wanneer nog geen neerslag gevorm het nie, kan die kruis aan die onderkant van die fles duidelik gesien word. Soos die neerslag vorm kan minder daarvan gesien word.

Informele eksperiment: Meet die tempo van reaksies

Doel:

Om die effek van konsentrasie op die gemiddelde tempo van 'n reaksie te meet.

Apparaat:

- 300 cm³ natriumthiosulfaat Na₂S₂O₃ oplossing. (Berei 'n oplossing van natriumthiosulfaat voor deur 12 g Na₂S₂O₃ by 300 cm³ water te voeg). Dit is oplossing 'A'.
- 300 cm³ water
- 100 cm³ 1:10 verdunde soutsuur. Dit is oplossing 'B'.
- Ses 100 cm³ glasbekers, maatsilinders, papier en 'n merkpen, stophorlosie of tydhouer.

Metode:

WAARSKUWING!

Moenie soutsuur (HCl) op jou hande mors nie. Ons beveel aan dat jy handskoene en veiligheidsbrille dra wanneer jy met sure werk en dat jy baie versigtig sal wees.

Een manier waarop jy die gemiddelde tempo van die reaksie kan meet is om 'n stuk papier met 'n kruis onder die reaksiebeker te sit om te sien hoe lank dit vat voor die kruis nie meer gesien kan word nie as gevolg van die swaelneerslag wat vorm.

1. Sit ses bekere op 'n plat oppervlak neer en merk hulle 1 tot 6.
2. Gooi 60 cm³ oplossing A in die eerste beker en voeg 20 cm³ water by.
3. Sit die beker op 'n stuk papier met 'n groot swart kruis op.
4. Gebruik die maatsilinder om 10 cm³ HCl af te meet. Voeg nou hierdie HCl by die oplossing wat alreeds in die eerste beker is (NB: Maak seker dat jy altyd die maatsilinder wat jy reeds gebruik het skoonmaak voordat jy dit vir 'n ander chemikalieë gebruik).
5. Gebruik 'n stophorlosie met sekondes. Skryf neer hoe lank dit neem vir die neerslag wat vorm om die kruis te bedek.
6. Meet nou 50 cm³ van oplossing A af in die tweede beker en voeg 30 cm³ water by. Sit die beker oor die swart kruis op die papier. Gooi 10 cm³ HCl by die tweede beker, meet hoe lank die reaksie neem en skryf jou resultate neer soos tevore.
7. Gaan voort met die eksperiment en verdun oplossing A soos hieronder aangedui.

Beker	Oplossing A (cm ³)	Water(cm ³)	Oplossing B (cm ³)	Tyd (s)
1	60	20	10	
2	50	30	10	
3	40	40	10	
4	30	50	10	
5	20	60	10	
6	10	70	10	

Die vergelyking vir die reaksie tussen natriumthiosulfaat en soutsuur is:



Resultate:

- Bereken die reaksietempo in elke beker. Onthou dat:

$$\text{tempo waarteen die produk vorm} = \frac{\text{aantal mol produk gevorm}}{\text{reaksietyd (s)}}$$

In hierdie eksperiment stop jy elke eksperiment wanneer daar ongeveer dieselfde hoeveelheid neerslag gevorm het (die kruis word bedek met die neerslag). 'n Relatiewe reaksietempo kan bepaal word deur die volgende vergelyking:

$$\text{reaksietyd} = \frac{1}{\text{tyd (s)}}$$

- Stel jou resultate op 'n grafiek voor. **Konsentrasie** sal op die x-as wees en **reaksietyd** op die y-as. Let op dat die oorspronklike volume van $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ gebruik kan word om konsentrasie te meet.
- Waarom was dit belangrik om die volume van HCl konstant te hou?
- Beskryf die verhouding tussen konsentrasie en reaksietempo.

Gevolgtrekkings:

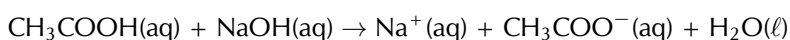
Hoe hoër die konsentrasie van die reaktante, hoe vinniger is die gemiddelde reaksietempo.

Verandering in kleur

ESFXC

In sommige reaksies is daar 'n verandering in kleur wat vir ons sê dat die reaksie plaasvind. Hoe vinniger die kleur verander, hoe vinniger is die reaksietempo.

Byvoorbeeld, wanneer etanoësuuroplossing (asynsuur) getitreer word met natriumhidroksied, word 'n indikator soos fenolftaleïen bygevoeg. Die oplossing is helder in 'n suuroplossing en word pienk wanneer die reaksie voltooi is. As die konsentrasie van die basis verhoog word, sal die kleurverandering vinniger plaasvind (nadat 'n kleiner volume van 'n basis bygevoeg is). Dit wys dat 'n hoër konsentrasie van die basis die reaksietempo verhoog.

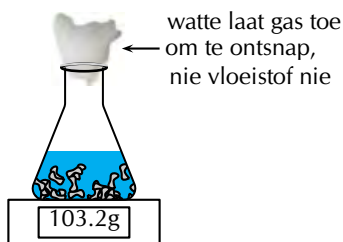


Verandering in massa

ESFXD

Vir 'n reaksie wat gas produseer kan die massa van die reaksiehouer oor tyd gemeet word. Die massa wat verloor word dui die hoeveelheid gas wat geproduseer is en ontsnap het vanuit die reaksiehouer aan (Figuur 7.7).

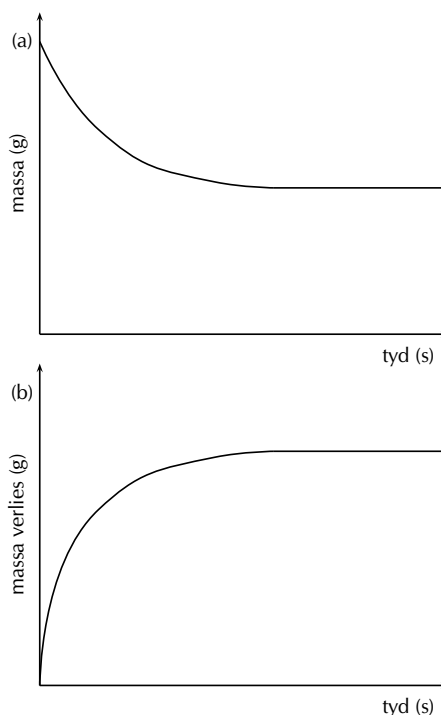
As die reaksiehouer verseël is sal die metode nie werk nie.



Figuur 7.7: 'n Verandering in massa dui 'n verlies van 'n gas aan.

(Foto deur tjmwatson op Flickr)

Let op die verskil tussen die twee grafieke in Figuur 7.8. Die massa van die voorbeeld sal verminder soos die reaksie voortgaan. Die massa verloor van die voorbeeld sal vermeerder as die reaksie voortgaan. Die materie wat verlore gaan (wat verduidelik waarom daar massaverlies is) kan versamel en gemeet word (byvoorbeeld met die gasspuit-metode soos in Figuur 7.4).



Figuur 7.8: **a)** 'n Grafiek van die voorbeeld massa teenoor tyd en **b)** 'n grafiek van die massa verloor teenoor tyd.

7.4 Meganisme van reaksies en katalise

ESFXF

Ons het vroeër genoem dat dit die *botsing* van deeltjies is wat veroorsaak dat reaksies plaasvind en dat slegs sommige van die botsings suksesvol is. Dit is omdat die reaktante deeltjies 'n wye reeks kinetiese energieë het, en slegs 'n klein persentasie van die deeltjies sal genoeg energie (en die regte oriëntering) hê om die verbindings te breek sodat 'n chemiese reaksie kan plaasvind. Die minimum energie wat nodig is vir 'n reaksie om plaas te vind word die **aktiveringsenergie** genoem. Vir meer inligting oor die energie van reaksies verwys na Graad 11 (Hoofstuk 12).

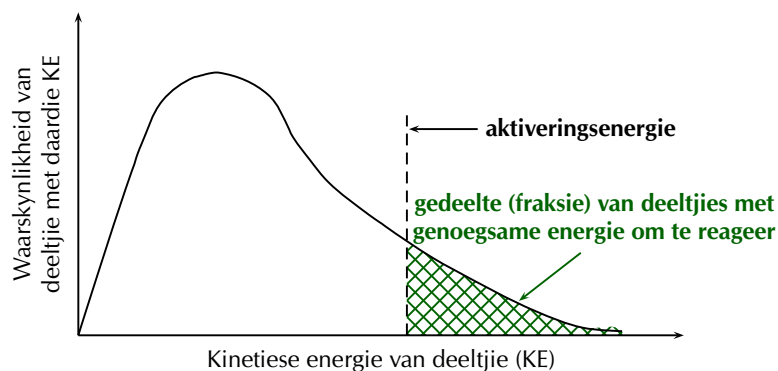
Aktiveringsenergie

ESFXG

DEFINISIE: *Aktiveringsenergie*

Die minimum energie nodig vir 'n chemiese reaksie om voort te gaan.

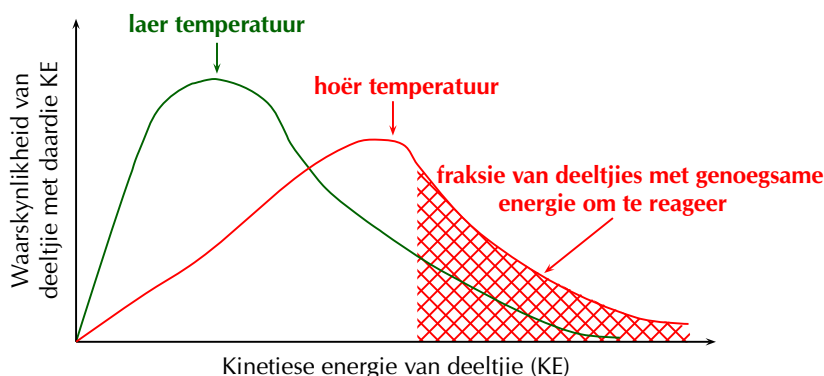
Selfs teen 'n vasgestelde temperatuur verskil die energie van die deeltjies. Dit beteken dat net sommige van hulle genoeg energie sal hê om deel te wees van die chemiese reaksie, afhangend van die aktiveringsenergie vir die reaksie. (Figuur 7.9). As die reaksie se temperatuur verhoog, vermeerder die hoeveelheid deeltjies met genoeg energie om deel te neem aan die reaksie en verhoog die reaksietempo.



Figuur 7.9: Die verspreiding van deeltjies se kinetiese energie teen 'n vaste temperatuur.

Onthou dat 'n molekule energie moet hê wat groter as die aktiveringsenergie is en die regte oriëntasie, vir die reaksie om plaas te vind.

Deur die temperatuur van 'n reaksiemengsel te verhoog, verhoog die gemiddelde kinetiese energie van die deeltjies. Dit word uitgebeeld op die grafiek (Figuur 7.10), 'n Groter proporsie van die deeltjies kan nou reageer, wat die reaksie vinniger maak. Met die verhoogte beweging van die molekules verhoog die kans dat die molekule die regte oriëntasie ook sal hê.

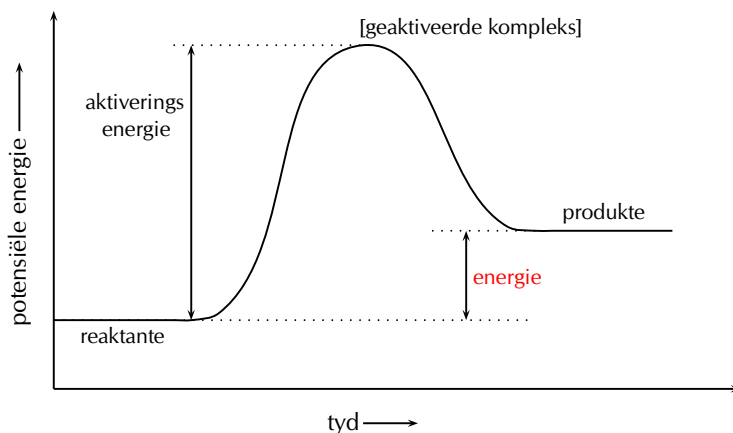


Figuur 7.10: Die verspreiding van deeltjie kinetiese energieë teen 'n hoër temperatuur. Daar is meer deeltjies met genoegsame energie as gevolg van die hoër temperatuur.

'n *Endotermiese* reaksie kan voorgestel word deur:



Dit kan deur 'n aktiveringsenergiediagram uitgebeeld word (Figuur 7.11). Die grafieke word ook soms 'n reaksie-profiel of 'n potensiele energie-grafiek genoem.

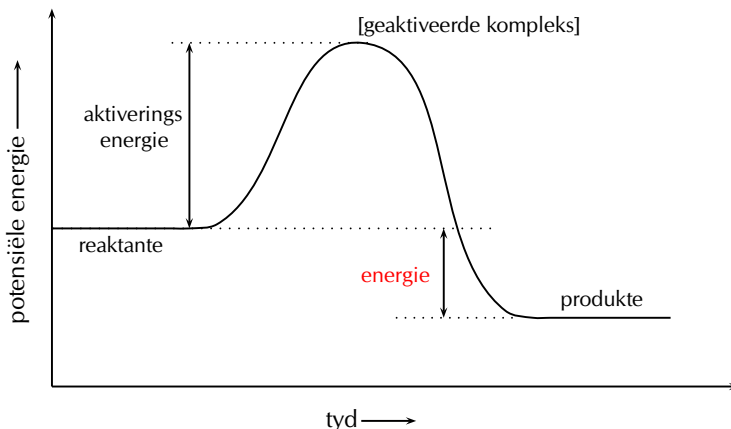


Figuur 7.11: 'n Aktiveringsenergiediagram met reaktante energie laer as produk energie d.i. *endotermies*

'n *Eksotermiese* reaksie kan voorgestel word deur:

Reaktante $\rightarrow$ Produkte + **Energie** d.i. 'n reaksie wat energie vrystel

Dit word deur 'n aktiveringsenergiediagram (Figuur 7.12) uitgebeeld:



Figuur 7.12: 'n Aktiveringsenergiediagram met reaktante energie groter as die produk energie, d.i. *eksotermies*

Hersien hierdie afdeling van Graad 11 (Aktiveringsenergie, Afdeling 12.3).

Hoe werk katalisators?

ESFXH

'n **Katalisator** verhoog die reaksietempo op 'n effens ander manier as van die ander metodes waarmee ons reaksietempo verhoog. Die funksie van 'n katalisator is om die aktiveringsenergie te verlaag sodat 'n groter proporsie van die deeltjies genoeg energie sal hê om te reageer. 'n Katalisator kan die aktiveringsenergie vir 'n reaksie verlaag deur:

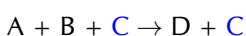
- die reagerende deeltjies so te oriënteer dat suksesvolle botsings meer algemeen is
- te reageer met die reaktante om 'n intermediêr te vorm wat minder energie nodig het om die produk te vorm

Sommige *metale* bv. platinum, koper en yster kan as katalisators werk in sekere reaksies. In ons liggame het ons *ensieme* wat katalisators is. Dit help om die biologiese reaksies te versnel. Katalisators reageer oor die algemeen met een of meer van die reaktante om 'n chemiese intermediêr te vorm wat soms die **aktiveringskompleks** (geaktiveerde kompleks) genoem word.

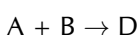
Die volgende is 'n voorbeeld van hoe 'n reaksie wat 'n katalisator gebruik mag voortgaan. A en B is reaktante, C is die katalisator en D is die produk van die reaksie tussen A en B.

Stap 1: $A + C \rightarrow AC$ **Stap 2** $B + AC \rightarrow ACB$ **Stap 3:** $ACB \rightarrow C + D$

ACB verteenwoordig die intermediêre chemikalie. Alhoewel die katalisator (C) heeltemal opgebruik word deur reaksie 1, word dit later weer by reaksie 3 vrygestel sodat die algehele reaksie met 'n katalisator as volg lyk:



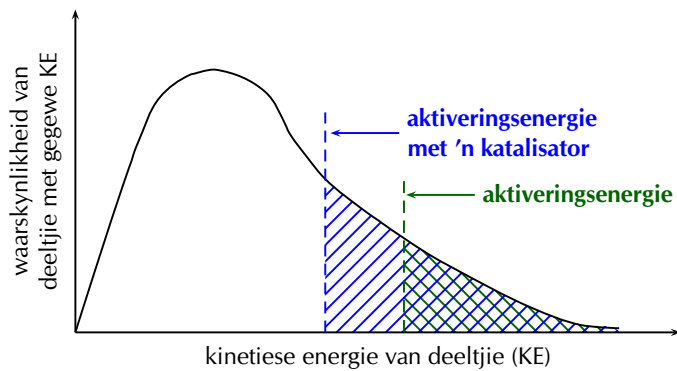
Jy kan hieruit sien dat die katalisator wat aan die einde van die reaksie vrygestel word, heeltemal onveranderd is. Sonder 'n katalisator sal die algehele reaksie as volg lyk:



WENK

'n Aktiveringskompleks kom voor in reaksies sonder katalisators sowel as die met katalisators.

Die katalisator voorsien 'n alternatiewe stel stappe vir die reaksie. Ons verwys na 'n alternatiewe roete. Die roete wat die katalisator gebruik vereis minder aktiveringsenergie en is daarom vinniger. Dit word uitgebeeld in die volgende diagram (Figuur 7.13).

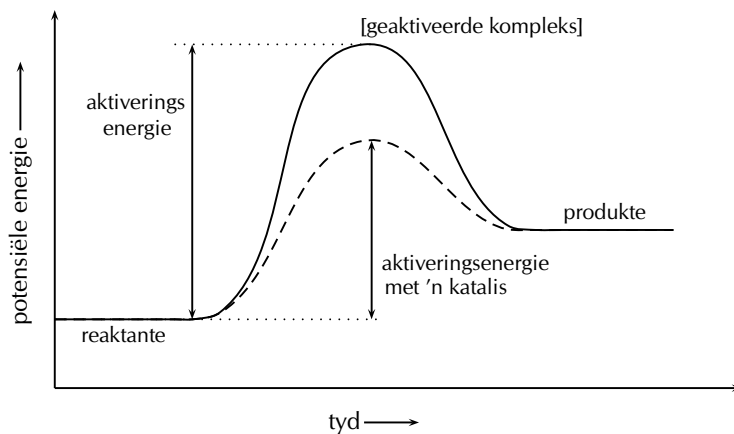


Figuur 7.13: Die proporsie deeltjies (fraksie van die deeltjies) wat genoeg energie sal hê om te reageer verhoog in die teenwoordigheid van 'n katalisator.

DEFINISIE: Katalisator

'n Katalisator maak die chemiese reaksie vinniger, sonder om deur die reaksie opgebruik te word. Dit verhoog die reaksietempo deur die aktiveringsenergie vir die reaksie te verlaag.

Energiediagramme is nuttig om die effek van 'n **katalisator** op die reaksietempo te sien. Katalisators verminder die aktiveringsenergie wat nodig is vir 'n reaksie om voort te gaan (uitgebeeld deur die kleiner hoeveelheid aktiveringsenergie op die energiediagram in Figuur 7.14) en daarom verhoog die reaksietempo. Onthou dat met 'n katalisator die gemiddelde energie van die molekules dieselfde bly, maar die energie wat nodig is verminder. (Figuur 7.13).



Figuur 7.14: Die effek van 'n katalisator op die aktiveringsenergie van 'n endotermiese reaksie. Die katalisator sal dieselfde reageer in 'n eksotermiese reaksie.

Oefening 7 – 4: Reaksietempo's

- Sê vir elkeen van die volgende of die stelling **waar** of **onwaar** is. Indien onwaar moet die stelling korrek oorgeskryf word.
 - 'n Katalisator verhoog die energie van reaktante molekules sodat 'n chemiese reaksie kan plaasvind.

- b) Deur die temperatuur van 'n reaksie te verhoog, verhoog die hoeveelheid reaktante deeltjies wat meer energie het as die aktiveringsenergie.
- c) 'n Katalisator word nie deel van die finale produk van 'n chemiese reaksie nie.
2. 5 g sinkdeeltjies word by 400 cm^3 van $0,5\text{ mol.dm}^{-3}$ soutsuur gevoeg. Om te bepaal wat die gemiddelde tempo van die reaksie sal wees, word die verandering in die massa van die fles wat die sink en die suur bevat gemeet deur die fles op 'n direkte-lesingsbalans te plaas. Die lesing op die balans wys dat daar 'n afname in massa tydens die reaksie was. Die reaksie wat plaasvind kan volgens hierdie vergelyking uitgedruk word:
- $$\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$$
- a) Waarom is daar 'n afname in massa tydens die reaksie?
- b) Die eksperiment word herhaal en 5 g van die sinkpoeier word gebruik i.p.v. stukkies sink. Hoe sal dit die gemiddelde reaksietempo beïnvloed?
- c) Die eksperiment word nog een keer herhaal, hierdie keer met 5 g sinkstukkies en 600 cm^3 van $0,5\text{ mol.dm}^{-3}$ soutsuur. Hoe vergelyk die gemiddelde tempo van die reaksie met die **oorspronklike** reaksietempo.
- d) Watter effek sou 'n katalisator op die gemiddelde tempo van die reaksie hê? (IEB Vraestel 2 2003)
3. 5 g kalsiumkarbonaatpoeier reageer met 20 cm^3 van 'n $0,1\text{ mol.dm}^{-3}$ oplossing soutsuur. Die gas wat geproduseer word teen 'n temperatuur van 25°C word in 'n gasspuit opgeneem.
- a) Skryf 'n gebalanseerde chemiese vergelyking vir die reaksie neer.
- b) Die gemiddelde tempo van die reaksie word bepaal deur die volume van die gas wat in die eerste minuut van die reaksie geproduseer is te meet. Hoe sal die gemiddelde tempo van die reaksie geaffekteer word indien:
- 'n Klippie kalsiumkarbonaat van dieselfde massa gebruik word.
 - 20 cm^3 van $0,2\text{ mol.dm}^{-3}$ soutsuur gebruik word.
4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.
1. [2CC2](#) 2. [2CC3](#) 3. [2CC4](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

7.5 Hoofstukopsomming

ESFXJ

► Sien aanbieding: [2CC5](#) op www.everythingscience.co.za

- Die **gemiddelde tempo van 'n reaksie** beskryf hoe vinnig reaktante gebruik word of hoe vinnig produkte vorm. Die eenheid wat ons gebruik is gewoonlik mol per sekonde.
- 'n Aantal faktore kan die gemiddelde tempo van 'n reaksie beïnvloed. Dit sluit die **aard van die reaktante**, die **konsentrasie** van oplossings, **reaksie-oppervlakte** van vastestowwe of **druk** van gasse, die **temperatuur** van die reaksie en die teenwoordigheid of afwesigheid van 'n **katalisator** in.
- Die **Botsingsteorie** is een manier om te verduidelik waarom elkeen van die faktore wat hierbo genoem is die gemiddelde tempo van die reaksie kan beïnvloed.

Byvoorbeeld, hoër temperature beteken 'n verhoogde reaksietempo omdat die reaktante deeltjies meer energie het en meer geneig is om suksesvol met mekaar te bots.

- Verskillende metodes kan gebruik word om **die gemiddelde tempo van 'n reaksie te meet**. Die metode wat gebruik word sal afhang van die aard van die produk of produkte. Reaksies wat gasse produseer kan gemeet word deur die gas in 'n spuit op te vang of deur die verandering in die massa van die reaksiehouer te meet. In reaksies wat 'n neerslag produseer kan die massa van die droë neerslag gemeet word.
- 'n **Verandering in kleur** dui aan dat 'n **produk gevorm het** of dat 'n **reaksie voltooiing** bereik het (dit word kolorimetrie genoem).
- Vir enige reaksie om plaas te vind, word 'n minimum hoeveelheid energie benodig sodat die verbindings in die reaktante kan breek en nuwe verbindings in die produkte kan vorm. Die minimum energie wat benodig word word die **aktiveringsenergie** van die reaksie genoem.
- In reaksies waar die deeltjies nie genoeg energie het om die aktiveringsenergie te oorkom nie, kan een van twee maniere gebruik word om 'n reaksie te laat plaasvind: verhoog die temperatuur van die reaksie of voeg 'n katalisator by.
- Om **die temperatuur van 'n reaksie te verhoog** beteken dat die gemiddelde energie van die reaktante deeltjies vermeerder en dat hulle meer geneig is om genoeg energie te hê om die aktiveringsenergie te oorkom en die kans dat twee molekules die regte oriëntasie sal hê, vergroot.
- 'n **Katalisator** word gebruik om die aktiveringsenergie te verlaag sodat die reaksie meer geneig is om plaas te vind. 'n Katalisator doen dit deur 'n alternatiewe, laer energie roete vir die reaksie te skep.
- 'n Katalisator maak dus **'n reaksie vinniger**, maar bly onveranderd nadat die reaksie voltooi is.

Oefening 7 – 5:

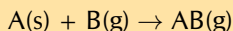
- Verduidelik die volgende:
 - Reaksietempo
 - Botsingsteorie
 - Aktiveringsenergie
 - Katalisator
- $2\text{Mg(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{MgO(s)}$
 1 g van Mg word geoksideer. Die reaksie neem 1 dag tot voltooiing. Watter een is die regte reaksietempo vir die oksidasie van Mg?
 - $2,87 \times 10^{-7} \text{ mol.s}^{-1}$
 - $4,76 \times 10^{-7} \text{ mol.s}^{-1}$
 - $1,74 \times 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1}$
 - $3,62 \times 10^{-7} \text{ mol.s}^{-1}$
- 10 g van magnesiumlint reageer met 'n $0,15 \text{ mol.dm}^{-3}$ oplossing soutsuur teen 'n temperatuur van 25°C .
 - Skryf 'n gebalanseerde chemiese vergelyking vir die reaksie neer.
 - Noem **twee** maniere hoe die gemiddelde tempo van die produksie van $\text{H}_2\text{(g)}$ verhoog kan word.
 - 'n Tabel van die resultate word hier gegee:

Tyd verstreke (min)	Vol van H_2 (g) (cm^3)
0	0
0,5	17
1,0	25
1,5	30
2,0	33
2,5	35
3,0	35

- Trek 'n grafiek van volume versus tyd vir hierdie resultate.

- ii. Verduidelik die vorm van die grafiek tydens die twee tydintervalle:
 $t = 0 \text{ s}$ na $t = 120 \text{ s}$ dan $t = 150 \text{ s}$ na $t = 180 \text{ s}$ deur te verwys na die volume van $\text{H}_2(\text{g})$ wat geproduseer is.
 (IEB Vraestel 2, 2001)

4. Oorweeg die volgende reaksie wat plaasvind in 'n verseelde houer:



Watter een van die volgende sal jy doen as jy die gemiddelde tempo van die reaksie wil verhoog?

- verlaag die konsentrasie van B
- maal A tot 'n fyn poeier
- verlaag die druk

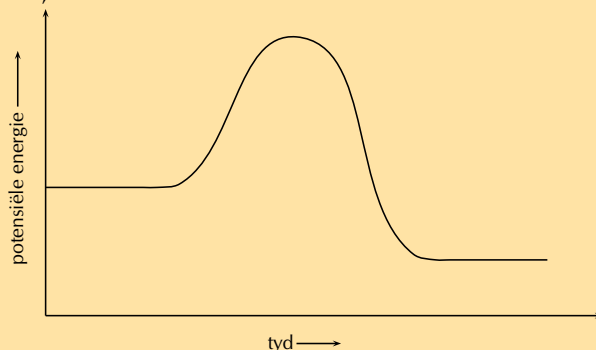
(IEB Vraestel 2, 2002)

5. Oorweeg die volgende reaksietempos vir die gegewe situasies:

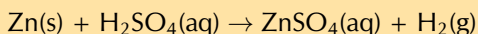
- $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
 - 1,35 mol N_2O_5 word gebruik en die reaksie bereik voltooiing in 30 minute.
 - 2,7 mol N_2O_5 word eerder gebruik en die reaksie bereik voltooiing binne 60 minute.
- $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$
 - 2 g CaCO_3 word in oormaat HCl geplaas. Die reaksie bereik voltooiing oor 4 ure.
 - Die konsentrasie van die HCl word verhoog en daarom neem die reaksie eerder 2,5 ure.
 - 3,3 g CaCO_3 word saam met verdunde HCl gebruik. 0,6 g van vastestof CaCO_3 bly oor na 4,7 ure.

6. Gegee:

'n Katalisator word by 'n reaksie gevoeg. Trek die grafiek wat die reaksie voorstel op dieselfde stel asse.



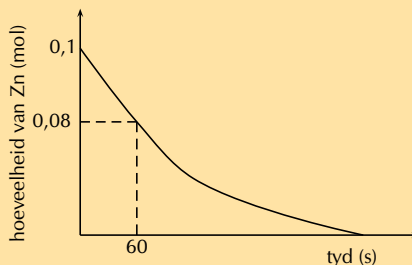
7. 'n Groep leerders gebruik die reaksie tussen sink en swaelsuur om een van die faktore wat reaksietempo beïnvloed te ondersoek. Die vergelyking hieronder verteenwoordig die reaksie wat plaasvind.



Hulle voeg 6,5 g sinkkorrels by oormaat *verdunde* swaelsuur en meet die massa van die sink gebruik per eenheid tyd.

Die leerders herhaal die eksperiment deur oormaat *gekonsentreerde* swaelsuur.

Die resultate wat die leerders verkry vir die reaksie met *verdunde* swaelsuur word op die grafiek hier onder voorgestel:



- Definieer die term *reaksietempo*
- Gee 'n rede waarom die suur in oormaat moet wees.

- c) Skryf 'n hipotese vir die ondersoek.
 - d) Gee 'n rede waarom leerders dieselfde hoeveelheid *sinkkorrels* in albei eksperimente moet gebruik.
 - e) Gebruik die grafiek om die massa van sink wat gebruik is vanaf $t = 0$ s tot $t = 60$ s te bereken.
 - f) Bereken die gemiddelde tempo van die reaksie (in gram per sekonde) tydens die eerste 60s.
 - g) Trek die grafiek hierbo oor en *op dieselfde stel asse* gebruik 'n gespikkelde lyn om die kurwe wat jy sal kry wanneer gekonsentreerde swaelsuur gebruik word, aan te dui. Geen numeriese waardes word vereis nie.
- (NSC, Vraestel 2, 2011)

8. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

- 1. [2CC6](#) 2. [2CC7](#) 3. [2CC8](#) 4. [2CC9](#) 5. [2CCB](#) 6. [2CCC](#)
- 7. [2CCD](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Chemiese ewilibrum

8.1	<i>Wat is chemiese ewilibrum?</i>	304
8.2	<i>Die ewilibrumskonstante</i>	308
8.3	<i>Le Chatelier se beginsel</i>	317
8.4	<i>Hoofstukopsomming</i>	335

Sisteme in ewilibrium is gebalanseerd. Byvoorbeeld, jy is in konstante beweging as jy op 'n trapmeul hardloop. Jy beweeg nie vorentoe of agtertoe nie. So vinnig soos jy vorentoe hardloop, beweeg die trapmeul na jou agtertoe. Jy is in ewilibrium met die trapmeul.



In dieselfde manier vind daar chemiese ewilibrium in reaksies plaas (die produkte en reaktante word gevorm teen dieselfde tempo).

Ons begin deur chemiese ewilibrium in meer besonderheid te verken, o.a. metodes hoe om ewilibrium te meet en faktore wat ewilibrium beïnvloed sal bespreek word.

8.1 Wat is chemiese ewilibrium?

ESFXK

Om chemiese ewilibrium te definieer moet ons 'n paar belangrike vrae vra oor reaksies:

1. Verloop 'n reaksie altyd volledig sodat al die reaktante opgebruik word?
 - Wanneer al die reaktante in 'n reaksie opgebruik word, word gesê die reaksie het **volledig plaasgevind**. In sommige reaksies word al die reaktante egter nie opgebruik nie. **Nie alle reaksies verloop volledig nie**.
2. Verloop 'n reaksie altyd in dieselfde rigting of kan dit omgekeer word? Met ander woorde, verloop 'n reaksie altyd *reaktante* → *produkte*, of is dit moontlik dat 'n reaksie sal omkeer en *produkte* → *reaktante* verloop?
 - Reaksies wat volledig plaasvind is *onomkeerbaar*. In sommige reaksies vorm reaktante egter produkte (in 'n **voorwaartse reaksie**) en die produkte kan weer terugverander word in reaktante (in 'n **terugwaartse reaksie**).
3. Kan 'n reaksie 'n plek bereik waar reaktante steeds teenwoordig is, maar blyk dat daar nie enige verdere verandering in die reaksie plaasvind nie?
 - In alle reaksies, soos die hoeveelheid reaktant in 'n reaksie verminder, word die produk stadiger gevorm. In 'n omkeerbare reaksie, soos die hoeveelheid produk vermeerder, word die reaktant vinniger gevorm. Uiteindelik is die tempo van die voorwaartse reaksie (reaktante → produkte) gelyk aan die terugwaartse reaksie (produkte → reaktante).
Op hierdie stadium is daar **nog steeds reaktante teenwoordig** maar daar blyk nie enige verdere veranderinge plaasvind nie. Daar word gesê die reaksie is in **chemiese ewilibrium**.

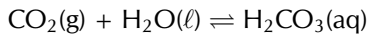
Chemiese ewilibrium is die toestand van 'n omkeerbare reaksie waar die tempo van die voorwaartse reaksie gelyk is aan die tempo van die terugwaartse reaksie. Terwyl 'n reaksie in ewilibrium is, is die konsentrasie van die reaktante en produkte konstant.

DEFINISIE: Chemiese ewilibrium

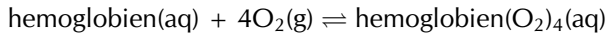
'n Reaksie is in chemiese ewilibrium wanneer die tempo van die voorwaartse reaksie gelyk is aan die tempo van die terugwaartse reaksie.

Daar is baie voorbeelde van chemiese ewilibrium oral om jou. Een voorbeeld is 'n bottel gaskoeldrank. Daar is koolstofdiksied (CO_2) opgelos in die vloeistof in die bottel. Daar is ook CO_2 gas in die spasie tussen die vloeistof en die doppie. Daar is 'n konstante beweging van CO_2 van die vloeistof- na die gasfase, en van die gas- na die

vloeistoffase. As jy egter na die bottel kyk lyk dit of nie enige verandering is nie. Die sisteem is in ewilibrum (ewewig).



Die lewe soos ons dit ken sal nie sonder chemiese ewilibrum moontlik wees nie. Nog 'n voorbeeld van ewilibrum in ons alledaagse lewe vind plaas binne ons liggame. Hemoglobien is 'n makromolekule wat suurstof binne ons liggame vervoer. Sonder dit sal ons die oorleef nie. Die hemoglobien moet suurstof kan opneem, maar ook vrystel en dit word gedoen deur veranderinge in die chemiese ewilibrum van hierdie reaksie in verskillende dele van ons liggame.

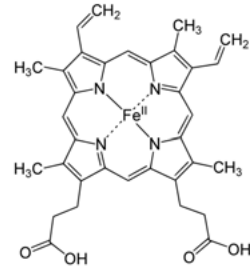


Hierdie video is 'n goeie demonstrasie van hoe 'n reaksie chemiese ewilibrum met tyd bereik.

► Sien video: [2CCF](https://www.youtube.com/watch?v=2CCF) op www.everythingscience.co.za

FEIT

Hemoglobien, binne rooibloedselle, verbind met suurstof in die longe. Hierdie *oksihemoglobien* beweeg saam met die rooibloedselle deur die bloedstroom na selle regdeur die liggaam.



Oop en geslote sisteme

ESFXM

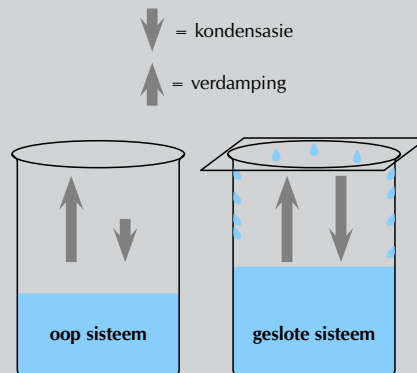
Algemene eksperiment: Vloestof-gasfase ewilibrum

Apparaat:

- 2 bekere, glasbedekking
- water

Metode:

1. Maak twee bekere halfvol met water en teken die vlak van die water in beide gevalle aan.
2. Bedek een van die bekere met 'n glasbedekking.
3. Los die bekere en oor 'n tydperk van 'n dag of twee, neem waar hoe die watervlakke in die twee bekere verander. Wat merk jy op? Neem kennis: Jy kan die demonstrasie versnel deur die twee bekere op 'n bunsenbrander, of in direkte sonlig, te plaas sodat die water kan warm word.



Waarnemings:

Jy behoort waar te neem dat die watervlak vinniger daal in die beker wat onbedek is as die watervlak in die beker wat bedek is. Dit is as gevolg van verdamping. In die beker wat bedek is, is daar 'n aanvanklike daling in die watervlak, maar na 'n rukkie lyk dit of die verdamping ophou en die watervlak in hierdie beker is hoër as dié van die onbedekte beker.

Bespreking:

In die eerste beker verander water in die vloeistoffase na waterdamp as gevolg van verdamping en die watervlak daal. 'n Klein hoeveelheid van die gasmolekules sal weer kondenseer, maar omdat die gasmolekules kan ontsnap vanuit die sisteem is daar baie minder kondensasie as verdamping.

FEIT

Verdamping is wanneer 'n stof oorgaan van die vloeistoffase na die gasfase (dit verdamp).

Kondensasie is wanneer 'n stof oorgaan van die gasfase na die vloeistoffase (dit kondenseer).

Die bottel bevat waterdamp (gas) en waterdruppels kondenseer aan die wand van die bottel.



FEIT

In die algemeen beweeg van die molekules by die oppervlak van vloeistowwe en vastestowwe na die gasfase. Dit beteken dat materie die sisteem verlaat. Dit is egter so 'n klein breukdeel van die totale volume van die vloeistof of vastestof dat 'n reaksie wat slegs vastestowwe of vloeistowwe bevat, beskou kan word as 'n geslote sisteem.

FEIT

Dit is nuttig om situasies in wetenskap te vereenvoudig deur die wêreld te verdeel in die *sisteem* wat ons bestudeer, en die onderliggende omgewing wat die reaksie mag beïnvloed, maar nie deel daarvan is nie.

In die tweede beker vind verdamping ook plaas. In hierdie geval kom die waterdamp egter in kontak met die oppervlak van die glasbedekking en dit koel af en kondenseer om weer water in die vloeistoffase te vorm. Die water vloei terug na die beker. So dra kondensasie begin, sal die tempo waarteen die watervlak daal afneem. Op een stadium sal die tempo van verdamping gelyk wees aan die tempo van kondensasie, en daar sal geen verandering in die watervlak in die beker wees nie. Dit kan as volg voorgestel word:

vloeistof $\rightleftharpoons$ waterdamp

In hierdie voorbeeld kan die reaksie (in hierdie geval, 'n verandering in die fase van die water) in beide rigtings verloop. In die voorwaartse reaksie is daar 'n verandering in fase van vloeistof na gas, hier teenwoordig as waterdamp. 'n Omgekeerde verandering kan ook plaasvind, wanneer waterdamp kondenseer om weer 'n vloeistof te vorm.

'n **Oop sisteem** is een waar materie of energie na binne of buite die sisteem kan vloei. In die vloeistof-gas demonstrasie wat ons gebruik het, was die eerste beker 'n voorbeeld van 'n oop sisteem, omdat die beker verhit of afgekoel kon word ('n verandering in *energie*) en waterdamp (die *materie*) kon verdamp van die beker.

DEFINISIE: *Oop sisteem*

'n *Oop sisteem* is een met grense wat beweging van **energie en materie** na binne en buite die sisteem toelaat.

'n **Geslote sisteem** is een waar energie kan binnekom of die sisteem verlaat, maar materie kan nie. Die tweede beker met die glasbedekking is 'n voorbeeld van 'n geslote sisteem. Die beker kan steeds verhit of afgekoel wees, maar waterdamp kan nie die sisteem verlaat nie, want die glasbedekking is 'n versperring. Kondensasie verander die damp na vloeistof en verplaas dit terug aan die beker. Met ander woorde, daar is geen verlies van materie uit die sisteem nie.

DEFINISIE: *Geslote sisteem*

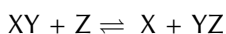
'n *Geslote sisteem* is een waar **slegs energie** na binne of buite die sisteem kan beweeg. Materie kan nie bygevoeg of verwyder word van die sisteem nie.

In 'n **geslote sisteem** is dit moontlik vir reaksies om omkeerbaar te wees, soos in die demonstrasie hierbo. In 'n geslote sisteem is dit ook moontlik vir 'n chemiese reaksie om **ekwilibrium** te bereik.

Omkeerbare reaksies

ESFXN

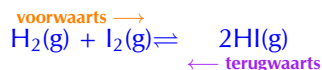
Sommige reaksies kan in twee rigtings plaasvind. In een rigting kombineer die reaktante om produkte te vorm. Dit word die **voorwaartse reaksie** genoem. In die ander rigting, reageer die produkte om weer die reaktante te vorm. Dit word die **terugwaartse reaksie** genoem. 'n Spesiale dubbelkop-pyltjie ($\rightleftharpoons$) word gebruik om so 'n tipe **omkeerbare reaksie** aan te toon:



DEFINISIE: 'n *Omkeerbare reaksie*

'n Omkeerbare reaksie is 'n chemiese reaksie wat in beide die voorwaartse en terugwaartse rigtings kan verloop. Met ander woorde, die reaktante en produkte van die reaksie mag rolle verruil.

So, in die volgende omkeerbare reaksie:



$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HI}(\text{g})$ is die **voorwaartse** reaksie.

Die voorwaartse reaksie word altyd geneem as die vergelyking wat geskryf word as: **links na regs**.

$2\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ is die **terugwaartse** reaksie.

Die terugwaartse reaksie word altyd geneem as die vergelyking wat geskryf word as: **regs na links**.

FEIT

Onthou dat $\rightarrow$ impliseer dat A na B gaan en kan nie weer A word nie. $\rightleftharpoons$ impliseer dat die reaksie omkeerbaar is. A kan gaan na B en B kan gaan na A.

Oefening 8 – 1: Chemiese ewilibrum

1. Watter van die volgende situasies beskryf 'n geslote sisteem?

- 'n Pot water (sonder 'n deksel) word verhit na 80°C
- 'n Pot water (met 'n deksel) word verhit na 80°C
- $\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{AgNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{NaNO}_3(\text{aq}) + \text{AgCl}(\text{s})$ in 'n oop sisteem.
- $2\text{CO}(\text{g}) + \text{MoO}_2(\text{s}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{Mo}(\text{s})$ in 'n oop sisteem.

2. Vir die reaksie: $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$

- Skryf die voorwaartse reaksie neer
- Skryf die terugwaartse reaksie neer
- Hierdie reaksie is 'n.....(vul die onbrekende woord in)

3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CCG](#) 2. [2CCH](#)



www.everythingscience.co.za

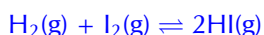


m.everythingscience.co.za

Dinamiese ewilibrum

ESFXP

Ons gaan dieselfde ewilibrumsreaksie gebruik as voorheen:



Die **voorwaartse** reaksie is: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HI}(\text{g})$

Die **terugwaartse** reaksie is: $2\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$

Wanneer die tempo van die voorwaartse reaksie en die tempo van die terugwaartse reaksie gelyk is, sê ons die sisteem is in **ekwilibrum**. Figuur 8.1 wys dit. Aanvanklik (tyd = 0) is die tempo van die **voorwaartse reaksie** hoog (vinnig). Met tyd sal die tempo van **voorwaartse reaksie verminder**. Soos die reaksie nader aan ekwilibrum beweeg, sal die afnemende tempo uitgewis word totdat die voorwaartse reaksie 'n konstante tempo het.

Aanvanklik is die tempo van die **terugwaartse reaksie** laag (stadig). Soos die reaksie verloop met tyd, sal die tempo van die **terugwaartse reaksie vermeerder**. Soos die reaksie voortduur sal die tempo van verhoging wissel totdat die terugwaartse reaksie 'n konstante tempo het.

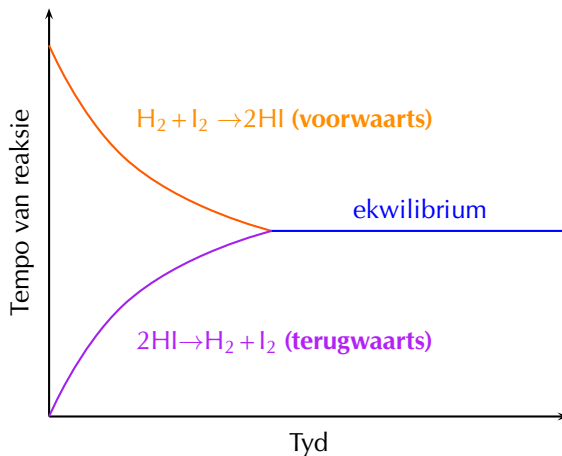
By hierdie punt is die voorwaartse en terugwaartse reaksietempo's gelyk en dit word **ekwilibrum** genoem.

FEIT

Die ewilibrumkonstante K_c verwys na die konsentrasie van al die stowwe by ewilibrum.

FEIT

Die vergelyking vir die ewilibrumkonstante gebruik die konsentrasies van die reaktante en produkte. Vierkantige hakies beteken die konsentrasie van die stof: $[x]$ beteken die konsentrasie van x .



Aangesien dit nie altyd moontlik is om makroskopiese veranderinge waar te neem nie, beteken dit nie dat die reaksie gestop het nie. Die voorwaartse en terugwaartse reaksies hou aan om plaas te vind en so doende vind makroskopiese veranderinge steeds plaas in die sisteem. Hierdie toestand word **dinamiese ewilibrum** genoem.

Figuur 8.1: Die verandering in tempo van voorwaartse en terugwaartse reaksies in 'n geslote sisteem.

DEFINISIE: Dinamiese ewilibrum

Daar is 'n dinamiese ewilibrum as die tempo van die terugwaartse reaksie gelyk is aan die tempo van die voorwaartse reaksie. Die hoeveelhede van die reaktante en produkte bly konstant.

In die vloeistof-gasfase ewilibrum demonstrasie is die dinamiese ewilibrum bereik toe daar geen waarneembare verandering in die vlak van die water in die tweede beker gesien is nie alhoewel verdamping en kondensasie nog steeds voortduur.

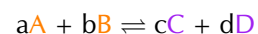
Vir meer inligting rondom dinamiese ewilibrum, kyk hierdie video:

📺 Sien video: [2CCJ](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

8.2 Die ewilibrumskonstante

ESFXQ

Beskou die terugwaartse chemiese reaksie:



A en B is die reaktante, C en D is die produkte en a , b , c , en d is die koëffisiënte van die gebalanseerde reaksie.

Wanneer die tempo van die voorwaartse reaksie gelyk is aan die tempo van die terugwaartse reaksie, is die sisteem in chemiese ewilibrum. Dit is nuttig om te weet hoeveel van elke stof in die houer die spesifieke hoeveelheid van die produkte in vergelyking met die hoeveelheid van die reaktante is. 'n Eenvoudige verhouding vanaf die gebalanseerde vergelyking gee ons 'n getal bekend as die ewilibrumkonstante (K_c).

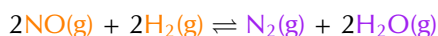
$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \quad [A], [B], [C] \text{ and } [D] \text{ is die molêre konsentrasies van elke stof teenwoordig by ewilibrum.}$$

DEFINISIE: Die ewilibrumkonstante

Die ewilibrumkonstante (K_c) is die verhouding tussen die konsentrasie van die produkte en reaktante in 'n chemiese vergelyking.

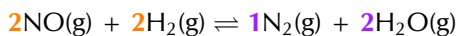
Wanneer die konsentrasie van die reaktante baie groter is as die konsentrasie van die produkte sal K_c klein wees (normaalweg kleiner as 1). Wanneer die konsentrasie van die reaktante baie kleiner is as die van die produkte sal K_c groot wees (normaalweg groter as 1).

Byvoorbeeld:



Die **reaktante** is NO en H₂. Die **produkte** is N₂ en H₂O.

Dit is belangrik om na die koëffisiënte van die vergelyking ook te kyk:

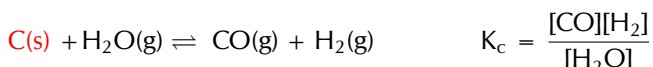


K_c vir hierdie vergelyking word dan as volg geskryf:

$$K_c = \frac{[\text{N}_2]^1 [\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{NO}]^2 [\text{H}_2]^2}$$

In die uitdrukking vir K_c is die konsentrasie van 'n produk of reaktant geneem as die mag van sy koëffisiënt in die gebalanseerde reaksie. As die koëffisiënt van 'n produk (bv. C) 3 in die gebalanseerde vergelyking is, dan word die konsentrasie van C ([C]) geskryf word as [C]³ in die uitdrukking vir K_c.

Ons los reaktante en produkte uit wat suiwer **vloeistowwe** is of in die **vastestof** fase is wanneer K_c bereken word. Byvoorbeeld:



Berekening van die ewililibriumkonstante

ESFXR

Wanneer berekeninge wat ewililibriumkonstantes insluit voltooi word sal die volgende wenke help:

1. Maak seker jy *lees die vraag versigtig* en verstaan wat van jou gevra word om te bereken.
2. As die ewililibriumkonstante betrokke is, maak seker dat die konsentrasies wat jy gebruik die konsentrasies **by ewililibrium** is en nie die konsentrasies of hoeveelhede wat teenwoordig is by 'n seker tyd in die reaksie nie.
3. Wanneer jy meer komplekse berekeninge doen help dit om 'n RAVE-tabel op te stel (Tabel 8.1). Dit word op 'n later stadium in meer diepte bespreek.

Onthou dat die algemene vorm van die uitdrukking vir K_c van 'n reaksie by chemiese ewililibrium (aA + bB ⇌ cC + dD) is:

$$K_c = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

Uitgewerkte voorbeeld 1: Skryf uitdrukkings vir K_c

VRAAG

Vir die reaksie: $9\text{X}(\text{g}) + \text{Y}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{X}_3\text{Y}(\text{g})$

Skryf 'n uitdrukking vir die ewililibriumkonstante K_c.

OPLOSSING

Stap 1: Skryf 'n algemene uitdrukking vir K_c

$$K_c = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

Stap 2: Bepaal die reaktante en die produkte van die reaksie

X(g) en Y₃(g) is beide reaktante. Hulle is gasse en word in die uitdrukking ingesluit. X₃Y(g) is 'n produk. Dit is 'n gas en word in die uitdrukking ingesluit.

Stap 3: Skryf 'n algemene uitdrukking vir K_c vir hierdie reaksie

$$K_c = \frac{[\text{X}_3\text{Y}]^z}{[\text{X}]^x [\text{Y}_3]^y}$$

Stap 4: Wat is die koëffisiënte van die gebalanseerde vergelyking?

Die verbinding X het 'n koëffisiënt van **9**. Die verbinding Y_3 het 'n koëffisiënt van **1**.
Die verbinding X_3Y het 'n koëffisiënt van **3**.

Stap 5: Skryf 'n uitdrukking vir K_c vir die reaksie

$$K_c = \frac{[X_3Y]^3}{[X]^9[Y_3]^1}$$

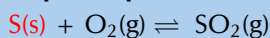
Uitgewerkte voorbeeld 2: Berekening van reagenskonsentrasie**VRAAG**

Vir die reaksie: $S(s) + O_2(g) \rightleftharpoons SO_2(g)$

1. Skryf 'n uitdrukking vir die ewililibriumkonstante.
2. Bereken die ewililibriumkonsentrasie van O_2 as:
 $K_c = 6$ en $[SO_2] = 3 \text{ mol.dm}^{-3}$ by ewililibrium.

OPLOSSING

Stap 1: Bepaal watter verbindings deel sal wees van die K_c uitdrukking



O_2 en SO_2 is gasse en sal dus deel wees van die uitdrukking vir K_c . S is 'n vastestof en sal dus nie deel wees van die uitdrukking vir K_c nie.

Stap 2: Skryf 'n uitdrukking vir K_c $K_c = \frac{[SO_2]}{[O_2]}$

Stap 3: Herrangskik die uitdrukking sodat suurstof alleen aan die een kant van die uitdrukking is

$$[O_2] = \frac{[SO_2]}{K_c}$$

Stap 4: Vul die waardes in wat jy weet en bereken $[O_2]$

$$[O_2] = \frac{3 \text{ mol.dm}^{-3}}{6} = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Uitgewerkte voorbeeld 3: Bereken K_c **VRAAG**

Vir die reaksie: $SO_2(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons NO(g) + SO_3(g)$

Die konsentrasies van die verbindings wat gebruik is, is:

$[SO_2] = 0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$, $[NO_2] = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$
 $[NO] = 0,4 \text{ mol.dm}^{-3}$, $[SO_3] = 0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ Bereken die waarde van K_c .

OPLOSSING

Stap 1: Skryf 'n algemene uitdrukking vir K_c $K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$

WENK

Jy hoef nie die koëffisiënte in te vul in 'n K_c berekening wanneer hulle 1 is nie. Hulle word aangetoon hier sodat jy nie vergeet waar die koëffisiënte gereflekteer word in die vergelyking nie.

Stap 2: Bepaal die reaktante en die produkte van die reaksie

$\text{SO}_2(\text{g})$ en $\text{NO}_2(\text{g})$ is beide reaktante. Hulle is gasse en sal in die uitdrukking ingesluit word.

$\text{NO}(\text{g})$ en $\text{SO}_3(\text{g})$ is produkte. Hulle is gasse en sal in die uitdrukking ingesluit word.

Stap 3: Skryf 'n uitdrukking vir K_c vir die reaksie

Al vier verbindings het 'n koëffisiënt van 1.

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^1 [\text{SO}_3]^1}{[\text{SO}_2]^1 [\text{NO}_2]^1}$$

Stap 4: Vul die waardes in wat jy weet vir die uitdrukking en bereken K_c

$$K_c = \frac{(0,4)(0,2)}{(0,2)(0,1)} = 4$$

Wanneer jy meer komplekse berekeninge doen, help dit om 'n RAVE tabel (Tabel 8.1) op te stel. 'n RAVE tabel is 'n makliker manier om inligting te organiseer by ekwilibriumberekeninge.

R	Reaksie	die gebalanseerde chemiese vergelyking
A	Aanvangshoeveelheid	the mol van reaktante en produkte by die begin van die reaksie
V	Verandering	hoeveel die mol van die reaktante en produkte verander het tussen die begin van die reaksie en by ekwilibrium
E	Ekwi-librium hoeveelheid	die mol van die reaktante en produkte by ekwilibrium
E	Ekwi-librium konsentrasie	om K_c te bereken het jy die konsentrasie van die reaktante en produkte by ekwilibrium nodig

Tabel 8.1: 'n RAVE-tabel vir molwaardes.

Hier is 'n paar riglyne oor hoe om 'n RAVE-tabel te gebruik:

1. Vul die gebalanseerde chemiese vergelyking in: $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

Reaksie	aA	bB	cC	dD
Aanvangshoeveelheid (mol)				
Verandering (mol)				
Ekwi-librium hoeveelheid (mol)				
Ekwi-librium konsentrasie (mol.dm ⁻³)				

2. Vul in die **aanvangs**ry die hoeveelheid **mol** van elke stof wat teenwoordig is aan die begin van die reaksie in. As daar byvoorbeeld 0,3 mol van A, 0,7 mol van B en geen mol produk aanvanklik is nie:

Reaksie	aA	bB	cC	dD
Aanvangshoeveelheid (mol)	0,3	0,7	0	0
Verandering (mol)				
Ekwi-librium hoeveelheid (mol)				
Ekwi-librium konsentrasie (mol.dm ⁻³)				

3. Vul in die **verandering**ry die hoeveelheid mol reaktante wat gebruik is, of die hoeveelheid mol produk wat gevorm is, in terme van x in. Gebruik die gebalanseerde vergelyking hiervoor. As daar byvoorbeeld dx mol van D gevorm word, word bx mol van B gebruik:

Reaksie	aA	bB	cC	dD
Aanvangshoeveelheid (mol)	0,3	0,7	0	0
Verandering (mol)	-ax	-bx	+ cx	+ dx
Ekwilibrum hoeveelheid (mol)				
Ekwilibrumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)				

4. Vul in die **ekwilibrum**ry die hoeveelheid **mol** van elke stof wat by ekwilibrum teenwoordig is, in terme van x in. Daar sal byvoorbeeld 0,3 - ax mol van A by ekwilibrum teenwoordig wees.

Reaksie	aA	bB	cC	dD
Aanvangshoeveelheid (mol)	0,3	0,7	0	0
Verandering (mol)	-ax	-bx	+ cx	+ dx
Ekwilibrum hoeveelheid (mol)	0,3 - ax	0,7 - bx	+ cx	+ dx
Ekwilibrumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)				

5. Gebruik enige ekstra inligting wat aan jou gegee is om x uit te werk, en vul dan die tabel klaar in.
As die hoeveelheid mol B by ekwilibrum byvoorbeeld 0,2 is:
 $0,7 - bx = 0,2$ en jy kan x oplos.
6. Vul in die laaste ry die konsentrasie van elke stof by ekwilibrum in. Jy sal hierdie waarde moet uitwerk.

Uitgewerkte voorbeeld 4: Ekwilibrumsberekeninge

VRAAG

1,4 mol van NH₃(g) word in 'n verseëlde 2,0 dm³ reaksiefles geplaas. Die ammoniak ontbind wanneer die temperatuur na 600 K verhoog word en bereik ekwilibrum soos volg:



Wanneer die ekwilibrummengsel geanaliseer word, is die konsentrasie van NH₃(g) 0,3 mol.dm⁻³.

- Bereken die konsentrasie van N₂(g) en H₂(g) in die ekwilibrummengsel.
- Bereken die ekwilibrumkonstante vir die reaksie by 600 K.

OPLOSSING

Stap 1: Teken 'n RAVE-tabel

Reaksie			
Aanvangshoeveelheid (mol)			
Verandering (mol)			
Ekwilibrum hoeveelheid (mol)			
Ekwilibrumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Stap 2: Vul die gebalanseerde chemiese reaksie op die tabel in

Reaksie	2NH ₃	1N ₂	3H ₂
Aanvangshoeveelheid (mol)			
Verandering (mol)			
Ekwilibrum hoeveelheid (mol)			
Ekwilibrumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Maak seker dat jy weet watter stowwe die **reaktante** is, en watter die **produkte** is.

Stap 3: Vul die hoeveelheid mol NH₃, N₂ en H₂ wat aanvanklik teenwoordig is in

Reaksie	2NH ₃	1N ₂	3H ₂
Aanvangshoeveelheid (mol)	1,4	0	0
Verandering (mol)			
Ekwilibrum hoeveelheid (mol)			
Ekwilibrumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Daar is 1,4 mol NH₃, en geen mol N₂ of H₂ teenwoordig aan die begin van die reaksie.

Stap 4: Vul die verandering in die hoeveelheid mol NH₃, N₂ en H₂ in terme van x in

Die molverhouding van NH₃(g) : N₂ : H₂ is 2 : 1 : 3.

Dus, vir elke 2 mol NH₃ wat gebruik word, word 1 mol N₂ en 3 mol H₂ gevorm. As die hoeveelheid mol NH₃ met 2x verminder (−2x), sal die hoeveelheid mol N₂ met 1x meer word (+1x) en die hoeveelheid mol H₂ met 3x meer word (+3x).

Reaksie	2NH ₃	1N ₂	3H ₂
Aanvangshoeveelheid (mol)	1,4	0	0
Verandering (mol)	−2x	+x	+3x
Ekwilibrum hoeveelheid (mol)			
Ekwilibrumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Stap 5: Vul die hoeveelheid mol NH₃, N₂ en H₂ by ewilibrum in terme van x in

Om die hoeveelheid mol van 'n stof by ewilibrum te kry, neem jy die aanvanklike hoeveelheid mol en voeg die verandering in die hoeveelheid mol in terme van x by.

Reaksie	2NH ₃	1N ₂	3H ₂
Aanvangshoeveelheid (mol)	1,4	0	0
Verandering (mol)	−2x	+x	+3x
Ekwilibrum hoeveelheid (mol)	1,4 − 2x	+x	+3x
Ekwilibrumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Stap 6: Bereken die waarde van x

Jy weet dat die konsentrasie van NH₃ 0,3 mol.dm⁻³ is by ewilibrum en dat die reaksiefles se volume 2 dm³ is.

$$C = \frac{n}{V}, \text{ dus } n = C \times V$$

$$n(\text{NH}_3 \text{ by ewilibrum}) = 0,3 \text{ mol.dm}^{-3} \times 2,0 \text{ dm}^3 = 0,6 \text{ mol}$$

Van die RAVE-tabel kan ons sien dat daar 1,4 − 2x mol NH₃ by ewilibrum is.

$$0,6 \text{ mol} = 1,4 \text{ mol} - 2x$$

$$2x = 1,4 \text{ mol} - 0,6 \text{ mol} = 0,8 \text{ mol}$$

$$\text{Dus, } x = 0,4 \text{ mol}$$

Stap 7: Bereken die konsentrasie van N₂ wat gevorm is (by ewilibrum)

Van die RAVE-tabel kan ons sien dat die hoeveelheid mol N₂ by ewilibrum = x

$$\text{dus } n(\text{N}_2) = 0,4 \text{ mol} \quad C(\text{N}_2) = \frac{n}{V} = \frac{0,4 \text{ mol}}{2,0 \text{ dm}^3} = 0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Stap 8: Bereken die konsentrasie van H₂ wat gevorm is (by ewilibrum)

Van die RAVE-tabel kan ons sien dat die hoeveelheid mol H₂ by ewilibrum = 3x

$$\text{dus } n(\text{H}_2) = 3 \times 0,4 \text{ mol} = 1,2 \text{ mol} \quad C(\text{H}_2) = \frac{n}{V} = \frac{1,2 \text{ mol}}{2,0 \text{ dm}^3} = 0,6 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Stap 9: Voltooi die RAVE-tabel

Reaksie	2NH_3	1N_2	3H_2
Aanvangshoeveelheid (mol)	1,4	0	0
Verandering (mol)	$-2x$	$+x$	$+3x$
Ekwilibrium hoeveelheid (mol)	$1,4 - 2x$	$+x$	$+3x$
Ekwilibriumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)	0,3	0,2	0,6

Stap 10: Skryf 'n uitdrukking vir K_c vir die reaksie

NH_3 is die reaktant, N_2 en H_2 is die produkte. Al die stowwe is in die gasfase en word dus ingesluit in die vergelyking vir K_c .

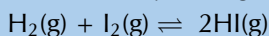
$$K_c = \frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2}$$

Stap 11: Bereken K_c

$$K_c = \frac{(0,2)(0,6)^3}{(0,3)^2} = 0,48$$

Uitgewerkte voorbeeld 5: Bereken K_c **VRAAG**

Waterstof en jodiumgas reageer soos in die volgende vergelyking:



Wanneer 0,496 mol H_2 en 0,181 mol I_2 verhit word tot 450°C in 'n 1 dm³ houer, bevat die ewilibriummengsel 0,00749 mol I_2 . Bereken die ewilibriumkonstante vir die reaksie by 450°C .

OPLOSSING**Stap 1: Teken 'n RAVE-tabel**

Reaksie			
Aanvangshoeveelheid (mol)			
Verandering (mol)			
Ekwilibrium hoeveelheid (mol)			
Ekwilibriumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Stap 2: Vul die gebalanseerde chemiese reaksie op die tabel in

Reaksie	1H_2	1I_2	2HI
Aanvangshoeveelheid (mol)			
Verandering (mol)			
Ekwilibrium hoeveelheid (mol)			
Ekwilibriumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Stap 3: Vul die hoeveelheid mol H_2 , I_2 en HI wat aanvanklik teenwoordig is in

Reaksie	1H_2	1I_2	2HI
Aanvangshoeveelheid (mol)	0,496	0,181	0
Verandering (mol)			
Ekwilibrium hoeveelheid (mol)			
Ekwilibriumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Daar is 0,496 mol H_2 , 0,181 mol I_2 en geen mol HI teenwoordig by die begin van die reaksie.

Stap 4: Vul die verandering in die hoeveelheid mol H₂, I₂ en HI in terme van x in

Die molverhouding van H₂ : I₂ : HI is 1 : 1 : 2.

Dus, vir elke 1 mol H₂ wat gebruik word, word 1 mol I₂ gebruik en 2 mol HI sal gevorm word. As die hoeveelheid H₂ met x verminder (−1x) sal die hoeveelheid mol I₂ ook met x verminder (−1x) en die hoeveelheid mol HI met 2x meer word (+2x).

Reaksie	1H ₂	1I ₂	2HI
Aanvangshoeveelheid (mol)	0,496	0,181	0
Verandering (mol)	-x	-x	+2x
Ekwilibrium hoeveelheid (mol)			
Ekwilibriumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Stap 5: Vul die hoeveelheid mol H₂, I₂ en HI by ewilibrum in terme van x in

Om die hoeveelheid mol van 'n stof by ewilibrum te kry, neem jy die aanvanklike hoeveelheid mol en voeg die verandering in die hoeveelheid mol in terme van x by.

Reaksie	1H ₂	1I ₂	2HI
Aanvangshoeveelheid (mol)	0,496	0,181	0
Verandering (mol)	-x	-x	+2x
Ekwilibrium hoeveelheid (mol)	0,496 - x	0,181 - x	+2x
Ekwilibriumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)			

Stap 6: Bereken die waarde van x

Ons weet dat die hoeveelheid mol I₂ by ewilibrum 0,00749 mol is. Ons kan vanaf die RAVE-tabel sien dat daar 0,181 - x mol I₂ by ewilibrum is. Dus:

$$0,00749 \text{ mol} = 0,181 \text{ mol} - x$$

$$x = 0,181 \text{ mol} - 0,00749 \text{ mol} = 0,1735 \text{ mol}$$

Stap 7: Bereken die konsentrasie van H₂ by ewilibrum

Die volume van die houer is 1 dm³. Ons kan van die RAVE-tabel sien dat die hoeveelheid mol H₂ by ewilibrum = 0,496 mol - x is. Dus:

$$n(\text{H}_2) = 0,496 \text{ mol} - 0,1735 \text{ mol} = 0,3225 \text{ mol}$$

$$C(\text{H}_2) = \frac{n}{V} = \frac{0,3225 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} = 0,3225 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Stap 8: Bereken die konsentrasie van I₂ by ewilibrum

$$C(\text{I}_2) = \frac{n}{V} = \frac{0,00749 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} = 0,00749 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Stap 9: Bereken die konsentrasie van HI by ewilibrum

Ons kan van die RAVE-tabel sien dat die hoeveelheid mol HI by ewilibrum = 2x is. Dus:

$$n(\text{HI}) = 2 \times 0,1735 \text{ mol} = 0,347 \text{ mol}$$

Stap 10: Voltooi die RAVE-tabel

Reaksie	1H ₂	1I ₂	2HI
Aanvangshoeveelheid (mol)	0,496	0,181	0
Verandering (mol)	-x	-x	+2x
Ekwilibrium hoeveelheid (mol)	0,496 - x	0,181 - x	+2x
Ekwilibriumkonsentrasie (mol.dm ⁻³)	0,3225	0,00749	0,347

Stap 11: Skryf 'n uitdrukking vir K_c vir die reaksie

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

Stap 12: Bereken K_c

$$K_c = \frac{(0,347)^2}{(0,3225)(0,00749)} = 49,85$$

Die betekenis van K_c waardes

ESFXS

Die formule vir K_c bevat:

- die konsentrasie van die produkte in die teller en die konsentrasie van die reaktante in die noemer
- 'n K_c waarde **groter as 1** beteken dat die ewilibrum **na regs** lê **daar is dus meer produkte as reaktante**
- 'n K_c waarde **tussen 0 en 1** beteken dat die ewilibrum **na links** lê **meer reaktante as produkte**

Dit word opgesom in Tabel 8.2. Let op dat K_c nie 0 of minder kan wees nie.

Opbrengs beteken die hoeveelheid produk in die houer relatief tot die maksimum hoeveelheid produk wat moontlik gevorm kan word.

K_c waarde	Ekwilibrum	Opbrengs
$K_c > 1$	na regs	meer produkte as reaktante
$0 < K_c < 1$	na links	meer reaktante as produkte

Tabel 8.2: Die betekenis van K_c waardes.

'n **hoë waarde** beteken dat:

- die konsentrasie van die produkte hoog is
- die ewilibrum ver na regs lê
- die reaksie het 'n **hoë opbrengs**

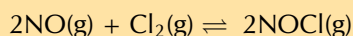
'n **lae waarde** (naby 0) beteken dat:

- die konsentrasie van die reaktante hoog is
- die ewilibrum lê vêr na links.
- die reaksie het 'n **lae opbrengs**

Oefening 8 – 2: Die ewilibrumkonstante

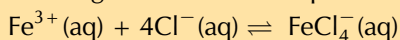
1. Skryf die uitdrukking vir die ewilibrumkonstante, K_c , óf die gebalanseerde chemiese vergelyking vir die volgende reaksies:

- a) NO en Cl_2 is beide reaktante. NOCl is die produk. Almal is in die gasfase en sal dus in die uitdrukking vir die ewilibrumkonstante voorkom. Die koëffisiënt van NO is 2, Cl_2 se koëffisiënt is 1 en NOCl se koëffisiënt is 2.



$$b) K_c = \frac{[H_2O(g)]^2}{[H_2(g)]^2[O_2(g)]}$$

2. Die volgende reaksie vind plaas:

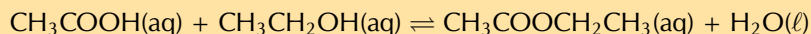


K_c vir die reaksie is $7,5 \times 10^{-2}$. By ewilibrum is die konsentrasie van $FeCl_4^-(aq)$ $0,95 \times 10^{-4} \text{ mol.dm}^{-3}$ en die konsentrasie van die $(Fe^{3+}(aq))$ ioon is $0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$. Bereken die konsentrasie van die chloriedione by ewilibrum.

3. Etanoësuur (CH_3COOH) reageer met etanol (CH_3CH_2OH) om etietetanoaat en water te vorm. Die reaksie is:



Henry Louis Le Chatelier.



By aanvang van die reaksie is daar 0,5 mol etanoësuur en 0,5 mol etanol. By ewilibrum het 0,3 mol van die etanoësuur nie gereageer nie. Die volume van die reaksiehouer is 2 dm^3 . Bereken die waarde van K_c .

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CCK 2. 2CCM 3. 2CCN



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

8.3 Le Chatelier se beginsel

ESFXT

Enige faktor wat die tempo van die voorwaartse óf terugwaartse reaksie relatief tot mekaar beïnvloed, kan potensieel die chemiese ewilibrumposisie van die reaksie beïnvloed:

- **konsentrasie**
- **temperatuur**
- **druk** (vir gasagtige reaktante)

Dit is belangrik om te verstaan hoe 'n sisteem wat by ewilibrum verkeer, beïnvloed sal word wanneer een van dié faktore 'n verandering ondergaan. Maar baie tyd sal gemors word om elke keer 'n eksperiment uit te voer om uit te vind. Aan die einde van die 1800's het die Franse chemikus Henry Louis Le Chatelier met 'n beginsel vorendag gekom wat hierdie effekte voorspel.

Le Chatelier se beginsel help om te voorspel wat die effek sal wees van 'n verandering in die temperatuur, konsentrasie of druk op die posisie van 'n chemiese ewilibrum. Dit is baie belangrik, veral by nywerheidstoepassings, waar opbrengste altyd akkuraat voorspelbaar en maksimaal moet wees.

BELANGRIK!

Le Chatelier se beginsel

Wanneer 'n stelsel wat by ewilibrum verkeer aan spanning onderwerp word (verandering in druk, temperatuur of konsentrasie), sal die ewilibrum verskuif om die spanning teen te werk.

Dus, indien die konsentrasie van een (of meer) van die reaktante of produkte verhoog word sal die ewilibrum in 'n rigting verskuif om die konsentrasie te verlaag. Óf, indien die temperatuur van 'n eksotermiese reaksie verlaag word sal die ewilibrum na regs verskuif om die temperatuur te verhoog. Le Chatelier se beginsel is dat:

- Indien jy die **konsentrasie** van 'n reaktant sou verander sal die posisie van die ewilibrum skuif om die verandering teen te werk.
- Indien jy die **temperatuur** van 'n reaksie sou verander sal die ewilibrum skuif om die verandering teen te werk.
- Indien jy die **druk** van die sisteem sou verander sal die posisie van die ewilibrum skuif om die verandering teen te werk.

Elkeen van hierdie konsepte sal in detail in die volgende bladsye bespreek word.

Die volgende video gee 'n voorbeeld van Le Chatelier se beginsel in aksie.

► Sien video: 2CCP op www.everythingscience.co.za

FEIT

Wanneer die konsentrasie van die reaktante verhoog word, skuif die ewilibrum na regs en sal daar meer produkte as vantevore wees. Daar sal ook meer reaktante as tevore wees (meer reaktante is bygevoeg). Sodra ewilibrum herstel is (die tempo/spoed/koers van die voorwaartse en terugwaartse reaksies weer gelyk is), sal K_c dieselfde wees as voor die verandering aan die sisteem gebring is. Die konsep word in meer detail bespreek in hierdie hoofstuk.

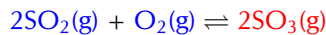
Die effek van konsentrasie op ewilibrum

ESFXV

Indien die konsentrasie van 'n stof verander sal die ewilibrum skuif om die effek van die verandering te minimaliseer.

- Indien die konsentrasie van 'n **reaktant verhoog** word sal die ewilibrum in 'n rigting verskuif wat daartoe sal lei dat die reaktant **gebruik** word en dat die konsentrasie van die reaktant sal afneem. **Die voorwaartse reaksie word bevoordeel.**
- Die voorwaartse reaksie word ook bevoordeel indien die konsentrasie van die **produk verminder word**, sodat meer produk gevorm word.
- Indien die konsentrasie van die **reaktant verminder word** sal die ewilibrum in die rigting van die reaksie verskuif wat reaktante **vorm** sodat die reaktant se konsentrasie toeneem. **Die terugwaartse reaksie word bevoordeel.**
- Die terugwaartse reaksie word ook bevoordeel wanneer die konsentrasie van die **produk verhoog word** sodat produk gebruik word.

Byvoorbeeld, in die reaksie tussen swaeldioksied en suurstof om swaeltrioksied te vorm:



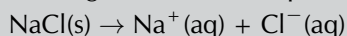
- Indien die SO_2 of O_2 se konsentrasie **verhoog**:
 - Le Chatelier se beginsel voorspel dat die ewilibrum sal skuif om die konsentrasie van die reaktante te laat afneem.
 - 'n Toename in die tempo van die **voorwaartse reaksie** sal 'n afname in reaktante se konsentrasie beteken.
 - Van die swaeldioksied en suurstof word dus gebruik om swaeltrioksied te vorm.
 - Ekwilibrum skuif na **regs**. Dit beteken, wanneer 'n nuwe ewilibrum ingestel word (wanneer die tempo van die voorwaartse en terugwaartse reaksie weer dieselfde is), sal daar meer produkte as vantevore wees.
- Indien die SO_2 of O_2 se konsentrasie **verlaag word**:
 - Le Chatelier se beginsel voorspel dat die ewilibrum sal skuif om die konsentrasie van die reaktante te verhoog.
 - 'n Verhoging in die tempo van die **terugwaartse reaksie** sal 'n vermeerdering in reaktante beteken.
 - Sommige van die swaeltrioksied sal ontbind en na swaeldioksied en suurstof omskakel om ewilibrum te herstel.
 - Ekwilibrum skuif na **links**. Dit beteken dat by die nuwe ewilibrum wat gevorm word daar minder produk as vantevore is.
- Indien $[\text{SO}_3]$ **verlaag word**:
 - Le Chatelier se beginsel voorspel dat die ewilibrum sal skuif om die produkte se konsentrasie te verhoog.
 - Verhoging in die tempo van die **voorwaartse reaksie** sal 'n vermeerdering in produkte beteken.
 - Dus word swaeldioksied en suurstof gebruik om swaeltrioksied te vorm.
 - Ekwilibrum skuif na **regs**. Dit beteken dat by die nuwe ewilibrum wat gevorm word daar meer produk as vantevore is.
- Indien $[\text{SO}_3]$ **verhoog word**:
 - Le Chatelier se beginsel voorspel dat die ewilibrum sal skuif om die konsentrasie van die produkte te verlaag.
 - Verhoging van die tempo van die **terugwaartse reaksie** sal 'n vermindering in produkte beteken.
 - Van die swaeltrioksied sal ontbind en na swaeldioksied en suurstof verander om ewilibrum te herstel.
 - Ekwilibrum skuif na **links**. Dit beteken dat by die nuwe ewilibrum wat gevorm word daar minder produk as vantevore is.

Uitbreiding

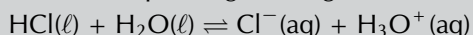
Gemeenskaplike iooneffek

Die verandering in die ewilbriumposisie in oplossings kan teweeg gebring word deur die **gemeenskaplike iooneffek**. Die gemeenskaplike iooneffek is wanneer 'n stof ione vrystel (deur dissosiasie of ionisasie) wat alreeds in die ewilbriumreaksie teenwoordig is.

Indien vaste natriumchloried by 'n waterige oplossing gevoeg word en dit oplos vind die volgende dissosiasie plaas:



Indien die oplossing die volgende ewilbrium bevat:



Die Cl^- -ioon (gemeenskaplike ioon) wat bygevoeg word versteur die ewilbrium deur die konsentrasie van die Cl^- -ioon te verhoog. Volgens Le Chatelier se beginsel versnel die tempo van die terugwaartse reaksie om die effek van die toegevoegde Cl^- teen te werk. Dit het tot gevolg dat die ewilbriumposisie na links skuif.

FEIT

Onthou dat hitte vrygestel word tydens 'n eksotermiese reaksie. Dit is 'n produk van die reaksie.

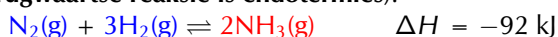
Die effek van temperatuur op ewilbrium

ESFXW

Indien die temperatuur van 'n reaksiemengsel verander, verskuif die ewilbrium om daardie verandering te verminder.

- Indien die temperatuur **verhoog** sal die ewilbrium verskuif om daardie reaksie te bevoordeel wat **die temperatuur verlaag**. **Die endotermiese reaksie word bevoordeel**.
- Indien die temperatuur **verlaag word** word verskuif die ewilbrium om die reaksie te bevoordeel wat **die temperatuur verhoog**. **Die eksotermiese reaksie word bevoordeel**.

Byvoorbeeld, die voorwaartse reaksie soos aangedui hieronder is eksotermies (aange-toon deur die negatiewe waarde vir ΔH). Dit beteken dat die voorwaartse reaksie, waar stikstof reageer met waterstof om ammoniak te vorm, hitte afgee en dit lei tot 'n toename in temperatuur (**die voorwaartse reaksie is eksotermies**). In die terugwaartse reaksie, waar ammoniak afgebreek word na waterstof en stikstof gas, word hitte opge-neem deur die reaksie en dit lei daartoe dat die houer waarin die reaksie plaasgevind het, afkoel (**die terugwaartse reaksie is endotermies**).



- 'n **verhoging** in temperatuur:
 - Bevoordeel die **endotermies** reaksie omdat dit energie **opneem** (koel die houer af).
 - Die terugwaartse reaksie is endotermies, so die **terugwaartse reaksie** word bevoordeel.
 - Die **opbrengs** van ammoniak (NH_3) sal **afneem**.
- 'n **afname** in temperatuur:
 - Bevoordeel die **eksotermies** reaksie omdat dit energie **vrystel** (verhit die houer).
 - Die voorwaartse reaksie is eksotermies, so die **voorwaartse reaksie** word bevoordeel.
 - Die **opbrengs** van NH_3 sal **verhoog**.

Informele eksperiment: Le Chatelier se beginsel

Doel:

Om die effek van verandering in konsentrasie en temperatuur op die chemiese ewi-librium te bepaal.

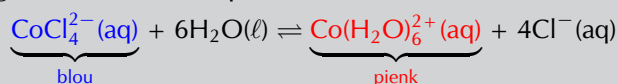
Apparaat:

- $0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ pers CoCl_2 in 'n etanol oplossing, gekonsentreerde HCl , water
- proefbuis, knyptang
- ysbad, waterbad, warmplaat of 'n bunsen brander

Metode:

1. Plaas die waterbad op die warmplaat en verhit.
2. Observeer en teken op die kleurverandering wat plaasvind gedurende elke stap.
3. Plaas 4 – 5 druppels van $0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ CoCl_2 oplossing in die proefbuis.
4. Voeg 10 – 12 druppels water by.
5. Voeg 20 – 25 druppels gekonsentreerde HCl by.
6. Plaas die proefbuis in die waterbad wat op die warmplaat is (gebruik 'n knyptang). Los vir 1 – 2 minute. Noteer jou waarnemings.
7. Plaas die proefbuis in die ysbad. Los vir 1 – 2 minute. Noteer jou waarnemings.

Die vergelyking vir die reaksie wat plaasvind is:



Resultate:

Voltooi jou waarnemings in die tabel hieronder deur die kleurveranderinge wat plaasvind te noteer en dui ook aan of die konsentrasie van elke ioon in oplossing toeneem of afneem.

	Oorspronklike kleur	Finale kleur	$[\text{CoCl}_4^{2-}]$	$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}]$	$[\text{Cl}^{-}]$
Voeg HCl by					
Voeg H_2O by					
Verhoogde temperatuur					
Verlaagde temperatuur					

Gevolgtrekkings:

- Gebruik Le Chatelier se beginsel om die veranderinge wat jy in die tabel hierbo opgeteken het, te verduidelik.
- Kom tot 'n gevolgtrekking oor die effek van 'n *verandering in konsentrasie* van of die reaktante of die produkte op die ewilbriumposisie.
- Kom ook tot 'n gevolgtrekking oor die effek van 'n *verandering in temperatuur* op die ewilbriumposisie.

► Sien video: [2CCQ](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Die effek van druk op die ewilbrium

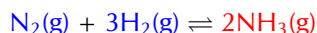
ESFXX

Indien die druk van 'n gasagtige reaksiemengsel verander word, sal die ewilbrium verskuif om daardie verandering te minimaliseer.

- Indien die druk **verhoog** is, sal die ewilibrum verskuif om 'n **afname** in druk te bevoordeel.
- Indien die druk **verlaag word** is, sal die ewilibrum verskuif om 'n **verhoging** in druk te bevoordeel.

Wanneer die volume van 'n sisteem verlaag word (en die temperatuur bly konstant), sal die druk toeneem. Daar is meer botsings teen die wande van die houer. Indien daar minder gasmolekules is, sal daar minder botsings wees en sodoende 'n laer druk. Die ewilibrum sal verskuif in 'n rigting wat die aantal gasmolekules verlaag sodat die druk ook sodoende verlaag word. Om te bepaal in watter rigting die ewilibrum verskuif om die druk te verander moet jy **na die getal gasmolekules in die gebalanseerde reaksies kyk**.

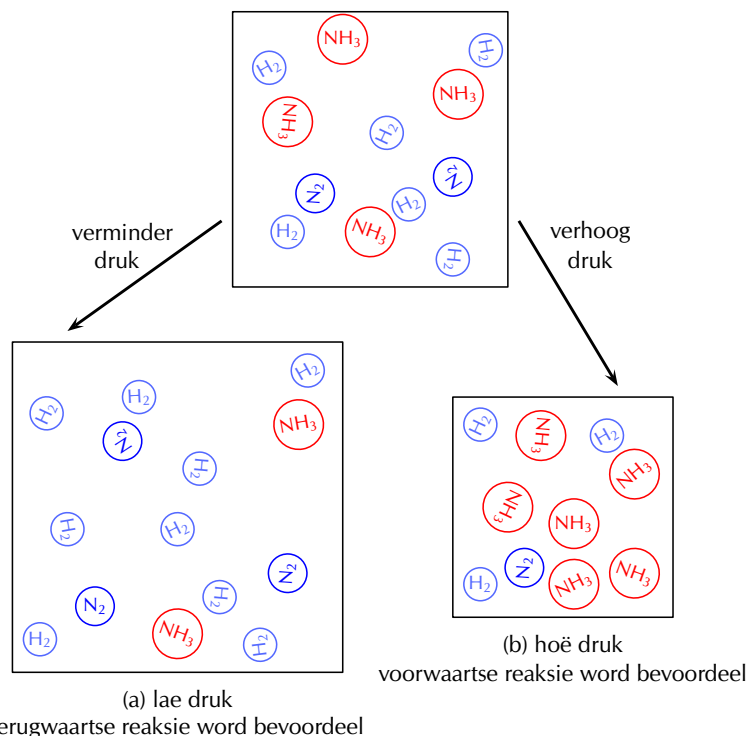
Byvoorbeeld, die vergelyking vir die reaksie tussen stikstof en waterstof is as volg aangetoon:



Die verhouding in die gebalanseerde vergelyking is 1 : 3 : 2. Dit is, vir elke 1 molekule van N_2 gas is daar 3 molekules H_2 gas en 2 molekules NH_3 gas (vanaf die gebalanseerde vergelyking). Dus is die verhouding **4 mol gasmolekules by reaktante tot 2 molekules van die gas by produk**.

- 'n **verhoging** in druk sal:
 - Die reaksie wat die aantal gasmolekules **verlaag** bevoordeel.
 - Daar is **minder gasmolekules by produkte** as by reaktante, dus die **voorwaartse reaksie** word bevoordeel.
 - Die ewilibrum sal **na regs verskuif** en die **opbrengs** van NH_3 sal **verhoog**.
- 'n **afname** in druk sal:
 - Die reaksie wat die aantal gasmolekules **verhoog** bevoordeel.
 - Daar is **meer gasmolekules by die reaktante**, dus die **terugwaartse reaksie** word bevoordeel.
 - Die ewilibrum sal **na links verskuif** en die **opbrengs** van NH_3 sal **afneem**.

Beskou die illustrasie in Figuur 8.2.



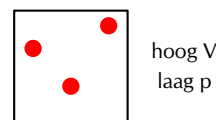
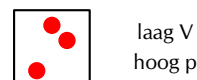
Figuur 8.2: **(a)** 'n Afname in die druk van hierdie reaksie bevoordeel die terugwaartse reaksie (meer gasmolekules) en dit lei daartoe dat die ewilibrum na links verskuif. **(b)** 'n Toename in die druk van hierdie reaksie bevoordeel die voorwaartse reaksie (minder gasmolekules) en dit verskuif die ewilibrum na regs.

WENK

Onthou van Graad 11 dat:

$$p \propto \frac{T}{V}$$

Dit is, indien die temperatuur konstant bly en die volume verhoog word, sal die druk afneem.



Figuur 8.2 wys 'n afname in druk deur 'n toename in volume en 'n toename in druk deur 'n afname in volume.

Figuur 8.2 toon aan hoe verandering in die druk van 'n sisteem kan lei tot 'n verskuiwing van die ewilibrum om daardie verandering teen te werk. In die oorspronklike sisteem is daar **12** molekules in totaal: $6\text{H}_2 + 2\text{N}_2 \rightleftharpoons 4\text{NH}_3$



Indien jy die druk **verlaag** (aangetoon deur 'n toename in volume), sal die ewilibrum verskuif om die aantal gasmolekules te **verhoog**. Die verskuiwing is na links en die aantal H_2 en N_2 molekules sal toeneem terwyl die aantal NH_3 molekules afneem:

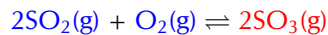


Indien jy die druk **verhoog** (aangetoon deur 'n afname in volume), sal die ewilibrum verskuif om die aantal gasmolekules te laat **afneem**. Die verskuiwing is na regs en die aantal H_2 en N_2 molekules sal afneem terwyl die aantal NH_3 molekules toeneem:



Neem kennis dat die totale aantal stikstof en waterstof atome dieselfde bly in al drie situasies. Vergelykings (a) en (b) is nie gebalanseerde vergelykings nie.

Nog 'n voorbeeld is die reaksie tussen swaeldioksied en suurstof:



In hierdie reaksie word **twee molekules van die produktesgas** gevorm vir elke **drie molekules van die reaktante se gasmolekules**.

- 'n **verhoging** in druk sal:
 - Die reaksie wat die aantal gasmolekules **verminder** bevoordeel.
 - Daar is **minder molekules van die produkte van die gas** as van die gasreaktante, so die **voorwaartse** reaksie word bevoordeel.
 - Die ewilibrum sal **na regs verskuif** en die **opbrengs** van **SO_3** sal **verhoog**.
- 'n **afname** in druk sal:
 - Die reaksie wat die aantal gasmolekules **verhoog** bevoordeel.
 - Daar is **meer gasmolekules by reaktante** as by gasmolekules by produkte, so die **terugwaartse** reaksie word bevoordeel.
 - Die ewilibrum sal **na links verskuif** en die **opbrengs** van **SO_3** sal **afneem**.

Die effek van 'n katalisator op die ewilibrum

ESFXV

Indien 'n katalisator by 'n reaksie gevoeg word, sal beide die **voorwaartse** en **terugwaartse** reaksietempo's toeneem. Indien beide tempo's verhoog word sal die konsentrasies van die reaktante en produkte **dieselfde bly**. Dit beteken dat 'n katalisator geen effek het op die ewilibrumposisie nie.

Maar 'n katalisator sal bepaal hoe *vinnig ewilibrum bereik* word. Dit is baie belangrik in die industrie waar 'n langer proses meer geld kos. So, as 'n katalisator die tyd wat dit neem om spesifieke produkte te vorm verlaag, verlaag dit dan ook die koste van produksie.

Faktore wat die waarde van K_c beïnvloed

ESFXZ

Konsentrasie, druk, en temperatuur affekteer almal die ewilibrumposisie van 'n reaksie, en 'n katalisator affekteer die reaksietempo's. Maar net **temperatuur** beïnvloed die waarde van K_c .

- Verandering van die **konsentrasie**:
 - Verandering van die konsentrasie van 'n reaktant of produk veroorsaak dat een van die reaksies (voorwaarts of terugwaarts) bevoordeel word.

- Hierdie verandering in reaksietempo minimaliseer die effek van die verandering en herstel die konsentrasie verhouding tussen reaktante en produkte. Daar sal net meer reaktante en produkte wees.
- K_c sal dieselfde bly.
- Verandering van die **druk**:
 - Verandering van die druk van die sisteem sal die verhouding tussen die reaktant en produkonsentrasies verander.
 - Die ewilibrum verskuif dan om die effek van die verandering te minimaliseer en herstel die verhouding tussen reaktant en produkonsentrasies.
 - K_c sal dieselfde bly.
- Byvoeging van 'n **katalisator** tot die sisteem:
 - Beide die voorwaartse en terugwaartse reaksietempo's word verhoog.
 - Dus sal die verhouding tussen reaktant en produkonsentrasies dieselfde bly.
 - K_c sal dieselfde bly.
- Verandering van die **temperatuur**:
 - Verandering van die temperatuur sal óf die endotermiese óf die eksotermiese reaksie bevoordeel.
 - Die verhouding tussen die konsentrasie van die reaktante en produkte sal verander.
 - K_c sal verander.

BELANGRIK!

Maak dus seker dat wanneer K_c waardes vir verskillende reaksies vergelyk word, die reaksies by dieselfde temperatuur plaasgevind het.

Die gebruik van Le Chatelier se beginsel

ESFY2

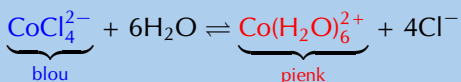
Wanneer 'n sisteem in chemiese ewilibrum is en daar 'n verandering in die reaksietoestande (konsentrasie, druk, temperatuur) plaasvind, word die volgende stappe aanbeveel:

1. Identifiseer die versteuring of die stres op die sisteem.
Byvoorbeeld, daar is 'n **toename in die konsentrasie van die reaktante**.
2. Gebruik Le Chatelier se beginsel om te besluit hoe die sisteem sal reageer.
Le Chatelier voorspel 'n **verskuiwing in die ewilibrum om die konsentrasie van reaktant te verminder**.
3. Kyk na die gegewe vergelyking en besluit of die tempo van die voorwaartse reaksie of die tempo van die terugwaartse reaksie sal toeneem. Noem hierdie verskuiwing van die ewilibrum.
Die voorwaartse reaksie sal bevoordeel word. Die ewilibrum verskuif na regs.
4. Verbind die verskuiwing van die ewilibrum met enige veranderinge wat in die sisteem waargeneem is, indien van toepassing.
Dit kan 'n **verandering in kleur tot gevolg he**.

Uitgewerkte voorbeeld 6: Die gebruik van Le Chatelier se beginsel

VRAAG

Tafelsout word by die (pers) oplossing in ewilibrum gevoeg:



1. Gebruik Le Chatelier se beginsel om die verandering van die ewilibrumtoestand te voorspel.
2. Wat sal waargeneem word?

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die versteuring of die stres op die sisteem

Die byvoeging van NaCl produseer Na^+ ione en Cl^- ione soos die sout oplos. As ons na die gegewe ewilibrum kyk is Cl^- alreeds teenwoordig in die reaksie, en die versteuring is die verhoging in konsentrasie van die Cl^- ioon.

Stap 2: Gebruik Le Chatelier se beginsel om te besluit hoe die sisteem sal reageer

Volgens Le Chatelier se beginsel sal die ewilibrumtoestand verskuif om die konsentrasie van Cl^- ione te verminder.

Stap 3: Besluit of die tempo van die voorwaartse reaksie of die tempo van die terugwaartse reaksie sal toeneem, en noem die verskuiwing in die ewilibrum

Die terugwaartse reaksie gebruik Cl^- ione en die tempo van die terugwaartse reaksie sal dus toeneem. Die terugwaartse reaksie word bevoordeel en die ewilibrum sal na links skuif.

Stap 4: Watter kleurverandering sal plaasvind as gevolg van die verandering in ewilibrum?

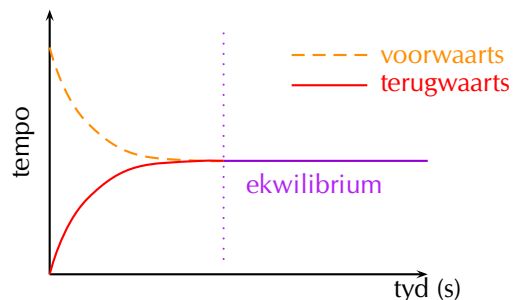
Die oplossing sal meer blou voorkom aangesien meer blou CoCl_4^{2-} ione gevorm word.

Grafieke en Le Chatelier se beginsel

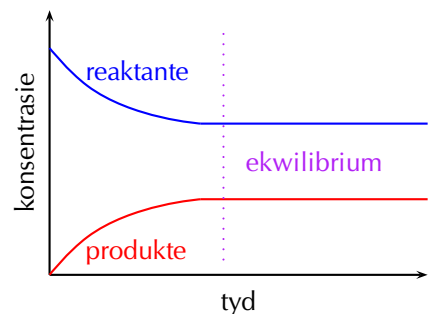
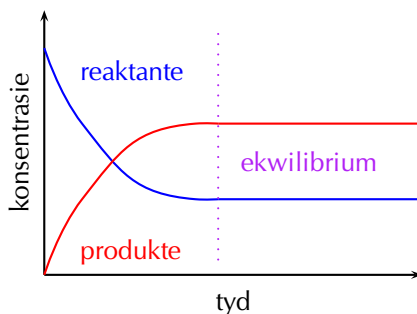
Grafieke kan gebruik word om data oor ewilibrumreaksies voor te stel. Die volgende punte moet in gedagte gehou word wanneer daar na so 'n grafiek gekyk word:

1. Identifiseer die tipe grafiek deur na die opskrif op die y-as te kyk. Jy sal vind dat dit een van twee soorte grafieke kan wees:
 - a) 'n tempo-tyd grafiek
 - b) 'n mol-tyd of konsentrasie-tyd grafiek

2. By tempo-tyd grafieke is die sisteem in ewilibrum wanneer die tempo van die voorwaartse reaksie gelyk is aan die tempo van die terugwaartse reaksie.



3. By konsentrasie-tyd of mol-tyd grafieke is die sisteem in ewilibrum wanneer die konsentrasie of hoeveelheid mol van die reaktante en produkte **konstant** is. Hierdie waardes hoef nie gelyk aan mekaar te wees nie.



4. Wanneer jy K_c bereken moet jy seker maak dat jy slegs waardes neem van die dele op die grafiek waar die y-waarde konstant is. K_c kan slegs bereken word wanneer die sisteem in ewilibrum is.

Tempo-tyd grafieke

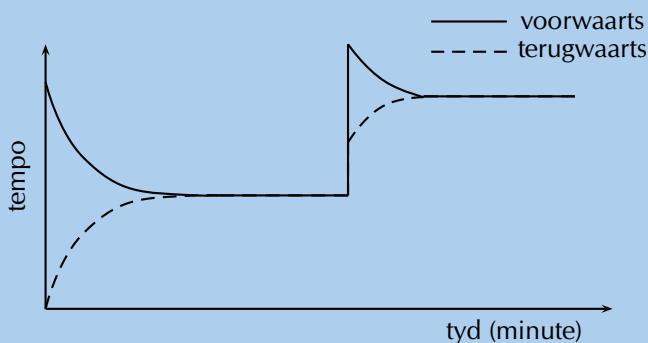
- **'n Verandering in konsentrasie** van 'n stof sal die reaksie wat die hoeveelheid van daardie stof verminder bevoordeel. Dit kan gesien word as 'n skielike toename in die tempo van óf die voorwaartse óf die terugwaartse reaksie en 'n skielike afname in die tempo van die ander reaksie.
Die verhoogde tempo sal dan stadig afneem en die verlaagde tempo sal stadig toeneem totdat die tempo's weer gelyk is.
- **'n Verandering in druk** van die reaksie sal 'n skielike toename of afname van al die reaktante en produkte veroorsaak. Dit sal dieselfde effek as 'n verandering in konsentrasie hê, alhoewel die toename of afname meer geleidelik sal plaasvind.
- **'n Verandering in temperatuur** van 'n stof sal 'n invloed op beide tempo's in dieselfde rigting hê (beide sal toeneem of beide sal afneem). Die invloed sal egter verskillend wees - die endotermiese reaksie sal bevoordeel word deur 'n verhoging van temperatuur, en die eksotermiese reaksie sal bevoordeel word deur 'n verlaging van temperatuur.
- **Die byvoeging van 'n katalisator** sal beide die voorwaartse en die terugwaartse reaksies met ewe veel bevoordeel.

Uitgewerkte voorbeeld 7: Tempo-tyd grafieke

VRAAG

Vir die reaksie $2AB(g) \rightleftharpoons 2A(g) + B_2(g)$, $\Delta H = 26 \text{ kJ}$
kan die volgende grafiek geteken word:

Watter versteuring het in hierdie sisteem plaasgevind?
Skryf op die grafiek wat by elke stap gebeur.



OPLOSSING

Stap 1: Kyk na die asse sodat jy weet wat die veranderlikes in hierdie grafiek is

Die asse se opskrifte is tempo en tyd. Hierdie is dus 'n tempo-tyd grafiek.

Stap 2: Word beide die tempo's op dieselfde manier beïnvloed, of neem die een tempo toe en die ander tempo af, wanneer die versteuring plaasvind?

Beide tempo's word op dieselfde manier beïnvloed (daar is 'n toename), dus moet die versteuring 'n katalisator of 'n verandering in temperatuur wees.

('n Verandering in druk of konsentrasie sal die reaksie slegs in een rigting bevoordeel)

Stap 3: Word beide tempo's ewe veel beïnvloed?

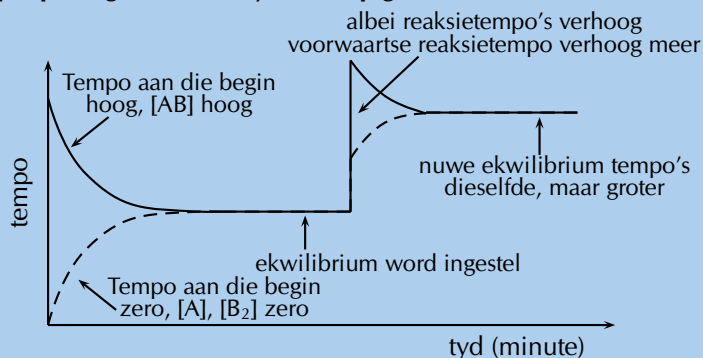
Nee, die voorwaartse reaksie neem meer toe as die terugwaartse reaksie. Die versteuring is dus 'n verandering in temperatuur.

('n Katalisator sal beide tempo's ewe veel laat toeneem)

Stap 4: Is die temperatuur verhoog of verlaag? (Gebruik Le Chatelier se beginsel)

Die voorwaartse reaksie is endotermies (ΔH is positief). Die voorwaartse reaksie is meer bevoordeel as die terugwaartse reaksie. 'n Verhoging in temperatuur sal die reaksie wat die reaksiefles afkoel (die endotermiese reaksie) bevoordeel. Die versteuring was dus 'n toename in temperatuur.

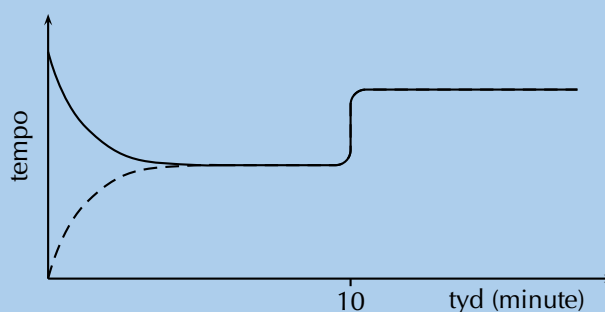
Stap 5: Skryf op die grafiek wat by elke stap gebeur.



Uitgewerkte voorbeeld 8: Tempo-tyd grafieke

VRAAG

Wat veroorsaak die verandering by $t = 10$ minute in die onderstaande grafiek?



OPLOSSING

Stap 1: Kyk na die asse sodat jy weet wat die veranderlikes in hierdie grafiek is

Die asse se opskrifte is tempo en tyd. Hierdie is dus 'n tempo-tyd grafiek.

Stap 2: Word beide die tempo's op dieselfde manier beïnvloed, of neem die een tempo toe en die ander tempo af wanneer die versteuring plaasvind?

Beide tempo's word op dieselfde manier beïnvloed (daar is 'n toename), dus moet die versteuring 'n katalisator of 'n verandering in temperatuur wees.

('n Verandering in druk of konsentrasie sal die reaksie slegs in een rigting bevoordeel)

Stap 3: Word beide tempo's ewe veel beïnvloed?

Ja, beide tempo's word ewe veel verhoog.

Stap 4: Wat het die verandering by $t = 10$ minute veroorsaak?

Die byvoeging van 'n katalisator ('n verandering in temperatuur sal altwee die tempo's beïnvloed, maar nie ewe veel nie).

Konsentrasie-tyd en mol-tyd grafieke

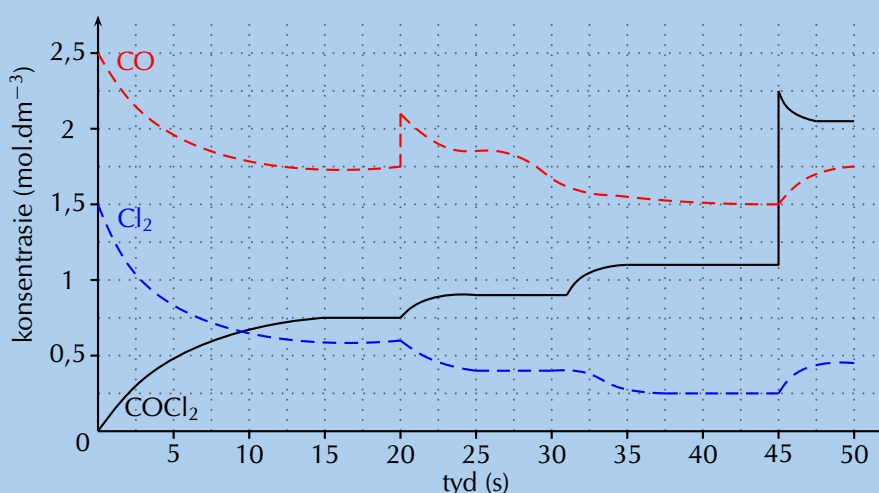
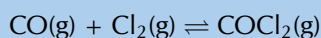
- 'n Verandering in konsentrasie van 'n stof sal 'n skielike toename of afname van die konsentrasie of hoeveelheid mol van daardie stof, en 'n geleidelike verandering van die konsentrasie van die ander stowwe veroorsaak.
- 'n Verandering in temperatuur sal beide die voorwaartse en terugwaartse reaksies beïnvloed. Een reaksie sal egter meer as die ander beïnvloed word. Beide die reaktante en produkte sal dus geleidelik beïnvloed word, maar in die teenoorgestelde rigtings (een neem toe en die ander een neem af).

- 'n **Verandering in druk** van die reaksie sal 'n skielike toename of afname van al die reaktante en produkte veroorsaak. As die druk verhoog word en die voorwaartse reaksie bevoordeel word sal die konsentrasie van die reaktante afneem, en as die terugwaartse reaksie bevoordeel word sal die konsentrasie van die produkte afneem.
- **Die byvoeging van 'n katalisator** sal beide die voorwaartse en terugwaartse reaksietempo's laat toeneem en die ewilibrum sal vinniger bereik word. Indien die reaksie dus alreeds by ewilibrum is sal daar geen invloed op 'n konsentrasie-tyd of mol-tyd grafiek wees nie.

Uitgewerkte voorbeeld 9: Konsentrasie-tyd grafieke

VRAAG

Kyk na die volgende chemiese ewilibrumvergelyking en grafiek, en beantwoord die vrae wat volg.



1. Hoe lank het dit gevat voor die sisteem die eerste keer ewilibrum bereik het?
2. Hoe vergelyk die tempo's van die voorwaartse en terugwaartse reaksies by die volgende tye:
 - $t = 5 \text{ s}$
 - $t = 17 \text{ s}$
 - $t = 23 \text{ s}$
3. Bepaal die ewilibrumkonstantes vir die sisteem by $t = 17 \text{ s}$, 25 s , en 45 s .
4. Wat gebeur by $t = 20 \text{ s}$? Verduidelik jou antwoord deur Le Chatelier se beginsel te gebruik.
5. Watter invloed het die versteuring by $t = 20 \text{ s}$ op K_c ?

OPLOSSING

Stap 1: Kyk na die asse sodat jy weet wat die veranderlikes in hierdie grafiek is

Die asse se opskrifte is konsentrasie en tyd. Hierdie is dus 'n konsentrasie-tyd grafiek.

Stap 2: Hoe lank het dit gevat vir die sisteem om ewilibrum te bereik?

Die konsentrasie van al drie stowwe word konstant by $t = 15 \text{ s}$. Dit beteken dat die reaksie ewilibrum bereik het.

Stap 3: Hoe bepaal jy watter tempo vinniger is vanaf die konsentrasiegrafieke?

As die konsentrasie van die reaktante (CO en Cl_2) geleidelik afneem of die konsentrasie van die produk (COCl_2) toeneem, is die voorwaartse reaksie vinniger as die

terugwaartse reaksie.

As die konsentrasie van die reaktante (CO en Cl₂) geleidelik toeneem of die konsentrasie van die produk (COCl₂) afneem, is die terugwaartse reaksie vinniger as die voorwaartse reaksie.

Stap 4: Vergelyk die tempo's van die voorwaartse en die terugwaartse reaksies by t = 5 s, t = 17 s en t = 23 s

By t = 5 s en by t = 23 s neem die konsentrasie van die reaktante af en die konsentrasie van die produkte neem toe. Die tempo van die voorwaartse reaksie is dus vinniger as die tempo van die terugwaartse reaksie.

By t = 17 s is die konsentrasies van die reaktante en die produkte konstant (verander nie). Die reaksie is dus in ewililibrium en die tempo van die voorwaartse reaksie is gelyk aan die tempo van die terugwaartse reaksie.

Stap 5: Wat is die konsentrasies van CO, Cl₂ en COCl₂ by t = 17 s?

Vanaf die grafiek kan jy sien dat:

$$[\text{CO}] = 1,75 \text{ mol.dm}^{-3} \quad [\text{Cl}_2] = 0,6 \text{ mol.dm}^{-3} \quad [\text{COCl}_2] = 0,75 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Stap 6: Skryf 'n vergelyking vir die ewililibriumskonstante van hierdie reaksie en bereken K_c.

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}$$

$$K_c = \frac{0,75}{(1,75)(0,6)} = 0,71$$

Stap 7: Wat gebeur by t = 20 s?

Die konsentrasie van CO neem skielik toe. Die konsentrasies van die ander stowwe verander nie veel nie. Daar is dus CO by die sisteem gevoeg.

Na hierdie byvoeging van CO vind daar 'n verskuiwing plaas om die hoeveelheid CO te verminder, dus is daar 'n verskuiwing in die rigting van die voorwaartse reaksie. Die konsentrasie van die produk sal dus toeneem en die konsentrasies van die reaktante sal afneem.

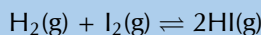
Stap 8: Wat sal die invloed hiervan op K_c wees?

Slegs 'n verandering in temperatuur sal K_c beïnvloed, dus sal daar geen invloed op K_c wees nie.

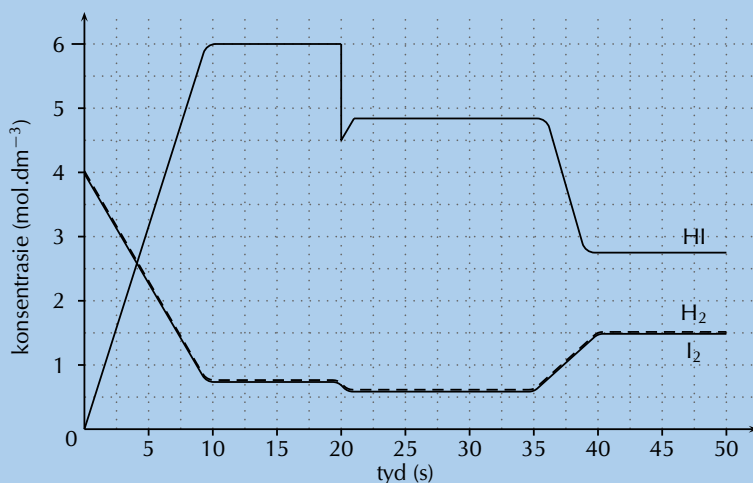
Uitgewerkte voorbeeld 10: Konsentrasie-tyd grafieke

VRAAG

Kyk na die volgende chemiese ewililibriumvergeljking en grafiek, en beantwoord die vrae wat volg.



1. Na hoeveel sekondes bereik die sisteem ewililibrium?
2. Bereken die waarde van die ewililibriumskonstante.
3. Verduidelik wat gebeur by t = 20 s.
4. Indien die verandering by t = 35 s as gevolg van 'n verhoging in temperatuur is, beteken dit die reaksie is eksotermies of endotermies? Verduidelik jou antwoord.



OPLOSSING

Stap 1: Kyk na die asse sodat jy weet wat die veranderlikes in hierdie grafiek is

Die asse se opskrifte is konsentrasie en tyd. Hierdie is dus 'n konsentrasie-tyd grafiek.

Stap 2: Na hoeveel sekondes bereik die sisteem ewilibrum?

Die konsentrasie van al drie stowwe word konstant by $t = 10$ s. Dit beteken dus dat die sisteem 10 s vat om ewilibrum te bereik.

Stap 3: Wat is die konsentrasies van H_2 , I_2 , en HI by $t = 10$ s, 25 s, en 45 s?

Jy kan van die grafiek af sien dat:

By 10 s: $[H_2]$ en $[I_2] = 0,75 \text{ mol.dm}^{-3}$, $[HI] = 6,0 \text{ mol.dm}^{-3}$

By 25 s: $[H_2]$ en $[I_2] = 0,6 \text{ mol.dm}^{-3}$, $[HI] = 4,8 \text{ mol.dm}^{-3}$

By 45 s: $[H_2]$ en $[I_2] = 1,5 \text{ mol.dm}^{-3}$, $[HI] = 2,75 \text{ mol.dm}^{-3}$

Stap 4: Skryf 'n vergelyking vir die ewilibrumkonstante van hierdie reaksie en bereken K_c

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$\text{By } t = 10 \text{ s: } K_c = \frac{6,0^2}{(0,75)(0,75)} = 64,0$$

$$\text{By } t = 25 \text{ s: } K_c = \frac{4,8^2}{(0,6)(0,6)} = 64,0$$

$$\text{By } t = 45 \text{ s: } K_c = \frac{2,75^2}{(1,5)(1,5)} = 3,4$$

Die verskil in K_c by 45 s beteken dat die gebeurtenis by $t = 35$ s 'n verandering in temperatuur moet wees.

Stap 5: Verduidelik wat gebeur het by $t = 20$ s?

Die konsentrasie van HI neem skerp af. As gevolg daarvan is daar 'n effense daling in die konsentrasie van H_2 en I_2 . HI moes daarom van die sisteem verwyder geword het.

Na dit is daar 'n verskuiwing om die hoeveelheid HI te vermeerder. Dit is in die voorwaartse rigting.

Stap 6: Indien die verandering by $t = 35$ s as gevolg van 'n verhoging in temperatuur is, beteken dit die reaksie is eksotermies of endotermies? Verduidelik jou antwoord.

'n Verhoging in temperatuur het veroorsaak dat die konsentrasie van die produk afneem en die konsentrasies van die reaktante verhoog. Dit beteken dat die terugwaartse reaksie begunstig is.

'n Verhoging in temperatuur sal die reaksie begunstig wat hitte opneem en die reaksiefles afkoel (endotermies). Daarom moet die terugwaartse reaksie endotermies wees en die voorwaartse reaksie moet eksotermies wees. Die reaksie is eksotermies.

Die volgende reëls sal help om die veranderinge wat in ewilbriumreaksies plaasvind te voorspel.

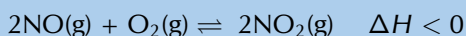
- Indien die konsentrasie van 'n **reaktant** (aan die linkerkant) **verhoog** word, moet van dit gebruik word om die produkte (aan die regterkant) te vorm en dus ewilbrium te handhaaf. Die ewilbriumposisie sal verskuif na **regs**. K_c bly onveranderd.
- Indien die konsentrasie van 'n **reaktant** (aan die linkerkant) **verlaag** word, moet van die produkte (aan die regterkant) gebruik word om reaktante te vorm en dus ewilbrium te handhaaf. Die ewilbriumposisie sal verskuif na **links**. K_c bly onveranderd.
- Indien die **voorwaartse reaksie endotermies** is, sal 'n **verhoging** in temperatuur die reaksie begunstig en die produk se **opbrengs** en K_c **verhoog**. 'n **Afname** in temperatuur sal die **opbrengs van die produk** en K_c **verminder**.
- Indien die **voorwaartse reaksie eksotermies** is, sal 'n **afname** in temperatuur die reaksie begunstig en die produk se **opbrengs** en K_c **sal verhoog**. 'n **Verhoging** in temperatuur sal die **opbrengs van die produk** en K_c **verminder**.
- **Toenemende** druk begunstig die kant van die ewilbrium met die **kleinste aantal gasmolekules**. Dit word aangedui in die gebalanseerde chemiese vergelyking. Hierdie reël is van toepassing op reaksies met een of meer gasagtige reaktante of produkte. K_c bly onveranderd.
- **Afnemende** druk begunstig die kant van die ewilbrium met die **grootste aantal gasmolekules**. Dit word aangedui in die gebalanseerde chemiese vergelyking. Hierdie reël is van toepassing op reaksies met een of meer gasagtige reaktante of produkte. K_c bly onveranderd.
- 'n **Katalis** affekteer nie die ewilbriumposisie van 'n reaksie nie. Dit beïnvloed net die *tempo van die reaksie*, met ander woorde, hoe vinnig ewilbrium bereik word.

Die volgende oefening sal jou help om hierdie konsepte te verstaan.

► Sien simulasie: [2CCR](http://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Uitgewerkte voorbeeld 11: Chemiese ewilbrium

VRAAG



Hoe sal:

1. die terugwaartse reaksie	a) 'n Afname in temperatuur?
2. die ewilbriumposisie affekteer word deur:	b) Die toevoeging van 'n katalis?
	c) Die toevoeging van meer NO_2 gas?

OPLOSSING

1. Die terugwaartse reaksie:

- Die voorwaartse reaksie is eksotermies ($\Delta H < 0$) daarom moet die terugwaartse reaksie endotermies wees. 'n Afname in temperatuur sal veroorsaak dat die ewilbrium verskuif om die eksotermiese reaksie te begunstig. Die tempo van die terugwaartse reaksie sal daarom skerp afneem en dan geleidelik toeneem totdat ewilbrium weer ingestel is.
- Die toevoeging van katalis sal beide die voorwaartse en terugwaartse reaksies bevoordeel.

- c) NO_2 is 'n produk. Die toevoeging van nog NO_2 sal daarom die tempo van die vorming van reaktante verhoog. Die tempo van die terugwaartse reaksie sal dus skerp toeneem en dan geleidelik afneem totdat ewilibrum weer gevestig is.

2. Die ewilibrumposisie:

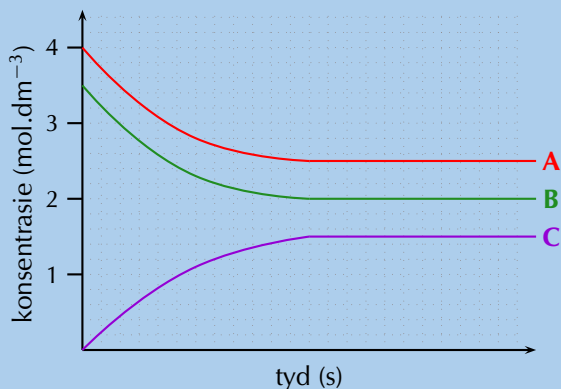
- a) 'n Afname in temperatuur sal die eksotermiese reaksie bevoordeel en die voorwaartse reaksie is eksotermies. Die ewilibrumposisie sal daarom na regs verskuif.
- b) Die toevoeging van 'n katalis sal geen effek op die ewilibrumposisie hê nie aangesien beide die voorwaartse en terugwaartse reaksietempo's in gelyke mate verhoog sal word.
- c) Die toevoeging van meer NO_2 sal die vorming van die reaktante begunstig en die ewilibrum sal na die linkerkant verskuif.

Uitgewerkte voorbeeld 12: Grafieke van ewilibrum

VRAAG

Bestudeer die grafiek en beantwoord die vrae wat volg:

1. Begunstig die ewilibrum die reaktante of produkte?
2. Bepaal die waarde van K_c indien die koëffisiënte van die gebalanseerde vergelyking almal gelyk is aan 1.
3. Die voorwaartse reaksie het $\Delta H > 0$. Watter effek gaan 'n toename in temperatuur hê op $[A]$, $[B]$ en $[C]$?

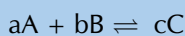


OPLOSSING

Stap 1: Bepaal watter verbindings is die reaktante en watter is die produkte

Die konsentrasie van reaktante neem af van die begin van die reaksie totdat ewilibrum bereik is. Daarom is A en B reaktante.

Die konsentrasie van produkte neem toe van die begin van die reaksie totdat ewilibrum bereik is. Daarom is C 'n produk.



Ons word vertel dat alle koëffisiënte in die gebalanseerde vergelyking gelyk is aan 1. Daarom is die algemene vergelyking: $A + B \rightleftharpoons C$

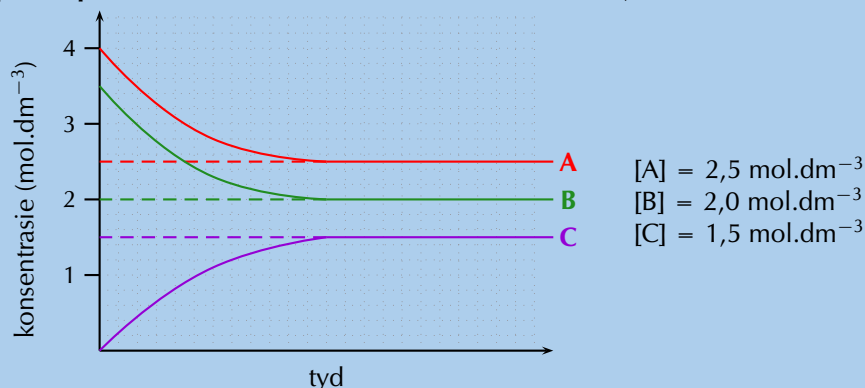
Stap 2: Het reaktante of produkte hoër konsentrasies by ewilibrum?

A en B (die reaktante) het hoër konsentrasies by ewilibrum.

Stap 3: Begunstig die ewilibrum die reaktante of produkte?

Die reaktante het hoër konsentrasies as die produkte, daarom moet die ewilibrum die reaktante begunstig.

Stap 4: Bepaal die ewilibrumkonsentrasiewaardes van A, B en C



Stap 5: Bereken K_c

$$K_c = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{1,5}{(2,5)(2,0)} = 0,3$$

Stap 6: Bepaal watter reaksie is eksotermies en watter reaksie is endotermies

Die voorwaartse reaksie het $\Delta H > 0$. Dit beteken dat die voorwaartse reaksie endotermies is. Die omgekeerde reaksie moet daarom eksotermies wees.

Stap 7: Watter reaksie word begunstig deur 'n toename in temperatuur?

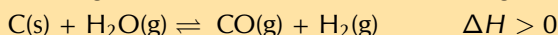
Die endotermiese reaksie sal begunstig word deur 'n toename in temperatuur (om die temperatuur te verlaag). Dit is die voorwaartse reaksie.

Stap 8: Hoe sal $[A]$, $[B]$ en $[C]$ verander?

Die voorwaartse reaksie word begunstig, daarom sal die ewilibrum na regs verskuif. Dit beteken dat die reaktantkonsentrasies ($[A]$ en $[B]$) sal afneem en die produkonsentrasie ($[C]$) sal toeneem.

Oefening 8 – 3: Ekwilibrum

- Die volgende reaksie het ewilibrum in 'n geslote houer bereik.



Die druk van die sisteem word dan verlaag. Hoe sal die konsentrasie van die $\text{H}_2\text{(g)}$ en die waarde van K_c geaffekteer word wanneer die nuwe ewilibrum gevestig is?

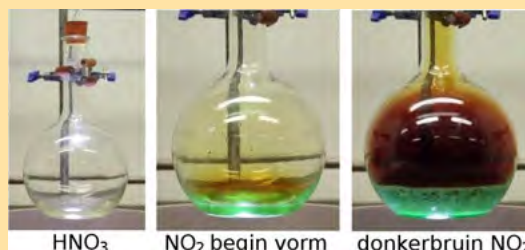
	Waterstofkonsentrasie	K_c
(a)	verhoog word	verhoog word
(b)	verhoog word	bly dieselfde
(c)	bly dieselfde	bly dieselfde
(d)	verlaag word	bly dieselfde

Neem aan dat die temperatuur van die sisteem onveranderd bly.

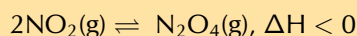
(IEB Vraestel 2, 2004)

- Koper metaal reageer met gekonsentreerde salpetersuur om NO_2 gas te vorm tydens 'n klaskamereksperiment.

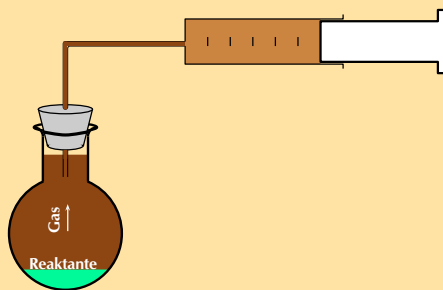
Die NO_2 word opgevang in 'n gasspuit.



Wanneer genoeg gas in die gasspuit versamel is, word die afleweringbuis geklamp sodat geen gas kan ontsnap nie. Die bruin NO_2 gas wat versamel is bereik 'n ewililibrium met kleurlose N_2O_4 gas soos voorgestel deur die volgende vergelyking:

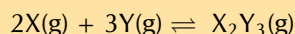


Sodra die ewililibrium ingestel is, is daar 0,01 mol van NO_2 gas en 0,03 mol van N_2O_4 gas teenwoordig in die gasspuit.

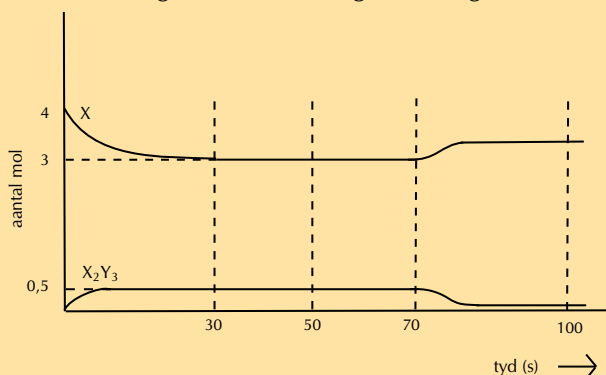


- 'n Leerder neem kennis dat die kleur van die gasmengsel nie meer verander nie en merk op dat alle chemiese reaksies in die gasspuit dus gestaak is. Is hierdie aanname korrek? Verduidelik.
- Die gas in die gasspuit word afgekoel. Die volume van die gas word konstant gehou gedurende die verkoelingsproses. Sal die gas ligter of donkerder raak by die laer temperatuur? Verduidelik jou antwoord.
- Die volume van die gasspuit word nou verminder (teen konstante temperatuur) na 75 cm^3 deur die gasspuit in te druk en in die nuwe posisie te hou. Daar is 0,032 mol N_2O_4 gas teenwoordig sodra die ewililibrium by die verlaagde volume weer ingestel is (75 cm^3). Bereken die waarde van die ewililibriumkonstante vir hierdie ewililibrium.
(IEB Vraestel 2, 2004)

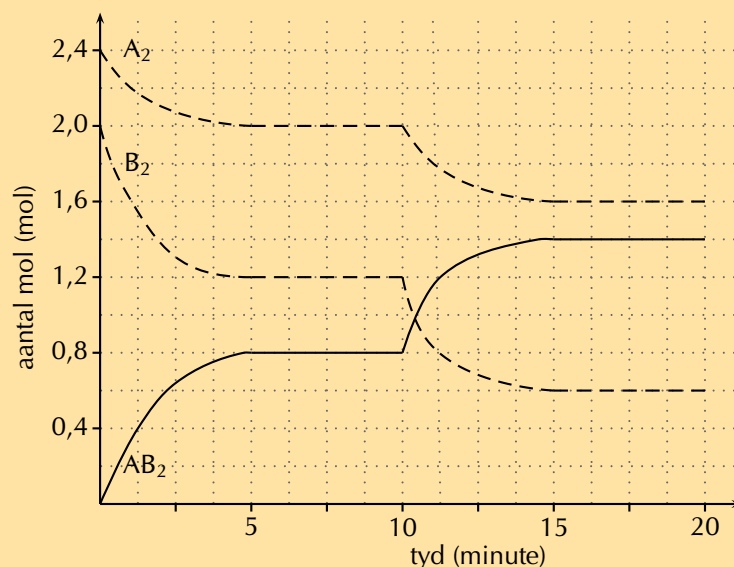
3. Gasse X en Y word in 'n 2 dm^3 houer ingepomp. Wanneer die houer verseël word, is 4 mol van gas X en 4 mol van gas Y teenwoordig. Die volgende ewililibrium word bereik:



Die grafiek wys die hoeveelheid mol van gas X en gas X_2Y_3 wat teenwoordig is wanneer die houer verseël word.



- Hoeveel mol van die gas X_2Y_3 is gevorm wanneer die reaksie ewililibrium na 30 sekondes bereik?
 - Bereken die waarde van die ewililibriumkonstante by $t = 50 \text{ s}$.
 - By 70 s word die temperatuur verhoog. Is die voorwaartse reaksie endotermies of eksotermies? Verduidelik met behulp van Le Chatelier se beginsel.
 - Hoe sal hierdie verhoging in temperatuur die waarde van die ewililibriumkonstante beïnvloed?
4. Beskou die volgende hipotetiese reaksie wat in 'n **geslote** fles by 298 K plaasvind.
- $$\text{A}_2(\text{g}) + 2\text{B}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AB}_2(\text{g})$$
- Die grafiek verteenwoordig die verandering in die hoeveelheid mol van die gase in die fles oor 'n tydperk van 20 minute.



- Hoe lank (in minute) neem dit vir die reaksie om die eerste keer ewilibrium te bereik?
- Skryf 'n vergelyking vir die ewilibriumkonstante, K_c , vir hierdie spesifieke reaksie.
- Bereken die konsentrasie van elkeen van die reaktante en die produk deur die waardes op die grafiek tussen 5 minute en 10 minute te gebruik en bereken dan die ewilibriumkonstante, K_c , vir die reaksie by 298 K.
- Wat beteken 'n laer waarde van K_c vir die opbrengs van 'n reaksie?
- Hoekom is dit nie moontlik om K_c vanaf die grafiek te bereken tydens die eerste 5 minute nie?
- Skryf Le Chatelier se beginsel neer.
- Die temperatuur van die fles is na 10 minute verhoog. Gebruik Le Chatelier se beginsel om te besluit of die vorming van AB₂ endotermies of eksotermies is.
- Hoe sal die ewilibriumkonstante beïnvloed word deur elkeen van die volgende veranderinge (kies uit verhoog, verlaag, geen invloed):
 - Deur die druk van die fles te verhoog sonder om die temperatuur te verander.
 - Deur 'n katalisator by die fles te voeg.
 - Deur die temperatuur van die fles te verhoog.

5. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CCS 2. 2CCT 3. 2CCV 4. 2CCW



www.everythingscience.co.za



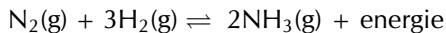
m.everythingscience.co.za

Industriële toepassings

ESFY4

In industriële prosesse is dit belangrik om die produk so vinnig en effektief as moontlik te verkry. Hoe goedkoper die proses is, hoe beter.

Die **Haber proses** is 'n goeie voorbeeld van 'n industriële proses wat die ewilibrium-beginsels wat bespreek is, gebruik. Die vergelyking vir die proses is soos volg:



Aangesien die voorwaartse reaksie eksotermies is moet die sisteem afgekoel word om meer produk te vorm en die voorwaartse reaksie te bevoordeel. Die verkoeling van 'n sisteem veroorsaak egter dat alle chemiese reaksies stadiger plaasvind en die sisteem kan dus nie té koud wees nie. Die proses word by 'n hoë temperatuur uitgevoer sodat dit vinnig plaasvind.

Aangesien 'n hoë temperatuur die terugwaartse reaksie bevoordeel, word die NH_3 produk verwyder soos dit gevorm word (produk se konsentrasie word verlaag) sodat ammoniak nie in die terugwaartse reaksie gebruik sal word nie. Die verlaging van die produk se konsentrasie bevoordeel die voorwaartse reaksie.

Die reaksie word by 'n hoë druk uitgevoer sodat die reaksie vinniger plaasvind en om die vorming van NH_3 te bevoordeel. Die voorwaartse reaksie word bevoordeel deur hoër druk omdat daar 2 gasmolekules produk vir elke 4 gasmolekules reaktant is.

Kyk in Hoofstuk 14 vir meer inligting oor die Haber proses en ander industriële toepassings.

Oefening 8 – 4: Die toepassing van ewilibrumbeginsels

- Kyk na die waardes van K_c wat by verskillende temperature tydens die Haber proses bereken is, en antwoord die vrae wat volg:

$T (^{\circ}\text{C})$	K_c
25	$6,4 \times 10^2$
200	$4,4 \times 10^{-1}$
300	$4,3 \times 10^{-3}$
400	$1,6 \times 10^{-4}$
500	$1,5 \times 10^{-5}$

- Wat gebeur met die waarde van K_c as die temperatuur verhoog word?
- Watter reaksie word bevoordeel as die temperatuur 300°C is?
- Watter temperatuur sal die beste wees as jy so veel as moontlik ammoniak wil produseer volgens hierdie tabel? Verduidelik.

- Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CCX](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

8.4 Hoofstukopsomming

ESFY5

- 'n Reaksie is **omkeerbaar** wanneer reaktante kan reageer om produkte te vorm, en produkte kan reageer om weer die reaktante te vorm.
- 'n Reaksie is in **chemiese ewilibrum** wanneer die tempo van die voorwaartse reaksie gelyk is aan die tempo van die terugwaartse reaksie.
- In 'n **oop** sisteem kan energie en materie in die sisteem inkom en die sisteem verlaat. In 'n **geslote** sisteem kan energie in die sisteem inkom en die sisteem verlaat, maar materie kan nie.
- Die **ewilibrumkonstante** (K_c) hou verband met die konsentrasie van die reaktante en produkte by ewilibrum, en kan met die volgende vergelyking bepaal word:

$$K_c = \frac{[\text{C}]^c[\text{D}]^d}{[\text{A}]^a[\text{B}]^b} \text{ waar } a\text{A} + b\text{B} \rightleftharpoons c\text{C} + d\text{D}$$

A en B is reaktante, C en D is produkte en a, b, c en d is die koëffisiënte van die verskeie reaktante en produkte.

- 'n **Hoë waarde** beteken dat die konsentrasie van die produkte hoog is by ewilibrum en die reaksie sal 'n hoë opbrengs van produkte hê. 'n **Lae waarde** beteken dat die konsentrasie van die produkte laag is by ewilibrum en die reaksie sal 'n lae opbrengs van produkte hê.
- **Le Chatelier se beginsel** sê dat, as 'n uitwendige versteuring (verandering in druk, temperatuur of konsentrasie) op 'n sisteem in chemiese ewilibrum toegepas word, die ewilibrum sal verander om die uitwerking van die versteuring teen te werk.
- Alhoewel 'n verandering in temperatuur, konsentrasie of druk die posisie van die ewilibrum sal verander, sal slegs **temperatuur** die ewilibrumkonstante K_c verander.
- Die beginsels van ewilibrum is baie belangrik in **industriële toepassings** soos die Haber proses, sodat soveel as moontlik produk gevorm kan word.

Oefening 8 – 5:

1. Verduidelik die volgende konsepte:
 - a) Chemiese ewilibrum
 - b) 'n Geslote sisteem
 - c) 'n Omkeerbare reaksie
2. Die volgende ewilibrumkonstante-vergelyking word $K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^4[\text{CO}_2]^3}{[\text{C}_3\text{H}_8][\text{O}_2]^5}$ vir 'n sekere reaksie gegee:
Vir watter een van die volgende reaksies is die bostaande vergelyking vir K_c korrek?
 - a) $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$
 - b) $4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 3\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g})$
 - c) $2\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 7\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 6\text{CO}(\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 - d) $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{H}_2\text{O}(\ell) + 3\text{CO}_2(\text{g})$
 (IEB Vraestel 2, 2001)
3. Kobaltchloried kristalle word opgelos in 'n beker wat etanol bevat, en 'n paar druppels water word bygevoeg. Na 'n tydjie bereik die reaksie ewilibrum soos volg:
 $\text{CoCl}_4^{2-}(\text{aq})$ (blou) + $6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}(\text{aq})$ (pienk) + 4Cl^-
 Die oplossing, nou 'n pers kleur, word in drie proefbuisse gegooi. Noem watter kleurveranderinge, indien enige, sal plaasvind indien die volgende stowwe by die proefbuisse gevoeg word:
 - a) 1 cm^3 gedistilleerde water
 - b) 'n Paar kristalle natriumchloried
4. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.
Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.
 1. **2CCY** 2. **2CCZ** 3. **2CD2**



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za



Sure en basisse

9.1	<i>Sure en basisse</i>	338
9.2	<i>Suur-basis reaksies</i>	352
9.3	<i>pH</i>	358
9.4	<i>Titrasies</i>	363
9.5	<i>Gebruike van sure en basisse</i>	371
9.6	<i>Hoofstukopsomming</i>	375

9.1 Sure en basisse

ESFY6

Wat is sure en basisse?

ESFY7

Daar is baie suur en basis reaksies in die daaglikse lewe. Huishoudelike items soos asyn (met asynsuur), suurlimoensap (met sitroen- en askorbiensuur) en wyn (met wynsteensuur) bevat sure. Hierdie sure proe suur. Soutsuur, swaelsuur en salpetersuur is voorbeelde van sure wat in laboratoriums en in die industrie gevind word.

Soutsuur kom ook in maagsappe voor. Bruisdrankies bevat karboksielsuur, terwyl tee en wyn tanniensuur bevat. Sure word selfs in kuns gebruik in 'n proses bekend as *suur-etsing*. In suur-etsing word die metaal bedek met 'n waslagie wat weerstand bied teen suur. 'n Patroon word in die was uitgekerf om die gewenste deel van die metaal bloot te stel, waarna die metaal in 'n suurbad geplaas word. Die buitelaag van die metaal word permanent verwyder en die gewenste patroon word verkry. Onderstaande is voorbeelde van die proses (Figuur 9.2).



Figuur 9.2: Voorbeelde van suur-etsing van metale



asynsuur (in asyn)



sitraensuur (in suurlimoene)



wynsteensuur (in wyn)

Figuur 9.1: Sommige huishoudelike sure

Bekende basisse sluit in natriumhidroksied (algemeen bekend as wassoda), ammoniumhidroksied en ammoniak. Sekere van die stowwe word in huishoudelike skoonmaakmiddels aangetref. Basisse het gewoonlik 'n bitter smaak en voel *glad*. Seep is 'n goeie voorbeeld van 'n basis. Sure en basisse is ook belangrike kommersiële bestanddele in die kunsmis, plastiek en petroleum raffinadery industrieë. Voorbeelde van party algemene sure en basisse en hulle chemiese formules word in Tabel 9.1 uiteengesit.

Suur	Formule	Basis	Formule
Soutsuur	HCl	Natriumhidroksied	NaOH
Swaelsuur	H ₂ SO ₄	Kaliumhidroksied	KOH
Salpetersuur	HNO ₃	Magnesiumhidroksied	Mg(OH) ₂
Oksaalsuur	H ₂ C ₂ O ₄	Kalsiumhidroksied	Ca(OH) ₂
Swaeligsuur	H ₂ SO ₃	Natriumbikarbonaat	NaHCO ₃
Fosforsuur	H ₃ PO ₄	Natriumkarbonaat	Na ₂ CO ₃
Asyn(etanoë)suur	CH ₃ COOH	Ammoniumhidroksied	NH ₄ OH
Koolsuur	H ₂ CO ₃	Ammoniak	NH ₃

Tabel 9.1: Sommige algemene sure en basisse en hulle chemiese formules

Aktiwiteit: Natuurlike sure en basisse

Doen navorsing oor drie natuurlike sure en een natuurlike basis. Dit is sure en basisse wat meestal in plante voorkom (nie mensgemaak is nie).

Die navorsing moet die volgende insluit:

- Waar die suur of basis aangetref word (nl. die plant waarin dit voorkom)
- Inheemse gebruike van die plante
- Die chemiese samestelling van die suur of basis

Die volgende afdeling bespreek die modelle wat gebruik word om sure en basisse te beskryf. 'n Definisie is belangrik sodat sure en basisse korrek geïdentifiseer kan word in reaksies.

Modelle vir sure en basisse

ESFY8

Vir die sure wat hierdie jaar onder bespreking is, kan ons 'n suur definieer as 'n molekule wat 'n H^+ ioon skenker is.

Verbindings wat as basisse optree sluit onder andere hidroksiede, oksiede, karbonate en waterstofkarbonate in. Basisse stel dikwels hidroksiedione (OH^-) vry wanneer dit in water dissosieer.

Arrhenius model vir sure en basisse

'n Aantal modelle is oor die jare vir sure en basisse ontwikkel, waarvan **Arrhenius** se definisie een van die eerstes was. In 1884 het Arrhenius ontdek dat water dissosieer (opbreek) na hidronium (H_3O^+) en hidroksied (OH^-) ione, volgens die volgende vergelyking:



'n Ander manier om die vergelyking te skryf is:



Arrhenius beskryf 'n suur as 'n verbinding wat H_3O^+ vorm wanneer dit by water gevoeg word. Daarom sal 'n Arrhenius suur die konsentrasie van H_3O^+ ione ($[\text{H}_3\text{O}^+]$) in water verhoog. Arrhenius beskryf 'n basis as 'n verbinding wat dissosieer in water om OH^- ione te vorm. Daarom sal 'n Arrhenius basis die konsentrasie van OH^- ione ($[\text{OH}^-]$) in water verhoog.

DEFINISIE: Arrhenius sure en basisse

'n Arrhenius suur vorm H_3O^+ in water (verhoog $[\text{H}_3\text{O}^+]$). 'n Arrhenius basis vorm OH^- in water (verhoog $[\text{OH}^-]$).

FEIT

Die wilde lupienplant gebruik stikstof uit die atmosfeer om **ammoniak** te maak. Dit gebruik die ammoniak om die grond vrugbaar te maak vir die lupienplant self en vir die omliggende plante.



FEIT

Natriumbikarbonaat word gebruik vir bakdoeleindes. Dit reageer met sure in die deeg om koolstofdiksied vry te stel. Die koolstofdiksied laat dan die deeg rys.



WENK

Dissosiasie is die opbreek van 'n molekule om kleiner molekules of ione te vorm, gewoonlik in 'n omkeerbare wyse. Vir meer inligting oor *dissosiasie*, verwys na Graad 10.

FEIT

Waterstofatome bevat slegs een proton. H^+ is 'n waterstofatoom wat een elektron verloor het en word dikwels 'n proton genoem.

Arrhenius suur	verhoog $[H_3O^+]$
Arrhenius basis	verhoog $[OH^-]$

Tabel 9.2: Die **Arrhenius** definisie vir sure en basisse

Die volgende voorbeelde wys die dissosiasie van soutsuur en natriumhidroksied in water:

1. $HCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$
Soutsuur in water verhoog die konsentrasie van H_3O^+ ione en is dus 'n **suur**.
2. $NaOH(s) + H_2O(l) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq) + H_2O(l)$
Natriumhidroksied in water verhoog die konsentrasie van OH^- ione en is dus 'n **basis**.

Hierdie definisie kan egter net gebruik word vir sure en basisse **in water**. Omdat daar baie reaksies is wat nie in water plaasvind nie, is dit belangrik om 'n meer uitgebreide definisie vir sure en basisse te kry.

Brønsted-Lowry model vir sure en basisse

In 1923 het Lowry en Brønsted Arrhenius se werk verder geneem en 'n meer uitgebreide definisie vir sure en basisse ontwikkel. Die **Brønsted-Lowry model** definieer sure en basisse in terme van hul vermoë om protone te skenk of te ontvang (Tabel 9.3).

DEFINISIE: Brønsted-Lowry sure en basisse

'n **Suur** is 'n verbinding wat protone (H^+) skenk (weggee). 'n **Basis** is 'n verbinding wat protone ontvang (opneem).

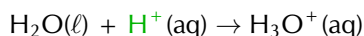
Volgens die Brønsted-Lowry definisie: 'n **Suur** is 'n **protonskenker**; 'n **basis** is 'n **protonontvanger**.

Brønsted-Lowry suur	skenk H^+	protons kenker
Brønsted-Lowry basis	ontvang H^+	proton ontvanger

Tabel 9.3: Die **Brønsted-Lowry** definisie vir sure en basisse

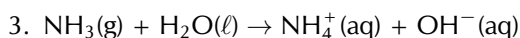
Hier volg 'n paar voorbeelde:

1. $HCl(aq) + NH_3(g) \rightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$
Om te besluit watter verbinding 'n **protonskenker** en watter een 'n **protonontvanger** is, moet gekyk word na wat met elke reaktant gebeur. Die reaksie kan soos volg opgebreek word:
 $HCl(aq) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$
 - HCl skenk 'n **proton**.
Dit is 'n **protonskenker** en is dus die **suur**. $NH_3(g) + H^+(aq) \rightarrow NH_4^+(aq)$
 - NH_3 ontvang 'n **proton**.
Dit is 'n **protonontvanger** en is dus die **basis**.
2. $CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$
Die reaksie kan soos volg opgebreek word:
 $CH_3COOH(aq) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$
 - CH_3COOH skenk 'n **proton**.
Dit is 'n **protonskenker** en is dus die **suur**.

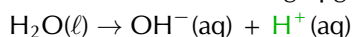


- Water ontvang 'n **proton**.

Dit is 'n **protonontvanger** en is dus die **basis**.



Die reaksie kan soos volg opgebreek word:



- Water skenk 'n **proton**.

Dit is 'n **protonskenker** en is dus die **suur**.



- Ammoniak ontvang 'n **proton**.

Dit is 'n **protonontvanger** en is dus die **basis**.

Let op in *voorbeeld 2*, sal **water** as 'n **basis** optree en in *voorbeeld 3*, as 'n **suur**. Water kan as beide 'n suur en 'n basis optree, afhangende van die reaksie. 'n Verbinding wat beide as 'n suur of basis kan optree word **amfoteries** genoem.

FEIT

'n Amfoteriese verbinding wat beide suur en basiese funksionele groepe bevat word 'n **amfoliet** genoem.

DEFINISIE: Amfoteries

'n Amfoteriese verbinding kan as 'n suur in een reaksie of as 'n basis in 'n ander reaksie optree.

'n **Amfiprotiese** verbinding is 'n amfoteriese verbinding wat 'n proton kan skenk in een reaksie ('n Brønsted-Lowry suur) of 'n proton kan ontvang in 'n ander reaksie ('n Brønsted-Lowry basis).

DEFINISIE: Amfiproties

'n Amfiprotiese verbinding kan 'n proton skenk in een reaksie of 'n proton ontvang in 'n ander reaksie.

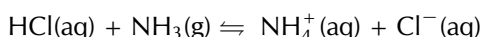
Verbindings soos ammoniak (NH_3), sinkoksied (ZnO) en berilliumhidroksied ($\text{Be}(\text{OH})_2$) is amfoteries. Water en ammoniak is ook amfiproties.

'n Suur wat slegs een H^+ ioon per molekule suur vrystel (soos HCl) word **monoproties** genoem. 'n Suur wat twee H^+ ione per molekule suur vrystel (soos H_2SO_4) word **diproties** genoem. Enige suur wat *meer* as een H^+ ioon per molekule suur kan skenk, word na verwys as **poliproties** (dit beteken dat diprotiese sure ook poliproties is).

Gekonjugeerde suur-basis pare

ESFY9

Kyk na die reaksie van soutsuur met ammoniak om ammonium en chloried ione te vorm:



In die **voorwaartse reaksie** (die reaksie wat van *links* na *regs* verloop) kan die veranderinge wat plaasvind só voorgestel word:

- $\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$
- $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq})$

In die **voorwaartse reaksie** is HCl 'n proton skenker (**suur**) en NH_3 is 'n proton ontvanger (**basis**).

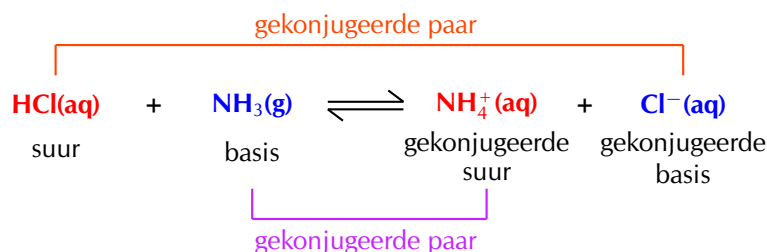
In die **terugwaartse reaksie** (die reaksie wat van *regs* na *links* verloop) kan die veranderinge wat plaasvind só voorgestel word:

- $\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{HCl}(\text{aq})$
- $\text{NH}_4^+(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}^+(\text{aq})$

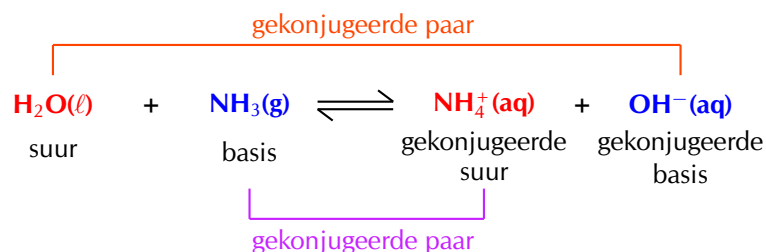
In die *terugwaartse reaksie* is die chloriedioon (Cl^-) die proton ontvanger (**basis**) en die ammoniumioon (NH_4^+) die proton skenker (**suur**).

In die voorwaartse reaksie skenk **HCl** 'n proton (H^+) om Cl^- te vorm. In die terugwaartse reaksie ontvang Cl^- 'n proton om **HCl** te vorm. Cl^- is die **gekonjugeerde basis** van die **suur HCl**. HCl en Cl^- is dus 'n **gekonjugeerde suur-basis paar**.

In die volgende voorbeeld ontvang **NH₃** 'n proton (H^+) in die voorwaartse reaksie om **NH₄⁺** te vorm. In die terugwaartse reaksie skenk **NH₄⁺** die proton om **NH₃** te vorm. **NH₄⁺** is die **gekonjugeerde suur** van die **basis NH₃**. NH₃ en NH₄⁺ is dus 'n **gekonjugeerde suur-basis paar**.



Die reaksie tussen ammoniak en water is nog 'n voorbeeld:



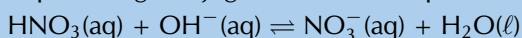
DEFINISIE: *Gekonjugeerde suur-basis paar*

'n Gekonjugeerde suur-basis paar bevat twee verbindings wat slegs verskil met 'n waterstofioon (H^+) en 'n lading van +1.

Uitgewerkte voorbeeld 1: Gekonjugeerde suur-basis pare

VRAAG

Bepaal die gekonjugeerde suur-basis paar in die volgende reaksie:



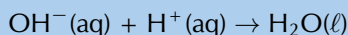
OPLOSSING

Stap 1: Watter reaktant is 'n suur en watter een is 'n basis?

HNO₃ is salpetersuur. Dit skenk 'n proton in die voorwaartse reaksie:



OH⁻ ontvang 'n proton in die voorwaartse reaksie en is dus die basis:



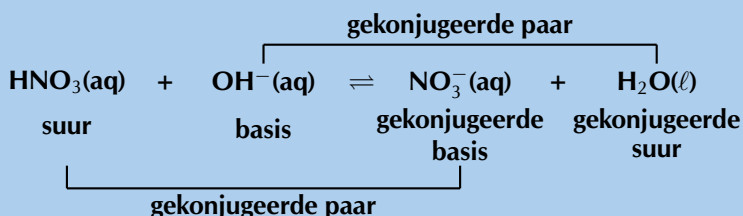
Stap 2: Watter produk is die gekonjugeerde basis van die suur?

Salpetersuur (HNO_3) skenk 'n proton en word NO_3^- . In die terugwaartse reaksie ontvang NO_3^- 'n proton en word HNO_3 . Dus is NO_3^- die gekonjugeerde basis van HNO_3 .
 $\text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{HNO}_3(\text{aq})$

Stap 3: Watter produk is die gekonjugeerde suur van die basis?

OH^- ontvang 'n proton en word H_2O . In die omgekeerde reaksie skenk H_2O 'n proton en word OH^- . Dus is H_2O die gekonjugeerde suur van OH^- .
 $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$

Stap 4: Benoem die konjugeerde suur-basis pare in hierdie reaksie



Oefening 9 – 1: Sure en basisse

1. Benoem die gekonjugeerde suur-basis pare in elk van die volgende reaksies.

- $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$
- $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HF}(\text{aq}) + \text{NH}_3(\text{g})$
- $\text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$
- $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HCl}(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$

2. Skryf die gekonjugeerde basis vir: 3. Skryf die gekonjugeerde suur van:

a) H_2CO_3	a) OH^-
b) H_3O^+	b) CN^-
c) H_2PO_4^-	c) CO_3^{2-}

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CD3](#) 2a. [2CD4](#) 2b. [2CD5](#) 2c. [2CD6](#) 3a. [2CD7](#) 3b. [2CD8](#)
 3c. [2CD9](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Sterk en swak sure en basisse

ESFYB

Sterk sure en basisse

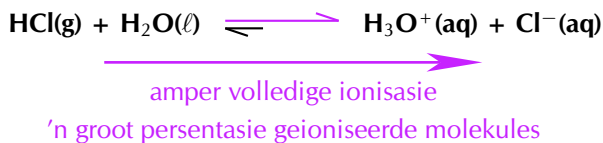
'n Sterk suur of basis *dissosieer* of *ioniseer* feitlik volledig om ione in oplossing te vorm. Dit beteken dat 'n groot persentasie van die mol van 'n sterk suur of basis ione

sal vorm as dit by water gevoeg word.

DEFINISIE: *Sterk suur en sterk basis*

'n **Sterk** suur of basis is een wat in oplossing amper volledig dissosieer na ione.

HCl is 'n sterk suur. As daar byvoorbeeld 100 000 molekules van HCl by water gevoeg word en 90 000 ioniseer om H^+ en Cl^- ione te vorm, is daar 'n groot hoeveelheid ionisasie. Dit is hoekom HCl 'n sterk suur is.



Die ongelyke dubbelpyle in die reaksievergelyking dui aan dat die ewilibrumposisie die vorming van ione bevoordeel.

Drie sterk sure is algemeen bekend: HCl (soutsuur), HNO_3 (salpetersuur) en H_2SO_4 (swaelsuur). Twee sterk basisse wat algemeen gevind word is NaOH (natriumhidroksied) en KOH (kaliumhidroksied).

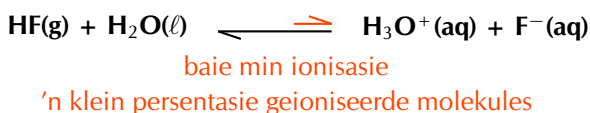
Swak sure en basisse

'n Swak suur of basis is 'n verbinding waarvan slegs 'n klein persentasie van die molekules dissosieer om ione in oplossing te vorm.

DEFINISIE: *Swak sure en swak basisse*

'n **Swak** suur of basis is 'n verbinding waarvan slegs 'n klein persentasie van die molekules dissosieer om ione in oplossing te vorm.

HF is 'n swak suur. As daar byvoorbeeld 100 000 molekules van HF by water gevoeg word en slegs 100 ioniseer om H^+ en F^- ione te vorm, is daar 'n klein hoeveelheid ionisasie. Dit is hoekom HF 'n swak suur is.



Die ongelyke dubbelpyle in die reaksievergelyking dui aan dat die ewilibrumposisie nie die vorming van ione bevoordeel nie.

'n Voorbeeld van 'n swak basis is Mg(OH)_2 , wat net gedeeltelik dissosieer om Mg^{2+} en OH^- ione te vorm.

Verdunde en gekonsentreerde oplossings

ESFYC

Die konsep van **gekonsentreerde** en **verdunde** oplossings is anders as die konsep van sterk en swak. Waar **sterk en swak** verwys na die **eienskappe van 'n verbinding**, verwys **gekonsentreer en verdun** na die **eienskappe van 'n oplossing**. 'n Gekonsentreerde of 'n verdunde oplossing van 'n sterk suur kan dus opgemaak word. 'n Oplossing waarvan die presiese konsentrasie bekend is word 'n **standaardoplossing** genoem.

DEFINISIE: Standaardoplossing

'n Standaardoplossing is 'n oplossing waar die presiese konsentrasie van die opgeloste stof in die oplosmiddel bekend is.

Gekonsentreerde oplossings

'n Gekonsentreerde oplossing word berei deur 'n groot hoeveelheid van 'n stof (opgeloste stof) by die oplosmiddel te voeg. Let daarop dat gekonsentreerde oplossings van sterk en swak sure en basisse gemaak kan word.

DEFINISIE: Gekonsentreerde oplossing

'n Gekonsentreerde oplossing bevat 'n hoë konsentrasie van die opgeloste stof (in hierdie geval 'n suur of basis) in verhouding tot die oplosmiddel.

Verdunde oplossings

'n Verdunde oplossing bevat 'n klein hoeveelheid van 'n stof, opgelos in 'n oplosmiddel. Let daarop dat 'n verdunde oplossing van beide sterk en swak sure en basisse gemaak kan word.

DEFINISIE: Verdunde oplossing

'n Verdunde oplossing bevat 'n lae verhouding van opgeloste stof tot oplosmiddel.

'n Gekonsentreerde oplossing kan van 'n sterk of 'n swak suur of basis gemaak word. 'n Verdunde oplossing kan ook van 'n sterk of swak suur of basis gemaak word. Of 'n oplossing gekonsentreerd of verdun is hang dus af van die hoeveelheid suur of basis wat by die oplosmiddel gevoeg is en nie van die sterkte van die suur of basis nie.

'n **Sterk basis** wat ook **gekonsentreerd** is, word voorberei deur 'n **groot hoeveelheid** van 'n basis wat **omtrent volledig dissosieer** wanneer dit by 'n oplossing gevoeg word, met 'n oplosmiddel te meng.

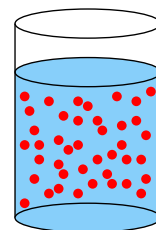
'n **Swak suur** wat ook **verdun** is, word voorberei deur 'n **klein hoeveelheid** van 'n suur waarvan net 'n **klein persentasie van die molekules ioniseer** wanneer dit by 'n oplossing gevoeg word, met 'n oplosmiddel te meng. Tabel 9.4 som die konsepte op.

Die elektriese geleidingsvermoë van 'n oplossing hang af van die konsentrasie **mobiele ione** in die oplossing. Dit beteken dat 'n gekonsentreerde oplossing van 'n sterk suur of basis 'n hoë elektriese geleidingsvermoë het, terwyl 'n verdunde oplossing 'n lae elektriese geleidingsvermoë het.

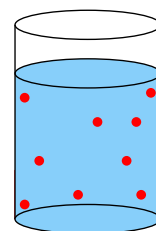
	Suur	Basis
Sterk	hoë persentasie van molekules vorm ione in oplossing	hoë persentasie van molekules vorm ione in oplossing
Swak	slegs 'n klein persentasie van molekules vorm ione in oplossing	slegs 'n klein persentasie van molekules vorm ione in oplossing
Gekonsentreerd	groot aantal mol suur molekules in oplossing	groot aantal mol basis molekules in oplossing
Verdun	klein aantal mol suur molekules in oplossing	klein aantal mol basis molekules in oplossing

Tabel 9.4: 'n Opsomming van die eienskappe van sterk, swak, gekonsentreerde en verdunde sure en basisse.

WENK



'n Gekonsentreerde oplossing het 'n groot hoeveelheid opgeloste molekules (rooi sirkels) in die oplosmiddel.



'n Verdunde oplossing het min opgeloste molekules (rooi sirkels) in die oplosmiddel.

FEIT

Elektriese stroom is die beweging van gelaaiete deeltjies. Hoe meer ione (gelaaiete deeltjies) daar in 'n oplossing is, hoe sterker sal die elektriese stroom wees wat daardeur gelei kan word. Hierdie eienskap is die elektriese geleiding van 'n oplossing.

WENK

Mobiele ione is ione wat kan beweeg. Dit sluit ione in gesmelte ioniese materiale in. Die ione in ioniese vaste stowwe beweeg nie.

Uitgewerkte voorbeeld 2: Sure en basisse

VRAAG

Oplossing 1 bevat 100 dm^3 HCl en 10 dm^3 water. Amper al die HCl molekules ioniseer in die oplossing.

Oplossing 2 bestaan uit $0,01 \text{ g Mg(OH)}_2$ wat by 1000 dm^3 water gevoeg is. Slegs 'n klein persentasie Mg(OH)_2 molekules dissosieer in die oplossing.

Besluit of die oplossings:

1. 'n Sterk of swak suur of basis bevat.
2. Gekonsentreerd of verdun is.

OPLOSSING

Stap 1: Is die verbindings sure of basisse?

HCl (soutsuur) is 'n proton skenker en dus 'n suur. Mg(OH)_2 (magnesiumhidroksied) is 'n basis.

Stap 2: Wat maak 'n suur of basis sterk of swak?

Bykans volledige ionisasie of dissosiasie beteken dat die suur of basis sterk is. Slegs 'n klein hoeveelheid ionisasie of dissosiasie beteken dat die suur of basis swak is.

Stap 3: Is die verbindings sterk of swak sure of basisse?

Omtrent al die HCl molekules ioniseer in die oplossing, daarom is HCl 'n sterk suur.

Slegs 'n klein persentasie van die Mg(OH)_2 molekules dissosieer, daarom is Mg(OH)_2 'n swak basis.

Stap 4: Wat maak 'n oplossing gekonsentreerd of verdun?

'n Gekonsentreerde oplossing het 'n hoë verhouding opgeloste stof teenoor oplosmiddel. 'n Verdunde oplossing het 'n lae verhouding van opgeloste stof teenoor oplosmiddel.

Stap 5: Is die oplossings gekonsentreerd of verdun?

100 dm^3 HCl is by 10 dm^3 water gevoeg. Hierdie verhouding van suur tot water is hoog en daarom is die HCl oplossing gekonsentreerd.

$0,01 \text{ g Mg(OH)}_2$ is by 1000 dm^3 water gevoeg. Hierdie verhouding van basis tot water is laag en daarom is die Mg(OH)_2 oplossing verdun.

Stap 6: Kombineer die inligting

Oplossing 1 is 'n **gekonsentreerde oplossing** van 'n **sterk suur**.

Oplossing 2 is 'n **verdunde oplossing** van 'n **swak basis**.

Uitgewerkte voorbeeld 3: Sure en basisse

VRAAG

Oplossing 1 bevat $0,01 \text{ dm}^3$ NaOH wat by 800 dm^3 water gevoeg is. Omtrent al die NaOH molekules dissosieer in die oplossing.

Oplossing 2 bevat 100 g HF wat by 10 dm^3 water gevoeg is. Net 'n klein persentasie van die HF molekules ioniseer in die oplossing.

Besluit of die oplossings:

1. 'n Sterk of swak suur of basis bevat.
2. Gekonsentreerd of verdun is.

OPLOSSING

Stap 1: Is die verbindings sure of basisse?

NaOH (natriumhidroksied) is 'n basis. HF (hidrofluoorzuur) is 'n suur.

Stap 2: Wat maak 'n suur of basis sterk of swak?

Bykans volledige ionisasie of dissosiasie beteken dat die suur of basis sterk is. Slegs 'n klein hoeveelheid ionisasie of dissosiasie beteken dat die suur of basis swak is.

Stap 3: Is die verbindings sterk of swak sure of basisse?

Omtrent al die NaOH molekules dissosieer in die oplossing, daarom is NaOH 'n sterk basis.

Slegs 'n klein persentasie van die HF molekules ioniseer, daarom is HF 'n swak suur.

Stap 4: Wat maak 'n oplossing gekonsentreerd of verdun?

'n Gekonsentreerde oplossing het 'n hoë verhouding opgeloste stof teenoor oplosmiddel. 'n Verdunde oplossing het 'n lae verhouding van opgeloste stof teenoor oplosmiddel.

Stap 5: Is die oplossings gekonsentreerd of verdun?

0,01 g NaOH is by 800 dm³ water gevoeg. Hierdie verhouding van basis tot water is laag en daarom is die NaOH oplossing verdun.

100 dm³ HF is by 10 dm³ water gevoeg. Hierdie verhouding van suur tot water is hoog en daarom is die HF oplossing gekonsentreerd.

Stap 6: Kombineer die inligting

Oplossing 1 is 'n **verdunde oplossing** van 'n **sterk basis**.

Oplossing 2 is 'n **gekonsentreerde oplossing** van 'n **swak suur**.

WENK

Om die konsentrasie van 'n oplossing te bereken word die volgende formule gebruik:

$$C = \frac{n}{V}$$

Uitgewerkte voorbeeld 4: Berekening van konsentrasie

VRAAG

0,27 g H₂SO₄ is by 183,7 dm³ water gevoeg. Bereken die konsentrasie van die oplossing.

OPLOSSING

Stap 1: Maak 'n lys van die inligting wat jy het en die inligting wat jy benodig

$V = 183,7 \text{ dm}^3$, $m = 0,27 \text{ g}$

Die volume (V) en die massa (m) word gegee. Die aantal mol (n) moet bereken word. Om dit te doen moet die molêre massa (M) bereken word.

Stap 2: Maak seker dat al die eenhede korrek gegee is, of herlei dit, indien nodig

Al die eenhede is korrek.

Stap 3: Watter vergelykings is nodig om die konsentrasie te bereken?

$$C (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}) = \frac{n (\text{mol})}{V (\text{dm}^3)} \quad n (\text{mol}) = \frac{m (\text{g})}{M (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})}$$

Stap 4: Bereken die aantal mol suur in die oplossing

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = (2 \times 1,01) + 32,1 + (4 \times 16) = 98,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,27 \text{ g}}{98,12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,0028 \text{ mol}$$

Stap 5: Bereken die konsentrasie van die oplossing

$$C = \frac{n}{V} = \frac{0,0028 \text{ mol}}{183,7 \text{ dm}^3} = 0,0000152 \text{ mol.dm}^{-3} = 1,52 \times 10^{-5} \text{ mol.dm}^{-3}$$

Uitgewerkte voorbeeld 5: Berekening van konsentrasie**VRAAG**

16,4 g KOH is by 12,9 cm³ water gevoeg. Bereken die konsentrasie van die oplossing.

OPLOSSING**Stap 1: Maak 'n lys van die inligting wat jy het en die inligting wat jy nodig**

$$V = 12,9 \text{ cm}^3, m = 16,4 \text{ g}$$

Die volume (V) en die massa (m) word gegee. Die aantal mol (n) moet bereken word. Om dit te doen moet die molêre massa (M) bereken word.

Stap 2: Maak seker dat al die eenhede korrek gegee is, of herlei dit, indien nodig

Die volume moet herlei word na dm³.

$$V = 12,9 \text{ cm}^3 \times \frac{0,001 \text{ dm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 0,0129 \text{ dm}^3$$

Stap 3: Watter vergelykings is nodig om die konsentrasie te bereken?

$$C (\text{mol.dm}^{-3}) = \frac{n (\text{mol})}{V (\text{dm}^3)} \quad n (\text{mol}) = \frac{m (\text{g})}{M (\text{g.mol}^{-1})}$$

Stap 4: Bereken die aantal mol basis in die oplossing

$$M(\text{KOH}) = 39,1 + 16 + 1,01 = 56,11 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{16,4 \text{ g}}{56,11 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,292 \text{ mol}$$

Stap 5: Bereken die konsentrasie van die oplossing

$$C = \frac{n}{V} = \frac{0,292 \text{ mol}}{0,0129 \text{ dm}^3} = 22,64 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Oefening 9 – 2: Soorte sure en basisse

- Is die oplossings van sure en basisse in die volgende situasies gekonsentreerd of verdun?
 - Vir elke 1 mol van 'n oplosmiddel is daar 50 mol litiumhidroksied (LiOH).
 - Vir elke 100 mol oplosmiddel is daar 5 mol salpetersuur (HNO₃).
- 95% van 'n onbekende suur skenk protone wanneer die suur by water gevoeg word. Die pH van die finale oplossing is 6,5.
 - Is die suur 'n sterk of swak suur? Gee 'n rede vir die antwoord.
 - Is 'n oplossing met 'n pH van 6,5 sterk of swak suuragtig?
 - Is die oplossing gekonsentreerd of verdun? Gee 'n rede vir die antwoord.
- Bereken die konsentrasie van die volgende oplossings.
 - 27 g natriumbikarbonaat (NaHCO₃) word by 22,6 cm³ water gevoeg.

- b) 0,893 mol fosforsuur (H_3PO_4) word by $4,79 \text{ dm}^3$ van 'n oplosmiddel gevoeg.
 c) 32,8 mg soutsuur (HCl) word by $12,76 \text{ cm}^3$ water gevoeg.
 d) $1,12 \text{ dm}^3$ van 'n ammoniak (NH_3) oplossing met 'n konsentrasie van $6,54 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ word by $0,50 \text{ dm}^3$ water gevoeg.

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

- 1a. 2CDB 1b. 2CDC 2. 2CDD 3a. 2CDF 3b. 2CDG 3c. 2CDH
 3d. 2CDJ



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

K_a en K_b

ESFYD

Die ewewigskonstante vir die ionisasieproses van 'n suur (die graad waarteen ione gevorm word in die oplossing) word gegee deur die term K_a , terwyl dit vir 'n basis gegee word as K_b . Die ewewigskonstante is 'n manier om te bepaal of die suur of basis swak of sterk is.

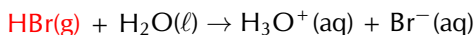
Onthou uit Hoofstuk 8 dat K as volg bereken word:

$$K = \frac{[\text{produkte}]}{[\text{reaktante}]}$$

Sure

• Sterk sure

Dink aan die ionisasie van HBr :



Ons bereken K_a hier omdat dit 'n **suur** is wat in water opgelos is. Die water in vloeistof vorm (soos aangedui in die reaksievergelyking) is nie ingereken in die bewerking nie.

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})][\text{Br}^-(\text{aq})]}{[\text{HBr(g)}]}$$

Die waarde van K_a vir hierdie reaksie is baie hoog (ongeveer 1×10^9). Dit beteken dat daar baie meer mol van die produk as die reaktante is. Die HBr molekules is amper almal geïoniseer na H^+ en Br^- .

Ons kan dan bewys dat HBr omtrent volledig geïoniseer is in die ionisasie-reaksie. Effektief is enige waarde wat bo 1×10^3 is groot, en wys dat bykans volledige ionisasie plaasgevind het:



amper volledige ionisasie

'n groot persentasie geïoniseerde molekules

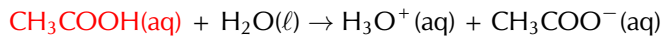
Die ongelyke pyle in die reaksievergelyking dui aan dat die ewewig (ekwilibrium) die vorming van ione positief bevoordeel. Dit is in teenstelling met die ionisering van 'n swak suur.

FEIT

Daar is net ses werklike sterk anorganiese sure, die ander word as swak beskou. Hulle is HClO_4 (perchloorsuur), HI (waterstofjodiesuur), HBr (waterstofbromiedsuur), HCl (soutsuur), H_2SO_4 (swaelsuur) en HNO_3 (salpetersuur).

• Swak sure

Oorweeg die ionisasie van etanoësuur (CH_3COOH):



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})][\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})]}{[\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})]}$$

Hierdie reaksie se K_a waarde is baie laag (ongeveer $1,7 \times 10^{-5}$) en wys dat net 'n paar van die CH_3COOH molekules ioniseer om H_3O^+ (in water) en CH_3COO^- te vorm.

Die reaksie kan met ongelyke dubbelpyle geskryf word om die posisie van die ewewig, wat nie die vorming van ione bevoordeel nie, aan te dui:



baie min ionisasie

'n klein persentasie geïoniseerde molekules

Naam	Formule	K_a waardes	Soort
Waterstofbromiedsuur	HBr	$1,0 \times 10^9$	sterk suur
Soutsuur	HCl	$1,3 \times 10^6$	sterk suur
Swaelsuur	H_2SO_4	Eerste H^+ : $1,0 \times 10^3$ Tweede H^+ : $1,0 \times 10^{-2}$	sterk suur
Oksaalsuur	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	Eerste H^+ : $5,8 \times 10^{-2}$ Tweede H^+ : $6,5 \times 10^{-5}$	swak suur
Swaeligsuur	H_2SO_3	Eerste H^+ : $1,4 \times 10^{-2}$ Tweede H^+ : $6,3 \times 10^{-8}$	swak suur
Waterstoffluoriedsuur	HF	$3,5 \times 10^{-4}$	swak suur
Etanoësuur	CH_3COOH	$1,7 \times 10^{-5}$	swak suur

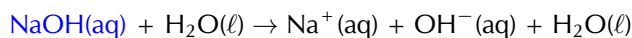
Tabel 9.5: K_a waardes vir die ionisasie van algemene sure. Let op dat swaelsuur, oksaalsuur en swaeligsuur almal 2 H^+ ione verloor (hulle is almal diprotiese sure).

Basisse

Die dissosiasie van basisse is soortgelyk aan dié van sure en gevolglik kyk ons na die K_b waardes op dieselfde wyse:

• Sterk basisse

Vir sterk basisse soos NaOH :



$$K_b = \frac{[\text{Na}^+(\text{aq})][\text{OH}^-(\text{aq})]}{[\text{NaOH}(\text{aq})]}$$

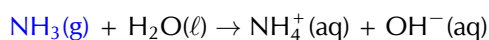
Die K_b vir NaOH is baie groot (NaOH is 'n sterk basis wat bykans volledig gedissosieer) en wys dat die ewilibrium baie ver na die OH^- kant van die reaksie lê. Gevolglik kan die ewilibrium geskryf word as:



amper volledige ionisasie

'n groot persentasie geïoniseerde molekules

• Swak basisse



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+(\text{aq})][\text{OH}^-(\text{aq})]}{[\text{NH}_3(\text{g})]}$$

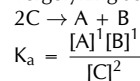
Die K_b vir NH_3 is ongeveer $1,8 \times 10^{-5}$ (NH_3 is 'n swak basis) en wys dat die ewilibrum na die NH_3 kant van die reaksie lê. Gevolglik kan die ewilibrum geskryf word as:



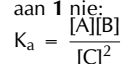
baie min ionisasie
'n klein persentasie geïoniseerde molekules

WENK

In 'n gebalanseerde vergelyking soos:



Oor die algemeen word die eksponent nie geskryf wanneer die koëffisiënt in die gebalanseerde vergelykings gelyk is aan 1 nie:

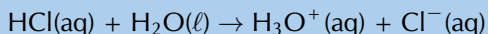


Onthou dat $x^1 = x$.

Uitgewerkte voorbeeld 6: Berekening van die ewewigskonstante

VRAAG

Bereken die ewewigskonstante van soutsuur wat by $1,38 \text{ dm}^3$ water gevoeg word:



$n(\text{HCl})$ in oplossing = $0,005 \text{ mol}$

$n(\text{Cl}^-)$ in oplossing = $87,3 \text{ mol}$

OPLOSSING

Stap 1: Bereken die konsentrasie van die HCl by ewewig

$$C(\text{HCl}) = \frac{n}{V} = \frac{0,005 \text{ mol}}{1,38 \text{ dm}^3} = 0,0036 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Stap 2: Bereken die konsentrasie van die Cl^- by ewewig

$$C(\text{Cl}^-) = \frac{n}{V} = \frac{87,3 \text{ mol}}{1,38 \text{ dm}^3} = 63,3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Stap 3: Bereken die konsentrasie van die H_3O^+ by ewewig

Daar is 'n 1:1 mol-verhouding tussen H_3O^+ en Cl^- . Met ander woorde, as $87,3 \text{ mol}$ van Cl^- by ewewig teenwoordig is moet $87,3 \text{ mol}$ van H_3O^+ ook teenwoordig wees.

$$C(\text{H}_3\text{O}^+) = \frac{n}{V} = \frac{87,3 \text{ mol}}{1,38 \text{ dm}^3} = 63,3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Stap 4: Bereken K_a (omdat HCl 'n suur is)

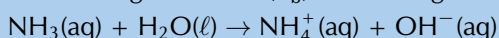
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]^1[\text{Cl}^-(\text{aq})]^1}{[\text{HCl}]^1}$$

$$K_a = \frac{63,3 \times 63,3}{0,0036} = 1,11 \times 10^6$$

Uitgewerkte voorbeeld 7: Berekening van die ewewigskonstante

VRAAG

Die ewewigskonstante (K_b) vir die volgende reaksie is $1,8 \times 10^{-5}$.



Bereken die massa (by ewilibrum) van NH_3 molekules wat opgelos is in 4 dm^3 water, gegewe dat die konsentrasie hidroksied ione by ewewig $0,00175 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ is.

OPLOSSING

Stap 1: Wat is die K_b vergelyking vir die reaksie?

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+(\text{aq})]^1[\text{OH}^-(\text{aq})]^1}{[\text{NH}_3(\text{aq})]^1}$$

Stap 2: Bereken die konsentrasie van die NH₃ by ewewig

Indien daar 'n 0,00175 mol.dm⁻³ konsentrasie OH⁻ ione by ewewig is, moet daar 'n gelyke konsentrasie van NH₄⁺ ione wees.

$$[\text{NH}_3(\text{aq})] = \frac{[\text{NH}_4^+(\text{aq})][\text{OH}^-(\text{aq})]}{K_b} = \frac{(0,00175)(0,00175)}{1,8 \times 10^{-5}} = 0,17 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Stap 3: Bereken die aantal mol NH₃ by ewewig

$$C (\text{mol.dm}^{-3}) = \frac{n (\text{mol})}{V (\text{dm}^3)}, \text{ dus:}$$

$$n = C \times V = 0,17 \text{ mol.dm}^{-3} \times 4 \text{ dm}^3 = 0,68 \text{ mol}$$

Stap 4: Bereken die massa van NH₃ in oplossing by ewewig

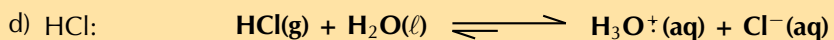
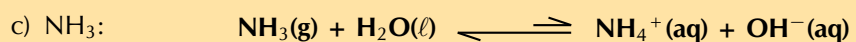
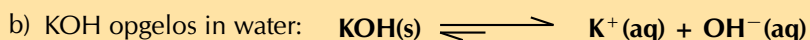
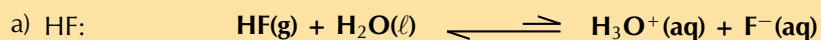
$$n (\text{mol}) = \frac{m (\text{g})}{M (\text{g.mol}^{-1})}, \text{ dus } m = n \times M$$

$$M (\text{NH}_3) = 14,0 + (3 \times 1,01) = 17,03 \text{ g.mol}^{-1}$$

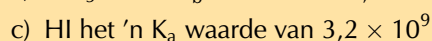
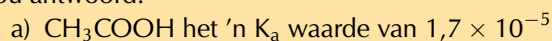
$$m = 0,68 \text{ mol} \times 17,03 \text{ g.mol}^{-1} = 11,6 \text{ g}$$

Oefening 9 – 3: Sure en basisse

1. Is die sure en basisse in die volgende gebalanseerde chemiese reaksies sterk of swak, en gee 'n rede vir jou antwoord.



2. Bepaal of die sure en basisse in volgende vrae sterk of swak is en gee 'n rede vir jou antwoord.



3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1a. 2CDK 1b. 2CDM 1c. 2CDN 1d. 2CDP 2a. 2CDQ 2b. 2CDR

2c. 2CDS



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

9.2 Suur-basis reaksies

ESFYF

Wanneer 'n suur en 'n basis reageer word 'n **sout** gevorm. As die basis hidroksied (OH⁻) ione bevat sal water ook gevorm word. Die woord *sout* is 'n algemene term wat aangewend word vir al die produkte van suur-basis reaksies. 'n Sout is 'n produk wat bestaan uit die **kation** van 'n **basis** en die **anion** van 'n **suur**.

DEFINISIE: Sout

'n Sout is 'n neutrale ioniese verbinding wat bestaan uit katione en anione. Dit is die resultaat van 'n suur-basis neutralisasie reaksie.

Neutralisasie reaksies

ESFYG

Wanneer 'n ekwivalente hoeveelheid suur en basis reageer (sodat die suur en basis nie een in oormaat voorkom nie), bereik die reaksie die **ekwivalente** punt. By hierdie punt word **neutralisasie** bereik.

DEFINISIE: Ekwivalente punt

Wanneer 'n stoigiometriese ekwivalente aantal mol van beide reaktante in die reaksiehouer gevoeg is.

Om stoigiometriese ekwivalensie beter te verstaan kyk ons na die volgende vergelykings:

1. $\text{HA(aq)} + \text{BOH(aq)} \rightarrow \text{AB(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
2. $\text{H}_2\text{A(aq)} + 2\text{BOH(aq)} \rightarrow \text{AB}_2\text{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O(l)}$

Om 'n stoigiometriese ekwivalente getal mol te hê in die eerste voorbeeld hierbo, moet daar **een** mol **HA** wees vir elke **een** mol **BOH**. In die tweede voorbeeld moet daar **een** mol **H₂A** wees vir elke **twee** mol **BOH** om 'n stoigiometriese ekwivalente aantal mol te hê.

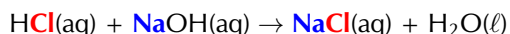
DEFINISIE: Neutralisasie

'n Neutralisasie reaksie is wanneer 'n suur en basis reageer om 'n sout te vorm.

Kyk na die volgende voorbeelde:

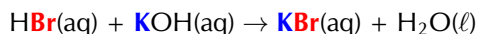
- **Soutsuur en natriumhidroksied**

Soutsuur reageer met natriumhidroksied en vorm natriumchloried (die sout) en water. Natriumchloried bestaan uit Na^+ katione van die basis (NaOH) en Cl^- anione van die suur (HCl).



- **Waterstofbromied en kaliumhidroksied**

Waterstofbromied reageer met kaliumhidroksied om kaliumbromied (die sout) en water te vorm. Kaliumbromied bestaan uit K^+ katione van die basis (KOH) en Br^- anione van die suur (HBr).



- **Soutsuur en natriumbikarbonaat**

Soutsuur reageer met natriumbikarbonaat en vorm natriumchloried (die sout), water en koolstofdioksied. Natriumchloried bestaan uit Na^+ katione van die basis (NaHCO_3) en Cl^- anione van die suur (HCl).



Jy behoort op te let dat, in die eerste twee voorbeelde, die basis OH^- ione bevat en daarom is die produkte 'n *sout* en *water*. NaCl (tafelsout) en KBr is albei soute. In die derde voorbeeld tree NaHCO_3 op as 'n basis, ondanks die feit dat dit nie OH^- ione het nie. 'n Sout word steeds gevorm as een van die produkte, maar koolstofdioksied (CO_2) en water word geproduseer.

FEIT

'n **Katioon** is 'n ioon (gelaai atoom of molekule) met 'n positiewe (+) lading. 'n **Anioon** is 'n ioon met 'n negatiewe (-) lading.

FEIT

Tafelsout wat in kos gebruik word is nie die enigste sout nie. 'n Sout is enige verbinding wat stoigiometriese ekwivalente hoeveelhede katione en anione bevat om 'n neutrale, ioniese stof te vorm.



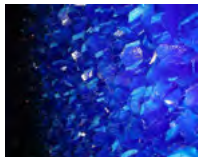
Magnesiumsulfaat heptahidraat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), algemeen bekend as Engelse sout, kan gebruik word as 'n gel om pyn en seerplekke te behandel, as badsout en het vele ander gebruike.

FEIT

Soute kom in verskillende kleure voor.



Kaliumpermanganaat (KMnO_4)



Kopersulfaat (CuSO_4)



Nikkelchloried (NiCl_2)



Natriumchromaat (Na_2CrO_4)



Kaliumdichromaat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)

Informele eksperiment: Temperatuurveranderinge tydens neutralisasie reaksies

Doel:

Om die temperatuurverandering wat met neutralisasie reaksies gepaard gaan te ondersoek.

Apparaat:

- 'n 1 mol.dm^{-3} oplossing natriumhidroksied (NaOH) en 'n 1 mol.dm^{-3} oplossing soutsuur (HCl)
- 'n Termometer, 'n glasbeker en 'n maatsilinder

Metode:

WAARSKUWING!

Gekonsentreerde sure en basisse kan ernstige brandwonde veroorsaak. Dit word aanbeveel dat handskoene en veiligheidsbrille gebruik word as daar met sure en basisse gewerk word. Onthou om die suur by die water te voeg en om nie enige laboratorium chemikalieë in te asem nie. Hanteer alle chemikalieë met sorg.

1. Gooi 20 cm^3 van die natriumhidroksied oplossing in die glasbeker.
2. Meet die temperatuur.
3. Gebruik 'n maatsilinder om 5 cm^3 soutsuur by die natriumhidroksied in die beker te voeg.
4. Herhaal stappe 2 en 3 met kort tydsintervalle totdat die temperatuur nie meer noemenswaardig verander nie.

Waarneming:

Die temperature en volume moet in 'n tabel opgeteken word. Onthou dat die volume van die natriumhidroksied konstant bly (20 cm^3):

Volume (HCl)	Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)
0	kamertemperatuur

Bespreking:

Jy behoort waar te neem dat die reaksie hitte vrystel en dat die temperatuur dus verhoog. Wanneer die basis volledig geneutraliseer is sal die temperatuur nie verder styg nie. Dit is omdat die neutralisasie reaksie *eksotermies* is (dit stel hitte vry). Sodra die basis volledig geneutraliseer is sal geen verdere reaksie plaasvind indien nog suur bygevoeg word nie en daarom sal daar nie nog hitte vrygestel word nie.

Neutralisasie reaksies is baie belangrik in die alledaagse lewe. Voorbeelde word hieronder gegee:

• Huishoudelike gebruike

Kalsiumoksied (CaO) word gebruik om suurgrond te neutraliseer. Gepoeierde kalk (CaCO_3) kan ook gebruik word, maar werk baie stadiger en is minder effektief. Hierdie verbindinge kan op grootskaal gebruik word in landbou en in riviere.

• Biologiese gebruike

Soutsuur (HCl) in die maag speel 'n belangrike rol in die vertering van voedsel. 'n Oormaat suur in die maag kan lei tot die vorming van maagsere as die maagwand beskadig is (soos deur 'n infeksie).

Teensuurmiddels (wat basisse is) word gebruik om oortollige maagsuur te neutraliseer en sodoende skade aan die ingewande te voorkom. Voorbeelde van teensuurmiddels is aluminiumhidroksied, magnesiumhidroksied ('melk van magnesium') en natriumbikarbonaat ('koeksoda').

- **Industriële gebruik**

Alkaliese kalsiumhidroksied (kalkwater) word gebruik om skadelike suuragtige SO_2 gas te absorbeer. Hierdie gas word vrygestel deur kragstasies en tydens die verbranding van fossielbrandstof.

WAARSKUWING!

Moenie 'n basis gebruik om 'n suur wat jy gedurende 'n eksperiment op jouself gemors het te neutraliseer nie. 'n Sterk basis kan jou net soveel brand soos 'n sterk suur. Was eerder die area deeglik met water.

Aktiwiteit: Sure en metaalverbindinge

Ondersoek die reaksies wat plaasvind indien 'n **suur gevoeg word** by die volgende verbindinge (die Graad 11 handboek kan baie nuttig gebruik word in die ondersoek):

- 'n metaal
- 'n metaalhidroksied
- 'n metaaloksied
- 'n metaalkarbonaat
- 'n metaal-waterstofkarbonaat

Skryf 'n verslag wat die volgende insluit:

- die algemene vergelyking (in woorde) van elke reaksie
- 'n beskrywing van wat in hierdie reaksie gebeur
- 'n voorbeeld van hierdie tipe reaksie in die vorm van 'n gebalanseerde vergelyking

FEIT

Bysteke is suur met 'n pH van tussen 5 en 5,5. Die pyn kan verminder word deur stowwe soos kalomiensmeermiddel, wat 'n sagte alkaliese middel gebaseer op sinkoksied is. Koeksoda of seep kan ook gebruik word. Die alkali help om die suuragtige bysteek te neutraliseer en sodoende die brand te verlig.



Aktiwiteit: Die gevaarlike aard van sure en basisse

Soek inligting oor die volgende sterk sure en basisse:

- soutsuur (HCl)
- swaelsuur (H_2SO_4)
- natriumhidroksied (NaOH)
- kaliumhidroksied (KOH)

Skryf 'n verslag wat die volgende insluit:

- die gebruik van hierdie verbindinge in die industrie
- indien toepaslik, die omgewingsafval wat hierdie verbindinge bevat
- wat sal die effek van 'n groot storting van hierdie verbindinge wees

Uitgewerkte voorbeeld 8: Bepaal die vergelykings vanaf aanvangsmateriale

VRAAG

Magnesiumkarbonaat (MgCO_3) word opgelos in salpetersuur (HNO_3). Gee die gebalanseerde chemiese vergelyking vir die reaksie.

OPLOSSING

Stap 1: Wat is die reaktante?

'n Suur (HNO_3) en 'n metaalkarbonaat (MgCO_3).

Stap 2: Wat sal die produkte wees?

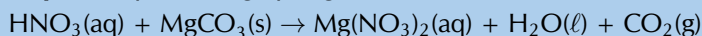
Aangesien dit die reaksie van 'n suur en 'n metaalkarbonaat is, sal die produkte sout, water en koolstofdioksied wees.

salpetersuur + magnesiumkarbonaat $\rightarrow$ sout + water + koolstofdioksied

Stap 3: Wat is die formule van die sout?

Die kation sal van die metaalkarbonaat (Mg^{2+}) kom. Die anioon sal van die suur (NO_3^-) kom. As gevolg van die ladings op die kation en die anioon moet daar twee NO_3^- molekules vir elke een Mg^{2+} wees.

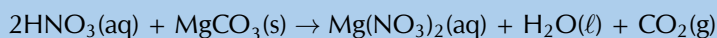
Die formule vir die sout is $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.

Stap 4: Skryf die vergelyking vir die reaksie**Stap 5: Maak seker dat die reaksie gebalanseerd is**

Die vergelyking is nie gebalanseerd nie

Om hierdie vergelyking te balanseer moet daar twee salpetersuur molekules aan die linkerkant wees.

	Getal aan die linkerkant	Getal aan die regterkant
H	1	2
N	1	2
O	6	9
Mg	1	1
C	1	1



Die vergelyking is nou gebalanseer.

	Getal aan die linkerkant	Getal aan die regterkant
H	2	2
N	2	2
O	9	9
Mg	1	1
C	1	1

Uitgewerkte voorbeeld 9: Bepaal die vergelykings vanaf aanvangsmateriale**VRAAG**

Waterstofjodiesuur (HI) word by soliede kaliumhidroksied (KOH) gevoeg. Gee die gebalanseerde chemiese vergelyking vir die reaksie.

OPLOSSING**Stap 1: Wat is die reaktante?**

'n Suur (HI) en 'n basis (KOH).

Stap 2: Wat sal die produkte wees?

Aangesien hierdie die reaksie van 'n suur en basis (wat 'n hidroksied anioon bevat) is, sal die produkte 'n sout en water wees.

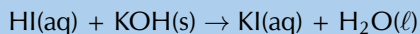
Waterstofjodiesuur + kaliumhidroksied $\rightarrow$ sout + water

Stap 3: Wat is die formule van die sout?

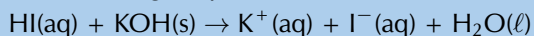
Die kation kom van die basis (K^+) af. Die anioon kom van die suur (I^-) af. As gevolg

van die ladings op die kation en die anioon moet daar een K^+ vir elke I^- wees. Die formule vir die sout is KI.

Stap 4: Skryf die vergelyking vir die reaksie



Dit kan ook geskryf word as:



Stap 5: Maak seker dat die reaksie gebalanseerd is

Die vergelyking is gebalanseerd.

Uitgewerkte voorbeeld 10: Bepaal die vergelykings vanaf aanvangsmateriale

VRAAG

Swaelsuur (H_2SO_4) en ammoniak (NH_3) word gemeng. Gee die gebalanseerde chemiese vergelyking vir die reaksie.

OPLOSSING

Stap 1: Wat is die reaktante?

'n Suur (H_2SO_4) en 'n basis (NH_3).

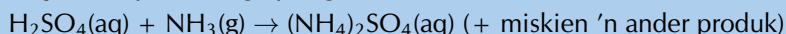
Stap 2: Wat sal die produkte wees?

Aangesien dit die reaksie tussen 'n suur en 'n basis (met geen hidroksied anioon) is, sal daar 'n sout as produk wees. Daar mag of daar mag nie nog 'n produk wees nie. swaelsuur + ammoniak $\rightarrow$ sout (+ miskien 'n ander produk)

Stap 3: Wat is die formule van die sout?

Die kation sal van die basis (NH_4^+) kom. Die anioon sal van die suur (SO_4^{2-}) kom. As gevolg van die ladings op die kation en anioon moet daar twee NH_4^+ vir elke een SO_4^{2-} wees. Dus, die formule vir die sout is: $(NH_4)_2SO_4$.

Stap 4: Skryf die vergelyking vir die reaksie so ver



Stap 5: Bepaal of daar nog 'n produk sal wees

Daar is geen atoomtipe wat nie aan beide kante van die vergelyking voorkom nie, daarom is dit onwaarskynlik dat daar nog 'n produk sal wees. As die vergelyking gebalanseer kan word, is daar geen ander produk nie.

Stap 6: Maak seker dat die reaksie gebalanseerd is

Die vergelyking is nie gebalanseerd nie.

Om hierdie vergelyking te balanseer, moet daar twee ammoniak molekules aan die linkerkant wees.

	Getal aan die linkerkant	Getal aan die regterkant
H	5	8
S	1	1
O	4	4
N	1	2

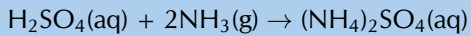
FEIT

Die term pH is die eerste keer in 1909 deur Søren Peter Lauritz Sørensen, 'n Deense biochemikus, gebruik. Die p staan vir *potenz* en die H vir *waterstof*. Dit verwys na die *krag* van *waterstof*.

FEIT

Bruiskooldranke het 'n baie lae pH (is suur).

Drankie	pH
Coke	2,5
Diet Coke	3,3
Pepsi	2,5
Diet Pepsi	3,0
Sprite	3,2
7 Up	3,2
Diet 7 Up	3,7



Die vergelyking is nou gebalanseer.

	Getal aan die linkerkant	Getal aan die regterkant
H	8	8
S	1	1
O	4	4
N	2	2

Oefening 9 – 4: Reaksies van sure en basisse

- Skryf gebalanseerde vergelykings vir hierdie suur en metaal reaksies:
 - Soutsuur en kalsium
 - Salpetersuur en magnesium
- Skryf gebalanseerde vergelykings vir hierdie suur en metaalhidroksied reaksies:
 - Soutsuur en magnesiumhidroksied
 - Salpetersuur en aluminiumhidroksied
- Skryf gebalanseerde vergelykings vir hierdie suur en metaaloksied reaksies:
 - Soutsuur en aluminiumoksied
 - Swaelsuur en magnesiumoksied
- Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.
1. [2CDT](#) 2. [2CDV](#) 3. [2CDW](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

9.3 pH

ESFYH

Die pH skaal

ESFYJ

Die konsentrasie van spesifieke ione in oplossing bepaal of die oplossing suur of basies is. Sure en basisse kan beskryf word as stowwe wat óf die konsentrasie waterstof (H^+) of hidronium (H_3O^+) ione in 'n oplossing laat toeneem óf laat afneem. 'n Suur laat die waterstofioon konsentrasie in 'n oplossing *toeneem*, terwyl 'n basis die waterstofioon konsentrasie laat *afneem*.

pH word gebruik om die konsentrasie van H^+ ione ($[\text{H}^+]$) te meet en gevolglik of 'n stof suur of basies (alkalies) is. Oplossings met 'n pH van minder as sewe is suur, terwyl dié met 'n pH groter as sewe basies (alkalies) is. Die pH skaal wissel van 0 tot 14 en 'n pH van 7 word beskou as neutraal.

DEFINISIE: pH

pH is die maatstaf van die suurheid of alkaliniteit van 'n oplossing.

Aan die begin van die hoofstuk het ons genoem dat ons baie voorbeelde van sure en basisse in ons alledaagse lewens aantref. Die pH van oplossings van sommige huishoudelike sure en basisse word in Tabel 9.6 gegee.

Molekule	Gevind in	pH	Soort
fosforsuur	bruisdrankies	2,15	suur
tartaarsuur	wyn	2,95	suur
sitroensuur	suurlemoensap	3,14	suur
asynsuur	asyn	4,76	suur
koolsuur	bruisdrankies	6,37	suur
ammoniak	skoonmaakprodukte	11,5	basis
ammoniumhidroksied	skoonmaakprodukte	11,63	basis
natriumhidroksied	bytsoda	13	basis

Tabel 9.6: Die pH van die oplossings van sure en basisse soos dit voorkom in algemene huishoudelike items.

pH berekeninge

ESFYK

pH kan bereken word deur die volgende vergelyking:
 $[H^+]$ en $[H_3O^+]$ kan mekaar vervang.

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

Die hakies in die bogenoemde vergelyking wys **konsentrasie** in mol.dm^{-3} .

Uitgewerkte voorbeeld 11: pH berekeninge

VRAAG

Bereken die pH van 'n oplossing waar die konsentrasie van waterstofione as volg is:
 $1 \times 10^{-7} \text{ mol.dm}^{-3}$.

OPLOSSING

Stap 1: Bepaal die konsentrasie van die waterstofione

In hierdie voorbeeld word konsentrasie gegee as $1 \times 10^{-7} \text{ mol.dm}^{-3}$.

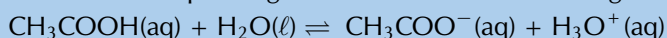
Stap 2: Stel hierdie waarde in die pH vergelyking in en bereken die pH waarde

$$pH = -\log[H^+] = -\log(1 \times 10^{-7}) = 7$$

Uitgewerkte voorbeeld 12: pH berekeninge

VRAAG

In 'n 162 cm^3 oplossing van etanoësuur word die volgende ewewig ingestel:



Die aantal mol van CH_3COO^- word vasgestel op 0,001 mol. Bereken die pH van die oplossing.

OPLOSSING

Stap 1: Bereken die aantal mol hidronium ione in die oplossing

Volgens die gebalanseerde vergelyking vir die reaksie is die molverhouding van CH_3COO^- ione tot H_3O^+ ione 1:1, met ander woorde die aantal mol van hierdie twee ione in die oplossing sal dieselfde wees.

Daarom, $n(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,001 \text{ mol}$.

Stap 2: Bereken die konsentrasie hidronium ione in die oplossing

$$C (\text{mol.dm}^{-3}) = \frac{n (\text{mol})}{V (\text{dm}^3)} \quad V = 162 \text{ cm}^3 \times \frac{0,001 \text{ dm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 0,162 \text{ dm}^3$$

WENK

Die pH skaal is 'n **log** skaal. Onthou van wiskunde dat 'n verskil van een op 'n grondtal 10 logskaal (die een op jou sakrekenaar) ekwivalent is aan 'n vermenigvuldigingsfaktor van 10. Dit is:

$$1 = \log(10)$$

$$2 = \log(100)$$

$$3 = \log(1000)$$

$$4 = \log(10000)$$

Dus sal 'n verandering van 'n pH van 2 na 'n pH van 6 'n baie groot verandering in die H^+ konsentrasie voorstel.

WENK

Belangrik Dit kan help om te weet dat, vir berekeninge waar die pH skaal betrokke is, die volgende vergelyking ook gebruik kan word:
 $[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$
 $[H_3O^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$
 $pH = 14 - p[OH^-]$
 $pH = 14 - (-\log[OH^-])$

FEIT

'n Opbou van suur in die menslike liggaam kan baie gevaarlik wees. **Melksuur asidose** is 'n toestand wat veroorsaak word deur die opbou van melksuur in die liggaam. Dit lei tot versuring van die bloed (asidose) en kan 'n persoon baie siek maak. Sommige van die simptome van melksuur asidose is diep en vinnige asemhaling, vomering en abdominale pyn. In die stryd teen VIGS is melksuur asidose 'n probleem. Een van die antiretrovirale middels wat gebruik word as teen-VIGS middel is Stavudine (ook bekend as Zerit of d4T). Een van die nuwe-effekte van Stavudine is melksuur asidose, spesifiek in oorgewig vroue. As dit nie vinnig behandel word nie kan dit die dood veroorsaak.

FEIT

Lakmoespapier kan gebruik word om pH waarde aan te dui. Dit word as strokies verkoop. Pers lakmoespapier sal rooi word in 'n suur en blou in 'n basis. Blou lakmoespapier word gebruik om suurtoestande te meet, terwyl rooi lakmoespapier gebruik word om basiese toestande te meet.



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{0,001 \text{ mol}}{0,162 \text{ dm}^3} = 0,0062 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Stap 3: Stel hierdie waarde in die pH vergelyking in en bereken die pH waarde

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(0,0062) = 2.21$$

Dit is baie belangrik om pH te verstaan. In lewende organismes is dit nodig om 'n konstante pH te handhaaf, binne die optimale grense vir daardie organisme, sodat chemiese reaksies kan plaasvind.

pH	1	6	7	8	13
$[\text{H}^+]$	1×10^{-1}	1×10^{-6}	1×10^{-7}	1×10^{-8}	1×10^{-13}
$[\text{OH}^-]$	1×10^{-13}	1×10^{-8}	1×10^{-7}	1×10^{-6}	1×10^{-1}
Oplossing	sterk suur	swak suur	neutraal	swak basis	sterk basis

suuroplossing

basies oplossing

Tabel 9.7: Die konsentrasie van $[\text{H}^+]$ en $[\text{OH}^-]$ ione in oplossing met verskillende pH.

In die landbou is dit belangrik vir boere om te weet wat die pH waarde van hul grond is, sodat hulle die regte gewasse kan aanplant. Die pH van grond kan wissel as gevolg van verskeie faktore soos reënwater, soort rotse en materiaal waaruit die grond gevorm is, en ook die menslike invloed soos kunsmisstowwe en besoedeling. Die pH van reënwater kan varieer en dit het ook 'n invloed op landbou, geboue, waterafloop, diere en plante. Reënwater is van nature suur, omdat koolstofdioksied in die atmosfeer verbind met water om koolsuur te vorm. Onbesoedelde reënwater het 'n pH van ongeveer 5,6. Menslike aktiwiteite kan egter die suurheid van reën verander en dit kan ernstige probleme soos suurreën veroorsaak.

Oefening 9 – 5: Bereken pH

1. Bereken die pH van elk van die volgende oplossings:

(Wenk: $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ kan gebruik word om $[\text{H}_3\text{O}^+]$ te bepaal.)

- a) 'n KOH oplossing met 'n $0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$ konsentrasie van OH^-
- b) 'n Waterige oplossing met 'n $1,83 \times 10^{-7} \text{ mol.dm}^{-3}$ konsentrasie HCl molekules by ewilibrum ($K_a = 1,3 \times 10^6$)

2. Wat is die konsentrasie H_3O^+ ione in 'n oplossing met 'n pH van 12?

3. In 'n tipiese monster seewater is die konsentrasie van die hidronium (H_3O^+) ione $1 \times 10^{-8} \text{ mol.dm}^{-3}$, terwyl die konsentrasie van die hidroksied (OH^-) ione $1 \times 10^{-6} \text{ mol.dm}^{-3}$ is.

- a) Is die seewater suur of basies (alkalies)?
- b) Wat is die pH van die seewater?
- c) Gee 'n moontlike verduideliking vir die pH van seewater.

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CDX 2. 2CDY 3. 2CDZ



www.everythingscience.co.za



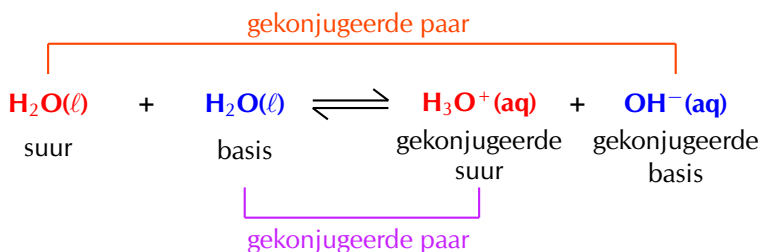
m.everythingscience.co.za

WENK

'n Neutralisasie reaksie impliseer nie dat die pH neutraal (7) is nie.

Water ioniseer tot 'n mindere mate. $\text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

Hierdie reaksietipe (die oordrag van 'n proton tussen identiese molekules) staan bekend as **auto-protolise**. Hierdie reaksie is ook bekend as die **auto-ionisasie** van water en die ione wat gevorm word is 'n gekonjugeerde suur en basis paar van water:



DEFINISIE: *Auto-protolise en auto-ionisasie van water*

Auto-protolise is die oordrag van 'n proton tussen twee van dieselfde molekules. Die auto-ionisasie van water is een voorbeeld van auto-protolise.

K_w is die ewililibriumkonstante vir hierdie proses: $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$

By 25 °C: $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}^+] = 1 \times 10^{-7}$, daarom: $K_w = 1 \times 10^{-14}$ by 25 °C

Sout hidrolise**ESFYN**

Betekén neutralisasie dat die pH van 'n oplossing 7 is? Nee. By die ekwivalente punt van 'n reaksie hoef die pH van die oplossing nie 7 te wees nie. Dit is as gevolg van die interaksie van die sout (wat deur die reaksie gevorm is) en water.

By die ekwivalente punt van 'n suur-basis neutralisasie reaksie is daar 'n sout en water. Die ione in die water reageer met die teenwoordige sout en vorm 'n klein hoeveelheid oortollige hidroniumione (H_3O^+) of hidroksiedione (OH^-). Dit lei tot pH waardes wat nie gelyk is aan 7 nie.

'n Eenvoudige reël om die moontlike pH van 'n oplossing te bepaal is:

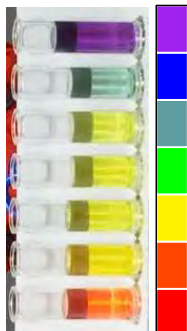
- 'n **sterk suur** + **sterk basis** vorm 'n **neutraal** sout- en water**oplossing**:
→ pH = 7.
 $\text{H}_2\text{SO}_4(\ell) + \text{NaOH}(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- 'n **swak suur** + **sterk basis** vorm 'n **swak basiese** sout- en water**oplossing**:
→ pH = ongeveer 9.
 $\text{HF}(\ell) + \text{NaOH}(\text{s}) \rightarrow \text{NaF}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$
- 'n **sterk suur** + **swak basis** vorm 'n **swak suuragtige** sout- en water**oplossing**:
→ pH = ongeveer 5.
 $\text{H}_2\text{SO}_4(\ell) + \text{NH}_3(\ell) \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$

suur	basis	oplossing	benaderde pH
sterk	sterk	neutraal	7
swak	sterk	swak basiese	9
sterk	swak	swak suuragtige	5

Tabel 9.8: Die benaderde pH van neutralisasie reaksie oplossings gebaseer op die sterkte van die suur en basis wat gebruik word.

FEIT

Die universele indikator verander kleur van **rooi** in **sterk suur** oplossings tot **pers** in **sterk basis** oplossings.



Indikators

ESFYP

'n Titrasië is 'n proses wat gebruik word om die konsentrasie van 'n oplossing baie akkuraat te bepaal. Die teorie agter titrasies sal later in die hoofstuk bespreek word. 'n Indikator word gebruik om aan die wetenskaplike wat die titrasie uitvoer te wys wanneer die reaksie eindpunt bereik het.

Algemene eksperiment: Indikators

Doel:

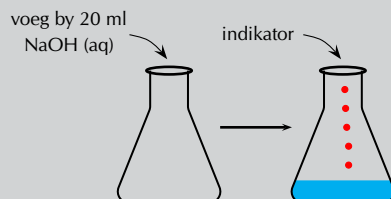
Om die gebruik van indikators in 'n suur-basis reaksie te ondersoek.

Apparaat en materiaal:

- Een volumetriese fles, een kegelfles (Erlenmeyer fles), een pipet en 'n stuk wit papier of 'n wit teël
- 'n $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ oplossing natriumhidroksied (NaOH), 'n $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ oplossing soutsuur (HCl) en 'n indikator

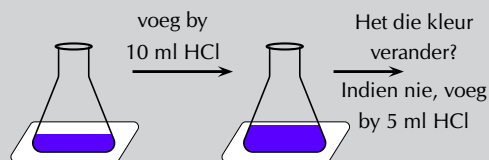
Metode:

1. Meet 20 ml natriumhidroksied oplossing in 'n kegelfles af. Voeg 'n paar druppels indikator by.



2. In hierdie eksperiment is die kleurverandering baie belangrik. Plaas die kegelfles op die stuk wit papier of wit teël sodat dit makliker is om die kleurverandering waar te neem.

3. Voeg 10 ml soutsuur stadig by. Stop sodra daar 'n kleurverandering voorkom. Indien daar geen kleurverandering voorkom nie, voeg nog 5 ml by. Hou aan om



5 ml in inkremente by te voeg totdat jy 'n kleurverandering waarneem.

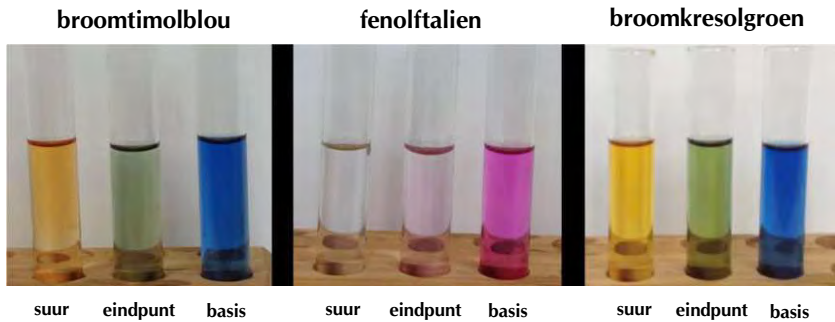
Waarnemings en bespreking:

Die oplossing verander van kleur nadat 'n bepaalde hoeveelheid soutsuur bygevoeg is. Dit vind plaas omdat die oplossing nou meer suur as basis bevat en daarom suur geword het. Ons kan tot die gevolgtrekking kom dat die indikator se kleur in 'n basiese oplossing verskil van die kleur in 'n suuroplossing.

Indikatore is chemiese verbindings wat van kleur verander afhangend van of die oplossing suur of basies is. 'n Titrasië vereis 'n indikator wat vinnig en sensitief van kleur sal verander in reaksie op 'n verandering in pH. Algemene indikators wat gebruik word word gegee in Tabel 9.9.

Titrasietipe	Voorkeur indikator	Kleur van suur	Kleur van eindpunt	Kleur van basis	pH-gebied
sterk suur sterk basis	broomtimolblou	geel	groen	blou	6,0 - 7,6
swak suur sterk basis	fenolftalien	kleurloos	ligpienk	pienk	8,3 - 10,0
sterk suur swak basis	broomkresolgroen	geel	groen	blou	3,8 - 5,4

Tabel 9.9: Sommige algemene indikators vir algemene titrasies.



Figuur 9.3: Indikators wat gereeld vir titrasies gebruik word: broomtimolblou (links), fenolftalien (middel) en broomkresolgroen (regs).

Indikators verander kleur (Figuur 9.3) na aanleiding van waar die waterstof (H^+) ioon is:



Wanneer 'n suur dus by die waterige oplossing van broomtimolblou gevoeg word, is daar 'n oormaat van H^+ ione. Die ewewig gaan na links skuif om die aantal H^+ -ione te verminder (onthou die beginsel van Le Chatelier). Indien genoeg suur bygevoeg word sal die hele oplossing suur word. Dit beteken dat daar meer *HBroomtimolblou* as *broomtimolblou* sal wees en die oplossing sal geel verkleur.

9.4 Titrasies

ESFYQ

Wat is titrasies?

ESFYR

Die neutralisasiereaksie tussen 'n suur en 'n basis kan baie handig wees. Indien 'n suur-oplossing met 'n bekende konsentrasie (standaardoplossing) by 'n basiese oplossing (alkali) met 'n onbekende konsentrasie gevoeg word tot die oplossing presies geneutraliseer is (daar is slegs sout en water teenwoordig), is dit moontlik om die presiese konsentrasie van die onbekende oplossing te bereken. Die berekening kan gedoen word omdat daar 'n stoichiometries gelyke aantal mol van die suur en basis met mekaar gereageer het wanneer eindpunt bereik is.

DEFINISIE: *Titrasies*

Die metode wat gebruik word om die konsentrasie van 'n bekende stof te bepaal deur gebruik te maak van 'n standaardoplossing van 'n ander stof.

WENK

Hersien Graad 11 Sure en Basisse vir meer inligting oor plante en voedsel wat as indikator gebruik kan word.

WENK

Let op dat die pH gebied waarin die indikator se kleur verander naastenby moet ooreenstem met die verwagte pH vir daardie titrasie (sien Tabel 9.8):

oplossing	pH	pH-gebied
neutraal	7	6,0 - 7,6
swak basies	9	8,3 - 10,0
swak suur	5	3,8 - 5,4

In 'n **titrasie**: 'n bekende volume standaardoplossing (**A**) word by 'n bekende volume van 'n oplossing met 'n onbekende konsentrasie (**B**) gevoeg. Die konsentrasie van **B** kan dan bepaal word.

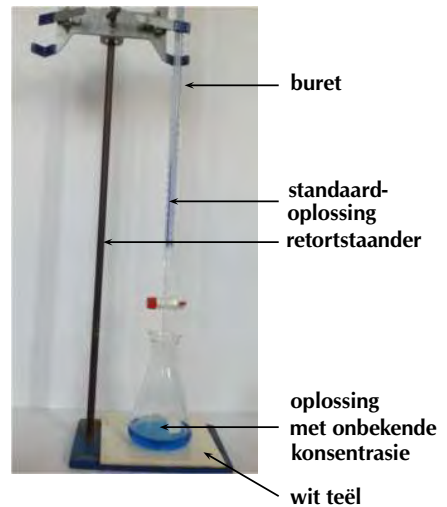
Sure en basisse word algemeen in titrasies gebruik en die neutralisasiepunt staan bekend as die **eindpunt** van die reaksie. Ons gebruik 'n indikator wat van kleur verander in die pH-gebied waar die eindpunt pH is, sodat ons kan sien wanneer die eindpunt bereik word. 'n Ander naam vir 'n titrasie is 'n **volumetriese analise**

Titrasie berekeninge

ESFYS

Hoe presies word 'n titrasie uitgevoer om die onbekende konsentrasie te bepaal? Kyk na die volgende stappe om jou te help om die proses te verstaan.

1. 'n Sekere volume van die oplossing waarvan die konsentrasie onbekend is, word versigtig afgemete en in 'n kegelfles geplaas.
2. 'n Paar druppels geskikte indikator word by die oplossing gevoeg (broomtimolblou en fenolftalien is algemene indikators, verwys na Tabel 9.9).
3. Die kegelfles word op 'n wit teël of stuk papier geplaas (om die kleurverandering makliker sigbaar te maak).
4. 'n Volume van die standaardoplossing (bekende konsentrasie) word in die buret (meetapparaat) geplaas en word stadig, druppel vir druppel, by die oplossing in die fles gevoeg.
5. Op 'n stadium sal die byvoeging van 'n enkele druppel suur die kleur van die onbekende oplossing na die kleur van die eindpunt van die reaksie verander. Onthou die kleur veranderveranderinge volgens Figuur 9.3.
6. Teken die volume van die standaardoplossing wat tot op daardie punt bygevoeg is, aan.
7. Gebruik die inligting wat jy bymekaargemaak het om die presiese konsentrasie van die onbekende oplossing te bepaal. Uitgewerkte voorbeelde word gegee om jou stap vir stap deur die probleem te neem.
8. Let daarop dat die byvoeging van meer oplossing nadat eindpunt bereik is sal lei tot 'n kleurverandering weg van die kleur van die eindpunt, na die kleur van 'n suur (as die oplossing in die kegelfles basies was) of die kleur van 'n basis (as die oplossing in die kegelfles 'n suur was).



Wanneer jy besig is met die berekeninge, moet jy die volgende onthou:

$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ liter} = 1000 \text{ ml} = 1000 \text{ cm}^3$, daarom deel ons cm^3 deur 1000 om die antwoord in dm^3 te kry.

Ander nuttige terme en vergelykings wat onthou kan word:

- konsentrasie word gemeet in $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
- $\text{mol (mol)} = \text{konsentrasie (mol} \cdot \text{dm}^{-3}) \times \text{volume (dm}^3)$
- $\text{konsentrasie} = \frac{\text{mol}}{\text{volume}} \quad C (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}) = \frac{n (\text{mol})}{V (\text{dm}^3)}$
- onthou om seker te maak dat al die eenhede in die berekening korrek is

Uitgewerkte voorbeeld 13: Titrasië berekeninge

VRAAG

Die volgende vergelyking word gegee: $\text{NaOH(aq)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{NaCl(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
25 cm³ natriumhidroksied oplossing is na 'n kegfles gepipeteer en met 0,2 mol.dm⁻³ soutsuur getitreer. Deur die gebruik van 'n geskikte indikator is daar vasgestel dat 15 cm³ suur nodig was om die basis te neutraliseer. Bereken die konsentrasie van die natriumhidroksied.

OPLOSSING

Stap 1: Maak seker dat die reaksie gebalanseerd is

Daar is 'n gelyke aantal van elke tipe atoom aan elke kant van die vergelyking, dus is die vergelyking gebalanseerd.

Stap 2: Skryf al die inligting wat jy oor die reaksie het in die korrekte omgeskakelde eenhede neer

$$\text{NaOH: } V = 25 \text{ cm}^3 \times \frac{0,001 \text{ dm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 0,025 \text{ dm}^3$$

$$\text{HCl: } V = 15 \text{ cm}^3 \times \frac{0,001 \text{ dm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 0,015 \text{ dm}^3 \quad C = 0,2 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Stap 3: Bereken die aantal mol HCl wat bygevoeg is

$$C = \frac{n}{V} \quad \text{Daarom is } n(\text{HCl}) = C \times V$$

$$n(\text{HCl}) = 0,2 \text{ mol.dm}^{-3} \times 0,015 \text{ dm}^3 = 0,003 \text{ mol}$$

0,003 mol HCl word benodig om die basis te neutraliseer.

Stap 4: Bereken die aantal mol natriumhidroksied in die reaksie

Kyk na die reaksievergelyking. Die molverhouding van HCl:NaOH is 1:1.

Daar is dus een mol NaOH in die reaksie betrokke vir elke mol HCl. Indien daar dus 0,003 mol HCl benodig word om die oplossing te neutraliseer moes daar 0,003 mol NaOH in die monster van die onbekende oplossing gewees het.

Stap 5: Bereken die konsentrasie van die natriumhidroksied oplossing

$$C(\text{NaOH}) = \frac{n}{V} = \frac{0,003 \text{ mol}}{0,025 \text{ dm}^3} = 0,12 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Die konsentrasie van die NaOH oplossing is 0,12 mol.dm⁻³

Uitgewerkte voorbeeld 14: Titrasië berekeninge

VRAAG

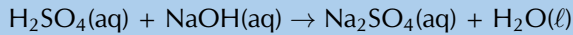
10 g vaste natriumhidroksied word opgelos in 500 cm³ water. Met behulp van 'n titrasie is daar vasgestel dat 20 cm³ van die oplossing 10 cm³ swaelsuur oplossing volledig geneutraliseer het. Bereken die konsentrasie van die swaelsuur oplossing.

OPLOSSING

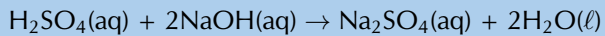
Stap 1: Skryf 'n gebalanseerde reaksievergelyking vir die titrasie

Die reagense is natriumhidroksied (NaOH) en swaelsuur (H₂SO₄). Die basis het 'n hidroksied-anioon (OH⁻), daarom sal die produkte 'n sout en water wees.

Die kation vir die sout (Na⁺) is afkomstig van die basis. Die anioon van die sout (SO₄²⁻) is afkomstig van die suur. Daar moet 2 Na⁺ katione vir elke SO₄²⁻ teenwoordig wees en die sout sal Na₂SO₄ wees.



Om die vergelyking te balanseer moet ons die aantal natriumhidroksied en water molekules met twee vermenigvuldig.



Stap 2: Bereken die konsentrasie van die natriumhidroksied oplossing

Die totale volume waarin die 10 g opgelos is moet gebruik word om die konsentrasie te bereken.

$$V = 500 \text{ cm}^3 \times \frac{0,001 \text{ dm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 0,5 \text{ dm}^3$$

$$M(\text{NaOH}) = 23,0 + 16,0 + 1,01 = 40,01 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{10 \text{ g}}{40,01 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,25 \text{ mol}$$

$$C(\text{NaOH}) = \frac{n}{V} = \frac{0,25 \text{ mol}}{0,5 \text{ dm}^3} = 0,50 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Stap 3: Bereken die aantal mol natriumhidroksied wat in die neutralisasie reaksie gebruik is

Onthou dat slegs 20 cm³ van die natriumhidroksied gebruik is.

$$V = 20 \text{ cm}^3 \times \frac{0,001 \text{ dm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 0,02 \text{ dm}^3 \quad C = \frac{n}{V}, \text{ dus } n = C \times V$$

$$n = 0,50 \text{ mol.dm}^{-3} \times 0,02 \text{ dm}^3 = 0,01 \text{ mol}$$

Stap 4: Bereken die aantal mol swaelsuur wat geneutraliseer is

Na aanleiding van die gebalanseerde chemiese vergelyking is die molverhouding van NaOH tot H₂SO₄, 2:1. Daar is 2 mol NaOH vir elke 1 mol H₂SO₄.

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,01 \text{ mol}}{2} = 0,005 \text{ mol}$$

Stap 5: Bereken die konsentrasie van die swaelsuur oplossing

Onthou dat 10 cm³ van die swaelsuur oplossing geneutraliseer is.

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10 \text{ cm}^3 \times \frac{0,001 \text{ dm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 0,01 \text{ dm}^3$$

$$C = \frac{n}{V} = \frac{0,005 \text{ mol}}{0,01 \text{ dm}^3} = 0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$$

Formele eksperiment: Bereiding van 'n standaardoplossing

Doel:

Om 'n standaardoplossing van natriumhidroksied te berei.

Apparaat en materiaal:

- Een 250 cm³ volumetriese fles, 'n beker, 'n tregter en 'n plastiek drupper
- 'n Weegskaal, 'n spatel en 'n skoon stukkie papier
- Vaste natriumhidroksied

Metode:

WAARSKUWING!

Gekonsentreerde basisse kan ernstige brandwonde veroorsaak. Ons stel voor dat handskoene en veiligheidsbrille gebruik word wanneer daar met basisse gewerk word. Hanteer alle chemikalieë versigtig.

1. Plaas die papier op die skaal en stel die lesing na nul.
2. Weeg 5,00 g vaste natriumhidroksied op die papier uit.
3. Dra die natriumhidroksied oor na die beker en los dit in 'n minimale hoeveelheid water op.
4. Plaas die tregter in die mond van die volumetriese fles en gebruik dit om die oplossing uit die beker na die fles oor te dra. Wees versigtig om nie te mors nie.
5. Gooi nog 5 cm³ water in die beker, spoel die kante van die beker versigtig en gooi die mengsel ook in die fles deur die tregter.
6. Herhaal stap 5 nog twee keer.
7. Gooi 5 cm³ water deur die tregter in die fles in.
8. Gebruik die drupper om water teen die binnewand van die volumetriese fles af te drup.
9. Vul die volumetriese fles tot by die merk met water. Gebruik die plastiekdrupper om die laaste paar sentimeter te vul. Onthou om jou oog in lyn met die merk te hou wanneer die finale druppels bygevoeg word.
10. Plaas die prop op die fles en skud die oplossing goed. Nou het jy 'n standaardoplossing.



Vrae:

- Wat is die konsentrasie van hierdie standaardoplossing?
- Hoekom word die beker en die tregter met water uitgespoel?
- Hoekom word die binnewand van die volumetriese fles met water gespoel?
- Waarom is dit nodig om seker te maak dat jou oog gelyk is met die merk wanneer die laaste druppels bygevoeg word?

Algemene eksperiment: Titrasië

Doel:

Om die konsentrasie van asynsuur (etanoësuur) in asyn te bepaal.

Apparaat en materiaal:

- 4 kegeflesse, een pipet, een buret, een klein tregter en een beker
- 'n retortstaander, 'n stuk wit papier of 'n wit teël
- die standaard NaOH oplossing wat in die vorige eksperiment berei is, wit asyn en fenolftalien

Metode:

WAARSKUWING!

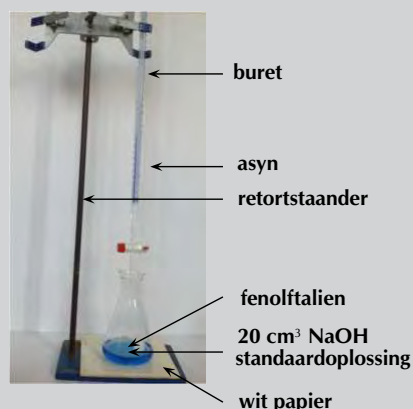
Gekonsentreerde sure en basise kan ernstige brandwonde veroorsaak. Ons stel voor dat handskoene en veiligheidsbrille gebruik word wanneer daar met sure en basisse gewerk word. Hanteer die chemikalieë versigtig.

1. Klem die buret in die retortstaander en plaas die klein tregter bo in.
2. Maak seker dat die buret se kraantjie toe is en maak die buret dan versigtig vol met die asyn (lig die tregter effens terwyl die asyn bygevoeg word).
3. Plaas 'n beker onder die buret en laat van die asyn versigtig daarin uitloop. Dit sal verseker dat daar geen lugborrels in die buret oorbly nie. Die boonste vlak van die asyn in die buret behoort nou tussen die 0 en 1 cm^3 merke te wees. Teken die waarde tot twee desimale aan.
4. Gebruik jou pipet om 20 cm^3 natriumhidroksied standaardoplossing na die kegelfles oor te dra.
5. Drup 3 - 4 druppels fenolftalien indikator in die kegelfles. Wat is die kleur van die oplossing in die fles?
6. Doen 'n growwe titrasie eksperiment deur asyn vinnig in die kegelfles te voeg terwyl die fles aanhoudend geroer word. Stop sodra die kleur van die oplossing verander en so bly na die roerbeweging. Teken die lesing op die buret aan en bepaal die volume wat bygevoeg is.



$(V(\text{einde}) - V(\text{begin}))$.

Indien die kleur terugverander terwyl die fles geroer word moet nog asyn bygevoeg word totdat die kleur verander en so bly.



7. Herhaal stappe 2 - 5 met 'n tweede kegelfles.
8. Voeg vinnig asyn in die kegelfles tot jy ongeveer 2 cm^3 minder as die rowwe titrasievolume bygevoeg het. Daar behoort geen permanente kleurverandering op hierdie stadium te wees nie.
9. Voeg asyn druppel vir druppel (stadig en versigtig) by. Roer tussen elke druppel en, indien nodig, spoel die wande van die fles met water af. Wanneer die kleur permanent verander, teken die volume in die buret aan. Onthou dat die getitreerde volume (eindvolume) - (aanvangsvolume) is.
10. Vir akkuraatheid moet stappe 7 - 9 herhaal word tot jy drie lesings het wat nie met meer as 0,1 cm^3 verskil nie.

Waarnemings en vrae:

- Wat was die kleur van die natriumhidroksied oplossing toe die fenolftalien bygevoeg is?
- Wat was die kleur toe genoeg suur bygevoeg is?

Vul die besonderhede van die eksperiment in 'n tabel soos die onderstaande in.

Titrasies	Aanvanklike volume (cm ³)	Eindvolume (cm ³)	Volume (cm ³)
Grof			
1			
2			
3			

- Gebruik die tabel om die gemiddelde titrasievolume vir die eksperiment te bepaal en gebruik die waarde vir die res van jou berekeninge.
- Gebruik die uitgewerkte voorbeelde om die konsentrasie van die asynsuur in die monster asyn te bepaal. Onthou dat jy die volgende inligting het:
 - die volume asyn
 - die volume van die natriumhidroksied oplossing
 - die konsentrasie van die natriumhidroksied oplossing
- Die gebalanseerde chemiese reaksievergelyking vir die reaksie is:

$$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$$

Algemene eksperiment: Titrasies

Doel:

Om die konsentrasie van 'n natriumhidroksied oplossing te bepaal.

Apparaat en materiaal:

- een 250 cm³ volumetriese fles, 4 kegelflesse, een pipet, een buret, een klein tregter, twee bekere, een plastiekdrupper
- 'n retortstaander, 'n weegskaal, 'n spatel, 'n skoon stuk papier
- vaste natriumhidroksied (NaOH), vaste oksaalsuur (H₂C₂O₄), fenolftalien

Metode:

WAARSKUWING!

Gekonsentreerde sure en basise kan ernstige brandwonde veroorsaak. Ons stel voor dat handskoene en veiligheidsbrille gebruik word wanneer daar met sure en basisse gewerk word. Hanteer die chemikalieë versigtig.

1. Berei 'n standaardoplossing deur 11,00 g oksaalsuur in die 250 cm³ volumetriese fles op te los.
2. Merk een van die bekere NaOH. Gebruik jou pipet om 100 cm³ water in die beker af te meet. Voeg ongeveer 4 g NaOH in die beker en roer.
3. Klem die buret in die retortstaander en plaas die klein tregter bo in.
4. Maak seker dat die buret se kraantjie toe is en gooi die standaard oksaalsuur-oplossing versigtig deur die tregter (lig die tregter effens terwyl die suur ingegooi word) tot die buret vol is.
5. Plaas die skoon beker onder die buret en laat van die oksaalsuur versigtig daarin uitloop. Dit sal verseker dat daar geen borrels in die buret is nie. Die boonste vlak van die oplossing behoort nou tussen die 0 en 1 cm³ merk te wees. Teken die waarde aan tot die tweede desimaal.
6. Gebruik jou pipet om 20 cm³ NaOH oplossing in die kegelfles af te meet.
7. Drup 3 - 4 druppels fenolftalien indikator in die kegelfles. Wat is die kleur van die oplossing in die fles?

8. Doen 'n growwe titrasie eksperiment deur oksaalsuur vinnig in die kegelfles te gooi terwyl dit aanhoudend geroer word. Stop sodra die oplossing permanent van kleur verander. Teken die lesing op die buret aan en bepaal die volume wat bygevoeg is.

$V(\text{einde}) - V(\text{begin})$.

Indien die kleur terugverander wanneer die mengsel geroer word, moet nog oksaalsuur bygevoeg word tot die kleurverandering permanent is.

9. Herhaal stappe 4 - 7 met 'n tweede kegelfles.
10. Voeg oksaalsuur vinnig in die kegelfles totdat jy ongeveer 2 cm^3 minder as die growwe titrasievolume bygevoeg het. Daar behoort geen permanente kleurverandering te wees op hierdie stadium nie.
11. Voeg oksaalsuur oplossing druppel vir druppel (stadig en versigtig) by. Roer die fles tussen elke druppel en, indien nodig, spoel die binnewande van die fles met water af. Wanneer die kleur permanent verander moet die volume op die buret aangeteken word.
Onthou dat die getitreerde volume (eindvolume) - (aanvangsvolume) is.
12. Vir akkuraatheid behoort jy stappe 9 - 11 te herhaal tot jy drie lesings het wat met niks meer as $0,1 \text{ cm}^3$ verskil nie.

Waarnemings en vrae:

- Wat was die kleur van die natriumhidroksied oplossing toe die fenolftalien bygevoeg is?
- Wat was die kleur toe genoeg suur bygevoeg is?

Vul die besonderhede van die eksperiment in 'n tabel soos die onderstaande in.

Titrasies	Aanvanklike volume (cm^3)	Eindvolume (cm^3)	Volume (cm^3)
Grof			
1			
2			
3			

- Gebruik die tabel en bepaal die gemiddelde titrasievolume vir die eksperiment en gebruik hierdie waarde in die res van jou berekenings.
- Gebruik die vorige uitgewerkte voorbeelde en bepaal die konsentrasie van die natriumhidroksiedoplossing. Onthou dat jy die volgende inligting het:
 - die volume van die natriumhidroksied oplossing
 - die volume van die oksaalsuur oplossing
 - die konsentrasie van die oksaalsuur oplossing
- Die gebalanseerde chemiese reaksievergelyking vir die reaksie is:

$$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$$

Oefening 9 – 6: Sure en basisse

1. 'n Leerder word gevra om 'n *standaardoplossing* van 'n swak suur, oksaalsuur ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), te berei om in 'n titrasie te gebruik. Die volume van die oplossing moet 500 cm^3 wees met 'n konsentrasie van $0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.
 - a) Bereken die massa oksaalsuur wat die leerder moet oplos om die verlangde standaardoplossing te berei.
 - b) Die leerder titreer hierdie $0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ oksaalsuur oplossing teen 'n

oplossing van natriumhidroksied. Hy vind dat 40 cm^3 van die oksaalsuur oplossing 35 cm^3 van die natriumhidroksied oplossing volledig neutraliseer.

Bereken die konsentrasie van die natriumhidroksied oplossing.

2. $25,0 \text{ cm}^3$ van 'n $0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ standaardoplossing van natriumkarbonaat is gebruik om $35,0 \text{ cm}^3$ van 'n soutsuuroplossing te neutraliseer.

- Skryf 'n gebalanseerde reaksievergelyking vir die reaksie.
- Bereken die konsentrasie van die suur.

(DoE Graad 11 Eksemplaar, 2007)

3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CF2 2. 2CF3



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

9.5 Gebruike van sure en basisse

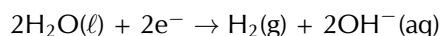
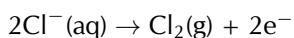
ESFYT

Die produksie van chloorgas

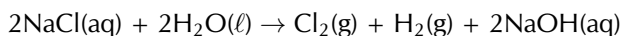
ESFYV

Die chloor-alkali (chloralkali) industrie speel 'n belangrike rol in die chemiese industrie omdat dit verantwoordelik is vir die produksie van **chloor** en **natriumhidroksied**. Die mees algemene metode behels die elektrolise van 'n gekonsentreerde waterige oplossing van natriumchloried (NaCl), wat ook bekend staan as **pekkel**. Vir meer inligting aangaande elektrolise sien Hoofstuk 13.

Die chemiese reaksies wat in die proses plaasvind is:



Daar is ook Na^+ ione van die NaCl in die oplossing. Indien die produkte apart gehou word (om 'n reaksie tussen die chloor en die hidroksied te verhoed) sal die Na^+ met die hidroksied-ione reageer om die volgende reaksie tot gevolg te hê.



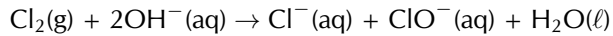
Die gebruike van chloor sluit in:

- die suiwering van water
- as 'n ontsmettingsmiddel
- 'n rol in die vervaardiging van:
 - hipochlorigsuur (gebruik om bakterieë in drinkwater te vernietig), chloroform, koolstoftetrachloried
 - papier, voedsel
 - antiseptiese middels, insekdoders, medisyne, tekstiele
 - verf, petroleum produkte, oplosmiddels, plastiek (soos polivinielchloried)

Die gebruike van natriumhidroksied sluit in:

- vervaardiging van seep en ander skoonmaakmiddels
- suiwering van bauxiet (aluminium erts)
- vervaardiging van papier
- vervaardiging van rayon (kunsmatige sy)

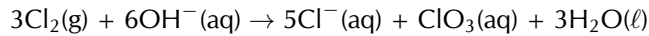
Indien die chloried- en hidroksiedione nie apart gehou word nie (toegelaat word om te reageer) en die temperatuur onder 60 °C gehou word, sal die volgende reaksie voorkom:



Die gebalanseerde chemiese reaksievergelyking, met die Na^+ ione ingesluit, is:



Indien die temperatuur bo 60 °C is wanneer vermenging voorkom, sal:



Die gebalanseerde chemiese reaksievergelyking met die Na^+ ione ingesluit, is:



Gebruike van NaClO (natriumhipochloriet) sluit in:

- as bleikmiddel en in die behandeling van water
- gedurende wortelkanaal operasies en om senuweegiftige stowwe te neutraliseer

Die gebruike van NaClO₃ (natriumchloraat) sluit in:

- vervaardiging van chloordioksied
- gebruik as 'n plantgif
- vervaardiging van suurstof in chemiese suurstofopwekkers

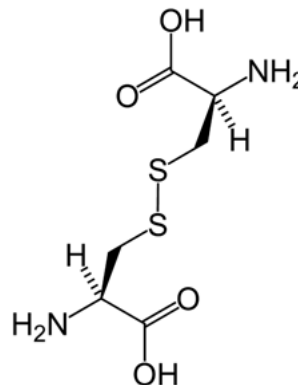
Indien kalsiumchloried in die plek van natriumchloried gebruik word, sal die produkte kalsiumchloried, kalsiumhipochloriet en kalsiumchloraat wees. Op dieselfde manier sal die produkte kaliumchloried, kaliumhipochloriet en kaliumchloraat wees indien kaliumchloried gebruik sou word.

Die chemie van hare en haarprodukte

ESFYW

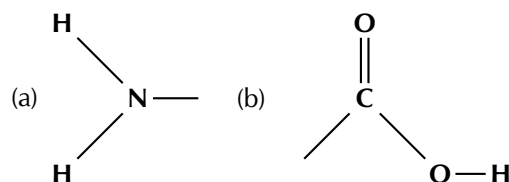
Hare bestaan hoofsaaklik uit 'n proteïen genaamd **keratien**. Keratien is 'n makromolekule wat hoofsaaklik uit die aminosuur **sistien** ('n organiese verbinding, sien Figuur 9.4) bestaan.

Aminosure is verbindings wat bestaan uit 'n amiengroep (Figuur 9.5 (a)) en 'n karboksielgroep (Figuur 9.5 (b)) wat aan mekaar verbind is deur 'n koolstofatoom.



Figuur 9.4: Die mees algemene aminosuur in keratien: **sistien**.

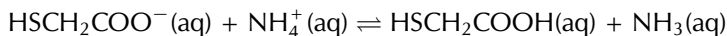
Proteïene gee hare 'n natuurlike pH van tussen 4 en 5. Die volgende haarprodukte verander hierdie pH en rig *gekontroleerde beskadiging* aan om die verlange effek te kry.



Figuur 9.5: **a)** 'n Amien funksionele groep en **b)** 'n karboksiesuur funksionele groep. Beide die groepe word in 'n aminosuur aange-tref.

Permanente golwing middels

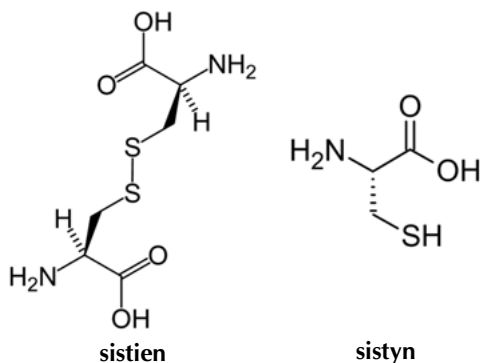
'n Ander naam vir 'n permanente golwing is 'n **"perm"**. Ammoniumthioglukolaat staan ook bekend as *golfsout*. Die omkeerbare reaksie van ammoniumthioglukolaat (reagens) om tioglukoolsuur en ammoniak (produk) te vorm word hieronder gegee:



Daar is vier algemene stappe in die golwingsproses:

1. Die ammoniak, wat 'n basis is, laat die haar swel en maak dit deurdringbaar.
2. Die thioglukoolsuur reduseer die swael-swaelbindings in die **sistien** molekule in jou hare. Dit reduseer die sistien na **sisteien** (Figuur 9.6) en laat toe dat die haarstruktuur verander word.

Die reaksie vind vinniger plaas teen hoër temperature en die hare word dikwels verhit tydens die reaksie (byvoorbeeld met 'n warm krultang).



Figuur 9.6: **Sistien** (links) is gereduseer na die vorm **sisteien** (regs).

3. Die ammoniumthioglukolaat oplossing word uit die hare gewas nadat die verlangde bindings gebreek is.
4. Die hare word behandel met waterstofperoksied (H_2O_2) wat as neutraliseerder optree. Dit oksideer die sisteien terug na sistien (herstel die swael-swaelbindings). Hierdie bindings vorm in die nuwe posisies wat gevorm is tydens die aanwending van die ammoniumthioglukolaat. Die nuwe bindings bind die hare dan in die nuwe vorm.

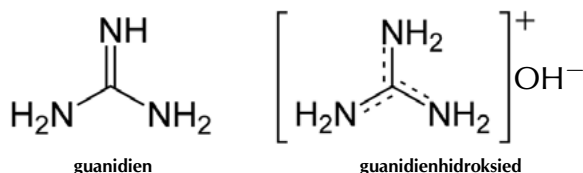
Haarontspanners

Haarontspanners werk deur *gekontroleerde beskadiging* aan jou hare aan te rig op baie dieselfde manier as golwings. Dit reduseer die sistien na sisteien en laat toe dat die haarstruktuur verander word (Figuur 9.6).

Daar is twee hooftypes haarontspanners: **potas** en **nie-potas**. Die **potas** haarontspanners bevat natriumhidroksied (NaOH) en het 'n baie hoë pH (pH 12 - 14). Hierdie tipe haarontspanners breek die bindings en ontnem die hare van hul natuurlike olies. Hitte word ook dikwels gebruik, wat die hare nog meer beskadig.

As gevolg van toenemende bekommernis oor die skade wat deur potas in haarontspanners veroorsaak word het firmas **nie-potas** haarontspanner gemaak. Dit bevat steeds basiese verbindings en is steeds vretend, maar die pH is nie so hoog nie (pH 9 - 11).

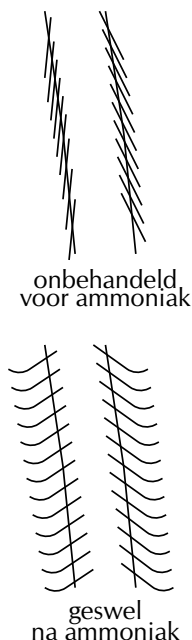
Hierdie produkte gebruik kalsiumhidroksied en guanidienkarbonaat (om guanidienhidroksied te vorm, Figuur 9.7) of litiumhidroksied. Hierdie verbindings is basisse wat op dieselfde manier as natriumhidroksied optree en hoewel dit minder beskadigend is as natriumhidroksied rig dit steeds skade aan die hare aan. 'n Ander tipe nie-potas haarontspanner bevat ammoniumthioglukolaat (golfsout).



Figuur 9.7: Guanidien (links) en guanidienhidroksied (regs). Guanidienhidroksied word gevorm wanneer guanidienkarbonaat met kalsiumhidroksied gereageer.

WENK

'n String hare



FEIT

Dit is belangrik om die neutraliseerder te gebruik en ook om die hare volledig af te spoel na die aanwending van die golwingsmiddel. Oormatige blootstelling aan die ammoniumthioglukolaat kan irritasie van die kopvel en permanente haarskade veroorsaak.

FEIT
NaOH word in riool-skoonmaakmiddels gebruik om hare op te los en ook in prosesse om liggaamshare te verwyder.



FEIT
Onthou die pH skaal strek van 0 - 14.

Sommige vergelykings tussen potas en nie-potas haarontspanners word gegee in Tabel 9.10.

	Potas	Nie-potas
pH	12 - 14	9 - 11
Voordele	vinnige aanwendingstyd	sagter op die kopvel
Probleme	hoë pH, baie beskadigend aan die kopvel en hare	gewoonlik te lank aangelos, verdroog hare a.g.v. 'n opbou van kalsium

Tabel 9.10: Potas teenoor nie-potas haarontspanners.

Kleur van hare

Daar is baie verskillende tipes haarkleurmiddels, van permanente tot tydelike haarkleur. Elkeen werk op 'n effens verskillende manier.

- **Permanent**

Daar is drie hoofbestanddele in permanente haarkleurmiddels: 'n di-amino verbinding (dit beteken twee van die amien groepe wat in Figuur 9.5 (a) gewys word), 'n verbindingsreagens en 'n oksideermiddel. Waterstofperoksied (H_2O_2) word gewoonlik as oksideermiddel gebruik. Dit oksideer die di-amino verbinding tot 'n toestand waarin dit met die verbindingsreagens kan verbind. Hierdie proses maak die haarkleur ook ligter sodat die kleurstof meer effektief kan werk. Die nuwe verbinding word dan weer ge-oksideer om die finale kleurstof te vorm. Permanente kleurstof is basies, met 'n pH tussen 9 en 11 (gewoonlik ammoniak, NH_3). Die doel van die basis is om die hare oop te maak sodat die klein kleustofmolekule die haar kan binnedring.

- **Demi-permanent**

Hierdie kleurstowwe gebruik etanolamiene of natriumkarbonaat as basis. Dit is basisse maar is nie so skerp soos ammoniak nie (pH tussen 8 en 9) en laat nie die kleurstof toe om die hare so diep binne te dring nie. Die middels bevat steeds 'n waterstofperoksied ontwikkelaar wat die hare se kleur effens ligter maak, maar dit kan nie donker hare ligter kleur nie. Die haarkleur sal meer natuurlik lyk aangesien die natuurlike kleur van die hare die finale kleur sal affekteer. Demi-permanente kleurstowwe hou lank (ten minste 12 wasse), maar sal uiteindelik uitwas. Demi-permanente haarkleurmiddels beskadig nie die hare so veel soos permanente kleurmiddels nie.

- **Semi-permanent**

Hierdie kleurstowwe bevat molekules wat klein genoeg is om die hare binne te dring sonder dat 'n basis nodig is om die hare oop te maak. Dit hou vir ongeveer 4 - 5 wasse en het baie lae vlakke waterstofperoksied of ammoniak, indien enige. Die kleurstof sal nie die haarkleur ligter maak nie en die finale kleur hang grootliks af van die oorspronklike haarkleur en hoe poreus die hare is.

- **Tydelik**

Oor die algemeen is hierdie helder kleurstowwe. Dit bestaan uit groot kleurstofmolekules wat nie die hare kan binnedring nie. Hierdie groot molekules *klou* vas aan die hare en kan gewoonlik met 'n enkele was verwyder word. Indien die hare reeds droog of beskadig is kan die kleur langer hou, aangesien beskadigde hare meer oop is en die kleurmolekules kan toelaat om die haar binne te dring.

Dit is nodig om te noem dat daar nagevolge van die gebruik van golwingschemikalieë, haarontspanners en kleurmiddels kan wees:

- irritasie van die kopvel, brandplekke op die vel en permanente letsels
- diep sere, dermatitis, uitdroging en kraking van die vel
- permanente haarverlies, oogskade of blindheid
- swak, gebreekte of beskadigde hare

Algemene eksperiment: Die effek van dreinskoonmaakmiddel op hare

Doel:

Om die effek van bytsoda of dreinskoonmaakmiddel op hare te ondersoek.

Apparaat:

- 'n Hopie hare uit jou haarborsel
- 'n Dreinskoonmaakmiddel of bytsodaflökkies
- 'n Horlosieglas

WAARSKUWING!

Wees versigtig wanneer daar met enige dreinskoonmaakmiddel gewerk word. Dit is 'n sterk basis en kan jou vel brand. Ons stel voor dat jy handskoene, veiligheidsbrille en beskermende klere dra. Hanteer alle chemikalieë versigtig.

Metode:

1. Maak hare uit jou haarborsel bymekaar vir 'n tydperk van ongeveer 'n week.
2. Plaas die hare op 'n horlosieglas.
3. Indien jy van 'n vloeibare dreinskoonmaakmiddel gebruik maak, volg stap a. Indien jy bytsoda gebruik, volg stap b.
 - a) Gooi die produk versigtig op die hopie hare en neem waar wat gebeur.
 - b) Neem die soliede kristalle en plaas 'n paar kristalle op die hare. Kook water en gooi dit versigtig oor die kristalle bo-op die hare en neem waar wat gebeur.

Vrae:

- Wat is die hoofbestanddeel van die skoonmaakmiddel en die bytsoda?
- Wat gebeur met die hare wanneer die produk daarmee reageer?
- Wat is die hoofbestanddeel van haar ontspanners?

Gevolgtrekkings:

Jy sou waarneem dat die hare disintegreer wanneer die dreinskoonmaakmiddel aangewend is. Die hoofbestanddeel van hierdie skoonmaakmiddels is ook die hoofbestanddeel in die meeste haarontspanners, alhoewel die konsentrasie net heelwat laer is.

9.6 Hoofstukopsomming

ESFYX

► Sien aanbieding: 2CF4 op www.everythingscience.co.za

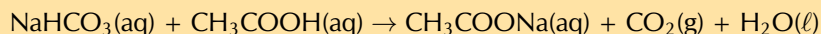
- Die **Arrhenius** definisie van sure en basisse definieer 'n suur as 'n verbinding wat die konsentrasie hidroniumione (H_3O^+) in 'n oplossing verhoog. 'n Basis word gedefinieer as 'n verbinding wat die konsentrasie hidroksiedione (OH^-) in 'n oplossing verhoog. Hierdie definisies is egter slegs van toepassing op waterige oplossings.
- Die **Brønsted-Lowry** definisie is baie wyer. 'n **Suur** is 'n verbinding wat **protone skenk** (H^+) en 'n **basis** is 'n verbinding wat **protone ontvang**.
- In verskillende reaksies kan sommige verbindinge optree as beide 'n basis en 'n suur. Hierdie verbindinge is **amfoteriese** verbindinge. **Amfiprotiese** verbindinge is amfoteriese verbindinge wat Brønsted-Lowry sure en basisse is. Water is beide amfoteries en amfiproties.
- 'n **Gekonjugeerde suur-basis paar** verwys na twee verbindinge (een reagens en een produk) wat verskil met een waterstofioon (H^+) en 'n lading van +1.

- 'n Groot persentasie molekules in 'n **sterk** suur of basis dissosieer of ioniseer om ione in oplossing te vorm.
- Slegs 'n klein persentasie molekules in 'n **swak** suur of basis dissosieer of ioniseer om ione in oplossing te vorm.
- In 'n **gekonsentreerde** oplossing is daar **hoë verhouding** opgeloste stof tot oplosmiddel.
- In 'n **verdunde** oplossing is daar **lae verhouding** opgeloste stof tot oplosmiddel.
- K_a en K_b is die ewewigskonstantes vir die reaksie tussen 'n suur of 'n basis met water. 'n Groot K_a of K_b beteken dat die suur of basis **sterk** is. 'n Klein K_a of K_b beteken dat die suur of basis **swak** is.
- Wanneer 'n suur en 'n basis reageer vorm hulle 'n **sout** en **water**. Die sout bestaan uit die kation van die basis en die anioon van die suur. 'n Voorbeeld van 'n sout is natriumchloried (NaCl), wat die produk van die reaksie tussen natriumhidroksied (NaOH) en soutsuur (HCl) is.
- Die reaksie tussen 'n suur en 'n basis is 'n **neutralisasie** reaksie.
- In die reaksie tussen 'n suur en 'n **metaal** is die produkte **sout** en **waterstof**.
- In die reaksie tussen 'n suur en 'n **metaalhidried** of **metaaloksied** is die produkte 'n **sout** en **water**.
- In die reaksie tussen 'n suur en 'n **metaalkarbonaat** of **metaalwaterstofkarbonaat** is die produkte 'n **sout**, **water** en **koolstofdioksied**.
- Die **pH** skaal is 'n aanduiding van die suurheid of alkaliniteit van 'n oplossing. Dit wissel van 0 tot 14. Waardes groter as 7 dui op 'n basis terwyl waardes kleiner as 7 'n aanduiding van 'n suur is.
- Water ioniseer tot 'n klein mate. K_w is 'n aanduiding van hierdie outo-ionisasie. K_w is 1×10^{-14} by 25 °C.
- 'n **Indikator** is 'n verbinding wat verskillende kleure in 'n basiese oplossing, 'n suur oplossing en die eindpunt van 'n reaksie aanneem. Dit word gebruik om die eindpunt te bepaal tydens 'n neutralisasie reaksie.
- **Titrasie** is 'n metode wat gebruik word om die konsentrasie van 'n bekende verbinding te bepaal deur 'n ander, gestandaardiseerde oplossing (standaard-oplossing) te gebruik. 'n Suur-basis titrasie is 'n voorbeeld hiervan.
- Twee noemenswaardige toepassings van sure en basiese is in die **chlooralkali-industrie** en in haarprodukte soos **permanente golwingsmiddels**, **haarontspanners** en **haarkleurmiddels**.

Oefening 9 – 7:

1. Die maag skei maagsappe af, wat soutsuur bevat. Hierdie sappe help met vertering. Daar vind soms 'n oorproduksie van suur plaas wat lei tot sooi-brand en swak spysvertering. Teensuurmiddels soos melk van magnesia kan geneem word om die oormaat suur te neutraliseer. Melk van magnesia is slegs gedeeltelik oplosbaar in water en het die chemiese formule $Mg(OH)_2$.
 - a) Skryf 'n gebalanseerde reaksievergelyking om aan te toon hoe die teensuurmiddel met die suur reageer.
 - b) Die aanwysings op die bottel stel voor dat kinders onder die ouderdom van 12 jaar een teelepel melk van magnesia neem terwyl volwassenes tot twee teelepels van die teensuurmiddel kan neem. Verduidelik kortliks die verskil in dosis.
 - c) Waarom is dit nie raadsaam om 'n oordosis teensuurmiddel te neem nie? Verwys na die soutsuurkonsentrasie in jou maag om die vraag te beantwoord.
(DoE Graad 11 Eksemplaar, 2007)

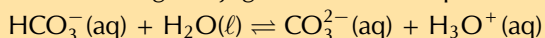
2. Die verbinding NaHCO_3 is algemeen bekend as koeksoda. 'n Resep benodig 1,6 g koeksoda, gemeng met ander bestandele, om 'n koek te bak.
- a) Bereken die aantal mol NaHCO_3 wat gebruik is om die koek te bak.
 - b) Hoeveel atome suurstof is daar in 1,6 g koeksoda?
 - c) Tydens die bakproses reageer bakpoeier met 'n suur (bv. asynsuur in asyn) om koolstofdiksied en water te vorm soos in die onderstaande vergelyking getoon word.



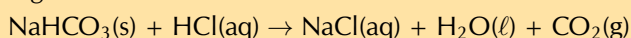
Ons gebruik die bostaande vergelyking om te verduidelik waarom die koek rys gedurende die bakproses.

(DoE Graad 11 Vraestel 2, 2007)

3. Benoem die gekonjugeerde suur-basis pare in die volgende reaksievergelyking:



4. 'n Sekere teensuurtablet bevat 22,0 g koeksoda (NaHCO_3). Dit word gebruik om 'n oormaat suur in die maag te neutraliseer. Die gebalanseerde reaksievergelyking vir die reaksie is:



Soutsuur in die maag het 'n konsentrasie van $1,0 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Bereken die volume soutsuur wat deur die teensuurtablet geneutraliseer kan word.

(DoE Graad 11 Vraestel 2, 2007)

5. 'n Leerder vind 'n swaelsuur oplossing in 'n bottel met 'n etiket wat sê "verdunde swaelsuur". Hy wil die konsentrasie van die swaelsuur oplossing bepaal. Hy besluit om die swaelsuur oplossing teen 'n standaard kaliumhidroksied oplossing (KOH) te titreer.

- a) Wat is 'n standaardoplossing?
- b) Bereken die massa KOH wat gebruik moet word om 300 cm^3 van 'n $0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KOH oplossing te berei.
- c) Bereken die pH van die $0,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KOH oplossing (aanvaar dat dit by standaardtemperatuur is).
- d) Skryf 'n gebalanseerde reaksievergelyking vir die reaksie tussen H_2SO_4 en KOH.
- e) Gedurende die titrasie bevind die leerder dat 15 cm^3 KOH oplossing 20 cm^3 H_2SO_4 oplossing neutraliseer. Bereken die konsentrasie van die H_2SO_4 oplossing.

(IEB Vraestel 2, 2003)

6. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CF5 2. 2CF6 3. 2CF7 4. 2CF8 5. 2CF9



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Elektriese stroombane

10.1	<i>Inleiding</i>	380
10.2	<i>Serie- en parallelle weerstandnetwerke (Hersiening)</i>	380
10.3	<i>Batterye en interne weerstand</i>	392
10.4	<i>Bepaal interne weerstand in stroombane</i>	396
10.5	<i>Wheatstonebrug [nie eksamineerbaar nie]</i>	406
10.6	<i>Hoofstukopsomming</i>	407

10.1 Inleiding

ESFY

Die studie van elektriese stroombane is noodsaaklik om die tegnologie waar elektrisiteit in die wêreld gebruik word, te verstaan. In hierdie hoofstuk gaan ons fokus op hersiening van Graad 11 werk en om ons begrip van die interne struktuur van 'n battery/sel en die invloed daarvan op dit wat jy reeds van stroombane weet, uit te brei.

► Sien video: 2CFB op www.everythingscience.co.za

Verwante konsepte

- Eenhede en omskakeling van eenhede — Fisiese Wetenskappe, Graad 10, Wetenskapvaardighede
- Stroombaankomponente — Fisiese Wetenskappe, Graad 10, Elektriese stroombane
- Ohm se wet — Fisiese Wetenskappe, Graad 11, Elektriese stroombane
- Serie- en parallelle komponente — Fisiese Wetenskappe, Graad 11, Elektriese stroombane
- Vergelykings — Wiskunde, Graad 10, Vergelykings en ongelykhede

10.2 Serie- en parallelle weerstandnetwerke (Hersiening)

ESFY

In Graad 10 en Graad 11 het jy van elektriese stroombane geleer en is jy bekendgestel aan drie hoeveelhede wat fundamenteel is vir die gebruik van elektriese stroombane. Hierdie hoeveelhede is naverwant en is **stroom**, **spanning (potensiaalverskil)** en **weerstand**. Ter hersiening:

1. Elektriese stroom, I , word gedefinieer as die tempo waarteen lading deur 'n stroombaan vloei.
2. Potensiaalverskil of spanning, V , is die energie wat oorgedra word per eenheids-lading wat vloei tussen twee punte in 'n stroombaan. Lading wat deur 'n battery vloei, verkry energie wat dan weer oorgedra word soos die lading deur die stroombaan vloei.
3. Weerstand, R , is 'n eienskap van 'n stroombaankomponent wat die vloei van die lading teenstaan. Werk moet gedoen word vir 'n lading om deur 'n resistor te beweeg.

In stroombane waarvan die weerstand konstant bly, kan hierdie hoeveelhede se verwantskappe voorgestel word deur Ohm se wet.

NOTA:**Ohm se wet**

Vir 'n resistor by konstante temperatuur, is die verhouding $\frac{V}{I}$ konstant. Hierdie verhouding noem ons weerstand. Dit is dieselfde as om te sê dat die grootte van 'n elektriese stroom deur 'n metaalgeleier in 'n stroombaan, teen 'n konstante temperatuur, direk eweredig is aan die spanning oor die geleier en kan beskryf word met

$$I = \frac{V}{R}$$

Met ander woorde, teen 'n konstante temperatuur is die weerstand van die geleier konstant, ongeag die spanning wat daaroor toegepas word of die stroom wat daardeur gaan.

Ons het gefokus op die eienskappe van 'n enkele komponent. Nou moet ons kyk na 'n kombinasiekomponente in 'n stroombaan.

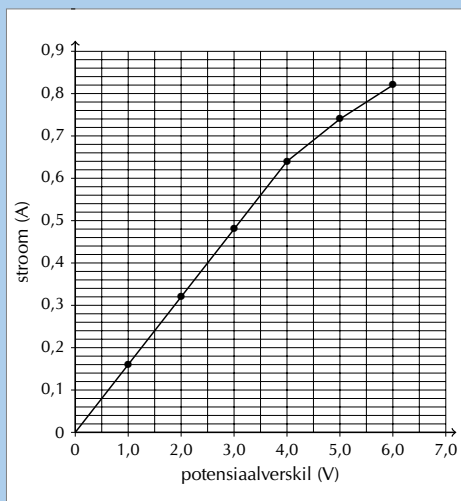
BELANGRIK!

Jy sal dikwels hoor mense gebruik die terme spanning en potensiaalverskil om dieselfde hoeveelheid te beskryf. Albei is korrek, maar dit is belangrik om op te let na verskillende bewoording vir dieselfde hoeveelheid.

Stroombane bestaan nie uit 'n enkele komponent nie en ons het geleer hoe spanning, stroom en weerstand geaffekteer word in stroombane met verskeie resistors. Daar is twee basiese kombinasies vir 'n netwerk van resistors, nl. serie en parallel. Resistors in serie en resistors in parallel het verskillende eienskappe wanneer 'n mens praat van stroom, spanning en ekwivalente weerstand.

Uitgewerkte voorbeeld 1: Ohm se wet [NSS 2011 Vraestel 1]**VRAAG**

Leerders voer 'n ondersoek uit om Ohm se wet te verifieer. Hulle meet die stroom deur 'n geleidende draad vir verskillende potensiaalverskille oor sy ente. Die resultate wat verkry word word in die grafiek hieronder aangetoon:



1. Watter EEN van die gemete hoeveelhede is die afhanklike veranderlike?

(1 punt)

2. Die grafiek wyk by 'n sekere punt van Ohm se wet af.

- a) Skryf die koördinate van die gestipte punt op die grafiek neer waarbo Ohm se wet nie gehoorsaam word nie.

(2 punte)

- b) Bereken die gradiënt van die grafiek vir die gedeelte waar Ohm se wet gehoorsaam word. Gebruik dit om die weerstand van die geleier te bereken.

(2 punte)

3. Bereken die gradiënt van die grafiek vir die gedeelte waar Ohm se wet nagekom word.
Gebruik dit om die weerstand te bereken van die geleidende draad. (4 punte)

OPLOSSING

Vraag 1: Stroom OF I (1 punt)

Vraag 3

Vraag 2

Die grafiek wyk by 'n punt af van Ohm se wet.

$$\begin{aligned}\text{Gradient: } m &= \frac{\Delta y}{\Delta x} \\ &= \frac{0,64 - 0}{4 - 0} \\ &= 0,16\end{aligned}$$

1. (4,0 ; 0,64)
(2 punte)

2. Temperatuur is nie konstant gehou nie.
(2 punte)

$$\begin{aligned}R &= \frac{1}{0,16} \\ &= 6,25 \, \Omega\end{aligned}$$

(4 punte)

[TOTAAL: 9 punte]

BELANGRIK!

'n Stroombaan kan bestaan uit 'n kombinasie van serie- en parallelnetwerke wat op hulle beurt weer in parallel of serie is. Ons kan dele van die hele stroombaan onafhanklik behandel deur Ohm se wet op elkeen van die komponente toe te pas.

NOTA:

Resistors in serie gekoppel

Resistors is in serie as hulle een na die ander in die stroombaan geskakel word en daar is geen vertakkings tussen hulle nie. Vir n resistors in serie, is die ekwivalente weerstand:

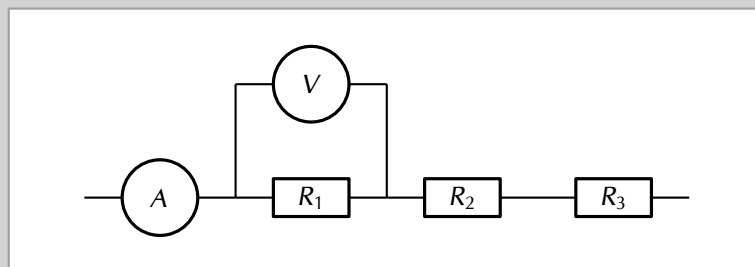
$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Vir n resistors in serie, word die potensiaalverskil oor die resistors verdeel:

$$V_{\text{Totaal}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

Die stroom is konstant deur die resistors.

$$I_{\text{Totaal}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$



Hierdie afleidings maak sin, want dit stem ooreen met vorige gevolgtrekkings wat gemaak is oor ladings en energie;

- **Behoud van lading:** Ons het geleer dat ladings nie geskep of vernietig word nie. Dit stem ooreen met die stroom in 'n serienetwerk wat regdeur 'n resistornetwerk in serie dieselfde is. Ladings word nie bygevoeg nie, gaan nie verlore nie, en hoop nie op nie, en daarom behoort die aantal ladings wat verby 'n vaste punt in een sekonde beweeg dieselfde te wees.
- **Behoud van energie:** Ons het geleer dat energie nie geskep of vernietig word nie, maar word oorgedra deur arbeid. Die spanning oor 'n resistor is die energie per ladingseenheid (arbeid) wat vereis word om deur 'n resistor te beweeg. Die totale arbeid verrig om deur 'n resistornetwerk wat in serie gekoppel is te beweeg, moet die som wees van arbeid verrig om deur elke individuele resistor te kom.

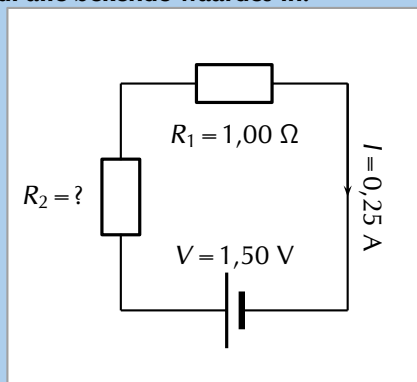
Uitgewerkte voorbeeld 2: Ohm se wet, alle komponente in serie

VRAAG

Twee ohmiese resistors (R_1 en R_2) is in serie gekoppel met 'n sel met weglaatbare interne weerstand. Vind die weerstand van R_2 , as die stroom wat deur R_1 en R_2 vloei $0,25\text{ A}$ is en as die potensiaalverskil oor die sel $1,50\text{ V}$ is. $R_1 = 1,00\ \Omega$.

OPLOSSING

Stap 1: Teken die stroombaandiagram en vul alle bekende waardes in.



Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader.

Ons kan Ohm se wet gebruik om die totale weerstand R in die stroombaan te vind, en dan die onbekende weerstand bereken met die gebruik van:

$$R_S = R_1 + R_2$$

omdat R_1 en R_2 in serie gekoppel is.

Stap 3: Vind die totale weerstand

$$\begin{aligned} R_S &= \frac{V}{I} \\ &= \frac{1,5}{0,25} \\ &= 6\ \Omega \end{aligned}$$

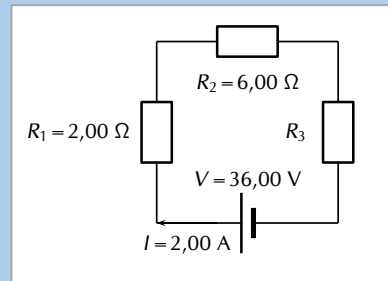
Stap 4: Vind die onbekende weerstand

Ons weet dat $R_S = 6,00\ \Omega$ en dat $R_1 = 1,00\ \Omega$ aangesien $R = R_1 + R_2$ $R_2 = R - R_1$ daarom $R_2 = 5,00\ \Omega$

VRAAG

In die stroombaandiagram hieronder, bereken:

1. die potensiaalverskil van V_1 , V_2 en V_3 oor die resistors R_1 , R_2 en R_3
2. die weerstand van R_3 .



OPLOSSING

Stap 1: Bepaal hoe om die probleem te benader

Ons word die potensiaalverskil oor die sel gegee, sowel as die stroom in die stroombaan, en die weerstand van twee van die drie resistors. Ons kan Ohm se wet gebruik om die potensiaalverskil oor die bekende resistors uit te werk. Aangesien die resistors in 'n serienetwerk is, is die potensiaalverskil $V = V_1 + V_2 + V_3$ en ons kan V_3 bereken. Nou kan ons hierdie inligting gebruik om die potensiaalverskil oor die resistor R_3 te vind.

Stap 2: Bereken potensiaalverskil oor R_1

Met die gebruik van Ohm se wet:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{V_1}{I} \\ I \cdot R_1 &= I \cdot \frac{V_1}{I} \\ V_1 &= I \cdot R_1 \\ &= 2 \cdot 2 \\ V_1 &= 4,00 \text{ V} \end{aligned}$$

Stap 3: Bereken potensiaalverskil oor R_2

Gebruik Ohm se wet:

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{V_2}{I} \\ I \cdot R_2 &= I \cdot \frac{V_2}{I} \\ V_2 &= I \cdot R_2 \\ &= 2 \cdot 6 \\ V_2 &= 12,00 \text{ V} \end{aligned}$$

Stap 4: Bereken potensiaalverskil oor R_3

Aangesien die potensiaalverskil oor al die gekombineerde resistors dieselfde moet wees as die potensiaalverskil oor die sel in 'n seriestroombaan, kan ons V_3 vind deur:

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + V_3 \\ V_3 &= V - V_1 - V_2 \\ &= 36 - 4 - 12 \\ V_3 &= 20,00 \text{ V} \end{aligned}$$

Stap 5: Vind R_3 se weerstand

Ons weet wat die potensiaalverskil oor R_3 en die stroom daardeur is, so ons kan Ohm se wet gebruik om die waarde van die weerstand te bereken:

$$\begin{aligned} R_3 &= \frac{V_3}{I} \\ &= \frac{20}{2} \\ R_3 &= 10,00 \Omega \end{aligned}$$

Stap 6: Skryf die finale antwoord

- $V_1 = 4,00 \text{ V}$
- $V_2 = 12,00 \text{ V}$
- $V_3 = 20,00 \text{ V}$
- $R_3 = 10,00 \Omega$

NOTA:**Ekwivalente weerstand in 'n parallelle netwerk**

'n Parallelle netwerk is wanneer die stroom opdeel in verskeie takke met komponente (in ons geval, resistors). 'n Tak kan verskeie resistors in serie bevat en steeds deel wees van die parallelle netwerk. Vir n takke van resistors in parallel kan die ekwivalente weerstand bereken word uit die totale weerstand van elke tak en is:

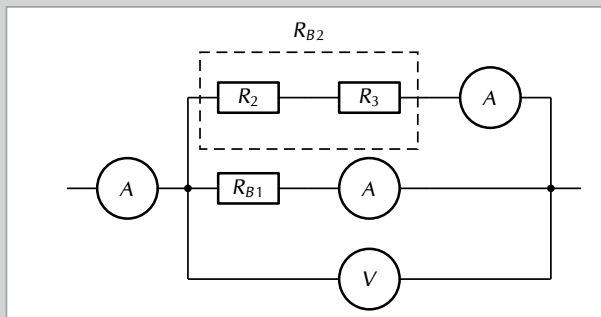
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_{B1}} + \frac{1}{R_{B2}} + \frac{1}{R_{B3}} + \dots + \frac{1}{R_{Bn}}$$

Vir n takke van resistors in parallel is die potensiaalverskil dieselfde oor elk van die takke:

$$V_{\text{Totaal}} = V_{B1} = V_{B2} = V_{B3} = \dots = V_{Bn}$$

Die stroom word verdeel deur die takke.

$$I_{\text{Totaal}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$



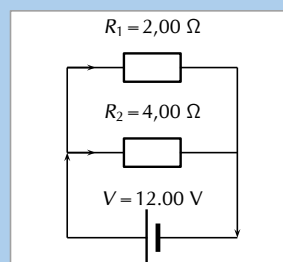
Kom ons neem 'n oomblik om vas te stel of die energiebehoudswette nog geldig is:

- **Behoud van lading:** Ons het geleer dat ladings nie geskep of vernietig word nie. Dit bly konstant wanneer die stroom verdeel tussen die takke. Ladings word nie bygevoeg, verloor of opgedam nie en daarom moet die totale hoeveelheid lading wat deur die takke beweeg dieselfde wees as die hoeveelheid wat die punt waar die stroombaan vertak, binnekom.
- **Behoud van energie:** Ons het geleer dat energie nie geskep of vernietig word nie, maar deur werk oorgedra word. Die energie per eenheidslading verander nie (behalwe as werk gedoen word), daarom sal die energie per eenheidslading in elke tak dieselfde wees.

Uitgewerkte voorbeeld 4: Ohm se wet, resistors in parallel geskakel

VRAAG

Indien beide resistors in onderstaande stroombaandiagram ohmiese geleiers is, bereken die stroom (I) in die stroombaan.



OPLOSSING

Stap 1: Bepaal wat nodig word

Ons moet die totale stroom wat deur die stroombaan vloei bereken.

Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader

Omdat die resistors ohmies van natuur is, kan ons Ohm se wet gebruik. Daar is egter twee resistors in die stroombaan en ons moet die totale weerstand bereken.

Stap 3: Bereken die ekwivalente weerstand in die stroombaan

Omdat die resistors in parallel gekoppel is, is die totale (ekwivalente/effektiewe) weerstand R :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ &= \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \\ &= \frac{2+1}{4}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= \frac{3}{4} \\ \text{dus, } R &= \frac{4}{3} = 1,33 \, \Omega\end{aligned}$$

Stap 4: Pas Ohm se wet toe

$$\begin{aligned}R &= \frac{V}{I} \\ R \cdot \frac{I}{R} &= \frac{V}{I} \cdot \frac{I}{R} \\ I &= \frac{V}{R} \\ I &= V \cdot \frac{1}{R} \\ &= (12) \left(\frac{3}{4} \right) \\ &= 9,00 \, \text{A}\end{aligned}$$

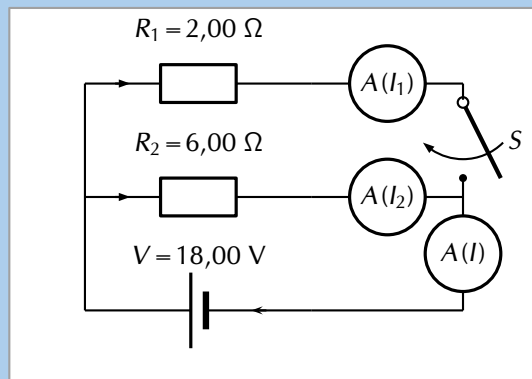
Stap 5: Skryf die finale antwoord

Die totale stroom in die stroombaan is 9,00 A.

Uitgewerkte voorbeeld 5: Ohm se wet, parallelle netwerk van resistors

VRAAG

'n 18,00 V sel is geskakel aan twee parallelle resistors van 2,00 Ω en 6,00 Ω onderskeidelik. Bereken die stroom deur elk van die ammeters wanneer die skakelaar oop en toe is.



Stap 1: Bepaal hoe om die probleem te benader

Ons moet die stroom deur die sel en elk van die parallelle resistors bepaal. Ons weet wat die potensiaalverskil oor die sel en die weerstand van die resistors is, so ons kan Ohm se wet gebruik om die stroom te bereken.

Daar is twee alternatiewe benaderings wat ons kan gebruik:

- ons kan die feit dat die potensiaalverskil oor elk van die resistors dieselfde is as die potensiaalverskil oor die sel, omdat hulle in parallelle netwerk is, gebruik en dan Ohm se wet toepas; of
- ons kan die ekwivalente weerstand van die stroombaan en die totale stroom bereken en dit dan gebruik om die stroom deur elk van die resistors te bepaal.

BELANGRIK!

Beide metodes sal die korrekte antwoord gee as jy geen berekeningsfoute maak nie, maar die een metode is korter.

Stap 2: Bepaal nou wat die stroom deur een van die parallelle resistors is

Ons weet dat vir 'n netwerk met net twee resistors in parallel en 'n sel, soos in hierdie geval, is die potensiaalverskil oor die sel dieselfde as wat die potensiaalverskil oor elk van die parallelle resistors is. Vir hierdie stroombaan:

$$V = V_1 = V_2 = 18,00 \text{ V}$$

Kom ons begin deur die stroom deur R_1 te bereken met behulp van Ohm se wet:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{V_1}{I_1} \\ I_1 &= \frac{V_1}{R_1} \\ &= \frac{18,00}{2,00} \\ I_1 &= 9,00 \text{ A} \end{aligned}$$

Stap 3: Bereken die stroom deur die ander parallelle resistor

Ons kan weer Ohm se wet gebruik om die stroom deur R_2 te bereken:

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{V_2}{I_2} \\ I_2 &= \frac{V_2}{R_2} \\ &= \frac{18,00}{6,00} \\ I_2 &= 3,00 \text{ A} \end{aligned}$$

Stap 4: Bereken die totale stroom

Die stroom deur elk van die parallelle resistors moet saam gelyk wees aan die totale stroom deur die sel:

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 \\ &= 9,00 + 3,00 \\ I &= 12,00 \text{ A} \end{aligned}$$

Stap 5: Wanneer die skakelaar oop is

Die vertakking deur R_1 is onderbreek, so geen stroom kan daardeur vloei nie. Dit beteken dat ons dit heeltemal kan ignoreer en dat die stroombaan uit slegs 'n enkele resistor R_2 en 'n sel bestaan.

Ons kan weer Ohm se wet gebruik om die stroom deur R_2 te bereken:

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

$$= \frac{18,00}{6,00}$$

$$I_2 = 3,00 \text{ A}$$

Stap 6: Skryf die finale antwoord

Wanneer die skakelaar toe is:

- Die stroom deur die sel is 12,00 A.
- Die stroom deur die $2,00 \Omega$ resistor is 9,00 A.
- Die stroom deur die $6,00 \Omega$ resistor is 3,00 A.

Wanneer die skakelaar oop is:

- Die stroom deur die $6,00 \Omega$ resistor is 3,00 A.

Informele eksperiment: Serie- en parallelle netwerke**Doelwit:**

Om die verandering in stroom en spanning waar te neem wanneer die vertakking van stroombane oop of toe is.

Toerusting:

Jy sal die volgende apparaat benodig vir die ondersoek:

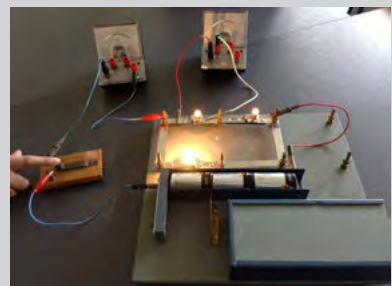
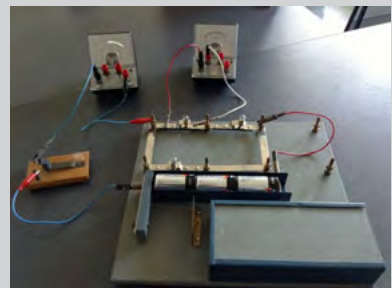
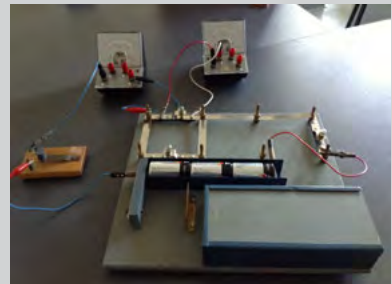
- batterye/selle
- verbindingsdrade
- 'n stel resistors en/of gloeilampe
- ammeters
- voltmeters

Metode:

Vir hierdie ondersoek, stel 'n stroombaan op met resistors in parallel en serie. Byvoorbeeld, probeer om

- 'n parallelle netwerk te skakel met verskillende hoeveelhede resistors/gloeilampe in elke tak
- die aantal resistors/gloeilampe in elke vertakking te verander
- nog 'n resistor/gloeilamp in serie by die parallelle netwerk te voeg

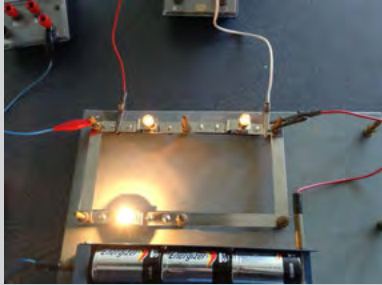
Sluit 'n ammeter en skakelaar by elke vertakking in. Teken waarnemings en data aan oor wat gebeur wanneer jy 'n tak verwyder deur die skakelaar oop te maak in die vertakking.



Wat gebeur met die stroom in die ander twee takke? Probeer voorspel wat sal gebeur voordat jy die skakelaar aan of af sit en voordat gloeilampe of resistors bygevoeg word.

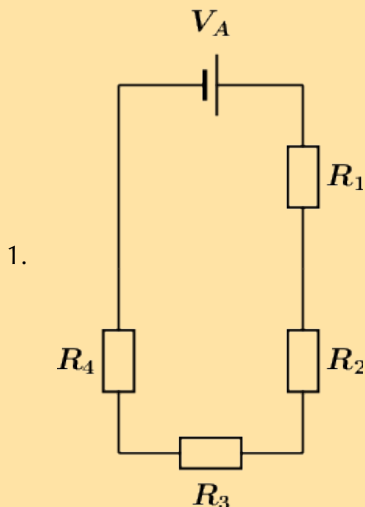
Bespreking:

Maak seker om die volgende te noteer en te bespreek:



- wanneer 'n nuwe vertakking bygevoeg word, verminder of vermeerder die totale stroom in die stroombaan,
- wanneer 'n nuwe vertakking bygevoeg word, verminder of vermeerder die stroom in die oorspronklike takke,
- wanneer 'n resistor in series by 'n parallelle netwerk bygevoeg word, verminder of vermeerder die stroom, en
- vergelyk wat gebeur wanneer 'n resistor in serie bygevoeg word deur 'n verdere vertakking in die parallelle netwerk te maak.

Oefening 10 – 1: Serie en parallelnetwerke



Die stroombaandiagram wys 'n elektriese stroombaan wat uit 'n battery en vier resistors bestaan.

Die **potensiaalverskil** (spanning) oor die battery is $V_A = 2,8 \text{ V}$

Die vier resistors se weerstande is onderskeidelik:

- $R_1 = 7,2 \Omega$
- $R_2 = 4,3 \Omega$
- $R_3 = 7,5 \Omega$
- $R_4 = 4,1 \Omega$

Neem aan dat positiewe lading in die stroombaan vloei (die konvensionele stroom).

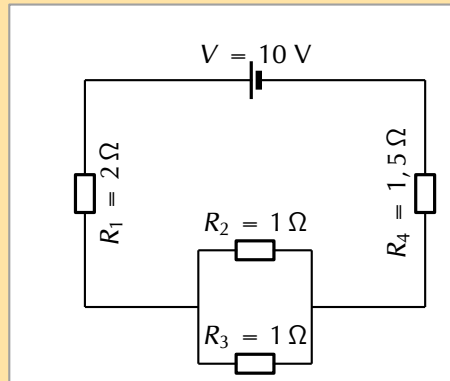
Gebruik die begrippe **Ohm se wet** en **elektriese stroombane** en bepaal die volgende:

- Watter tipe stroombaan word getoon in die diagram?
- Wat is die **totale ekwivalente weerstand** R_s van die baan?
 - rond jou antwoord af na 1 syfer na die desimale komma
 - gebruik die inligtingsblaaie of gegewensblaaie vir alle formules of waardes vir enige fisiese konstantes wat jy mag benodig, soos in die lys hier: <http://www.everythingscience.co.za/physical-constants>
- Wat is die potensiaalverskil (spanning) V_1 oor R_1 ?
 - rond jou antwoord af tot 3 syfers na die desimale komma
 - gebruik die inligtingsblaaie of gegewensblaaie vir alle formules of waardes vir enige fisiese konstantes wat jy mag benodig, soos in die lys hier: <http://www.everythingscience.co.za/physical-constants>

d) Wat is die potensiaalverskil (spanning) oor R_2 , R_3 , en R_4 ?

- rond jou antwoord tot 3 desimale plekke af
- gebruik die inligtingsblaaie of gegewensblaaie vir alle formules of waardes vir enige fisiese konstantes wat jy mag benodig, soos in die lys hier: <http://www.everythingscience.co.za/physical-constants>

2. Vir die volgende stroombaan, bereken:

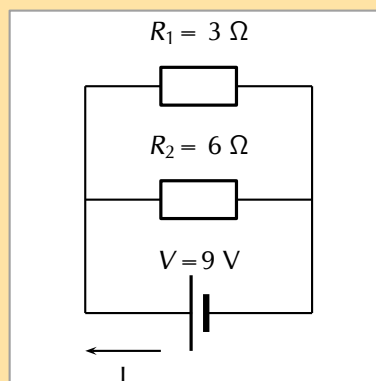


- die stroom deur die sel
- die potensiaalverskil oor R_4
- die stroom deur R_2

3. Bereken die ekwivalente weerstand van:

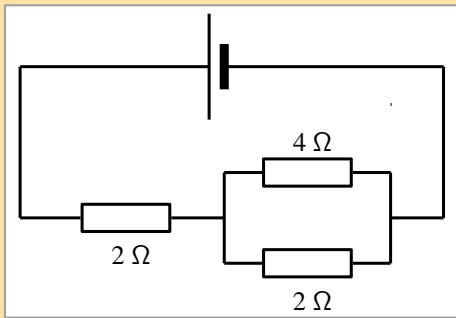
- drie $2\ \Omega$ resistors in serie;
- twee $4\ \Omega$ resistors in parallel;
- 'n $4\ \Omega$ resistor in serie met 'n $8\ \Omega$ resistor;
- 'n $6\ \Omega$ resistor in serie met twee resistors, (onderskeidelik $4\ \Omega$ en $2\ \Omega$), in parallel.

4. Bereken die totale stroom in die stroombaan indien beide resistors ohmies is.

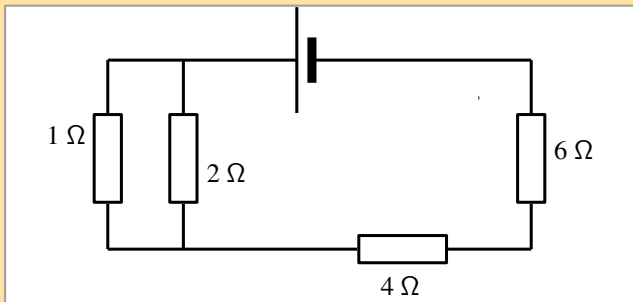


- Twee ohmiese resistors is in serie gekoppel. Die een resistor se weerstand is $4\ \Omega$. Wat is die weerstand van die ander resistor indien daar 'n stroom van $0,5\ \text{A}$ deur die resistors vloei wanneer hulle aan 'n spanningsbron van $6\ \text{V}$ gekoppel word.
- Bereken die ekwivalente weerstand van die volgende stroombane in vraag 6 en vraag 7:

6.

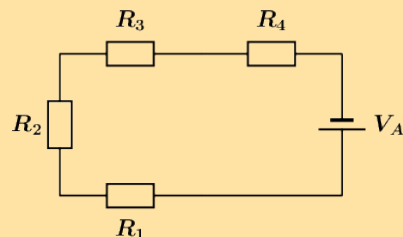


7.



8. Die diagram wys 'n elektriese stroombaan wat uit 'n battery en vier resistors bestaan. Die **potensiaalverskil** (spanning) oor die battery is $V_A = 1,2 \text{ V}$. Die resistors word soos volg aangeslaan:

- $R_1 = 4,2 \Omega$
- $R_2 = 2,9 \Omega$
- $R_3 = 3,8 \Omega$
- $R_4 = 3,5 \Omega$



Neem aan dat positiewe lading in die stroombaan vloei (die konvensionele stroom).

Gebruik die begrippe **Ohm se wet**, en **elektriese stroombane** en bepaal die volgende:

- a) Watter tipe stroombaan word getoon in die diagram?
- b) Wat is die **totale ekwivalente weerstand** R_{eq} van die baan?
 - rond jou antwoord af na 1 syfer na die desimale komma
 - gebruik die waardes vir enige fisiese konstantes wat jy mag benodig, soos in die lys hier: <http://www.everythingscience.co.za/physical-constants>
- c) Wat is die potensiaalverskil (spanning) oor R_1 , of V_1 ?
 - rond jou antwoord af tot 3 syfers na die desimale komma
 - gebruik die waardes vir enige fisiese konstantes wat jy mag benodig, soos in die lys hier: <http://www.everythingscience.co.za/physical-constants>
- d) Wat is die potensiaalverskil (spanning) oor R_2 , R_3 , en R_4 , of V_2 , V_3 , en V_4 ?
 - rond jou antwoord tot 3 desimale plekke af
 - gebruik die waardes vir enige fisiese konstantes wat jy mag benodig, soos in die lys <http://www.everythingscience.co.za/physical-constants>

9. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, kliek 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CFC 2. 2CFD 3. 2CFF 4. 2CFG 5. 2CFH 6. 2CFJ
7. 2CFK 8. 2CFM



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

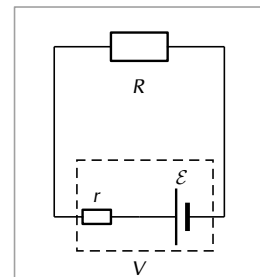
10.3 Battery en interne weerstand

ESFZ2

Die batterye wat ons tot nou toe behandel het kan as ideale batterye beskou word in die sin dat hulle geensins deur die stroombaan beïnvloed word nie en 'n presiese spanning verskaf totdat hulle pap geword het.

As jy die potensiaalverskil oor die twee pole van 'n battery meet met die hoofskakelaar oop, sal jy 'n ander waarde kry as die lesing met die hoofskakelaar gesluit. Die laasgenoemde waarde sal minder wees. Dit word soms die *velore volt* genoem. Daar is nie verlore eintlik iets wat verlore gegaan het nie, want die energie is oorgedra.

Battery bestaan uit stowwe wat weerstand het. Dit beteken dat batterye nie net bronne is van potensiaalverskil (spanning) nie, maar dat hulle ook interne weerstand besit. As die totale potensiaalverskil die emk, $\mathcal{E}$, genoem word, dan kan 'n battery voorgestel word as 'n emk wat in serie met 'n resistor r verbind word. Die interne weerstand van die battery word deur die simbool r verteenwoordig.



DEFINISIE: Lading

Die eksterne weerstand in die stroombaan word die lading genoem.

Gestel dat die battery met emk $\mathcal{E}$ en interne weerstand r 'n stroom van I deur 'n eksterne resistor R verskaf. Dan is die potensiaalverskil oor die eksterne weerstand wat deur die battery verskaf word:

$$V_{\text{eksterne weerstand}} = I \cdot R$$

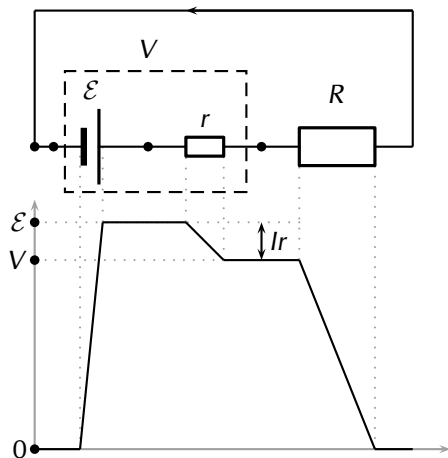
Soortgelyk, uit Ohm se wet, is die potensiaalverskil oor die interne weerstand:

$$V_{\text{interne weerstand}} = I \cdot r$$

Die potensiaalverskil V oor die eksterne weerstand is verwant aan sy emk $\mathcal{E}$ en interne weerstand r deur:

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= V + Ir \\ \text{of} \\ V &= \mathcal{E} - Ir\end{aligned}$$

Die battery is die energiebron en die energie wat per eenheidslading (emk) verskaf word is gelykstaande aan die totale werk verrig (potensiaalverskil) oor die komponente in die stroombaan. Dit kan geïllustreer word deur die energie per eenheidslading as 'n funksie van sy posisie in die stroombaan uit te druk. Die lading styg in energie wanneer dit deur die battery beweeg en dra energie oor wanneer dit deur die resistors beweeg.



1. Positiewe werk word deur die battery op 'n eenheidslading uitgevoer deur energie gelykstaande van die emk oor te dra.
2. Die lading doen werk om die interne lading van die battery te oorkom. Die werk wat gedoen word vereis dat die lading energie oordra. Die werk gedoen om die interne weerstand te oorkom is $V_{\text{interne weerstand}} = Ir$.
3. Wanneer die eenheidslading die battery verlaat het dit minder energie as die oorspronklike emk. Dit is nou dit totale energie wat dit het om meer werk deur die stroombaan, $V_{\text{eksterne weerstand}} = \mathcal{E} - Ir$ te doen.
4. Soos wat die lading deur die stroombaan beweeg doen dit werk gelykstaande aan IR om deur elke komponent te beweeg.

Die emk van 'n battery is hoofsaaklik konstant omdat dit afhang van 'n chemiese reaksie (wat chemiese energie in elektriese energie omskakel) wat binne-in die battery gebeur. Dus kan ons sien dat die potensiaalverskil oor die battery se pole afhang van die stroom wat vloei deur die stroombaan. Hoe hoër die stroom deur die lading hoe laer is die potensiaalverskil oor die pole, want die emk is konstant. Dit is hoekom die potensiaalverskil net gelyk is aan die emk wanneer die stroom baie klein is.

Die stroom wat vloei deur die stroombaan word beperk deur 'n kritieke maksimumwaarde I_c . Hoe meer weerstand die stroombaan bied, hoe minder sal die stroom wees. Verbeel jou dat jy 'n draad sonder enige weerstand het wat jy gebruik om die pole van die battery te koppel. Die stroombaan is voltooi, stroom sal vloei en die toevoeging van enige weerstand sal die stroom verminder. Sonder enige eksterne weerstand sal die stroom I_c wees. 'n Stroom gelyk aan I_c se potensiaalverskil oor die eksterne weerstand is nul, $V = 0 \text{ V}$ want daar is geen lading in die stroombaan nie. Die vergelyking word dan:

$$0 = \mathcal{E} - I_c r$$

$$I_c r = \mathcal{E}$$

$$I_c = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

Die maksimum stroom wat deur 'n battery verskaf kan word is minder as $\frac{\mathcal{E}}{r}$.

VRAAG

Bepaal die interne weerstand van 'n battery met 'n emk van 12,00 V en 'n potensiaalverskil van 10,00 V oor sy pole, wanneer 'n stroom van 4,00 A deur die battery vloei.

OPLOSSING

Stap 1: Bepaal hoe om die probleem te benader
Dit is 'n interne weerstand probleem. Dus gebruik ons die vergelyking:

$$\mathcal{E} = V + Ir$$

Stap 2: Los die probleem op

$$\mathcal{E} = V + Ir$$

$$12 = 10 + 4(r)$$

$$r = 0,5 \, \Omega$$

Stap 3: Skryf die finale antwoord

Die interne weerstand van die battery is 0,50 Ω .

Formele eksperiment: Berekening van die interne weerstand van 'n battery

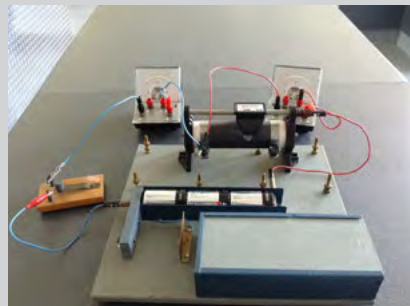
Doelwit:

Om die interne weerstand van 'n battery te bepaal

Apparaat:

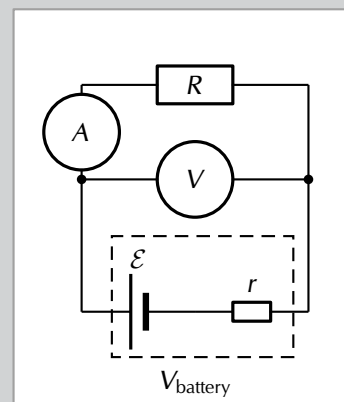
Jy benodig die volgende apparaat vir die eksperiment:

- battery/sel wat bestudeer word
- verbindingsdrade
- 'n stel resistors of 'n reostaat
- ammeter
- voltmeter



Metode:

Ons gaan 'n stroombaan opstel wat die battery wat ons wil bestudeer bevat wat in serie gekoppel is aan 'n resistor. Dan sal ons die potensiaalverskil oor die lading meet, sowel as die stroom vir verskillende weerstande in die stroombaan. Dit maak nie saak of dit elke keer 'n ander resistor is nie en of daar meer resistors in serie of in parallel is nie. Wat saak maak is dat die algehele weerstand van die stroombaan verander, sodat die stroom elke keer verskillend is.



Ons doen dit omdat dit vir ons inligting gee oor die interne weerstand van die battery omdat die potensiaalverskil oor die interne weerstand $V_{\text{interne weerstand}} = I \cdot r$ is en ons I kan varieer deur die weerstand van die stroombaan te verander. As die potensiaalverskil oor die interne weerstand verander en ons tel al die potensiaalverskille $\mathcal{E} = V_{\text{eksterne weerstand}} + V_{\text{interne weerstand}}$ bymekaar, kan ons die interne weerstand bepaal.

'n Grafiek van $V_{\text{eksterne weerstand}}$ teenoor I sal die verwantskap tussen $\mathcal{E}$ en r voorstel. Om te verstaan hoe om die grafiek te gebruik, begin ons met die vergelyking vir die grootte van die $\mathcal{E}$ en vervang Ohm se wet en herrangskik soos volg:

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= V_{\text{eksterne weerstand}} + V_{\text{interne weerstand}} \\ \mathcal{E} &= V_{\text{eksterne weerstand}} + I \cdot r \\ V_{\text{eksterne weerstand}} &= \mathcal{E} - I \cdot r \\ V_{\text{eksterne weerstand}} &= -r \cdot I + \mathcal{E} \\ \underbrace{V_{\text{eksterne weerstand}}}_y &= \underbrace{-r}_m \cdot \underbrace{I}_x + \underbrace{\mathcal{E}}_c\end{aligned}$$

As ons die grafiek van $V_{\text{eksterne weerstand}}$ teenoor I teken, kan ons aflei dat die helling van die grafiek, m , $-r$ sal wees en die afsnit van die y -as, c , sal die emk $\mathcal{E}$ wees.

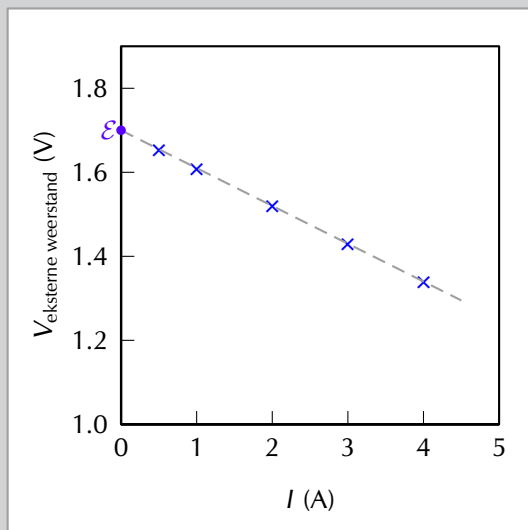
Resultate:

Noteer jou resultate in 'n tabel soos die een hieronder. Jy mag meer lesings neem as jy wil.

Opstelling	$V_{\text{eksterne weerstand}}$ (V)	I (A)
Weerstand 1		
Weerstand 2		
Weerstand 3		
Weerstand 4		
Weerstand 5		

Bespreking en gevolgtrekking:

Stel jou data grafies voor op 'n stel asse wat soortgelyk is aan die voorbeeld. Die blou kruisies stel die gemete datapunte voor en die grys stippellyn word reguit deur die datapunte geteken. Die beste lyn hoef nie deur al die datapunte te gaan nie maar oor die algemeen behoort dit dieselfde hoeveelheid punte bo as onder die lyn te hê. Die helling van die lyn kan gemeet word en aan $-r$ gelyk gestel word en die afsnit op die y -as sal vir jou $\mathcal{E}$ gee. Die snypunt op die x -as sal vir jou die maksimum moontlike stroom gee wat die battery kan lewer.



- Het jou resultate 'n perfekte reguit lyn gevorm?
- Noem moontlike eksperimentele foute.

Oefening 10 – 2:

1. Beskryf wat word bedoel deur die *interne weerstand* van 'n battery.
2. Verduidelik hoekom daar 'n verskil is tussen die emk en die poolspanning van 'n battery as die stroom deur die eksterne stroombaan vloei.
3. Wat is die interne weerstand van 'n battery met 'n emk van 6 V en 'n potensiaalverskil oor sy pole van 5,8 V, as 'n stroom van 0,5 A in die stroombaan vloei?
4. 'n 12,0 V sel het 'n interne weerstand van 7,0 Ω .
 - a) Wat is die maksimum stroom wat hierdie sel kan voorsien?
 - b) Wat is die potensiaalverskil oor die pole van die sel wanneer dit 'n stroom van 150.0 mA voorsien?
 - c) Skets 'n grafiek om aan te dui hoe die potensiaalverskil verander met die stroom voorsiening as die interne weerstand konstant bly. Hoe sal die interne weerstand van die grafiek bepaal kan word?
5. In 'n gehoortoestel voorsien 'n sel 'n stroom van 25.0 mA deur 'n weerstand van 400 Ω . Wanneer die volume verhoog word, verander die weerstand na 100 Ω en die stroom verhoog na 60 mA. Wat is die emk en die interne weerstand van die sel?
6. 'n Sel is in serie aan 'n reostaat en 'n ammeter gekoppel. Wanneer die weerstand van die resistor 10 Ω is, is die stroom 2.0 A. Wanneer die weerstand 5 Ω is, is die stroom 3.8 A. Bereken die emk en die interne weerstand van die sel.
7. Wanneer 'n sel direk oor 'n hoë weerstand voltmeter gekoppel is, is die lesing 1.50 V. Wanneer die sel deur 'n lae weerstand ammeter herlei word is die stroom 2.5 A. Bepaal die emk en die interne weerstand van die sel?
8. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CFN](#)
2. [2CFP](#)
3. [2CFQ](#)
4. [2CFR](#)
5. [2CFS](#)
6. [2CFT](#)
7. [2CFV](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

10.4 Bepaal interne weerstand in stroombane

ESFZ3

Benadering

ESFZ4

Die benadering om probleme aangaande die interne weerstand van selle op te los, is eenvoudig. Elke sel in die vorige voorbeelde was 'n bron van emk met 'n klein interne weerstand. Los die probleme soos voorheen op maar sluit interne weerstand, r , in al jou berekeninge in.

'n Belangrike konsep om te besef is dat die potensiaalverskille wat jy voorheen uitgewerk het of gegee is in vorige voorbeelde is nie die emk nie. Dit is die emk sonder die potensiaalverskil oor die interne weerstand.

Om te beklemtoon dat die interne weerstand 'n uitvloeisel is van werk / wat jy reeds gedoen het neem ons die vorige voorbeelde en oorweeg die interne weerstand van die sel. Indien die interne weerstand nie soos 'n ohmiese weerstand opgetree het nie, sou dit nie moontlik gewees het nie, maar ons sal nie met sulke voorbeelde werk nie.

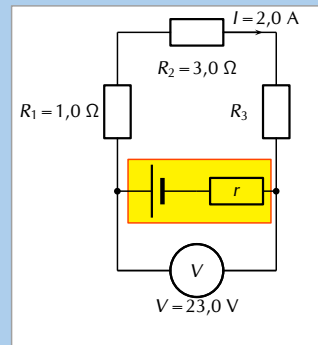
Uitgewerkte voorbeeld 7: Interne weerstand in stroombane met weerstande in serie

VRAAG

Vir die volgende stroombaan, bereken:

1. die potensiaalverskil V_1 , V_2 en V_3 oor onderskeidelik R_1 , R_2 en R_3 .
2. die weerstand van R_3 .

Indien die interne weerstand $0,1 \Omega$ is, bereken die emk van die sel en die drywing verbruik deur die interne weerstand van die sel?



OPLOSSING

Stap 1: Nota

Hierdie is soortgelyke vrae as wat jy vroeër beantwoord het. Dit beklemtoon dieselfde beginsels van vroeër, net toegepas op interne weerstand.

Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader

Ons word die potensiaalverskil oor die sel gegee, sowel as die stroom in die stroombaan en die weerstand van twee van die drie resistors. Ons kan Ohm se wet gebruik om die potensiaalverskil oor die bekende resistors uit te werk. Aangesien die resistors in 'n serienetwerk is, is die potensiaalverskil $V = V_1 + V_2 + V_3$ en ons kan V_3 bereken. Nou kan ons hierdie inligting gebruik om die potensiaalverskil oor resistor R_3 te vind.

Stap 3: Bereken potensiaalverskil oor R_1

Met die gebruik van Ohm se wet:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{V_1}{I} \\ I \cdot R_1 &= I \cdot \frac{V_1}{I} \\ V_1 &= I \cdot R_1 \\ &= 2 \cdot 1 \\ V_1 &= 2 \text{ V} \end{aligned}$$

Stap 4: Bereken potensiaalverskil oor R_2

Gebruik weereens Ohm se wet:

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{V_2}{I} \\ I \cdot R_2 &= I \cdot \frac{V_2}{I} \\ V_2 &= I \cdot R_2 \\ &= 2 \cdot 3 \\ V_2 &= 6 \text{ V} \end{aligned}$$

Stap 5: Bereken potensiaalverskil oor R_3

Aangesien die potensiaalverskil oor al die gekombineerde resistors dieselfde moet wees as die potensiaalverskil oor die sel in 'n seriestroombaan, kan ons V_3 vind deur:

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + V_3 \\ V_3 &= V - V_1 - V_2 \\ &= 23 - 2 - 6 \\ V_3 &= 15 \text{ V} \end{aligned}$$

Stap 6: Vind R_3 se weerstand

Ons weet wat die potensiaalverskil oor R_3 en die stroom daardeur is, so ons kan Ohm se wet gebruik om die waarde van die weerstand te bereken:

$$\begin{aligned} R_3 &= \frac{V_3}{I} \\ &= \frac{15}{2} \\ R_3 &= 7,5 \, \Omega \end{aligned}$$

Stap 7: Potensiaalverskil oor die interne weerstand van die sel

Die waarde van die emk kan bereken word vanaf die potensiaalverskil van die lading en die potensiaalverskil oor die interne weerstand.

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= V + Ir \\ &= 23 + (2)(0,1) \\ &= 23,2 \text{ V} \end{aligned}$$

Stap 8: Drywing verbruik in die sel

Ons weet dat die drywing verbruik in die weerstand gegee word deur $P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$ en ons weet ook die stroom in die stroombaan, die interne weerstand en die potensiaalverskil oor die sel, so ons kan enige vorm van die vergelykings vir drywing gebruik:

$$\begin{aligned} P_r &= V_r I_r \\ &= (0,2)(2) \\ &= 0,4 \text{ W} \end{aligned}$$

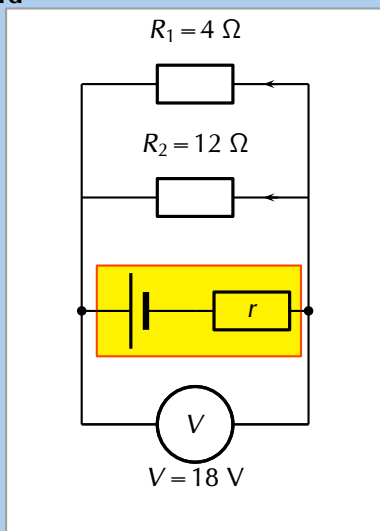
Stap 9: Skryf die finale antwoord

- $V_1 = 2,0 \text{ V}$
- $V_2 = 6,0 \text{ V}$
- $V_3 = 15,0 \text{ V}$
- $R_3 = 7,5 \, \Omega$
- $\mathcal{E} = 23,2 \text{ V}$
- $P_r = 0,4 \text{ W}$

Uitgewerkte voorbeeld 8: Interne weerstand en resistors in parallel**VRAAG**

Die potensiaalverskil oor 'n sel is 18 V wanneer dit aan twee parallelle weerstande van $4,00 \, \Omega$ en $12,00 \, \Omega$ onderskeidelik gekoppel is. Bereken die stroom deur die sel en deur elk van die weerstande. Indien die interne weerstand van die sel $0,375 \, \Omega$ is, bereken die emk van die sel?

Stap 1: Teken eers die stroombaandigram voordat enige berekeninge gedoen word



Gebruik nou Ohm se wet om die stroom deur die sel te bepaal:

$$\begin{aligned} R &= \frac{V}{I} \\ I &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{18}{3} \\ I &= 6,00 \text{ A} \end{aligned}$$

Stap 2: Bepaal hoe om die probleem te benader

Ons moet die stroom deur die sel en elk van die parallelle resistors bepaal. Ons weet wat die potensiaalverskil oor die sel en die weerstand van die resistors is, so ons kan Ohm se wet gebruik om die stroom te bereken.

Stap 3: Bereken die stroom deur die sel

Om die stroom deur die sel te bereken moet ons eers die ekwivalente weerstand in die res van die stroombaan bepaal. Die weerstande is in parallel en daarom:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ &= \frac{1}{4} + \frac{1}{12} \\ &= \frac{3 + 1}{12} \\ &= \frac{4}{12} \\ R &= \frac{12}{4} = 3,00 \Omega \end{aligned}$$

Stap 4: Bepaal nou wat die stroom deur een van die parallelle resistors is

Ons weet dat vir resistors in 'n parallelle netwerk, is die potensiaalverskil oor die sel dieselfde as die potensiaalverskil oor elkeen van die resistors apart. Vir hierdie stroombaan:

$$V = V_1 = V_2 = 18 \text{ V}$$

Begin deur die stroom deur R_1 te bereken met behulp van Ohm se wet:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{V_1}{I_1} \\ I_1 &= \frac{V_1}{R_1} \\ &= \frac{18}{4} \\ I_1 &= 4,50 \text{ A} \end{aligned}$$

Stap 5: Bereken die stroom deur die ander parallelle resistor

Ons kan weer Ohm se wet gebruik om die stroom in R_2 te bereken:

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{V_2}{I_2} \\ I_2 &= \frac{V_2}{R_2} \\ &= \frac{18}{12} \\ I_2 &= 1,50 \text{ A} \end{aligned}$$

'n Alternatiewe metode om I_2 te bereken is om te onthou dat die stroom deur elk van die parallelle weerstande moet optel na die totale stroom deur die sel:

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 \\ I_2 &= I - I_1 \\ &= 6 - 4,5 \\ I_2 &= 1,5 \text{ A} \end{aligned}$$

Stap 7: Skryf die finale antwoord

Die stroom deur die sel is 6,00 A.

Die stroom deur die 4,00 Ω resistor is 4,50 A.

Die stroom deur die 12,00 Ω resistor is 1,50 A.

Die emk van die sel is 20,25 V.

Stap 6: Bepaal die emk

Die totale stroom deur die sel is die stroom deur die interne weerstand van die sel. Omdat ons reeds die stroom bereken het en die interne weerstand vir ons gegee is, kan ons Ohm se wet gebruik om die potensiaalverskil oor die interne weerstand te bereken en daarom die emk van die sel te bereken.

Deur Ohm se wet te gebruik kan ons die potensiaalverskil oor die interne weerstand te bereken:

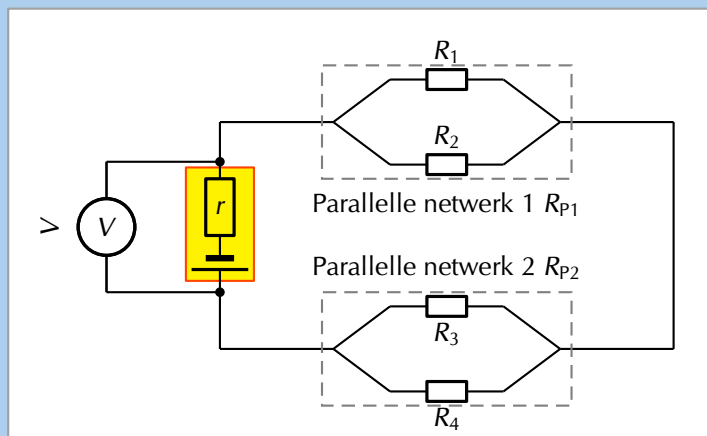
$$\begin{aligned} V &= I \cdot r \\ &= 6 \cdot 0,375 \\ &= 2,25 \text{ V} \end{aligned}$$

Ons weet die emk van die sel is die potensiaalverskil oor die pole van die eks-terne parallelle netwerk en die potensiaalverskil oor die interne weerstand, dus:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= V + Ir \\ &= 18 + 2,25 \\ &= 20,25 \text{ V} \end{aligned}$$

VRAAG

Gegee die volgende stroombaan



Die stroom in die stroombaan is 1,07 A, die totale drywing deur die eksterne stroombaan verbruik is 6,42 W, die verhouding van die totale weerstand van die twee parallelle netwerke $R_{p1} : R_{p2}$ is 1:2, die verhouding $R_1 : R_2$ is 3:5 en $R_3 = 7,00 \Omega$.

Bepaal die:

1. potensiaalverskil van die sel,
2. die drywing verbruik in R_{p1} en R_{p2} , en
3. indien die sel 'n emk van 6,50 V besit, wat is die waarde van die weerstand in elke resistor en die drywing verbruik deur elk.

OPLOSSING

Stap 1: Wat word verlang

In die vraag word jy van verskeie stukke inligting voorsien en gevra om die drywing verbruik in elke weerstand te bereken en ook in elke kombinasie van weerstande. Let op dat die inligting gegee meestal vir die totale stroombaan is. Dit is 'n wenk dat jy met die totale stroombaan moet begin en afwerk na die meer spesifieke stroombaankomponente.

Stap 2: Bereken die potensiaalverskil oor die sel

Eerstens fokus ons op die sel. Ons word die drywing vir die totale stroombaan sowel as die stroom deur die stroombaan gegee. Ons weet dat die potensiaalverskil oor die pole van die sel is die potensiaalverskil oor die eksterne stroombaan.

Ons kan die verhouding $P = VI$ vir die totale stroombaan gebruik aangesien die potensiaalverskil dieselfde is as die potensiaalverskil oor die pole van die sel:

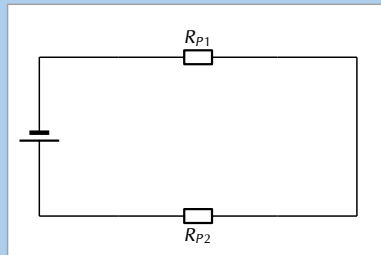
$$\begin{aligned}
 P &= VI \\
 V &= \frac{P}{I} \\
 &= \frac{6,42}{1,07} \\
 &= 6,00 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Die potensiaal verskil oor die sel is 6,00 V.

Stap 3: Drywing verbruik in R_{P1} en R_{P2}

Onthou ons werk vanaf die totale stroombaan na die individuele komponente in die stroombaan, dit is teenoorgestel van hoe ons vroeër die stroombaan hanteer het.

Ons kan die parallelle netwerke soos ekwivalente weerstande hanteer sodat die stroombaan waarmee ons dan werk soos volg lyk:



Ons weet dat die stroom deur die twee parallelle netwerke dieselfde sal wees omdat dit 'n seriestroombaan is en die weerstand vir die totale stroombaan moet $R_S = R_{P1} + R_{P2}$ wees. Ons kan met behulp van Ohm se wet bepaal dat die totale weerstand vir die hele stroombaan is:

$$\begin{aligned} V_{\text{battery}} &= IR_S \\ R_S &= \frac{V_{\text{battery}}}{I} \\ &= \frac{6,00}{1,07} \\ &= 5,61 \, \Omega \end{aligned}$$

Ons weet die verhouding tussen $R_{P1} : R_{P2}$ is 1:2 wat beteken dat ons weet:

$$\begin{aligned} R_{P1} &= \frac{1}{2} R_{P2} \text{ en} \\ R_T &= R_{P1} + R_{P2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} R_{P2} + R_{P2} \\ &= \frac{3}{2} R_{P2} \\ (5,61) &= \frac{3}{2} R_{P2} \\ R_{P2} &= \frac{2}{3} (5,61) \\ R_{P2} &= 3,74 \, \Omega \end{aligned}$$

en dus:

$$\begin{aligned} R_{P1} &= \frac{1}{2} R_{P2} \\ &= \frac{1}{2} (3,74) \\ &= 1,87 \, \Omega \end{aligned}$$

Noudat ons die totale weerstand in elk van die parallelle netwerke bereken het, kan ons die drywing verbruik in elk bereken:

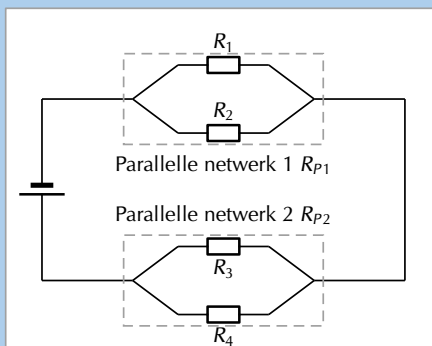
$$\begin{aligned} P_{P1} &= I^2 R_{P1} \\ &= (1,07)^2 (1,87) \\ &= 2,14 \, \text{W} \end{aligned}$$

en

$$\begin{aligned} P_{P2} &= I^2 R_{P2} \\ &= (1,07)^2 (3,74) \\ &= 4,28 \, \text{W} \end{aligned}$$

Hierdie waardes sal optel na die oorspronklike drywingwaarde wat ons vir die eksterne stroombaan gehad het. Indien dit nie optel nie het ons iewers 'n berekeningsfout gemaak.

Stap 4: Parallelle netwerk 1 berekeninge



Nou kan ons begin om gedetailleerde berekeninge vir die eerste stel van parallelle resistors te doen.

Ons weet die verhouding tussen $R_1 : R_2$ is 3:5 wat beteken dat ons weet $R_1 = \frac{3}{5} R_2$. Ons weet ook dat die totale weerstand vir die twee parallelle resistors in die netwerk $1,87 \, \Omega$ is. Ons kan die verhouding tussen die waardes van die twee weerstande asook die formule vir die totale weerstand ($\frac{1}{R_{PT}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$) gebruik om die weerstandwaarde te kry:

$$\begin{aligned}
\frac{1}{R_{P1}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\
\frac{1}{R_{P1}} &= \frac{5}{3R_2} + \frac{1}{R_2} \\
\frac{1}{R_{P1}} &= \frac{1}{R_2} \left(\frac{5}{3} + 1 \right) \\
\frac{1}{R_{P1}} &= \frac{1}{R_2} \left(\frac{5}{3} + \frac{3}{3} \right) \\
\frac{1}{R_{P1}} &= \frac{1}{R_2} \frac{8}{3} \\
R_2 &= R_{P1} \frac{8}{3} \\
&= (1,87) \frac{8}{3} \\
&= 4,99 \, \Omega
\end{aligned}$$

Ons kan ook bereken R_1 :

$$\begin{aligned}
R_1 &= \frac{3}{5} R_2 \\
&= \frac{3}{5} (4,99) \\
&= 2,99 \, \Omega
\end{aligned}$$

Stap 5: Parallelle netwerk 2 berekeninge

Nou kan ons begin om gedetailleerde berekeninge vir die tweede stel van parallelle resistors te doen.

Ons word gegee $R_3 = 7,00 \, \Omega$ en ons weet R_{P2} so ons kan R_4 uitwerk vanaf:

$$\begin{aligned}
\frac{1}{R_{P2}} &= \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \\
\frac{1}{3,74} &= \frac{1}{7,00} + \frac{1}{R_4} \\
R_4 &= 8,03 \, \Omega
\end{aligned}$$

Ons kan die potensiaalverskil oor die tweede parallelle netwerk uitwerk deur die potensiaalverskil van die eerste parallelle netwerk af te trek vanaf die potensiaalverskil van die sel, $V_{P2} = 6,00 - 2,00 = 4,00 \, \text{V}$.

Stap 6: Interne weerstand

Ons weet die emk van die sel is $6,5 \, \text{V}$ maar die potensiaalverskil oor die pole van die

Om die drywing te bereken het ons die weerstand wat ons uitgewerk het en ook die potensiaalverskil of stroom nodig. Die twee resistors is in parallel so die potensiaalverskil oor hulle is dieselfde asook dieselfde as die potensiaalverskil oor die parallelle netwerk. Ons kan nou Ohm se wet gebruik om die potensiaalverskil oor die netwerk van parallelle weerstande te bepaal omdat ons die totale weerstand en die stroom weet:

$$\begin{aligned}
V &= IR \\
&= (1,07)(1,87) \\
&= 2,00 \, \text{V}
\end{aligned}$$

Ons het nou die inligting wat ons nodig het om die drywing deur elke resistor te bepaal:

$$\begin{aligned}
P_1 &= \frac{V^2}{R_1} \\
&= \frac{(2,00)^2}{2,99} \\
&= 1,34 \, \text{W}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_2 &= \frac{V^2}{R_2} \\
&= \frac{(2,00)^2}{4,99} \\
&= 0,80 \, \text{W}
\end{aligned}$$

Ons kan nou die drywing verbruik deur elke resistor bepaal:

$$\begin{aligned}
P_3 &= \frac{V^2}{R_3} \\
&= \frac{(4,00)^2}{7,00} \\
&= 2,29 \, \text{W}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_4 &= \frac{V^2}{R_4} \\
&= \frac{(4,00)^2}{8,03} \\
&= 1,99 \, \text{W}
\end{aligned}$$

sel gemeet is slegs 6 V.

Die verskil is die potensiaalverskil oor die interne weerstand van die sel en ons kan die bekende stroom en Ohm se wet gebruik om die interne weerstand te bepaal:

$$\begin{aligned} V &= I \cdot R \\ R &= \frac{V}{I} \\ &= \frac{0,5}{1,07} \\ &= 0,4672897 \\ &= 0,47 \, \Omega \end{aligned}$$

Die drywing verbruik deur die interne weerstand van die sel is:

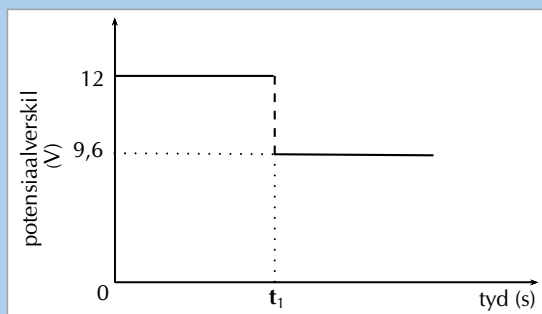
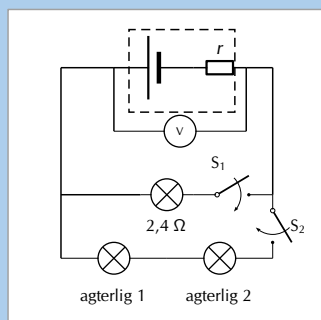
$$\begin{aligned} P &= VI \\ &= 0,5 \cdot 1,07 \\ &= 0,535 \, \text{W} \end{aligned}$$

Uitgewerkte voorbeeld 10: Interne weerstand en hoofligte [NSC 2011 Vraestel 1]

VRAAG

Die hooflig en twee IDENTIESE agterligte van 'n bromponie word in parallel verbind aan 'n sel met 'n onbekende interne weerstand soos aangetoon in die vereenvoudigde stroombaandiagram hieronder. Die hooflig het 'n weerstand van $2,4 \, \Omega$ en word beheer deur skakelaar S_1 . Die agterligte word beheer deur skakelaar S_2 . Die weerstand van die verbindingsdrade kan geïgnoreer word.

Die grafiek dui die potensiaalverskil oor die pole van die sel voor en na skakelaar S_1 toegemaak is aan (terwyl skakelaar S_2 oop is). Skakelaar S_1 is geslote op tydstip t_1 .



1. Gebruik die grafiek om die emk van die sel te bepaal. (1 punt)
2. MET SLEGS SKAKELAAR S_1 TOE, bereken die volgende:
 - a) Stroom deur die hooflig (3 punte)
 - b) Interne weerstand, r , van die sel (3 punte)
3. ALBEI SKAKELAARS S_1 EN S_2 IS NOU GESLUIT. Die sel lewer 'n stroom van 6 A gedurende hierdie periode. Bereken die weerstand van elke agterlig. (5 punte)

4. Hoe sal die lesing van die voltmeter geaffekteer word indien die hooflig sou uitbrand? (Beide skakelaars S_1 en S_2 is steeds gesluit.)

Skryf slegs neer VERHOOG, VERLAAG of BLY DIESELFDE

Gee 'n verduideliking.

(3 punte)

OPLOSSING

Vraag 1: 12 V

(1 punt)

Vraag 2.1

Opsie 1:

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{9,6}{2,4} \\ &= 4 \text{ A} \end{aligned}$$

Opsie 2:

$$\begin{aligned} \text{emk} &= IR + Ir \\ 12 &= I(2,4) + 2,4 \\ \therefore I &= 4 \text{ A} \end{aligned}$$

(3 punte)

Vraag 2.2

Opsie 1:

$$\begin{aligned} \text{emk} &= IR + Ir \\ 12 &= 9,4 + 4r \\ r &= 0,6 \, \Omega \end{aligned}$$

Opsie 2:

$$\begin{aligned} V_{\text{interneweerstand}} &= Ir \\ 2,4 &= 4r \\ \therefore r &= 0,6 \, \Omega \end{aligned}$$

Opsie 3:

$$\begin{aligned} \text{emk} &= I(R + r) \\ 12 &= 4(2,4 + r) \\ \therefore r &= 0,6 \, \Omega \end{aligned}$$

(3 punte)

Vraag 3

Opsie 1:

$$\begin{aligned} \text{emk} &= IR + Ir \\ 12 &= 6(R + 0,6) \\ R_{\text{ext}} &= 1,4 \, \Omega \end{aligned}$$

Opsie 2:

$$\begin{aligned} \text{emk} &= V_{\text{eksterne weerstand}} + Ir \\ 12 &= V_{\text{eksterne weerstand}} + 6(0,6) \\ \therefore V_{\text{eksterne weerstand}} &= 8,4 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ \frac{1}{1,4} &= \frac{1}{2,4} + \frac{1}{R} \\ R &= 3,36 \, \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{2,4 \, \Omega} &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{8,4}{2,4} \\ &= 3,5 \text{ A} \end{aligned}$$

Elkeagter lig: $R = 1,68 \, \Omega$

$$\begin{aligned} I_{\text{agterlig}} &= 6 - 3,5 \\ &= 2,5 \text{ A} \\ R_{\text{agterlig}} &= \frac{V}{I} \\ &= \frac{8,4}{2,5} \\ &= 3,36 \, \Omega \\ R_{\text{agterlig}} &= 1,68 \, \Omega \end{aligned}$$

FEIT

Die Wheatstone brug is ontdek deur Samuel Hunter Christie in 1833 en is verbeter en bekend gemaak deur Sir Charles Wheatstone in 1843.

Opsie 3:

$$\begin{aligned}V &= IR \\12 &= 6(R) \\R_{\text{ext}} &= 2 \, \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{\text{parallel}} &= 2 - 0,6 \\&= 1,4 \, \Omega \\ \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ \frac{1}{1,4} &= \frac{1}{2,4} + \frac{1}{R} \\ R &= 3,36 \, \Omega\end{aligned}$$

Elke agterlig: $R = 1,68 \, \Omega$

Vraag 4: Verhoog

Die eksterne weerstand neem toe en die stroom neem af. So Ir (potensiaalverskil oor interne weerstand) moet afneem wat lei tot 'n toename in die potensiaalverskil oor die eksterne stroombaan. (3 punte)

[Totaal: 15 punte]

Opsie 4:

Vir parallel kombinasie: $I_1 + I_2 = 6 \, \text{A}$

$$\begin{aligned}\therefore \frac{V}{2,4} + \frac{V}{R_{\text{agterlig}}} &= 6 \\8,4 \left(\frac{1}{2,4} + \frac{1}{R_{\text{agterlig}}} \right) &= 6 \\ \therefore R_{\text{agterlig}} &= 3,36 \, \Omega \\ R_{\text{agterlig}} &= 1,68 \, \Omega\end{aligned}$$

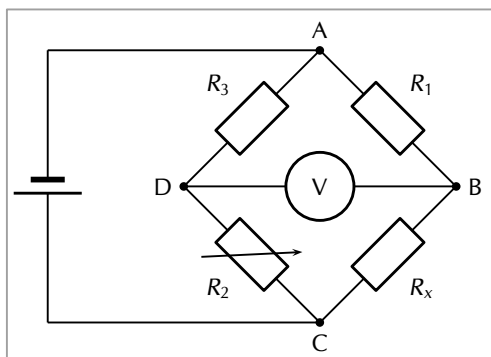
(5 punte)

10.5 Wheatstonebrug [nie eksamineerbaar nie]

ESFZ6

Deur gebruik te maak van wat ons weet oor parallelle netwerke van resistors, kan ons nog 'n metode uitdink om 'n onbekende weerstand te vind, die *Wheatstonebrug*. Wheatstonebrug is 'n meetinstrument wat gebruik word om 'n onbekende elektriese weerstand te meet deur die twee vertakkings van 'n stroombaanbrug te balanseer, met een been wat die onbekende insluit. Die opstelling is soortgelyk aan die oorspronklike potensiometer behalwe dat in potensiometerstrome 'n sensitiewe galvanometer gebruik word.

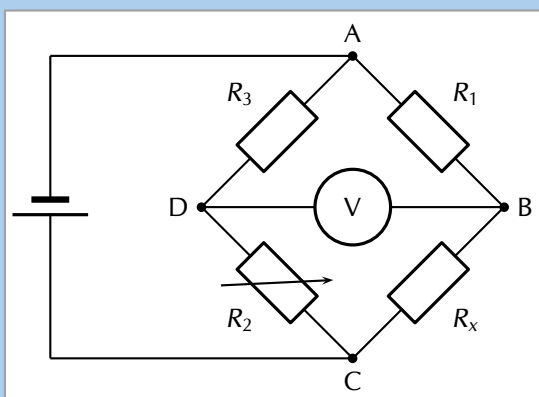
Ondanks die feit dat ons hierdie stroom 'n spesiale naam gegee het, is dit net 'n stroombaan wat 'n parallelle netwerk van vier resistors besit. Dit is nie eintlik 'n nuwe konsep nie, hierdie spesifieke konfigurasie is meer nuttig.



In die stroombaandiagram van die Wheatstonebrug, is R_x die onbekende weerstand. R_1 en R_3 is die twee resistors met bekende weerstande en die weerstand van R_2 is verstelbaar. As die verhouding van R_2 : R_1 gelyk is aan die verhouding van R_x : R_3 , sal die potensiaalverskil tussen die twee middelpunte nul wees en geen stroom sal tussen die middelpunte vloei nie. Om die onbekende weerstand te bepaal, word R_2 verander totdat die voltmeter 0 V lees.

VRAAG

Wat is die weerstand van die onbekende resistor R_x in die onderstaande diagram as $R_1 = 4\ \Omega$, $R_2 = 8\ \Omega$ en $R_3 = 6\ \Omega$.



OPLOSSING

Stap 1: Bepaal hoe om die probleem te benader

Die rangskikking is 'n Wheatstonebrug. So ons gebruik die vergelyking:

$$R_x : R_3 = R_2 : R_1$$

Stap 2: Los die probleem op

$$R_x : R_3 = R_2 : R_1$$

$$R_x : 6 = 8 : 4$$

$$R_x = 12\ \Omega$$

Stap 3: Skryf die finale antwoord

Die weerstand van die onbekende resistor is $12\ \Omega$.

10.6 Hoofstukopsomming

ESFZ7

► Sien aanbieding: 2CFW op www.everythingscience.co.za

1. Ohm se wet toon die verwantskap tussen stroom en potensiaalverskil vir 'n resistor by konstante temperatuur. Wiskundig skryf ons $I = \frac{V}{R}$.
2. Geleiers wat Ohm se wet gehoorsaam word ohmiese geleiers genoem; resistors wat nie Ohm se wet gehoorsaam nie word nie-ohmiese geleiers genoem.
3. Ohm se wet kan vir 'n enkele stroombaankomponent of op 'n totale stroombaan toegepas word (as die komponente ohmies is).
4. Die ekwivalente weerstand van resistors in serie (R_s) kan as volg bepaal word:
 $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$
5. Die ekwivalente weerstand van resistors in parallel (R_p) kan as volg bepaal word:
 $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$
6. Batterie besit interne weerstand.
7. Die potensiaalverskil V is verwant aan sy emk $\mathcal{E}$ en interne weerstand r deur:

$$\mathcal{E} = V_{\text{eksterne weerstand}} + V_{\text{interne weerstand}}$$

of

$$\mathcal{E} = IR_{\text{Eksterne}} + Ir$$

8. Die eksterne weerstand in die stroombaan word die lading genoem.

Fisiese hoeveelhede		
Hoeveelheid	Eenheid naam	Eenheid simbool
Stroom (I)	Ampère	A
Elektriese energie (E)	Joule	J
Drywing (P)	Watt	W
Weerstand (R)	Ohm	Ω
Potensiaalverskil (V)	Volt	V

Tabel 10.1: Eenhede gebruik in **elektriese stroombane**

Oefening 10 – 3:

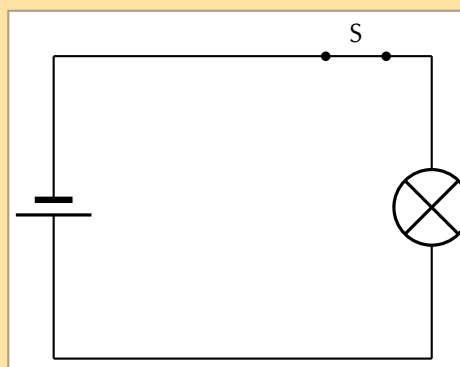
1. [IEB 2001/11 HG1] - **emk**

a) Verduidelik die betekenis van elk van die twee stellings:

- “Die stroom deur die battery is 50 mA.”
- “Die emk van die battery is 6 V.”

b) 'n Battery toetser meet die stroom toegevoeg wanneer die battery aan 'n resistor van $100\ \Omega$ verbind is. As die stroom kleiner is as 50 mA, is die battery “pap” (moet vervang word). Bereken die maksimum interne weerstand van 'n 6 V battery wat die toets sal slaag.

2. [IEB 2005/11 HG] Die elektriese stroombaan van 'n flits bestaan uit 'n sel, 'n skakelaar en 'n klein gloeilamp, soos getoon in die diagram hieronder.



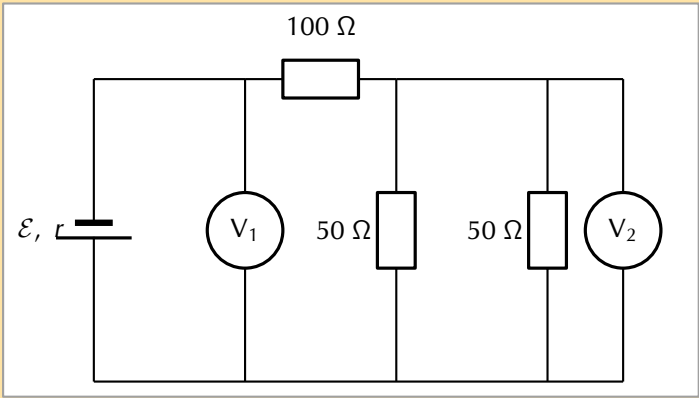
Die elektriese flits is ontwerp om 'n D-tipe sel te gebruik maar die enigste sel wat beskikbaar is om te gebruik, is 'n AA-tipe sel. Die spesifikasies vir die twee tipe selle word aangetoon in die tabel hieronder:

Sel	emk	Toestel waarvoor dit ontwerp is	Stroomvloei vanaf sel wanneer dit gekoppel is aan die toestel waarvoor dit ontwerp is
D	1,5 V	flits	300 mA
AA	1,5 V	TV afstandskontrole	30 mA

Wat gebeur en waarom gebeur dit wanneer die AA-tipe sel vervang word met die D-tipe sel in die elektriese flits stroombaan?

	Wat gebeur	Hoekom gebeur dit
(a)	die gloeilamp is dowwer	die AA-tipe sel het 'n groter interne weerstand
(b)	die gloeilamp is dowwer	die AA-tipe sel het 'n kleiner interne weerstand
(c)	die helderheid van die gloeilamp is dieselfde	die AA-tipe sel het dieselfde interne weerstand
(d)	die gloeilamp is helderder	die AA-tipe sel het 'n kleiner interne weerstand

3. [IEB 2005/11 HG1] 'n Battery met emk ε en interne weerstand $r = 25\ \Omega$ is gekoppel aan hierdie rangskikking van resistore.



Die weerstande van voltmeters V_1 en V_2 is so hoog dat hul nie die stroom in die stroombaan affekteer nie.

- Verduidelik wat bedoel word met “die emk van ’n battery”.
Die drywing wat verbruik word in die $100\ \Omega$ resistor is $0,81\ \text{W}$.
 - Bereken die stroom in die $100\ \Omega$ resistor.
 - Bereken die lesing op voltmeter V_2 .
 - Bereken die lesing op voltmeter V_1 .
 - Bereken die emk van die battery.
4. [SC 2003/11] 'n Ketel is gemerk $240\ \text{V}; 1500\ \text{W}$.
- Bereken die weerstand van die ketel wanneer dit werk volgens die bostaande spesifikasies.

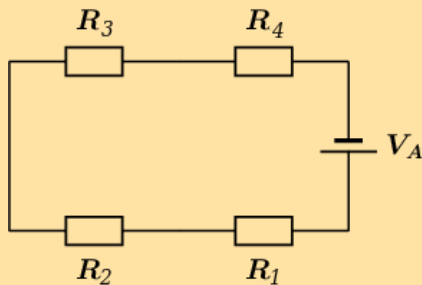
- b) As die ketel 3 minutes neem om water te kook, bereken die hoeveelheid elektriese energie wat oorgedra word na die ketel toe.

5. [IEB 2001/11 HG1] - **Elektriese paling - 'n soort vis**

Elektriese palings het 'n reeks van selle van kop tot stert. Wanneer die selle geaktiveer word deur 'n senuwee-impuls, word 'n potensiaalverskil geskep van kop tot stert. 'n Gesonde elektriese paling kan 'n potensiaalverskil van 600 V produseer.

- a) Wat word bedoel met "'n potensiaalverskil van 600 V"?
- b) Hoeveel energie is oorgedra wanneer 'n elektron deur 'n potensiaalverskil van 600 V beweeg?

6. Die diagram wys 'n elektriese stroombaan wat uit 'n battery en vier resistors bestaan.



Die **potensiaalverskil** (spanning) oor die battery is $V_A = 7,6 \text{ V}$
Die resistors word soos volg aangeslaan:

- $R_1 = 4,7 \Omega$
- $R_2 = 6,9 \Omega$
- $R_3 = 4,9 \Omega$
- $R_4 = 4,3 \Omega$

Neem aan dat positiewe lading in die stroombaan vloei (die konvensionele stroom).

Gebruik die begrippe **Ohm se wet**, en **elektriese stroombane** en bepaal die volgende:

- a) Watter tipe stroombaan word getoon in die diagram?
- b) Wat is die **totale ekwivalente weerstand** R_{eq} van die baan?
- rond jou antwoord af tot 1 syfer na die desimale komma
 - gebruik die inligtingsblaaie of gegewensblaaie vir alle formules of waardes vir enige fisiese konstantes wat jy mag nodig, soos in die lys hier: <http://www.everythingscience.co.za/physical-constants>
- c) Wat is die potensiaalverskil (spanning) oor R_1 , of V_1 ?
- rond jou antwoord af tot 3 syfers na die desimale komma
 - gebruik die inligtingsblaaie of gegewensblaaie vir alle formules of waardes vir enige fisiese konstantes wat jy mag nodig, soos in die lys hier: <http://www.everythingscience.co.za/physical-constants>
- d) Wat is die potensiaalverskil (spanning) oor R_2 , R_3 , en R_4 , of V_2 , V_3 , en V_4 ?
- rond jou antwoord tot 3 desimale plekke af
 - gebruik die inligtingsblaaie of gegewensblaaie vir alle formules of waardes vir enige fisiese konstantes wat jy mag nodig, soos in die lys hier: <http://www.everythingscience.co.za/physical-constants>

7. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CFX 2. 2CFY 3. 2CFZ 4. 2CG2 5. 2CG3 6. 2CG4



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Elektrodinamika

11.1	<i>Inleiding</i>	412
11.2	<i>Elektriese masjiene - opwekkers en motors</i>	412
11.3	<i>Wisselstroom</i>	421
11.4	<i>Hoofstukopsomming</i>	428

11.1 Inleiding

ESFZ8

In Graad 11 het jy geleer hoe 'n magnetiese veld opgewek word om 'n stroomdraende geleier. Jy het ook geleer hoe 'n stroom opgewek word in 'n geleier wat in 'n magnetiese veld beweeg of in 'n stilstaande geleier in 'n veranderende magnetiese veld. Hierdie hoofstuk beskryf hoe geleiers wat in 'n magnetiese veld beweeg, in die praktyk toegepas word.

Vandag is strome opgewek deur magnetiese velde essensieel vir ons tegnologiese samelewing. Die alomteenwoordige opwekker (generator) - wat aangetref word in motors, op fietse, in kernkragssentrales, ensovoorts - gebruik magnetisme om strome te induseer. Ander toestelle wat magnetisme gebruik om strome te induseer sluit in windings in elektriese kitare (wat vibrasies van die snare omsit in strome), transformators van verskillende groottes, sekere mikrofone, sekuriteitshekke by lughawens en dempingsmeganismes op sensitiewe chemiese balanse. Miskien nie so algemeen bekend nie, maar nogtans belangrik, is dat die gedrag van WS-bane sterk afhanklik is van die effek van magnetiese velde op strome.

► Sien video: [2CG5](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

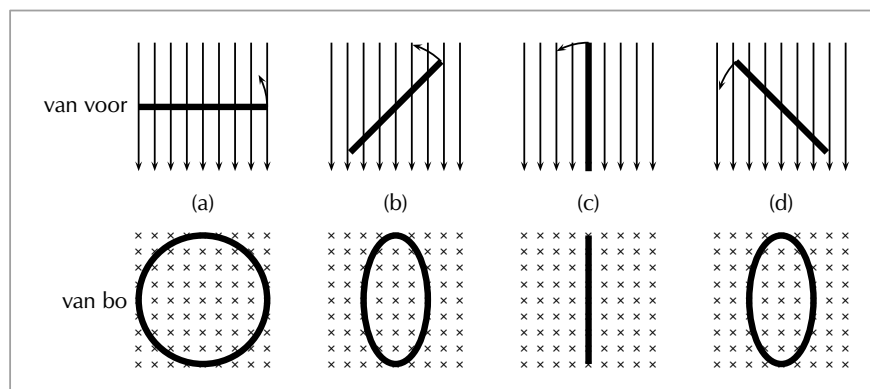
11.2 Elektriese masjiene - opwekkers en motors

ESFZ9

Ons het gesien dat wanneer 'n geleier in 'n magnetiese veld beweeg word, of wanneer 'n magneet naby 'n geleier beweeg word, 'n stroom in die geleier vloei. Die hoeveelheid stroom hang af van:

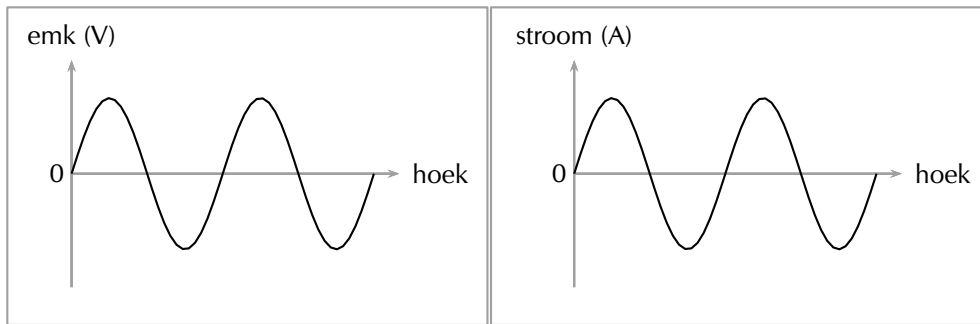
- die spoed waarteen die geleier 'n veranderende magnetiese veld ondervind
- die aantal windings waaruit die geleier bestaan
- die posisie van die vlak van die geleier met betrekking tot die magnetiese veld

Die effek van die oriëntasie van die geleier mbt die magnetiese veld word getoon in Figuur 11.1.



Figuur 11.1: 'n Reeks sketse wat toon dat die magnetiese vloei deur 'n geleier afhang van die hoek wat die vlak van die geleier met die magnetiese veld maak. Die grootste vloei beweeg deur die geleier wanneer die vlak van die geleier loodreg op die magnetiese veldlyne is soos in Figuur 11.1 (a). Die aantal veldlyne wat deur die geleier beweeg, neem af soos die geleier roteer tot dit parallel aan die magnetiese veld is Figuur 11.1 (c).

As die emk en die stroom wat in die geleier geïnduseer word geplot sou word as 'n funksie van die hoek tussen die vlak van die geleier en die magnetiese veld, vir 'n geleier wat teen 'n kostante spoed draai, dan sou die geïnduseerde emk en stroom varieër soos getoon in 11.2. Die stroom varieër rondom nul en word genoem 'n wisselstroom (afgekort WS).



Figuur 11.2: Variasie van geïnduseerde emk en stroom soos die hoek tussen die vlak van die geleier en die magnetiese veld varieër.

Die hoek verander as 'n funksie van die tyd sodat die grafieke hierbo ook afgebeeld kan word op die tyd-as.

Dink aan Faraday se wet, waarvan jy in Graad 11 geleer het.

DEFINISIE: Faraday se wet

Die emk, $\mathcal{E}$, wat geïnduseer word om een lus van die geleier, is direk eweredig aan die tempo van verandering van die magnetiese vloed, ϕ , deur die oppervlakte, A , van die lus. Dit kan wiskundig geskryf word as

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

waar $\phi = B \cdot A \cos \theta$ en B die sterkte van die magnetiese veld is.

Faraday se wet gee 'n verband tussen geïnduseerde emk en die tempo van verandering van die magnetiese vloed, wat die produk is van die magnetiese veldsterkte en die deursnee-oppervlakte waardeur die veldlyne beweeg. Die deursnee-oppervlakte verander soos die lus van die geleier roteer, wat aanleiding gee tot die $\cos \theta$ faktor. θ is die hoek tussen die normaal (loodlyn) op die oppervlak-area van die lus van die geleier en die magnetiese veld. Soos die geslote lus van die geleier sy oriëntasie met die magnetiese veld verander, verander ook die hoeveelheid magnetiese vloed deur die oppervlakte van die lus en 'n emk word in die geleidende lus geïnduseer.

Elektriese generators

ESFZB

WS-generator

ESFZC

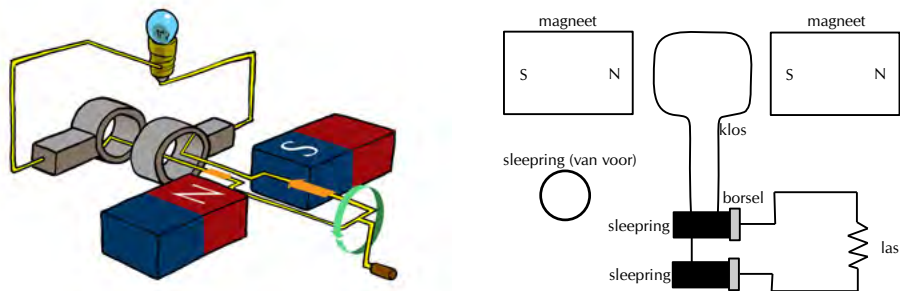
Die beginsel dat 'n stroom opgewek kan word deur 'n geleier in 'n magnetiese veld te roteer, word gebruik in elektriese generators (opwekkers). 'n Generator sit meganiese energie (beweging) om in elektriese energie.

DEFINISIE: Generator

'n Generator is 'n apparaat wat meganiese energie omsit in elektriese energie.

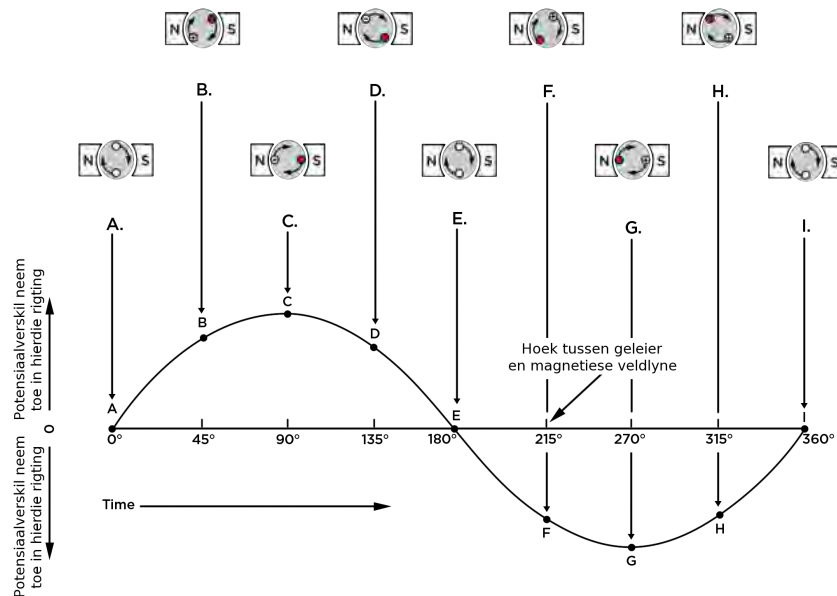
Die uitleg van 'n eenvoudige WS-generator word getoon in Figuur 11.3. Die geleier bestaan uit 'n klos (opgerolde draad) binne 'n magnetiese veld. Die geleier word met die hand geroteer. Dit wek 'n wisselende emk op. Die wisselstroom moet oorgedra word van die geleier na die las, wat die stelsel is wat die elektriese energie nodig het om te funksioneer.

Die las en die geleier is verbind met 'n sleeppring. 'n Sleeppring is 'n verbinding wat elektrisiteit gelei tussen bewegende dele van 'n masjien. Dit bestaan uit 'n ring en borsels, waarvan een stilstaan teenoor die ander. Hier is die ring verbind aan die geleier en die borsels aan die las. Stroom word opgewek in die roterende geleier en vloei na die sleeppringe, wat teen die borsels roteer. Die stroom word deur die borsels oorgedra na die las, en die stelsel word aangedryf.



Figuur 11.3: Uitleg van 'n WS-generator

Die rigting van die stroom keer om met elke halwe rotasie van die klos (spoel). Wanneer een kant van die lus na die ander pool van die magnetiese veld beweeg, verander die rigting van die stroom in die lus. Hierdie tipe stroom wat van rigting verander word wisselstroom genoem en Figuur 11.4 toon hoe dit gebeur soos die geleier roteer.

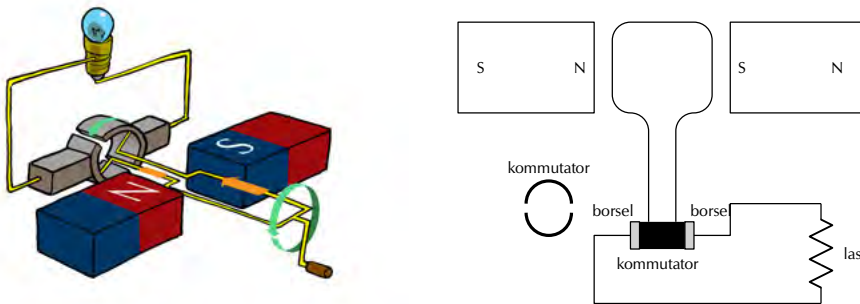


Figuur 11.4: Die rooi (soliede) kolle stel stroom voor wat uit die bladsy kom en die kruise toon stroom wat in die bladsy inbeweeg.

FEIT

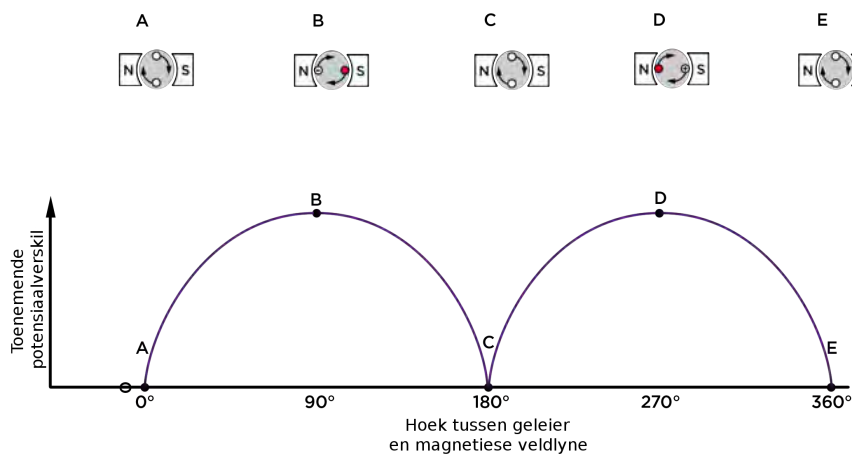
WS-generators staan ook bekend as alternators. Hulle word in motors gebruik om die motorbattery te laai.

'n Eenvoudige GS-generator word soos 'n WS-generator gemaak behalwe dat een van die sleepringe in twee gedeeltes word, wat 'n kommutator genoem word, sodat die stroom nie van rigting verander nie. Die bou van 'n GS-generator word in Figuur 11.5 getoon. Die kommutator maak voorsiening vir die verandering in rigting van die stroom in die lus, sodat gelykstroom deur die borsels en terug na die stroombaan vloei. Die stroom in die lus verander wel van rigting, maar as jy noukeurig kyk na die 2D-beeld sal jy sien dat die gedeelte van die kommutator wat aan die stroombaan raak ook verander. As die stroom van rigting verander op dieselfde tyd as die kommutator kante omruil, sal die eksterne stroombaan se stroom altyd in dieselfde rigting vloei.



Figuur 11.5: Bou van 'n gelykstroomgenerator

Die vorm van die emk van 'n GS-generator word getoon in Figuur 11.6. Die emk is nie konstant nie maar is die waarde (absolute waarde) van 'n sinus- of cosinusgolf.



Figuur 11.6: Variasie van emk in 'n GS-generator

Die probleme wat ontstaan deur elektriese kontak met 'n bewegende klos te maak en breek, is vonke en hitte, veral as die generator teen 'n hoë spoed roteer. As die lug rondom die masjien vlambare of plofbare dampe bevat, is die praktiese probleme van borselkontakte wat vonke maak selfs groter.

As die magnetiese veld eerder as die klos/geleier geroteer word, word borsels nie benodig in 'n WS-generator (alternator) nie, sodat 'n alternator nie dieselfde probleme as 'n GS-generator het nie. Dieselfde voordele van WS bo GS vir die ontwerp van generators geld ook vir elektriese motors. Terwyl GS-motors borsels nodig het om kontak te maak met bewegende draadlusse, is dit nie die geval by WS-motore nie. Inderwaarheid is die ontwerpe van WS- en GS-motors baie soortgelyk as die ooreenstemmende generators. Die WS-motor maak gebruik van die veranderde magneetveld wat deur wisselstroom deur die stilstaande draadlusse opgewek word, om die magneet te laat roteer. Die GS-motor maak gebruik van die borselkontakte wat kontakte maak en breek om stroom deur die roterende klos (spoel) elke 1/2-rotrasie (180 grade) te laat omkeer.

Elektriese motors

ESFZG

Die basiese beginsels van die werking van 'n elektriese motor is dieselfde as die van 'n generator, behalwe dat 'n motor elektriese energie in meganiese energie (beweging) omsit.

DEFINISIE: *Elektriese motor*

'n Elektriese motor is 'n toestel wat elektriese energie omskakel na meganiese energie.

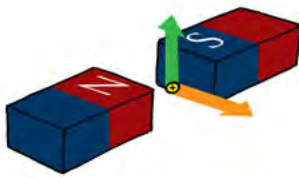
Wanneer jy 'n gelaai deeltjie wat beweeg in 'n magneetveld plaas, sal dit 'n krag ondervind naamlik **Lorentz krag**.

DEFINISIE: *Die Lorentz krag*

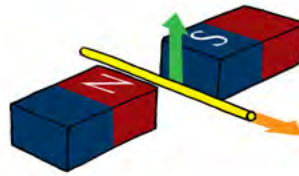
Die Lorentz krag is 'n krag wat ervaar word deur 'n bewegende gelaai deeltjie in 'n elektriese en magnetiese veld. Die magnetiese komponent is:

$$F = qvB$$

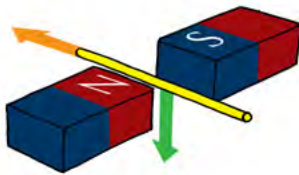
waar F die krag is (in newton, N), q die elektriese lading is (in coulomb, C), v die snelheid van die gelaai deeltjie is (in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) en B die magnetiese veldsterkte is (in tesla, T).



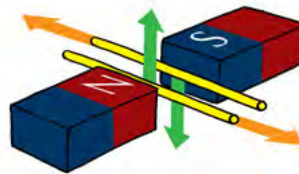
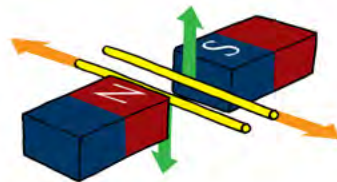
In hierdie diagram word getoon hoe 'n positiewe lading tussen twee teenoorgestelde pole van die magnete beweeg. Die rigting van die lading se beweging word aangetoon met 'n oranje pyltjie. Dit sal 'n Lorentz krag ondervind wat in die rigting van die groen pyltjie is.



'n Stroomdraende geleier, waar die stroom in die rigting van die oranje pyltjie is, sal ook 'n magnetiese krag ondervind, die groen pyltjie, as gevolg van die Lorentz krag op die individuele ladings wat deur die stroomvloeï beweeg.



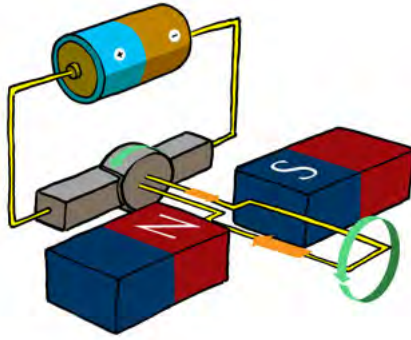
As die rigting van die stroom omgekeer word, vir dieselfde rigting van die magneetveld, sal die rigting van die magnetiese krag ook omgekeer wees soos getoon in hierdie diagram.



Wanneer daar twee parallelle geleiers is met stroom wat in teenoorgestelde rigtings vloei, sal hulle magnetiese kragte in teenoorgestelde rigtings ervaar.

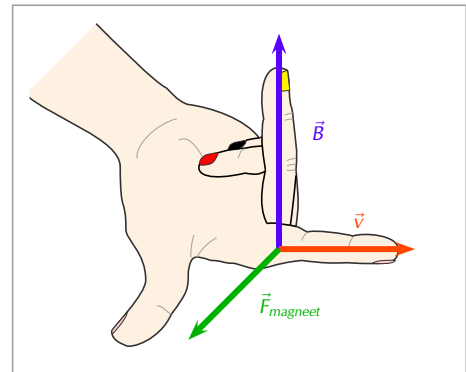
FEIT

'n Krag op 'n stroomdraende geleier as gevolg van 'n magnetiese veld word Ampere se wet genoem.



'n Elektriese motor maak van 'n bron van emk gebruik om 'n stroomvloe in 'n lus van 'n geleier te voorsien sodat die Lorentz krag in teenoorgestelde rigtings van die lus is wat veroorsaak dat die lus om 'n sentrale as kan roteer.

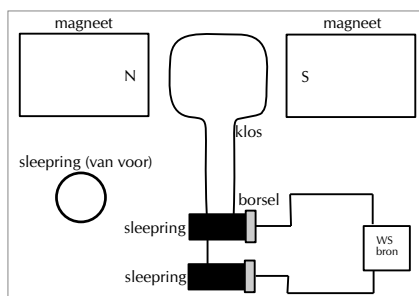
Die rigting van die magnetiese krag is loodreg aan beide die rigting van die stroomvloe in die magneetveld en kan verkry word deur die gebruik van die **regterhandreël** soos gewys in die skets hieronder. Gebruik jou *regterhand*; jou wysvinger wys in die rigting van die stroom, jou middelvinger wys in die rigting van die magneetveld en jou duim dui dan die rigting van die krag aan.



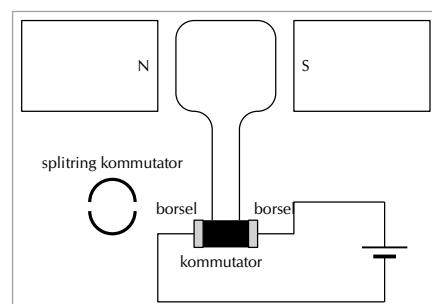
Beide motors en generators kan verduidelik word ten opsigte van 'n spoel wat in 'n magneetveld roteer. In 'n generator is die spoel aan 'n eksterne stroombaan wat gedraai word gekoppel, wat 'n veranderde magnetiese vloed veroorsaak, wat 'n emk induseer. In 'n motor ervaar die stroomdraende spoel in die magnetiese veld 'n krag op beide kante van die spoel wat 'n draaikrag veroorsaak (word *draaimoment* genoem) wat dit laat draai.

As dit WS stroom is, vereis dit dat die twee sleepringe 'n WS motor skep. 'n WS motor word getoon in Figuur 11.7

As dit 'n GS stroom is, is splitringkommutators nodig om 'n GS motor te maak. Hierdie word getoon in Figuur 11.8.



Figuur 11.7: Bou van 'n wisselstroom motor.



Figuur 11.8: Bou van 'n gelykstroom motor.

Karre

'n Kar bevat 'n alternator. Wanneer die kar se enjin aangeskakel is, laai die alternator die battery wat krag aan die elektriese sisteem gee.

Projek: Alternators

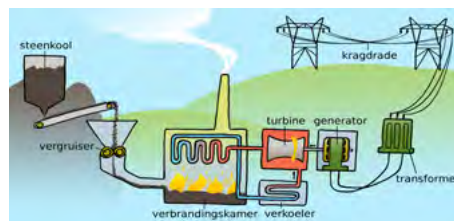
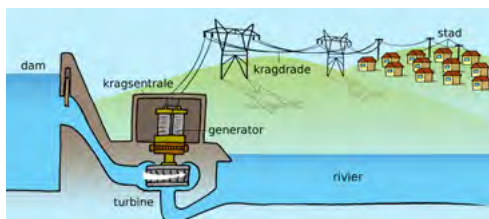
Probeer die verskillende stroomsterktes wat geproduseer word deur alternators in verskillende tipes masjiene uitvind. Vergelyk hierdie waardes om te verstaan watter getalle sin maak in die regte lewe. Jy sal verskillende waardes vir karre, trokke, busse, bote ens. kry. Probeer uitvind watter masjiene ook alternators gebruik.

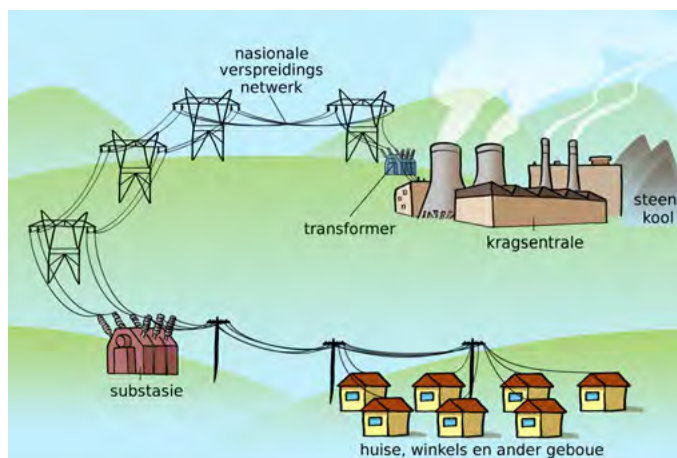
'n Kar bevat ook 'n GS elektriese motor, die aansitter, om die enjin te draai om aan te skakel. 'n Aansitter bevat 'n kragtige GS elektriese motor en 'n solenoïede wat vas is aan die motor. 'n Aansitter benodig 'n baie hoë stroom om die enjin te beweeg en is verbind aan 'n battery met groot kables om 'n dik stroom te dra.

Opwekking van elektrisiteit

Om elektrisiteit vir massaverspreiding (vir huise, kantore, fabrieke, ensovoorts) te produseer, word WS generators meestal gebruik. Die elektrisiteit wat by massiewe kragstasies opgewek word het gewoonlik 'n lae spanning en word dan na 'n hoë spanning omgesit. Dit is meer effektief om elektrisiteit oor lang afstande te versprei met kraglyne wat hoë spanning het.

Die hoë spannings word omgeskakel na 240 V vir die gebruik in huise en kantore. Dit word gewoonlik gedoen 'n paar kilometer voor die plek waar dit gebruik gaan word.





Figuur 11.9: WS generators word gebruik by kragstasies (alle tipes, hidro- en steenkool plante soos gewys) om elektrisiteit op te wek.

Oefening 11 – 1: Generators en motors

1. Noem die verskil tussen 'n generator en 'n motor.
2. Gebruik Farady se wet om te verduidelik hoekom 'n stroom geïnduseer word as 'n spoel in 'n magneetveld roteer.
3. Verduidelik die basiese beginsel van 'n WS generator waar 'n spoel meganies geroteer word in 'n magneetveld. Teken 'n diagram om jou antwoord te staaf.
4. Verduidelik hoe 'n GS generator werk. Teken 'n diagram om jou antwoord te staaf. Verduidelik ook hoe 'n GS generator van 'n WS generator verskil.
5. Verduidelik hoekom 'n stroomdraende spoel wat in 'n magneetveld (maar nie parallel met die veld) geplaas word sal draai. Verwys na die krag wat op die bewegende ladings deur die magneetveld en die wringkrag op die spoel uitgeoefen word.
6. Verduidelik die basiese beginsel van 'n elektriese motor. Teken 'n diagram om jou antwoord te staaf.
7. Gee voorbeelde waar GS en WS generators gebruik word.
8. Gee voorbeelde vir die gebruike van motors.
9. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CG6](#) 2. [2CG7](#) 3. [2CG8](#) 4. [2CG9](#) 5. [2CGB](#) 6. [2CGC](#)
7. [2CGD](#) 8. [2CGF](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

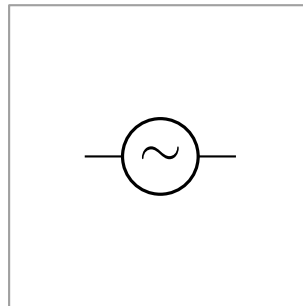
Die meeste studente wat begin leer van elektrisiteit, begin met wat bekend staan as *gelyk-stroom* (GS), dit is elektrisiteit wat slegs in een rigting vloei. GS is die tipe elektrisiteit wat deur 'n battery gemaak word met definitiewe positiewe en negatiewe terminale.

Ons sien dat die generators wat elektrisiteit opwek konstant wissel (van rigting verander) en word daarom *wisselstroom* (WS) genoem. WS het verskeie voordele, waarvan die belangrikste is dat spanning deur 'n transformator verander kan word. Dit beteken dat die spanning by die kragstasies verhoog word na 'n baie hoë spanning wat dit moontlik maak om elektriese energie met 'n lae stroom deur middel van die kraglyne oor te dra, sodat daar min energieverlies as gevolg van hitte is. Die spanning word weer verlaag vir die gebruik in geboue en straatligte.

'n Lys van die voordele van WS stroom:

- Is maklik om te verander (verhoog of verlaag deur die gebruik van 'n transformator).
- Dis makliker om van WS na GS om te skakel as van GS na WS.
- Dis makliker om op te wek.
- Kan oorgedra word met 'n hoe spanning en 'n lae stroom oor lang afstande met min energieverlies.
- Die hoe frekwensie wat gebruik word by WS maak dit geskik vir die gebruik van motors.

Die stroombaansimbool vir wisselstroom is:



Stroom en spanning

ESFZK

In 'n GS stroombaan is die stroom en spanning konstant. In 'n WS stroombaan verander stroom en spanning gedurig. Die waarde van die stroom of spanning by enige spesifieke tyd word die *oombliklike stroom en spanning* genoem en word soos volg bereken:

$$i = I_{maks} \sin(\omega t)$$

$$v = V_{maks} \sin(\omega t)$$

i is die oombliklike stroom. I_{maks} is die maksimum stroom. v is die oombliklike spanning. V_{maks} is die maksimum spanning. f is die frekwensie van die WS en t is die tyd waarin die oombliklike stroom of spanning bereken word.

Die waarde wat ons gebruik vir WS is die wortel van die gemiddelde kwadraat (wgk)-waarde. Hierdie is dieselfde as wat die GS spanning sou wees vir dieselfde bron en word gedefinieer as:

$$I_{wgk} = \frac{I_{maks}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{wgk} = \frac{V_{maks}}{\sqrt{2}}$$

Aangesien WS sinusoidaal is, met dieselfde positiewe- en- negatiewe waardes, sal die gemiddelde spanning vir jou nul gee. Die wgk waarde los die probleem op.

Uitgewerkte voorbeeld 1: Laptop transformator

VRAAG

Die transformator vir die skootrekenaar wat gebruik is vir die skryf van hierdie boek, beskik oor die volgende inligting:

- TOEVOER: 100-240 V; 1,5 A; 50/60 Hz
- UITVOER: 20 V; 3,25 A

Wat verander van die toevoer na uitvoer behalwe die grootte van die stroom en spanning en wat impliseer dit? Bereken die wgk (wortel van gemiddelde kwadraat) waarde van die stroom en spannings van die toevoer en/of uitvoer.

OPLOSSING

Stap 1: Vergelyking van toevoer en uitset (afvoer)

Die toevoerbeskrywing sluit 'n frekwensie in omdat dit ontwikkel is vir huishoudelike gebruik waar ons wisselstroom gebruik. Die afvoer het nie 'n frekwensie nie. Dit beteken dat die uitset nie wisselstroom is nie. Dit beteken dat die afvoerspanning en stroom konstant sal bly.

Stap 2: WGK waardes

Wortel van die gemiddelde kwadraat waardes is slegs van toepassing wanneer dit oor wisselstroom handel. Die transformator gebruik die wisselstroom toevoer en produseer direkte stroom afvoer, dit beteken dat wgk-waardes slegs by die toevoer bepaal moet word.

$$\begin{aligned}V_{\text{wgk}} &= \frac{V_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\V_{\text{wgk}} &= \frac{240 \text{ V}}{\sqrt{2}} \\&= 169,71 \text{ V}\end{aligned}$$

Daarom $V_{\text{wgk}} = 169,71 \text{ V}$

$$\begin{aligned}I_{\text{wgk}} &= \frac{I_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\I_{\text{wgk}} &= \frac{1,5 \text{ A}}{\sqrt{2}} \\&= 1,06 \text{ A}\end{aligned}$$

Daarom $I_{\text{wgk}} = 1,06 \text{ A}$

Uitgewerkte voorbeeld 2: Kamera se batterylaaier

VRAAG

'n Kamera se batterylaaier besit die volgende inligting:

- TOEVOER: 100-240 V; 0,085 A (100 V) - 0,05 A (240 V) ; 50/60 Hz
- UITVOER: 4,2 V; 0,7 A

Bereken die wgk stroom en spanningswaardes vir beide 100 V en 240 V toevoer.

OPLOSSING

Stap 1: Begrip vir die twee gevalle

Die rede hoekom die transformator verskillende toevoerwaardes het, is omdat dit internasionaal gebruik kan word en nie alle lande gebruik dieselfde huishoudelike spanning nie. Die doel van die transformator is om te verseker dat die afvoerspanning konstant bly ongeag wat die toevoerspanning is. Die verskillende toevoerspannings 100 V en 240 V veroorsaak verskillende stroom toevoerwaardes. Dit is waarom twee verskillende stroomwaardes onder die toevoer gelys is, maar die spanning wat in hakies voorkom vertel jou op watter een daar van toepassing is.

Die gevalle is:

- **100 V:** 0,085 A
- **240 V:** 0,05 A

Stap 2: Toevoerspanning van 100 V

$$\begin{aligned}V_{\text{wgk}} &= \frac{V_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\V_{\text{wgk}} &= \frac{100 \text{ V}}{\sqrt{2}} \\&= 70,71 \text{ V}\end{aligned}$$

Daarom $V_{\text{wgk}} = 70,71 \text{ V}$

$$\begin{aligned}I_{\text{wgk}} &= \frac{I_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\I_{\text{wgk}} &= \frac{0,085 \text{ A}}{\sqrt{2}} \\&= 0,06 \text{ A}\end{aligned}$$

Daarom $I_{\text{wgk}} = 0,06 \text{ A}$

Stap 3: Toevoerspanning van 240 V

$$\begin{aligned}V_{\text{wgk}} &= \frac{V_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\V_{\text{wgk}} &= \frac{240 \text{ V}}{\sqrt{2}} \\&= 169,71 \text{ V}\end{aligned}$$

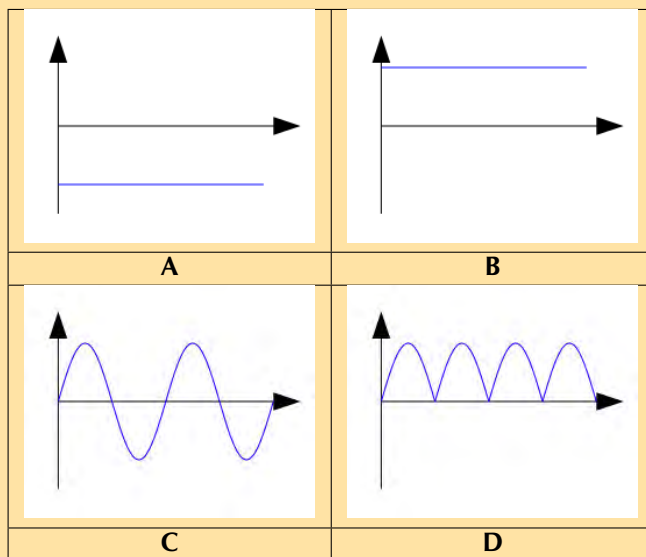
Daarom $V_{\text{wgk}} = 169,71 \text{ V}$

$$\begin{aligned}I_{\text{wgk}} &= \frac{I_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\I_{\text{wgk}} &= \frac{0,5 \text{ A}}{\sqrt{2}} \\&= 0,35 \text{ A}\end{aligned}$$

Daarom $I_{\text{wgk}} = 0,35 \text{ A}$

Oefening 11 – 2: Wisselstroom

1. Verduidelik die voordele van wisselstroom.
2. Watter een van die volgende grafieke wys die stroom teenoor tyd grafiek korrek vir 'n WS generator?



3. Skryf uitdrukkings vir die stroom en spanning in 'n WS stroombaan.
4. Definieer die wgk (wortel van die gemiddelde kwadraat) waardes vir stroom en spanning vir 'n WS.
5. Wat is die frekwensie van 'n WS generator in Suid-Afrika?
6. As V_{maks} by die kragstasie generator 340 V WS is, wat voorsien die hoofleiding (wgk spanning) aan ons huishoudings ?
7. Gegee: I_{maks} is 10 A
Bereken die wgk (wortel gemiddelde kwadraat) stroom afgerond tot die tweede desimaal.
8. Gegee: V_{maks} is 266 V
Bereken die wgk (wortel gemiddelde kwadraat) spanning afgerond tot die tweede desimaal.
9. Teken 'n grafiek van spanning teenoor tyd en stroom teenoor tyd vir 'n WS stroombaan.
10. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CGG 2. 2CGH 3. 2CGJ 4. 2CGK 5. 2CGM 6. 2CGN
7. 2CGP 8. 2CGQ 9. 2CGR



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Drywing

ESFZM

As die stroom en spanning funksies van tyd is, sal hulle altyd verander, dus sal die drywing wat verbruik word by enige deel in die stroombaan ook verander. In stroombane wat slegs ohmiese weerstande besit sal die **gemiddelde** drywing wat in enige

komponent verbruik is in terme van die wgk waardes bereken kan word.

$$\begin{aligned}P_{av} &= I_{wgk} V_{wgk} \\&= \frac{I_{maks}}{\sqrt{2}} \frac{V_{maks}}{\sqrt{2}} \\&= \frac{1}{2} I_{maks} V_{maks}\end{aligned}$$

Jy kan dalk wonder hoekom ons nie wgk-waardes vir drywing gebruik nie. In 'n WS stroombaan het beide stroom en spanning dieselfde teken: albei is positief of albei is negatief. Dit beteken dat drywing wat die produk van die twee is, altyd positief sal wees. As die drywing altyd positief is sal die gemiddelde waarde nooit nul wees nie soos in die geval by stroom en spanning in WS stroombane.

Uitgewerkte voorbeeld 3: Drywing van 'n skootrekenaar se transformator

VRAAG

Die transformator vir 'n skootrekenaar het die volgende inligting:

- TOEVOER: 100-240 V; 1,5 A; 50/60 Hz
- UITVOER: 20 V; 3,25 A

Wat is die gemiddelde kragverbruik in die transformator indien die insetwaarde 240 V is?

OPLOSSING

Stap 1: WGK waardes

Soos voorheen bereken.

$$\begin{aligned}V_{wgk} &= \frac{V_{maks}}{\sqrt{2}} \\V_{wgk} &= \frac{240 \text{ V}}{\sqrt{2}} \\&= 169,71 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_{wgk} &= \frac{I_{maks}}{\sqrt{2}} \\I_{wgk} &= \frac{1,5 \text{ A}}{\sqrt{2}} \\&= 1,06 \text{ A}\end{aligned}$$

Daarom $V_{wgk} = 169,71 \text{ V}$

Daarom $I_{wgk} = 1,06 \text{ A}$

Stap 2: Gemiddelde drywing

$$\begin{aligned}P_{av} &= I_{wgk} V_{wgk} \\&= 1,06 \text{ A} \cdot 169,71 \text{ V} \\&= 179,89 \text{ W}\end{aligned}$$

VRAAG

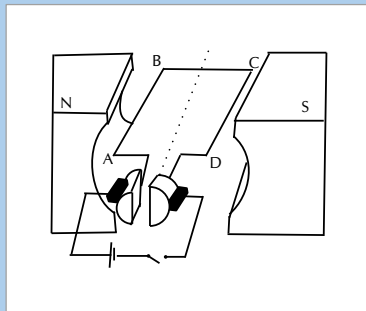
Diesel-elektriese treine maak gebruik van elektriese motors sowel as generators.

- Die onderstaande tabel vergelyk 'n motor en 'n generator in terme van die tipe energie omskakeling en onderlinge beginsels waarop elkeen funksioneer. Voltooi die tabel deur slegs die vraagnommer (11.1.1-11.1.4) in die ANTWOORDBOEK te skryf en langs die vraagnommer te antwoord.

	TIPE ENERGIE OMSKAKELING	WERKSBEGINSSEL
Motor	11.1.1	11.1.3
Generator	11.1.2	11.1.4

(4 punte)

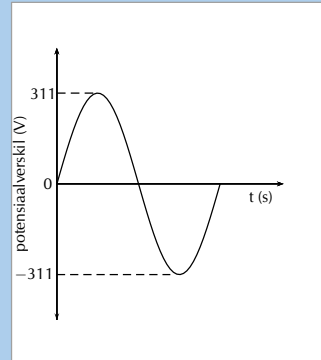
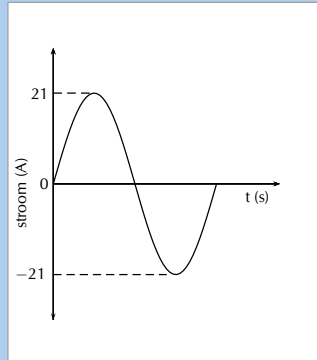
- Die vereenvoudigde skets stel 'n elektriese motor voor.



Gee 'n rede waarom die deel van die spoel wat gemerk is **BC** in die bostaande skets nie 'n magnetiese krag ervaar terwyl die spoel in die posisie is soos aangetoon.

(2 punte)

- Grafieke van die stroom en potensiaalverskil afvoere van 'n WS generator word hieronder getoon.



Bereken die gemiddelde drywing wat die generator lewer.

(6 punte)

[TOTAAL: 12 punte]

OPLOSSING

Vraag 1

- Elektriese (energie) na meganiese (kinetiese) energie
- Meganiese (kinetiese) energie na elektriese (energie)
- Motoreffek
- Elektromagnetiese induksie

(4 punte)

Vraag 2

BC (geleier) is parallel met die magnetiese veld.

OF

Oop skakelaar, geen stroom

(2 punte)

Vraag 3

Opsie 1:

$$\begin{aligned}P_{\text{gem}} &= V_{\text{wgk}} I_{\text{wgk}} \\&= \frac{V_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\&= \frac{(311)(21)}{2} \\&= 3265,5 \text{ W}\end{aligned}$$

OF

$$\begin{aligned}P_{\text{maks}} &= V_{\text{maks}} I_{\text{maks}} \\&= (311)(21) \\&= 6531 \text{ W} \\ \therefore P_{\text{gem}} &= \frac{P_{\text{maks}}}{2} \\&= \frac{6531}{2} \\&= 3265,5 \text{ W}\end{aligned}$$

Opsie 3:

$$\begin{aligned}R &= \frac{V}{I} \\&= \frac{311}{21} \\&= 14,81 \, \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_{\text{wgk}} &= \frac{I_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\&= \frac{21}{\sqrt{2}} \\&= 14,85 \text{ A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{gem}} &= I_{\text{wgk}}^2 R \\&= (14,85)^2 (14,81) \\&= 3265,83 \text{ W}\end{aligned}$$

Opsie 2:

$$\begin{aligned}V_{\text{wgk}} &= \frac{V_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\&= \frac{311}{\sqrt{2}} \\&= 219,91 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_{\text{wgk}} &= \frac{I_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\&= \frac{21}{\sqrt{2}} \\&= 14,85 \text{ A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{gem}} &= V_{\text{wgk}} I_{\text{wgk}} \\&= (219,91)(14,85) \\&= 3265,66 \text{ W}\end{aligned}$$

Opsie 4:

$$\begin{aligned}R &= \frac{V}{I} \\&= \frac{311}{21} \\&= 14,81 \, \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{wgk}} &= \frac{V_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} \\&= \frac{311}{\sqrt{2}} \\&= 219,91 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{gem}} &= \frac{V_{\text{wgk}}^2}{R} \\&= \frac{(219,91)^2}{(14,81)} \\&= 3265,83 \text{ W}\end{aligned}$$

(6 punte)

[TOTAAL: 12 punte]

📄 Sien aanbieding: 2CGS op www.everythingscience.co.za

- Elektriese generators skakel meganiese energie om na elektriese energie.
- Elektriese motors skakel elektriese energie om na meganiese energie.
- Daar is twee tipes generators - WS en GS. 'n WS generator word ook 'n alternator genoem.
- Daar is twee tipes motors - WS en GS.
- Soos voorheen genoem het wisselstroom (WS) meer voordele as gelykstroom (GS).
- Die wortel van die gemiddelde kwadraat (wgk) waarde van 'n hoeveelheid is die maksimum waarde wat die hoeveelheid kan wees gedeel deur $\sqrt{2}$.
- WGK-waardes word gebruik vir spanning en stroom wanneer daar met wisselstroom, $I_{wgk} = \frac{I_{maks}}{\sqrt{2}}$ en $V_{wgk} = \frac{V_{maks}}{\sqrt{2}}$ gewerk word.
- Die gemiddelde drywing wat in 'n weerstandbiedende stroombaan met wisselstroom ontwikkel, is $P_{gem} = I_{wgk} V_{wgk}$.

Oefening 11 – 3:

1. [SC 2003/11] Verduidelik die verskil tussen wisselstroom (WS) en gelykstroom (GS).
2. Verduidelik hoe 'n WS generator werk. Jy mag sketse gebruik om jou antwoord te staaf.
3. Wat is die voordele vir die gebruik van 'n WS motor bo die van 'n GS motor?
4. Verduidelik hoe 'n GS motor werk.
5. By watter frekwensie word WS by Eskom in Suid-Afrika opgewek?
6. (IEB 2001/11 HG1) - **Arbeid, Energie en Drywing in Elektriese stroombane**
Mnr. Smith lees deur die ooreenoms met Eskom (die elektrisiteitsvoorsiener). Hy vind uit dat wisselstroom teen 'n frekwensie van 50 Hz aan sy huis voorsien word. Hy raadpleeg toe 'n boek oor elektriese stroom en ontdek dat wisselstroom heen en weer in die geleier beweeg. Hy weier toe om sy Eskom rekening te betaal op grond van die feit dat elke elektron wat in sy huis gekom het weer uit sal gaan, dus het Eskom niks aan hom voorsien nie.
Was Mnr. Smith korrek? Of het hy misverstaan waarvoor hy betaal? Verduidelik kortliks jou antwoord.
7. Jy bou 'n laser wat met wisselstroom werk en benodig hoë piekspanning van 180 kV. Tydens jou berekeninge kan die laser opstelling as een ekwivalente weerstand van 795 ohms gesien word. Wat is die wgk-waarde vir die spanning en die stroom en wat is die gemiddelde drywing wat jou laser gebruik?
8. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CGT](#) 2. [2CGV](#) 3. [2CGW](#) 4. [2CGX](#) 5. [2CGY](#) 6. [2CGZ](#)
7. [2CH2](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Optiese verskynsels en eienskappe van materie

12.1	<i>Inleiding</i>	430
12.2	<i>Die foto-elektriese effek</i>	430
12.3	<i>Emissie- en absorpsiespektra</i>	439
12.4	<i>Hoofstukopsomming</i>	445

12.1 Inleiding

ESFZP

Baie mense gebruik sonkrag as 'n energiebron vir hul huise. Sonkrag kan gebruik word om water te verhit. Het jy al opgelet na sonpanele op huise en ander geboue se dakke? Het jy al gewonder hoe sonkrag omskep word in elektriese energie? In hierdie hoofstuk ondersoek ons die proses wat gebruik word om hierdie energieomskepping moontlik te maak.

► Sien video: [2CH3](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za



Figuur 12.1: Die gebruik van sonpanele vir die verskaffing van elektrisiteit.

Verwante konsepte

- Eenhede en eenheidskakinge — Fisiese Wetenskappe, Graad 10, Wetenskapvaardighede
- Vergelykings — Wiskunde, Graad 10, Vergelykings en ongelykhede
- Elektroniese konfigurasie — Fisiese Wetenskappe, Graad 10, Die atoom
- Elektromagnetiese uitstraling — Fisiese Wetenskappe, Graad 10, Elektromagnetiese uitstraling

12.2 Die foto-elektriese effek

ESFZQ

Om en by die draai van die twintigste eeu het 'n aantal fisici (insluitende Hertz, Thomson en Von Lenard) waargeneem dat, wanneer lig op 'n metaalplaat geskyn word, elektrone vrygestel word deur die metaal. Dit word die foto-elektriese effek genoem (*foto* vir lig, *elektries* vir die elektron).

Die eienskappe van die foto-elektriese effek was 'n verrassing gewees en 'n baie belangrike ontwikkeling in moderne Fisika. Om te verstaan waarom dit 'n verrassing was moet ons kyk na die geskiedenis en na wat fisici verwag het om te gebeur, en dan te verstaan wat die verdere implikasies vir Fisika is.

Geskiedenis en verwagtinge van die foto-elektriese effek

ESFZR

In 1887 het Heinrich Hertz ('n Duitse fisikus) opgelet dat ultraviolette lig wat op 'n metaalplaat skyn vonke kan veroorsaak. Metale is bekend as goeie geleiers, omdat die elektrone makliker kan beweeg. Hierdie elektrone kan los gemaak word wanneer energie in die vorm van lig bygevoeg word. Die probleem was dat verskillende metale verskillende minimum frekwensies van lig benodig het.

Die verwagting, in daardie tyd, was dat elektrone vrygestel sou word vir enige frekwensie lig, na 'n oponthoud (vir lae intensiteite) waartydens die elektrone genoeg energie sou absorbeer om te ontsnap van die metaaloppervlak. Hoe hoër die intensiteit, hoe korter die vertraging omdat hulle energie vinniger sou absorbeer. Dit was gebaseer op

die idee dat lig 'n golf was wat deurgaans energie verskaf aan elektrone.

Dit is belangrik om te onthou dat hoër frekwensie lig ooreenstem met hoër energie.

Die volgende stuk van die legkaart kom van Philipp Lenard ('n Hongaarse fisikus) in 1902, toe hy ontdek het dat die maksimum snelheid waarmee elektrone vrygestel word deur ultraviolet lig totaal onafhanklik is van die intensiteit van lig.

Sy verwagting was dat, by 'n hoë intensiteit, die elektrone meer energie sou absorbeer en dus 'n groter snelheid sou hê.

'n **Paradoks** het bestaan aansien die verwagtinge en waarnemings nie gestrook het nie.

Albert Einstein ('n Duitse fisikus) het hierdie paradoks opgelos deur voor te stel dat lig opgemaak is uit bondels energie wat ons *kwantums* noem (nou bekend as fotone) wat gereageer het met die elektrone in metaal asof dit partikels eerder as golwe was. Elke invallende foton sou al sy energie oordra aan een elektron in die metaal.

DEFINISIE: *Die foto-elektriese effek*

Die foto-elektriese effek is die proses waardeur 'n elektron vrygestel word deur 'n stof wanneer lig daarop skyn.

Einstein het in 1921 die Nobelprys ontvang vir sy bydrae tot die verstaan van die foto-elektriese effek. Sy verduideliking was nie baie populêr nie en is eers later aanvaar, tewens, sommige wetenskaplikes het in daardie tyd gedink dit is 'n groot fout.

In die motiveringsbrief vir Einstein om aanvaar te word tot die Prussiese Akademie vir Wetenskap is dit spesifiek genoem as 'n fout:

Opsommenderwys kan mens sê dat daar kwalik enige van die groot probleme, so algemeen in die fisika, is waartoe Einstein nie 'n besondere bydrae gemaak het nie. Dat hy soms verkeerd was in sy spekulasies soos, byvoorbeeld, in sy hipotese oor lig-quantums, kan nie werklik te veel teen hom gehou word nie, want dit is nie moontlik om werklike nuwe idees selfs in die mees eksakte wetenskappe in te lei sonder om soms 'n risiko te neem nie – Vertaal uit A. Pais, "Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein," New York: Oxford University Press, 1982, p. 382

Betekenis van Einstein se model

ESFZS

Einstein se model is in lyn met die waarneming dat die elektrone onmiddellik vrygestel word wanneer lig op die metaal geskyn word en dat die *intensiteit* van die lig geen *verskil* gemaak het aan die maksimum kinetiese energie van die vrygestelde elektrone nie.

Die energie wat benodig word om 'n elektron uit 'n stof vry te stel word die **werksfunksie** (simbool W_0) van die stof genoem. Dit is 'n eienskap van die stof. As die energie van die foton minder is as die werksfunksie dan sal geen elektron vrygestel word nie, ongeag hoeveel fotone die stof tref. Ons weet die frekwensie van lig is verwant aan die energie en dit is waarom daar 'n minimum frekwensie van lig is wat elektrone kan vrystel. Hierdie minimum frekwensie staan bekend as die drumpelfrekwensie, f_0 . Vir 'n spesifieke kleur lig (dus 'n spesifieke frekwensie of golflengte) word die energie van

die fotone gegee deur $E = hf = hc/\lambda$, waar h Planck se konstante is. Dit sê vir ons dat die $W_0 = hf_0$.

DEFINISIE: Werksfunksie

Die minimum hoeveelheid energie wat benodig word om 'n elektron uit 'n metaal vry te stel is die **werksfunksie** (simbool W_0) van die metaal. Aangesien dit energie is, word dit gemeet in joules (J).

Energie bly behoue. So as die foton 'n hoër energie as W_0 het, sal die oortollige energie kinetiese energie E_k van die elektron wat deur die stof vrygestel is, word.

Die oormaat energie asook die bindingsenergie is eintlik die **maksimum** kinetiese energie wat die vrygestelde elektron kan hê. Al die elektrone is nie op die oppervlak van die stof geleë nie. Vir elektrone onder die oppervlak word addisionele energie benodig om die elektron uit die materiaal vry te stel wat dan nie kan bydra tot die kinetiese energie van die elektron nie.

$$E = W_0 + E_{k\text{maks}}$$

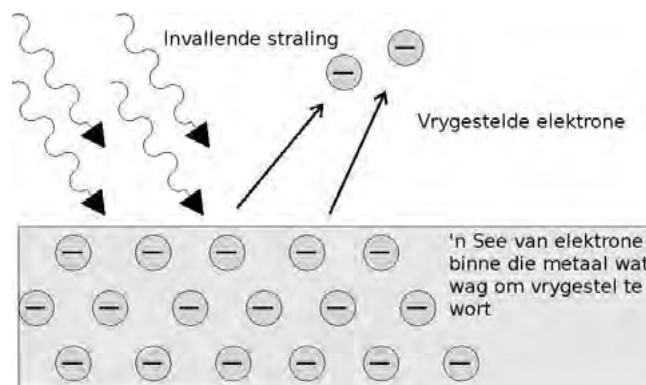
$$E_{k\text{maks}} = hf - W_0$$

Hierdie vergelyking staan bekend as die foto-elektriese vergelyking.

Die laaste deel van die legkaart is nou duidelik, die vraag was "waarom beïnvloed 'n toename in die intensiteit van lig nie die maksimum kinetiese energie van die vrygestelde foton nie?" Die antwoord is dat elke vrygestelde elektron slegs **een** foton geabsorbeer het. Deur die intensiteit te verhoog, verhoog dit bloot die aantal fotone (ons verwag meer elektrone, maar ons verwag nie dat die maksimum kinetiese energie sal verander nie).

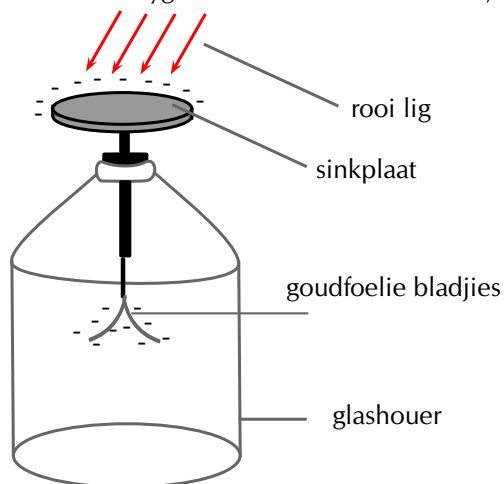
Die ontdekking en verstaan van die foto-elektriese effek was een van groot deurbrake van wetenskap in die twintigste eeu, omdat dit harde bewyse verskaf het vir die partikel-aard van lig. Dit het vorige sieninge dat lig saamgestel is uit 'n suiwer transversale golf omvergewerp. Aan die een kant is die golf-aard 'n goeie verduideliking van verskynsels soos diffraksie en interferensie van lig, aan die ander kant demonstreer die foto-elektriese effek die partikel-aard van lig. Dit staan nou as die dualiteit (dubbel-aard) van lig beteken.

Einstein het in 1921 die Nobelprys vir Fisika gewen vir hierdie kwantumteorie en vir sy verduideliking van die foto-elektriese effek.

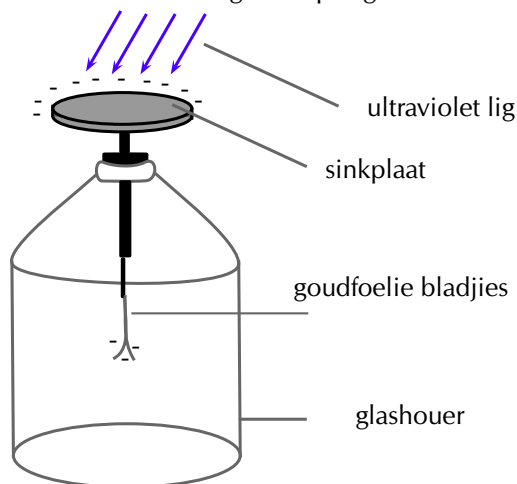


Figuur 12.2: Die foto-elektriese effek: Invalende fotone aan die linkerkant tref die elektrone binne die metaaloppervlak. Die elektrone absorbeer die energie van die fotone en word uit die metaaloppervlak vrygestel.

Ons kan hierdie effek waarneem in die volgende praktiese demonstrasie van 'n foto-elektriese vrystelling. 'n Sinkplaat word negatief gelaai en geplaas op die blad van 'n elektroskoop. In Figuur 12.3 word rooi lig geskyn op die sinkplaat. Geen verandering word waargeneem nie, selfs as die intensiteit (helderheid) van die rooi lig verhoog word. In Figuur 12.4 word ultraviolet lig met 'n lae intensiteit geskyn op die sink en daar word waargeneem dat die bladjies van die elektroskoop platval. Dit laat ons tot die gevolgtrekking kom dat die negatiewe lading op die plaat afneem soos elektrone vrygestel word deur die metaal, toe die ultraviolet lig daarop ingeval het.



Figuur 12.3: Rooi lig val in op die sinkplaat van 'n elektroskoop



Figuur 12.4: Ultraviolet lig val in op die sinkplaat van 'n elektroskoop

► Sien video: [2CH4](http://www.everythingscience.co.za/2CH4) op www.everythingscience.co.za

► Sien video: [2CH5](http://www.everythingscience.co.za/2CH5) op www.everythingscience.co.za

Die arbeidsfunksie is verskillend vir verskillende elemente. Hoe kleiner die arbeidsfunksie, hoe makliker is dit vir elektrone om deur die metaal vrygestel te word. Metale met lae arbeidsfunksies maak goeie geleiers. Dit is omdat elektrone minder sterk aan hul omgewing gekoppel is en makliker deur die materiale kan beweeg. Dit verminder die weerstand wat die materiaal teen die vloe van die stroom bied d.w.s. dis 'n goeie geleier. Tabel 12.1 dui die arbeidsfunksies vir 'n verskeidenheid elemente aan.

Element	Arbeidsfunksie (J)
Aluminium	$6,9 \times 10^{-19}$
Berillium	$8,0 \times 10^{-19}$
Kalsium	$4,6 \times 10^{-19}$
Koper	$7,5 \times 10^{-19}$
Goud	$8,2 \times 10^{-19}$
Lood	$6,9 \times 10^{-19}$
Silikon	$1,8 \times 10^{-19}$
Silwer	$6,9 \times 10^{-19}$
Natrium	$3,7 \times 10^{-19}$

Tabel 12.1: Arbeidsfunksies van geselekteerde elemente soos bepaal vanaf die foto-elektriese effek. (Vanaf die *Handboek vir Chemie en Fisika*.)

Eenhede van energie

ESFZT

Wanneer met berekeninge op klein skaal (soos op elektronvlak) gedoen word, is dit makliker om ander eenhede vir energie te gebruik in plaas van die joule (J). Ons definieer 'n eenheid naamlik die elektron-volt (eV) as die kinetiese energie verkry deur 'n elektron wat deur 'n potensiaalverskil van een volt beweeg. $E = q \times V$

waar q die lading van die elektron is en V die toegepaste potensiaalverskil is. Die lading van 1 elektron is $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, dus 1 eV word bereken:

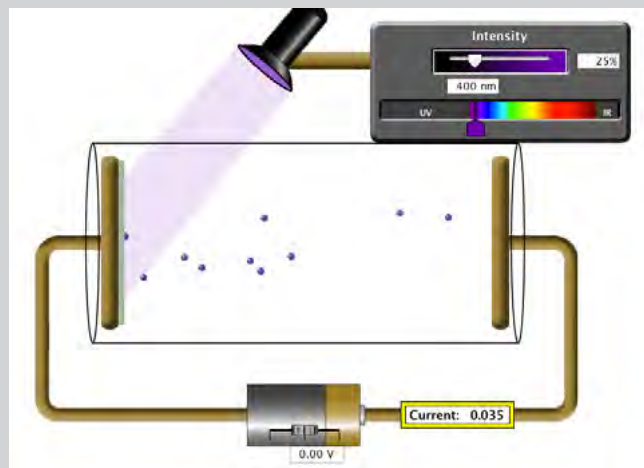
$$1 \text{ eV} = (1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V}) = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Ons kan sien dat $1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ 'n baie klein hoeveelheid energie is en dus is dit makliker om elektron-volts (eV) op hierdie vlak te gebruik.

Daarom, $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ wat beteken dat $1 \text{ J} = 6,241 \times 10^{18} \text{ eV}$

Aktiwiteit: Demonstrasie van die foto-elektriese effek

Ons kan 'n eksperiment opstel soortgelyk soos die een wat oorspronklik gebruik is om die foto-elektriese effek te bestudeer. Hierdie eksperiment stel ons in staat om die aantal elektrone vrygestel en die maksimum kinetiese energie van die vrygestelde elektrone te meet.



Figuur 12.5: Foto-elektriese effek apparaat

In die diagram van die Foto-elektriese effek apparaat, laat 'n ammeter toe dat die stroom gemeet kan word. Die meting van die stroom laat ons toe om inligting af te lei omtrent die aantal elektrone vrygestel en die kinetiese energie van die vrygestelde elektrone.

In die diagram, let daarop dat alhoewel die potensiaalverskil deur die sel voorsien nul is en tog 'n stroom op die ammeter gemeet word. Dit is as gevolg van die invallende fotone wat 'n genoegsame frekwensie het en dus meer energie as die werksfunksie het om elektrone uit te straal. Die vrygestelde elektrone beweeg deur die lugleegte en 'n stroom word in die stroombaan gemeet.

Onthou, 'n foton energie is verwant aan frekwensie terwyl intensiteit verwant is aan die aantal fotone.

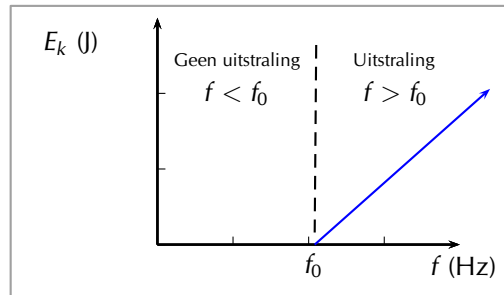
► Sien simulasie: [2CH6](#) op www.everythingscience.co.za

Dit is nuttig om die foto-elektriese effek vergelyking grafies uit te druk.

Op die grafiek word E_k aangedui op die y -as en f word op die x -as aangedui. Deur gebruik te maak van die reguit lyn vergelyking, $y = mx + c$, kan ons identifiseer:

$$E_{k\text{maks}} = hf - W_0$$

$$\underbrace{E_{k\text{maks}}}_y = h \underbrace{f}_x - hf_0$$



Ons lei af dat die helling van die grafiek m Planck se konstante (h) is. Die snypunt x is die drumpelfrekwensie f_0 .

Uitgewerkte voorbeeld 1: Die foto-elektriese effek deur gebruik te maak van silwer

VRAAG

Ultraviolet straling met 'n golflengte van 250 nm word op silwerfoelie (werksfunksie $W_0 = 6,9 \times 10^{-19}$ J) geskyn. Wat is die maksimum kinetiese energie van die vrygestelde elektrone?

OPLOSSING

Stap 1: Bepaal wat gevra word en hoe om die probleem te benader

Ons moet die maksimum kinetiese energie van 'n elektron deur silwerfoelie vrygestel onder ultraviolet bestraling bepaal.

Die foto-elektriese effek leer ons dat:

$$E_{k\text{maks}} = E_{\text{foton}} - W_0$$

$$E_{k\text{maks}} = h \frac{c}{\lambda} - W_0$$

Ons het ook:

- Werksfunksie van silwer:
 $W_{0\text{ silwer}} = 6,9 \times 10^{-19}$ J
- UV straling se golflengte = 250 nm =
 250×10^{-9} m = $2,50 \times 10^{-7}$ m
- Planck se konstante:
 $h = 6,63 \times 10^{-34}$ m²·kg·s⁻¹
- Spoed van lig: $c = 3 \times 10^8$ m·s⁻¹

Stap 2: Los die probleem op

$$E_k = \frac{hc}{\lambda} - W_{0\text{ silwer}}$$

$$= \left[6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{2,5 \times 10^{-7}} \right] - 6,9 \times 10^{-19}$$

$$= 1,06 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Die maksimum kinetiese energie van die vrygestelde elektron sal $1,06 \times 10^{-19}$ J wees.

Uitgewerkte voorbeeld 2: Die foto-elektriese effek met gebruik van goud

VRAAG

As ons dieselfde ultraviolet straling ($f = 1,2 \times 10^{15}$ Hz) op 'n goudfoelie (werksfunksie $= 8,2 \times 10^{-19}$ J) skyn, bepaal of enige elektrone vanaf die goudfoelie oppervlakte vrygestel sal word?

OPLOSSING

Stap 1: Bereken die energie van die invallende fotone

Vir die elektrone om vrygestel te word deur die oppervlak, moet die energie van elke foton *groter* wees as die werksfunksie van die materiaal.

$$\begin{aligned}E_{\text{foton}} &= hf \\&= 6,63 \times 10^{-34} \times 1,2 \times 10^{15} \\&= 7,96 \times 10^{-19} \text{ J}\end{aligned}$$

Daarom het elke foton ultraviolet lig 'n energie van $7,96 \times 10^{-19}$ J.

Stap 2: Skryf die werksfunksie vir goud neer.

$$W_{0 \text{ goud}} = 8,92 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Stap 3: Is die energie van die fotone groter of kleiner as die werksfunksie?

$$7,96 \times 10^{-19} \text{ J} < 8,92 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{\text{fotone}} < W_{0 \text{ goud}}$$

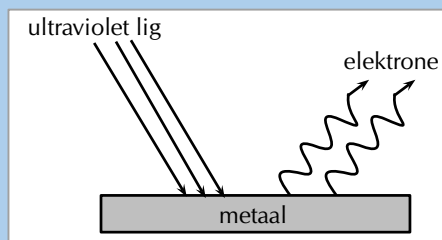
Aangesien die energie van elke foton minder is as die werksfunksie van goud, het die fotone nie genoeg energie om elektrone uit die goud vry te stel nie. Geen elektrone sal vrygestel word deur die goudfoelie nie.

Uitgewerkte voorbeeld 3: [NSC 2011 Vraestel 1]

VRAAG

'n Metaal oppervlak word deur ultraviolet lig met golflengte 330 nm verlig. Elektrone word deur die metaal oppervlak vrygestel.

Die minimum hoeveelheid energie wat benodig word om 'n elektron vry te stel, is die $3,5 \times 10^{-19}$ J van die metaal.



1. Beskryf die verskynsel wat hierbo getoon word. (1 punt)
2. Gee EEN woord of term vir die geonderstreepte sin in die paragraaf hierbo. (1 punt)
3. Bereken die frekwensie van die ultraviolet lig. (4 punte)
4. Bereken die kinetiese energie van 'n foto-elektron wat vrygestel word vanaf die

oppervlakte van die metaal, wanneer die ultraviolet lig daarop geskyn word.

(4 punte)

5. Die intensiteit van die ultraviolet lig, wat op die metaal skyn, word verhoog. Watter impak het die verandering op die volgende:

a) Kinetiese energie van die vrygestelde foto-elektron (Skryf slegs VERHOOG, VERLAAG of BLY DIESELFDE). (1 punt)

b) Die hoeveelheid foto-elektrone wat vrygestel word per sekonde (Skryf slegs VERHOOG, VERLAAG of BLY DIESELFDE). (1 punt)

6. Oorblootstelling aan sonlig beskadig die vel.

a) Watter tipe straling van sonlig word beskou as die primêre oorsaak van vel beskadiging? (1 punt)

b) Noem die eienskappe van straling wat verantwoordelik is vir vel skade. (1 punt)

[TOTAAL: 14 punte]

OPLOSSING

Vraag 1: Foto-elektriese effek (1 punt)

Vraag 2: Werksfunksie (1 punt)

Vraag 3

OF

$$\begin{aligned}c &= f\lambda \\3 \times 10^8 &= f(330 \times 10^{-9}) \\ \therefore f &= 9,09 \times 10^{14} \text{ Hz}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= \frac{hc}{\lambda} \\&= \frac{(6,63 \times 10^{-34})(3 \times 10^8)}{(330 \times 10^{-9})} \\&= 6,03 \times 10^{-19} \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= hf \\6,03 \times 10^{-19} &= (6,63 \times 10^{-34})f \\ \therefore f &= 9,09 \times 10^{14} \text{ Hz}\end{aligned}$$

(4 punte)

Vraag 4

Opsie 1:

$$\begin{aligned}E &= W_o + K \\ \frac{hc}{\lambda} &= W_o + K \\ \therefore \frac{(6,63 \times 10^{-34})(3 \times 10^8)}{330 \times 10^{-9}} &= 3,5 \times 10^{-19} + K \\ \therefore K &= 2,53 \times 10^{-19} \text{ J}\end{aligned}$$

Opsie 2:

$$E = W_o + K$$

$$hf = W_o + K$$

$$\therefore (6,63 \times 10^{-34})(9,09 \times 10^{14}) = 3,5 \times 10^{-19} + K$$

$$\therefore K = 2,53 \times 10^{-19} \text{ J}$$

(4 punte)

Vraag 5.1: Bly dieselfde.

(1 punt)

Vraag 5.2: Verhoog

(1 punt)

Vraag 6.1: Ultraviolet straling

(1 punt)

Vraag 6.2: Hoë energie of hoë frekwensie

(1 punt)

[Totaal: 14 punte]**Sonselle**

ESFZW

Die opwekking van elektrisiteit deur middel van sonselle is nie as gevolg van die foto-elektriese effek nie, maar soortgelyk aan die proses. Fotone vanaf die sonlig word deur die halfgeleier materiaal, soos silikon, binne-in die sonpaneel geabsorbeer.

Elektrone (negatief gelaai) word vrygestel vanuit hul atoom wat hul dus toelaat om vrylik deur die materiaal te beweeg en elektrisiteit op te wek. Dit word die fotovoltaiëse effek genoem. Hierdie waarneming is eerste gemaak deur die Franse fisikus Antoine E. Becquerel in 1839.

As gevolg van die spesiale samestelling van sonselle kan elektrone slegs in een rigting beweeg. 'n Opstelling van sonselle verander sonligenergie in 'n bruikbare hoeveelheid gelyk-stroom (GS) elektrisiteit.

Oefening 12 – 1: Die foto-elektriese effek

1. Verduidelik die foto-elektriese effek.
2. Verskaf twee redes hoekom die waarneming van die foto-elektriese effek so beduidend was.
3. Verwys na 12.1: Indien jy ultraviolet lig met 'n golflengte van 288 nm op aluminiumfoelie skyn, wat sal die kinetiese energie van die vrygestelde elektron, wees?
4. Jy skyn 'n lig, met 'n onbekende golflengte, op silwer foelie. Die lig het slegs genoeg energie om elektrone vry te stel, maar nie genoeg om die elektrone kinetiese energie te gee nie. (Verwys na 12.1 wanneer die vrae hier onder beantwoord word:)
 - a) As jy lig op koperfoelie skyn, sal elektrone vrygestel word?
 - b) As jy lig op silikon skyn, sal elektrone vrygestel word?
 - c) As jy die intensiteit van die lig wat op silwerfoelie skyn verhoog, wat sal

gebeur?

- d) Indien jy die frekwensie van die lig wat op die silwerfoelie skyn vehoog, wat gebeur?

5. Die volgende resultate is verkry deur 'n foto-elektriese effek eksperiment.

$f (\times 10^{15} \text{ Hz})$	$E_k (\times 10^{-19} \text{ J})$
0.60	0.24
0.80	1.59
1.00	2.89
1.20	4.20
1.40	5.55
1.60	6.89

- a) Skets 'n grafiek van E_k op die y -as en f op die x -as
b) Bereken die helling van die grafiek.
c) Die metaal wat in die eksperiment gebruik is is natrium, wat 'n werksfunksie van $3,7 \times 10^{-19} \text{ J}$ het. Bereken die drumpelfrekwensie van natrium.
d) Bepaal die x snypunt. Vergelyk die x snypuntwaarde met die afsnyfrekwensie wat jy bereken het.
e) As die natriummetaal vervang is deur 'n ander metaal met dubbeld die werksfunksie, toon die resultaat wat jy sou verwag op dieselfde grafiek as die van natrium aan.

6. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CH7](#) 2. [2CH8](#) 3. [2CH9](#) 4. [2CHB](#) 5. [2CHC](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

12.3 Emissie- en absorpsiespektra

ESFZX

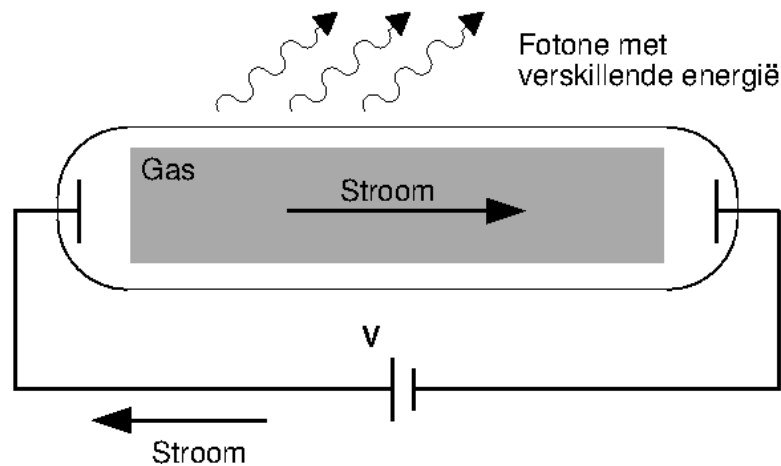
Uitstralingspektra

ESFZY

Van tevore het jy geleer oor die struktuur van 'n atoom. Die elektrone wat die atoomkern omring is gerangskik in 'n reeks energievlakke van toenemende energie. Elke element het 'n unieke getal elektrone en sy eie konfigurasie en dus het elke element sy eie unieke stel energievlakke. Hierdie rangskikking van energievlakke dien as die atoom se unieke vingerafdruk.

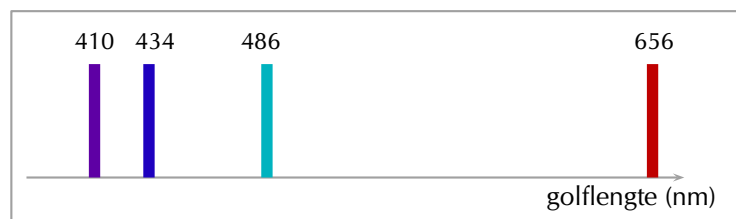
In die vroeë 1900s het wetenskaplikes bevind dat 'n vloeistof wat tot hoë temperature verhit word 'n groot verskeidenheid kleure lig afgee. In teendeel straal 'n gas wat tot soortgelyke temperature verhit word slegs lig uit met spesifieke golflengtes (kleure). Op daardie stadium kon hulle nie die oorsaak van hierdie verskynsel verklaar nie.

Wetenskaplikes het hierdie effek bestudeer deur middel van 'n ontladingsbuis.



Figuur 12.6: Toon die diagram van 'n ontladingsbuis. Die buis is gevul met gas. Wanneer 'n hoë genoeg spanning aangewend word oor die buis, ioniseer die gas en tree op soos 'n geleier en laat elektrisiteit toe om deur die stroombaan te beweeg. Die stroom wat daardeur beweeg wek die atome in die geïoniseerde gas op. Wanneer die atome terugval na hulle grondtoestand toe, straal hulle fotone uit om die oormatige energie af te gee.

'n Ontladingsbuis (getoon in Figuur 12.6) is 'n gasge vulde glasbuis met 'n metaalplaat aan albei punte. As 'n groot genoeg ladingsverskil aangewend word tussen die twee metaalplate, sal die gasatome binne-in die buis genoeg energie absorbeer om van hulle atome af te gee, dus die gasatome word geïoniseer. Hierdie elektrone begin om deur die buis te beweeg en skep 'n stroom wat van die elektrone in die ander atome tot hoër vlakke laat styg. Soos wat die elektrone in die atome terugval straal hulle elektromagnetiese straling (lig) uit. Die hoeveelheid lig wat vrygestel word by verskillende golflengtes, **emissiespektrum**, word in Figuur 12.7 getoon vir 'n ontladingsbuis gevul met waterstof. Slegs sekere golflengtes (dus kleure) van lig kan gesien word, soos gewys by die lyne in die prentjie.



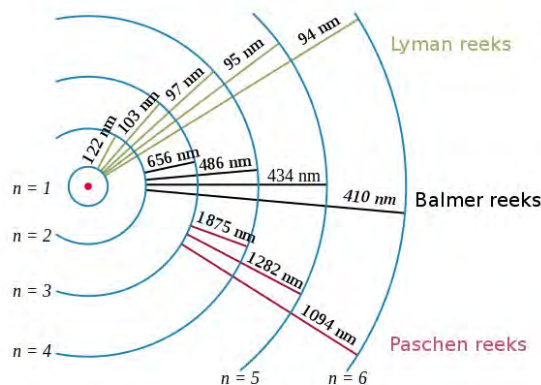
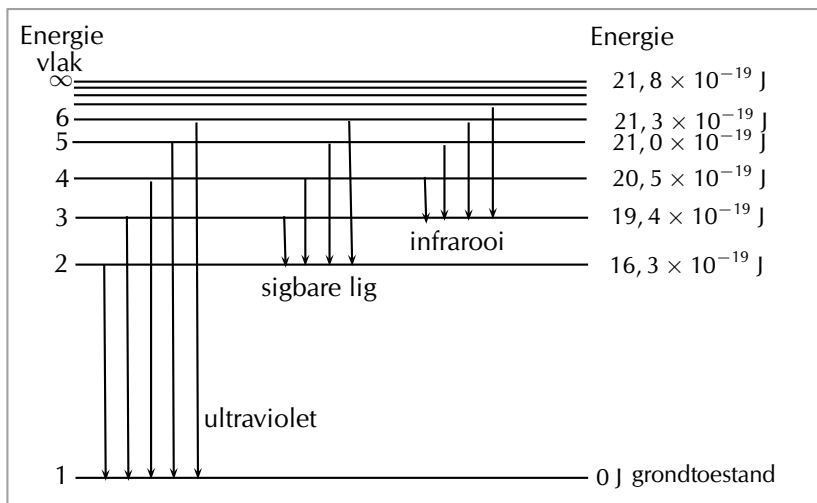
Figuur 12.7: Diagram van die emissiespektrum van waterstof in die sigbare spektrum. Vier lyne is sigbaar en is gemerk met hulle golflengtes. Die drie lyne in die 400–500 nm reeks is in die blou deel van die spektrum, waar die hoër lyn (656 nm) in die rooi/oranje deel is.

Uiteindelik het wetenskaplikes besef dat hierdie lyne van fotons van 'n spesifieke energie af kom, vrygestel deur elektrone wat oorgaan tussen spesifieke energievlakke in die atoom. Figuur 12.8 wys 'n voorbeeld hiervan. Wanneer 'n elektron binne-in 'n atoom daal van 'n hoër energievlak na 'n laer energievlak, straal dit 'n foton lig uit om van die ekstra energie ontslae te dra. Hierdie foton se energie is gelykstaande aan die energieverskil tussen die twee energievlakke (ΔE).

$$\Delta E_{\text{elektron}} = E_f - E_i$$

Soos voorheen bespreek, is die golflengte van 'n foton verwant aan sy energie deur die vergelyking $E = hf$. Aangesien 'n spesifieke foton 'n frekwensie (of golflengte) vir

'n spesifieke kleur aandui, kan ons sien dat elke gekleurde lyn geassosieer is met 'n spesifieke verandering in energie tussen die energievlakke.



Figuur 12.8: In die eerste diagram kan ons van die waterstofatoom se energievlakke sien. Die pyltjies wys die elektronoorgang van hoër energievlakke na laer energievlakke. Die energie van die vrygestelde fotone is dieselfde as die energieverkil tussen twee energievlakke. Mens kan aan absorpsie dink as die teenoorgestelde proses. Die pyltjies sou opwaarts wys en die elektrone sou spring na hoër vlakke wanneer hulle 'n foton van die regte energie absorbeer. Die tweede afbeelding wys die golflengtes van die lig wat vrygestel word vir die onderskeie oorgange. Die oorgange word gegroepeer in 'n reeks gebaseer op die laagste vlak betrokke in die oorgang.

Sigbare lig is nie die enigste tipe elektromagnetiese staling wat vrygestel word nie. Meer energieike of minder energieike oorgange kan ultraviolet of infrarooi bestraling produseer. Maar, omdat elke atoom sy eie unieke stel energievlakke besit (sy vingeraf-druk), het elke atoom sy eie spesifieke emissiespektrum.

Absorpsiespektra

ESFZZ

Atome straal nie net fotone uit nie; hulle absorbeer ook fotone. As 'n foton 'n atoom tref en die energie van die foton is dieselfde as die verskil tussen twee energievlakke in die atoom, kan die elektron in die laer energievak die foton absorbeer en spring na

'n hoër energievlak. As die fotonenergie nie ooreenstem met die verskil tussen twee energievlakke nie, sal die foton nie absorbeer word nie (dit kan nog verstrooi word).

As mens 'n bron van fotone van verskillende energieë het, kan mens die **absorpsiespektra** bepaal van verskillende stowwe. Om 'n absorpsiespektrum te kry, skyn net wit lig op 'n monster van die materiaal waarin jy belangstel. Wit lig bestaan uit al die verskillende golflengtes sigbare lig. In die absorpsiespektrum sal daar gapings wees. Die gapings stem ooreen met die energieë (golflengtes) waarvoor daar 'n ooreenstemmende verskil in energievlakke vir die spesifieke element is.

Die geabsorbeerde fotone wys as swart lyne want die fotone van hierdie golflengtes is geabsorbeer. As gevolg hiervan is die absorpsiespektrum presies die *omgekeerde* van die emissiespektrum. Kyk na die twee onderstaande figure. In Figuur 12.9 is die lyn emissiespektrum vir waterstof. Figuur 12.10 wys die absorpsiespektrum. Dit is presies teenoorgesteld as die uitstralingspektrum! Beide uitstraling- en absorpsietegnieke kan gebruik word om dieselfde inligting te kry oor die energievlakke van 'n atoom.



Figuur 12.9: Emissiespektrum van waterstof



Figuur 12.10: Absorpsiespektrum van waterstof

Die donker lyne stem ooreen met die frekwensies van lig wat deur die gas geabsorbeer is. Soos wat die fotone geabsorbeer word deur elektrone, skuif die elektrone na hoër energievlakke. Hierdie is die teenoorgestelde proses as uitstraling.

Die donker lyne, absorpsielyne, stem ooreen met die golflengtes van die emissiespektrum van dieselfde element. Die hoeveelheid energie wat deur die elektron geabsorbeer moet word om na 'n hoër vlak toe te beweeg is dieselfde as die hoeveelheid energie wat vrygestel word wanneer dit terugkeer na die oorspronklike energievlak.

Uitgewerkte voorbeeld 4: Absorpsie

VRAAG

Ek het 'n onbekende gas in 'n glashouer. Ek skyn 'n helder wit lig deur een kant van die houer en meet die spektrum van die lig wat vrygestel word. Ek merk op dat daar 'n swart lyn (*absorpsielyn*) in die middel van die sigbare rooi band is by 642 nm. Ek het 'n vermoede dat die gas dalk waterstof kan wees. Tussen watter twee energievlakke vind die oorgang plaas, indien ek korrek is? (Wenk: kyk na Figuur 12.8 en die oorgange wat deel is van die sigbare deel van die spektrum.)

OPLOSSING

Stap 1: Wat word gegee en wat moet gedoen word?

Ons het 'n absorpsielyn by 642 nm. Dit beteken dat die stof in die glashouer fotone met 'n golflengte van 642 nm geabsorbeer het. Ons moet bereken met watter twee

energievlakke van waterstof hierdie oorgang sou ooreenstem. Dus moet ons uitvind watter energie die twee geabsorbeerde fotone gehad het.

Stap 2: Bereken die energie van die geabsorbeerde fotone

$$\begin{aligned} E &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{(6,63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{642 \times 10^{-9}} \\ &= 3,1 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

Die geabsorbeerde fotone het 'n energie gehad van $3,1 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Stap 3: Bepaal die oorgangsenergieë wat straling by sigbare golflengtes veroorsaak

Figuur 12.8 wys verskeie energievlak-oorgange. Die oorgange verwant aan sigbare lig is gemerk as die oorgange wat begin of eindig op Energievlak 2. Kom ons bepaal die energie van hierdie oorgange en vergelyk dit met die energie van die geabsorbeerde fotone wat ons nou net bereken het.

Oorgangsenergie (absorpsie) van Energievlak 2 tot Energievlak 3

$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{elektron}} &= E_{2,3} = E_2 - E_3 \\ &= 16,3 \times 10^{-19} - 19,4 \times 10^{-19} \\ &= -3,1 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

Dus is die energie wat die foton moet absorbeer om van Energievlak 2 na Energievlak 3 te beweeg $3,1 \times 10^{-19} \text{ J}$. (NEEM KENNIS: Die minus teken beteken dat *absorpsie* voorkom.)

Hierdie is dieselfde energie as die fotone wat deur die gas is die houer geabsorbeer is! Dus, aangesien die oorgange van alle elemente uniek is, kan ons sê dat die gas in die houer waterstof is. Die oorgang is die absorpsie van 'n foton tussen Energievlak 2 en Energievlak 3.

BELANGRIK!

Die energie van die foton kom nie ooreen met die energie van 'n energievlak nie, dit kom ooreen met die **verskil** in energie tussen twee energievlakke.

Die bestudering van spektrums van sterre en sterrestelsels in astronomie word *spektroskopie* genoem. Spektroskopie is 'n hulpmiddel wat algemeen in astronomie gebruik word om inligting te bekom oor astronomiese voorwerpe.

Die identifisering van elemente in 'n astronomiese voorwerp deur spektrumanalise

Astronome kan bepaal waarvan 'n ster gemaak is deur na die ster se ligspektrum te kyk. Aangesien elke element slegs by sekere golflengtes lig uitstraal of absorbeer, kan astronome identifiseer uit watter elemente 'n ster saamgestel is, deur die lyne in hulle spektrums. Uit die bestudering van baie sterre weet ons dat daar baie verskillende soorte sterre is wat verskillende elemente in verskillende hoeveelhede bevat.

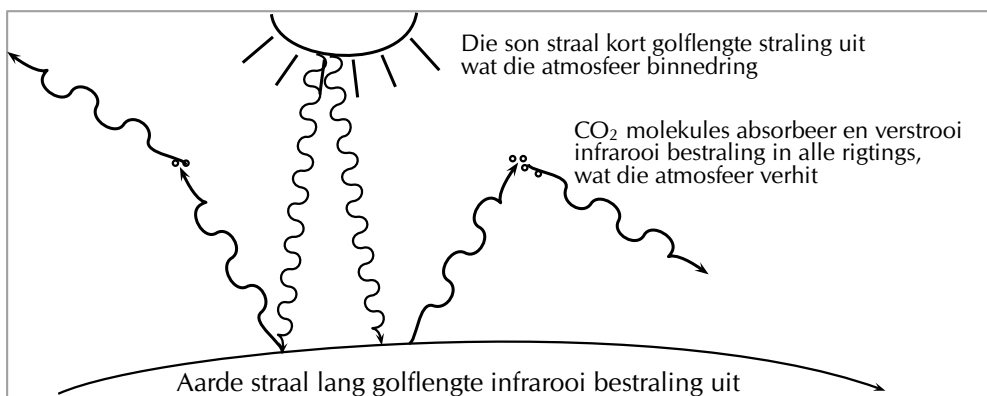
Die bepaling van die snelheid van sterrestelsels deur spektroskopie

Ons het reeds in [Hoofstuk 6](#) geleer van die Dopplereffek en hoe die frekwensie (en golflengte) van klankgolwe verander, afhangend of die voorwerp wat die klank maak na jou toe of weg van jou af beweeg. Dieselfde gebeur met elektromagnetiese uitstraling (lig). As die voorwerp wat lig uitstraal na ons toe beweeg, lyk die golflengte van die lig korter (**blouverskuiwing**). As die voorwerp weg van ons af beweeg, lyk die golflengte van die lig uitgerek (**rooiverskuiwing**).

Die Dopplereffek affekteer die spektrums van voorwerpe in die ruimte afhangend van hulle beweging relatief tot ons hier op die aarde. Die lig van 'n veraf sterrestelsel wat teen 'n vinnige snelheid weg van ons af beweeg sal byvoorbeeld 'n rooiverskuiwing toon. Dit beteken dat die uitstralings en absorpsielýne in die sterrestelsel se spektrum verskuif sal word na 'n langer golflengte (laer frekwensie). As astronome weet waar elke lyn in die spektrum normaalweg sou wees as die sterrestelsel nie beweeg het nie, kan hulle dit vergelyk met die rooiverskuifde spektrum en so presies meet hoe vinnig die sterrestelsel relatief tot die aarde beweeg.

Aardverwarming en kweekhuiskasse

Die son straal radiasie (lig) uit met 'n verskeidenheid golflengtes wat meestal in die sigbare spektrum is. Uitstraling by hierdie golflengtes beweeg deur die gasse in die atmosfeer en verwarm die grond en oseane daaronder. Die warm Aarde straal dan die hitte teen langer golflengtes uit. Koolstofdioksied (een van die hoof kweekhuiskasse) in die atmosfeer het energievlakke wat ooreenstem met die infrarooi golflengtes wat dit toelaat om die infrarooi uitstraling te absorbeer. Dit straal dan ook infrarooi golflengtes in alle rigtings uit. Hierdie effek keer 'n groot hoeveelheid van die infrarooi uitstraling om uit die atmosfeer uit te kom, wat dan veroorsaak dat die atmosfeer en die Aarde verhit. Meer uitstraling kom in as wat weer kan uitgaan.



As die hoeveelheid kweekhuisgasse in die atmosfeer toeneem, neem die hoeveelheid vasgekeerde infrarooi uitstraling ook toe en dus word die Aarde se temperatuur ook hoër. Die Aarde is 'n baie sensitiewe en ingewikkelde stelsel en as die delikate balans van temperatuur en atmosferiese gasinhoud versteur word kan dit katastrofiese gevolge hê as ons nie versigtig is nie.

Oefening 12 – 2: Emissie- en absorpsiespektra

1. Verduidelik hoe atoomspektrums ontstaan en hoe hulle verwant is aan elke element van die periodieke tabel.
2. Hoe is die lyne op die atomiese spektrum verwant aan die elektron-oorgang tussen energielakke?
3. Verduidelik wat die verskil is tussen atomiese emissie- en absorpsiespektrums.
4. Beskryf hoe die absorpsie- en emissiespektrums van die gase in die atmosfeer aanleiding gee tot die kweekhuiseffek.
5. Watter kleur is die lig wat deur waterstof vrygestel word wanneer 'n elektron afskuif van energielak 5 na energielak 2? (Gebruik 12.8 om die energie van die vrygestelde foton te kry.)
6. Ek het 'n glasbuis wat gevul is met waterstofgas. Ek skyn wit lig op die buis. Die spektrum wat gemeet word het 'n absorpsielyn by 'n golflengte van 474 nm. Tussen watter twee energielakke het die verskuiwing plaasgevind? (Gebruik 12.8 om die probleem op te los.)
7. Meer oefening. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CHD](#) 2. [2CHF](#) 3. [2CHG](#) 4. [2CHH](#) 5. [2CHK](#)
7. [2CHM](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

12.4 Hoofstukopsomming

ESF323

🔍 Sien aanbieding: [2CHN](#) op www.everythingscience.co.za

- Die foto-elektriese effek is die proses waardeur 'n elektron vrygestel word deur 'n stof wanneer lig daarop skyn.
- 'n Stof het 'n werksfunksie wat die minimum hoeveelheid energie is wat nodig word om 'n elektron vanuit die stof vry te stel. Die frekwensie van die lig wat se fotone presies ooreenstem met die werksfunksie staan bekend as die drumpelfrekwensie.

$$E = W_0 + E_{k\text{maks}}$$
$$E_{k\text{maks}} = hf - W_0$$

- Die hoeveelheid elektrone wat afgegee word neem toe met die intensiteit van die invallende ligstraal.

- Die foto-elektriese effek illustreer die partikel-eienskap van lig en bevestig die kwantumteorie.
- Emissiespektrums word gevorm wanneer sekere frekwensies van lig deur 'n gas vrygestel word as gevolg van elektrone in die atoom wat na 'n laer energievlak daal. Die patroon van die spektrums is kenmerkend vir die spesifieke gas.
- Absorpsiespektrums vorm wanneer sekere frekwensies van lig deur 'n stof geabsorbeer word. Hierdie fotone word geabsorbeer wanneer hulle energieë presies die regte hoeveelheid is om 'n elektron van een energievlak na 'n ander te lig.

Fisiese eienskappe		
Hoeveelheid	Eenheid naam	Eenheid simbool
Energie (E)	Joules	J
Werksfunksie (W_0)	Joules	J
Frekwensie (f)	Hertz	Hz
Golflengte (λ)	Meter	m

Tabel 12.2: Eenhede gebruik in **optiese verskynsels en eienskappe van materie**.

Oefening 12 – 3:

1. Bereken die energie van 'n foton rooi lig met 'n golflengte van 400 nm.
2. Sal ultraviolet lig met 'n golflengte van 990 nm in staat wees om elektrone vry te stel van 'n plaat kalsium met 'n werksfunksie van 2,9 eV?
3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CHP](#) 2. [2CHQ](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Elektrochemiese reaksies

13.1	<i>Hersiening van oksidasie en reduksie</i>	448
13.2	<i>Skryf van redoks- en halfreaksies</i>	449
13.3	<i>Galvaniese en elektrolitiese selle</i>	453
13.4	<i>Prosesse in elektrochemiese selle</i>	466
13.5	<i>Die effekte van stroom en potensiaal op tempo en ewewig</i>	470
13.6	<i>Standaard elektrodepotensiale</i>	471
13.7	<i>Toepassings van elektrochemie</i>	485
13.8	<i>Hoofstukopsomming</i>	492

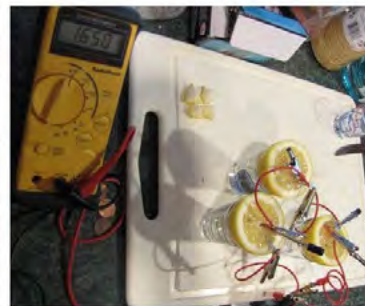
13 Elektrochemiese reaksies

Ons gebruik batterye in ons alledaagse lewe. Selfone gebruik litium-ioonbatterye, motors lood-suurbatterye, terwyl silweroksiedbatterye in horlosies gebruik word. Sommige batterye is herlaaibaar, terwyl ander nie herlaai kan word nie en weggegooi moet word.



Figuur 13.1: 'n Motorbatterry, horlosiebatterrye en herlaaibare AA-batterrye.

'n Battery bestaan uit reeks **elektrochemiese selle**, en in elke sel is daar **elektrochemiese reaksies** wat plaasvind. Dit kan gesien word in die *suurlemoenbatterry* eksperiment wat in Figuur 13.2 getoon word. Elke suurlemoen is 'n sel in die batterry wat uit drie suurlemoenselle bestaan. Die reaksies wat die sink en koper in die suurlemoene ondergaan is elektrochemiese reaksies en 'n elektriese stroom word gevorm.



Figuur 13.2: 'n Stroom word verkry deur suurlemoene met koper- en sinkmetaal aan mekaar te verbind. Die reaksies wat hier plaasvind is elektrochemiese reaksies.

Elektrochemiese reaksies en elektrochemiese selle word in hierdie hoofstuk behandel. Voordat ons egter dit meer volledig gaan bespreek, is dit nodig om oksidasie en reduksie, asook redoksreaksies en die balansering daarvan te hersien, aangesien hierdie begrippe van groot belang is in elektrochemie.

13.1 Hersiening van oksidasie en reduksie

ESCQX

Jy behoort die terme *oksidasie* en *reduksie* van Graad 11 te onthou:

- **Oksidasie** beteken 'n **verlies van elektrone**
- **Reduksie** beteken 'n **wins aan elektrone**.

Jy kan dit as volg onthou:

- Oksidasie en verloor (van elektrone) albei 'n **o** in het.
- Reduksie en die bykry (van elektrone) albei 'n **r** in het.

In beide oksidasie en reduksie is 'n **oordrag van elektrone** betrokke wat 'n verandering in die oksidasietoestand van die elemente veroorsaak.

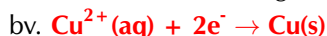
- 'n Element of verbinding wat elektrone **verloor**, word **geoksideer**.



Namate dit elektrone verloor, gee dit die elektrone weg aan 'n ander element of verbinding. Die element of verbinding wat die elektrone ontvang, word **gereduseer**.

Dit maak die element of verbinding wat elektrone verloor 'n **reduseermiddel**.

- 'n Element of verbinding wat elektrone **wen**, word **gereduseer**.



Soos dit elektrone bykry, *neem* dit die elektrone weg van 'n ander element of verbinding. Die element of verbinding wat die elektrone verloor word **geoksideer**.

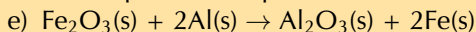
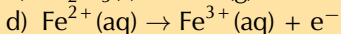
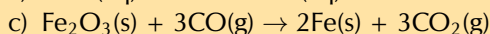
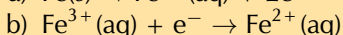
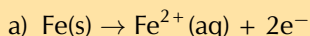
Dit maak die element of verbinding wat elektrone wen 'n **oksideermiddel**.

Oefening 13 – 1: Oksidasie en reduksie

1. Definieer die volgende terme:

a) oksidasie b) reduksie c) oksideermiddel d) reduseermiddel

2. Sê in elk van die volgende reaksies of die reagerende **ysterspesie** (Fe , Fe^{2+} , Fe^{3+}) geoksideer of gereduseer word.



3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. [27ZR](#) 2. [27ZS](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

13.2 Skryf van redoks- en halfreaksies

ESCQY

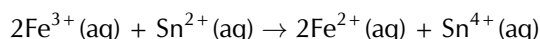
Redoksreaksies en halfreaksies

ESCQZ

Onthou uit Graad 11 dat oksidasie en reduksie gelyktydig in 'n **redoksreaksie** plaasvind. Die reaksies wat plaasvind in elektrochemiese selle is redoksreaksies. Twee vrae moet gevra word om te bepaal of 'n reaksie 'n redoksreaksie is.

- Is daar 'n verbinding of atoom wat geoksideer word?
- Is daar 'n verbinding of atoom wat gereduseer word?

Indien die antwoord op beide vrae ja is, is die reaksie 'n redoksreaksie. Die onderstaande reaksie is 'n voorbeeld van 'n redoksreaksie:



Jy kan 'n redoksreaksie skryf as twee **halfreaksies**, die een om die reduksieproses voor te stel, en die ander een om die oksidasieproses voor te stel. Fe^{3+} wen een elektron om Fe^{2+} te word. **Yster** word daarom **gereduseer** en **tin** is die **reduseermiddel** (wat veroorsaak dat die yster gereduseer word). Die **reduksie halfreaksie** is:



Sn^{2+} verloor twee elektrone om Sn^{4+} te word. **Tin** word daarom **geoksideer** en **yster** is die **oksideermiddel** (wat veroorsaak dat tin geoksideer word). Die **oksidatie halfreaksie** is:



Let op dat in die **algehele** reaksie, die reduksie-halfreaksie met twee vermenigvuldig word. Dit is sodat die aantal elektrone wat in die reduksie-halfreaksie gewen word, dieselfde is as die aantal elektrone wat in die oksidasie-halfreaksie verloor word.

Balansering van redoksreaksies

ESCR2

Halfreaksies kan gebruik word om redoksreaksies te balanseer. Ons gaan 'n paar uitgewerkte voorbeelde gebruik om die metode te help verduidelik.

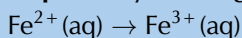
Uitgewerkte voorbeeld 1: Balansering van redoksreaksies

VRAAG

Chloorgas oksideer Fe^{2+} -ione na Fe^{3+} -ione. In die proses word chloorgas gereduseer na chloriedione. Skryf 'n gebalanseerde vergelyking vir hierdie reaksie.

OPLOSSING

Stap 1: Skryf die ongebalanseerde oksidasie-halfreaksie neer



Stap 2: Balanseer die aantal atome aan beide kante van die reaksievergelyking

Daar is een ysteratoom aan die linkerkant, en een aan die regterkant en ons hoef dus geen addisionele atome by te voeg nie.

Stap 3: As die atome gebalanseer is, maak seker dat die ladinge balanseer

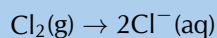
Die lading aan die linkerkant van die vergelyking is +2, maar die lading aan die regterkant is +3. Daarom moet een elektron aan die regterkant bygevoeg word om die ladings te balanseer. Die halfreaksie is nou:

$$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^{-}$$

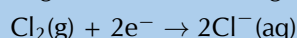
Stap 4: Herhaal stappe 1 - 3 met die reduksie-halfreaksie

Die ongebalanseerde reduksie-halfreaksie is: $\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Cl}^{-}(\text{aq})$

Die atome balanseer nie en daarom moet ons die regterkant met twee vermenigvuldig om die saak reg te stel.



Twee elektrone moet aan die linkerkant bygevoeg word om die ladings te balanseer.

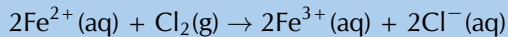


Stap 5: Vergelyk die aantal elektrone in elke vergelyking

Vermenigvuldig elke halfreaksie met 'n gepaste getal sodat die aantal elektrone wat vrygestel word (oksidatie) gelyk is aan die aantal elektrone wat opgeneem word (reduksie).



Stap 6: Kombineer die twee halfreaksies om 'n finale vergelyking vir die algehele reaksie te kry



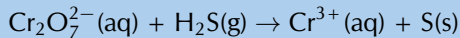
Stap 7: Maak finaal seker dat die vergelyking gebalanseer is

Ons kontroleer die aantal atome en die ladings, en stel vas dat die vergelyking gebalanseer is.

Uitgewerkte voorbeeld 2: Balansering van redoksreaksies in 'n suurmedium

VRAAG

Die volgende twee reaksies vind plaas in 'n suurmedium:

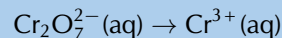


Skryf die gebalanseerde vergelyking vir hierdie reaksie.

OPLOSSING

Stap 1: Skryf die ongebalanseerde reduksie-halfreaksie neer

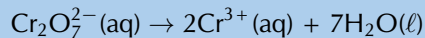
In $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kom chroom voor as Cr^{6+} . Dit word Cr^{3+} . Elektrone word dus gewen en daarom is dit die reduksie-halfreaksie:



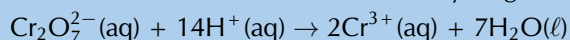
Stap 2: Balanseer die aantal atome aan beide kante van die reaksievergelyking

Ons moet die regterkant met twee vermenigvuldig sodat die aantal Cr-atome kan balanseer. In 'n suurmedium is daar watermolekules en H^{+} -ione in die oplossing en kan dus gebruik word om die reaksie te balanseer.

Om die suurstofatome aan die regterkant te balanseer moet ons watermolekules aan die regterkant byvoeg:

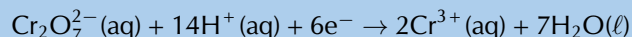


Die suurstofatome balanseer nou, maar nie die waterstofatome nie. Omdat die reaksie in 'n suurmedium plaasvind, kan ons waterstofione aan die linkerkant byvoeg.



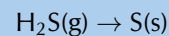
Stap 3: As die atome gebalanseer is, maak jy seker dat die ladings balanseer

Die lading aan die linkerkant van die vergelyking is $(-2 + 14) = +12$, maar die lading aan die regterkant is $+6$. Daar moet dus ses elektrone aan die linkerkant bygevoeg word om die ladings te balanseer. Dit maak sin aangesien elektrone opgeneem word in die reduksie-halfreaksie. Die halfreaksie is nou:

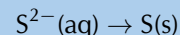


Stap 4: Herhaal stappe 1 - 3 met die oksidasie-halfreaksie

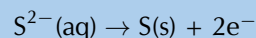
Die ongebalanseerde oksidasie-halfreaksie is:



Ons kan egter die H^{+} in H_2S ignoreer omdat daarvoor voorsiening gemaak word deur die suurmedium en die reduksie-halfreaksie.



Die atome balanseer, maar nie die ladings nie. Twee elektrone moet bygevoeg word aan die regterkant van die vergelyking.



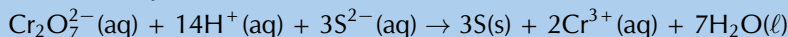
Stap 5: Vergelyk die aantal elektrone in elke vergelyking

Vermenigvuldig elke halfreaksie met 'n gepaste getal sodat die aantal elektrone wat vrygestel word (oksidatie) gelyk is aan die aantal elektrone wat opgeneem word (reduksie).

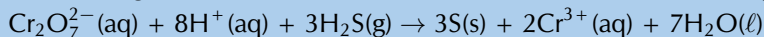
oksidasie-halfreaksie: $\times 3: 3\text{S}^{2-}(\text{aq}) \rightarrow 3\text{S}(\text{s}) + 6\text{e}^{-}$

reduksie-halfreaksie: $\times 1: \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^{+}(\text{aq}) + 6\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\ell)$

Stap 6: Kombineer die twee halfreaksies om 'n finale vergelyking vir die algehele reaksie te kry



Maar, $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ is die reaktant en daarom sal dit beter wees om te skryf:



Stap 7: Maak finaal seker dat die vergelyking gebalanseer is

Ons kontroleer die aantal atome en die ladings, en stel vas dat die vergelyking gebalanseer is.

Uitgewerkte voorbeeld 3: Balansering van redoksreaksies in 'n alkaliese medium

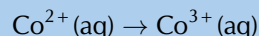
VRAAG

Die kompleksioon heksaämmienkobalt(III) ($\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$) word deur waterstofperoksied geoksideer om die heksaämmienkobalt(III)-ioon ($\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$) te vorm. Skryf 'n gebalanseerde vergelyking vir hierdie reaksie.

OPLOSSING

Stap 1: Skryf die ongebalanseerde oksidasie-halfreaksie neer

Ammoniak (NH_3) het 'n oksidasiegetal van 0. Daarom bestaan kobalt as Co^{2+} in $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$. In $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$ bestaan kobalt as Co^{3+} . Daar is 'n verlies aan elektrone en hierdie is oksidasie-halfreaksie:



Stap 2: Balanseer die aantal atome aan beide kante van die reaksievergelyking

Die aantal atome is dieselfde aan beide kante.

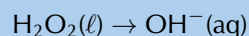
Stap 3: As die atome gebalanseer is, maak jy seker dat die ladings balanseer

Die lading aan die linkerkant van die reaksievergelyking is +2, maar die lading aan die regterkant is +3. Een elektron moet aan die regterkant bygevoeg word om die ladings in die vergelyking te balanseer:

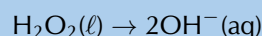


Stap 4: Herhaal stapte 1 - 3 met die reduksie-halfreaksie

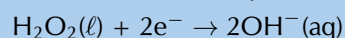
Kobalt word geoksideer deur waterstofperoksied en die waterstofperoksied word dus gereduseer. Reduksie beteken die wins aan elektrone. Die produk van die reduksie van H_2O_2 in 'n alkaliese medium is OH^{-} :



Vervolgens moet jy die atome balanseer:

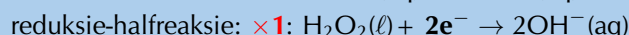


Daarna moet jy die ladings balanseer:

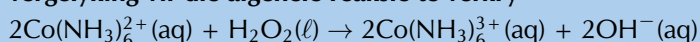


Stap 5: Vergelyk die aantal elektrone in elke vergelyking

Vermenigvuldig elke halfreaksie met 'n gepaste getal sodat die aantal elektrone wat vrygestel word (oksidasie) gelyk is aan die aantal elektrone wat opgeneem word (reduksie):



Stap 6: Kombineer die twee halfreaksies, en voeg die toeskouerione by om 'n finale vergelyking vir die algehele reaksie te verkry



Stap 7: Maak finaal seker dat die vergelyking gebalanseer is

Ons kontroleer die aantal atome en die ladings, en stel dan vas dat die vergelyking gebalanseer is.

Oefening 13 – 2: Balansering van redoksreaksies

1. Balanseer die volgende reaksievergelykings:
 - a) $\text{HNO}_3(\ell) + \text{PbS}(\text{s}) \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$
 - b) $\text{NaI}(\text{aq}) + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{s}) + \text{FeSO}_4(\text{aq}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$
2. Permanganaat(VII)-ione (MnO_4^-) oksideer waterstofperoksied (H_2O_2) na suurstofgas. Die reaksie word in 'n suurmedium uitgevoer. Gedurende die reaksie word die permanganaat(VII)-ione gereduseer na mangaan(II)-ione (Mn^{2+}). Skryf 'n gebalanseerde vergelyking vir die reaksie.
3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1a. 27ZT 1b. 27ZV 2. 27ZW



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

13.3 Galvaniese en elektrolitiese selle

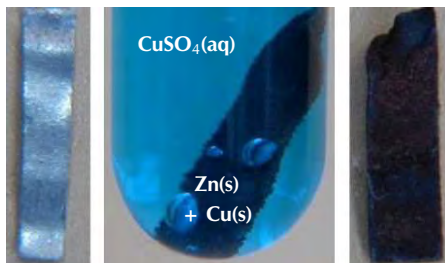
ESCR3

Elektrochemiese reaksies

ESCR4

In Graad 11 het jy 'n eksperiment uitgevoer om te sien wat gebeur wanneer sinkkorrels by 'n oplossing van koper(II)sulfaat gevoeg word.

Zn(s)
voor

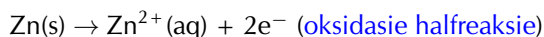
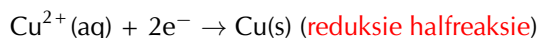


Zn(s) +
Cu(s) laag
na

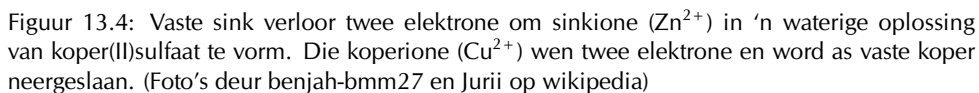
Figuur 13.3: Wanneer 'n sinkplaatjie in 'n waterige oplossing van koper(II)sulfaat geplaas word, vorm vaste koper op die sinkplaat. (Skermkote geneem uit 'n video deur Aaron Huggard op YouTube)

► Sien video: 27ZX op www.everythingscience.co.za

In die eksperiment word die Cu^{2+} -ione uit die **blou koper(II)sulfaat**-oplossing gereduseer (wins aan elektrone) na kopermetaal wat dan as 'n lagie op die sink neerslaan. Die sinkatome word geoksideer (verlies aan elektrone) om Zn^{2+} -ione in die oplossing te vorm. $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ is kleurloos en daarom verloor die blou oplossing sy kleur. Soos in Graad 11 bespreek, is die halfreaksies soos volg:



Die volledige redoksreaksie is: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$



- Is dit moontlik dat warmte-energie na elektriese-energie omgeskakel kan word?
- Kan ons 'n chemiese reaksie waar elektrone uitgeruil word, gebruik om elektrisiteit te vervaardig?
- Indien ons 'n elektriese stroom sou aanlê, sou ons kon veroorsaak dat een of ander tipe chemiese reaksie plaasvind?

- Die energie van 'n chemiese reaksie kan omgeskakel word na elektriese potensiële energie, wat 'n elektriese stroom lower.
- Die oordrag van elektrone in 'n chemiese reaksie kan veroorsaak dat 'n elektriese stroom vloei.
- Indien jy 'n elektriese stroom aanlê, kan dit veroorsaak dat 'n chemiese reaksie plaasvind deurdat die elektrone (en potensiële energie) nodig vir die selreaksies, verskaf word.

- 'n chemiese reaksie 'n *elektriese potensiaalverskil* veroorsaak, en gevolglik ook 'n elektriese stroom in die eksterne geleidingsdrade
of
- 'n elektriese stroom elektriese potensieële energie en elektrone verskaf en daar dus 'n *chemiese reaksie plaasvind*

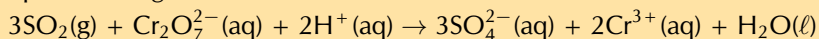
'n Elektrochemiese reaksie behels 'n oordrag van elektrone. Daar vind 'n omskakeling van chemiese potensiële energie na elektriese potensiële energie plaas, **of** van elektriese potensiële energie na chemiese potensiële energie.

'n Toestel waarin elektrochemiese reaksies plaasvind.

Oefening 13 – 3: Elektrochemiese reaksies

1. Identifiseer watter elemente in die reaktante geoksideer en gereduseer word in elk van die volgende vergelykings.
 - a) $\text{CuO(s)} + \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{H}_2\text{O(g)}$
 - b) $2\text{NO(g)} + 2\text{CO(g)} \rightarrow \text{N}_2\text{(g)} + 2\text{CO}_2\text{(g)}$
 - c) $\text{Mg(s)} + \text{FeSO}_4\text{(aq)} \rightarrow \text{MgSO}_4\text{(aq)} + \text{Fe(s)}$
 - d) $\text{Zn(s)} + 2\text{AgNO}_3\text{(aq)} \rightarrow 2\text{Ag(s)} + \text{Zn(NO}_3)_2\text{(aq)}$

2. Watter een van die stowwe in die onderstaande lys tree as die oksideermiddel op in die volgende reaksie?



- a) H^+
- b) Cr^{3+}
- c) SO_2
- d) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

3. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 27ZY 2. 27ZZ



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Daar is twee tipes elektrochemiese selle wat ons in hierdie hoofstuk van nader gaan bestudeer: **galvaniese** en **elektrolitiese selle**. Voordat ons die galvaniese en elektrolitiese selle verder gaan bespreek, moet jy 'n paar definisies ken:

DEFINISIE: Elektrode

'n Elektrode is 'n elektriese geleier wat die elektrochemiese spesies in sy oplossing aan die eksterne elektriese stroombaan van die sel verbind.

Daar is twee tipes elektrodes in 'n elektrochemiese sel, naamlik die **anode** en die **katode**.

Oksidasie vind altyd plaas by die **anode**, terwyl **reduksie** altyd by die **katode** plaasvind. Om vas te stel na watter elektrode verwys word, moet eers vasgestel word of oksidasie of reduksie by die bepaalde elektrode plaasvind.

Oksidasie is verlies van elektrone
Reduksie is wins aan elektrone
Oksidasie is die verlies van elektrone by die anode
Reduksie is die wins aan elektrone by die katode

Tabel 13.1: 'n Opsomming van die oksidasie- en reduksie-reëls.

Die elektrode word in 'n **elektroliet**-oplossing in die sel geplaas. Indien die sel uit twee dele bestaan, word die kompartemente met 'n **soutbrug** verbind.

DEFINISIE: Elektroliet

'n Elektroliet is 'n oplossing wat vry ione bevat en daarom as 'n geleier van lading (elektriese geleier) in oplossing kan optree.

DEFINISIE: Soutbrug

'n Soutbrug is 'n materiaal wat 'n elektrolitiese oplossing bevat en as 'n koppelstuk tussen twee halfselle optree (voltooi die stroombaan). Dit hou elektriese neutraliteit in sowel as tussen die elektroliete in die halfselhouers in stand.

WENK

Oksidasie is die **verlies** van elektrone.

Reduksie is die **wins** aan elektrone.

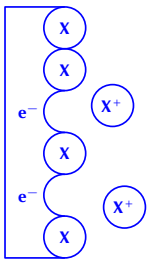
WENK

Onthou dat selle nie tweedimensioneel is nie, alhoewel jy dit moet teken soos in Figuur 13.5 of Figuur 13.6 getoon word.

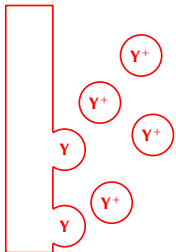


WENK

Die elektrone vrygestel tydens die oksidasie van X bly op die anode, X^+ beweeg in die oplossing in.



Die Y^+ -ione word gereduseer by die katode en vorm vaste Y.



Galvaniese selle

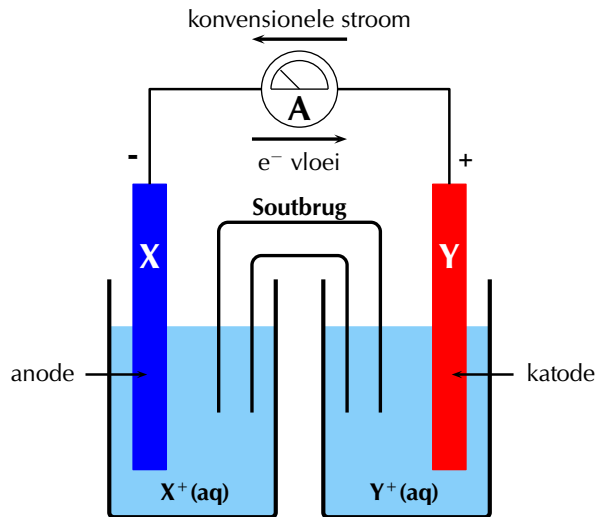
ESCR5

'n **Galvaniese sel** (waarna soms ook verwys word as 'n **voltaïese** of **natsel**) bestaan uit twee halfselle wat chemiese potensiele energie na elektriese potensiele energie omskakel.

DEFINISIE: Galvaniese sel

'n Galvaniese-sel is 'n elektrochemiese sel wat chemiese potensiele energie deur middel van 'n spontane chemiese reaksie na elektriese potensiele energie omskakel.

In 'n galvaniese sel is daar twee halfselle. Elke halfsel bevat 'n elektrode in 'n elektroliet. Die skeiding is nodig om direkte chemiese kontak tussen die oksidasie- en reduksiereaksies te verhoed en sodoende 'n potensiaalverskil te veroorsaak. Die elektrone wat in die oksidasie-reaksie vrygestel word, beweeg deur 'n eksterne stroombaan (en verrig arbeid) voordat dit in die reduksie-reaksie gebruik word.



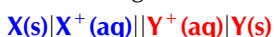
Figuur 13.5: 'n Skets van 'n galvaniese sel.

In 'n **galvaniese sel** (byvoorbeeld die sel wat in Figuur 13.5 getoon word):

- Die metaal by die anode is **X**. Oksidasie is die verlies van elektrone by die anode.
 - Die **anode halfreaksie** is $X(s) \rightarrow X^+(aq) + e^-$
 - Hierdie halfreaksie vind plaas in die halfsel met die $X(s)$ -anode en die $X^+(aq)$ -elektrolietoplossing.
 - Die elektrone vrygestel in die **oksidasie** van die metaal bly op die **anode**, terwyl die metaalkatode wat vorm, in die oplossing in beweeg.

Die metaal by die katode is Y. **Reduksie** is die wins van elektrone by die katode.

- – Die **katode halfreaksie** is $Y^+(aq) + e^- \rightarrow Y(s)$
- Hierdie halfreaksie vind plaas in die halfsel wat die $Y(s)$ -katode en die $Y^+(aq)$ -elektrolietoplossing bevat.
- By die **katode** word metaalione in die oplossing **gereduseer** (neem elektrone op) en op die elektrode neergeslaan.
- Daar is **meer elektrone** by die anode as by die katode.
- Elektrone sal vloei van omgewings met 'n hoë konsentrasie na omgewings met 'n lae konsentrasie, gevolglik beweeg elektrone **van die anode**, deur die eksterne stroombaan, **na die katode**
- Konvensionele stroom word gemeet as 'n vloei van positiewe lading en is dus in die teenoorgestelde rigting (van die katode na die anode).
- Die algehele reaksie is: $X(s) + Y^+(aq) \rightarrow X^+(aq) + Y(s)$.
- Om hierdie reaksie voor te stel deur die **standaard-selnotasie** te gebruik, skryf ons die volgende:



Volgens konvensie:

- Die **anode** word altyd aan die **linkerkant** geskryf.
 - Die **katode** word altyd aan die **regterkant** geskryf.
 - Die anode- en katode-halvselle word geskei deur || wat die soutbrug voorstel.
 - Die verskillende fases in elke halfsel (hier vaste fase(s) en waterige fase (aq)) word geskei deur |.
- Die elektrodes in elke halfsel word aan mekaar verbind deur middel van 'n verbindingsdraad in die eksterne stroombaan. Daar is ook 'n soutbrug tussen die individuele halvselle.

'n Galvaniese sel gebruik die reaksies wat by die twee elektrodes plaasvind om elektriese energie te vervaardig, d.w.s. die reaksie vind sonder die byvoeging van energie plaas.

Die sink-koperreaksie wat in Graad 11 gedoen is, kan verander word om 'n galvaniese sel te maak. Sink- en koperstafies word as **elektrodes** gebruik, met die sink(II)sulfaat- en koper(II)sulfaat-oplossings as **elektroliete**.

FEIT

'n Spontane reaksie sal plaasvind sonder dat eksterne energie benodig word. Verwys na die onderafdeling oor spontaneïteit vir meer inligting.

Algemene eksperiment: 'n Galvaniese sel

Doelwit:

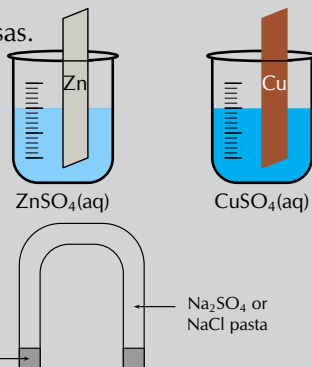
Om die reaksies wat in die galvaniese sel plaasvind, te ondersoek.

Apparaat:

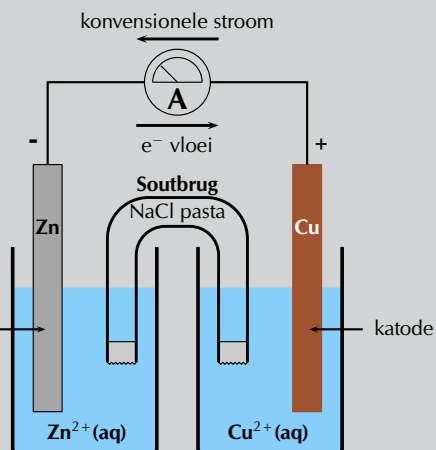
- Sinkstaaf, koperstaaf, sink(II)sulfaat (ZnSO_4) oplossing (1 mol.dm^{-3}), koper(II)sulfaat (CuSO_4) oplossing (1 mol.dm^{-3}), NaCl-pasta
- Balans, twee 250 ml bekere, U-buis, watte, nul-gesentreerde ammeter, verbindingsdraad.
- Etanol, eter (indien beskikbaar)

Metode:

1. Weeg die koper- en sinkstawe en noteer die massas.
2. Gooi 200 ml sinksulfaat-oplossing in 'n beker en plaas die sinkstaaf daarin.
3. Gooi 200 ml koper(II)sulfaat-oplossing in die tweede beker en plaas die koperstaaf daarin.
4. Vul die U-buis met die NaCl-pasta en seël die punte van die buis met die watte (om 'n soutbrug te maak). Die watte keer dat die pasta in die elektroliet oplos.
5. Konnekteer die sink- en koperstawe aan die nul-gesentreerde ammeter en hou die ammeter dop.
6. Plaas die een punt van die U-buis in die koper(II)sulfaat-oplossing en die ander punt in die sinksulfaat-oplossing. Hou die ammeter dop.



7. Verwyder die ammeter en konnekteer die koper- en sinkstawe direk aan mekaar deur middel van 'n koperdraad. Laat dit vir omtrent een dag staan.
8. Verwyder die twee stawe na 'n dag en spoel hulle af: eerstens met gedistilleerde water, dan met alkohol en laastens met eter (indien beskikbaar). Blaas die stawe met 'n haardroër droog.
9. Weeg die sink- en koperstawe en noteer hulle massas.



Let wel:

'n Voltmeter kan ook in die plek van die nul-gesentreerde ammeter gebruik word. 'n Nul-gesentreerde voltmeter sal die potensiaalverskil oor die sel (nie die vloei van elektrone) meet, terwyl 'n ammeter die stroom sal meet.

Bespreking:

- Het die ammeter 'n lesing getoon voordat die soutbrug in die oplossings geplaas is?
- Het die ammeter 'n lesing getoon nadat die soutbrug in die oplossings geplaas is? Indien so, in watter rigting vloei die stroom?
- Vul die onderstaande tabel in:

Staaf	Aanvanklike massa	Finale massa
Sink		
Koper		

- Hoe het die massa van die sink- en koperstawe verander?
- Gebaseer op jou kennis van oksidasie en reduksie, waarom het daardie mas-saveranderinge plaasgevind?
- Watter elektrode is die anode en watter een is die katode?

Resultate:

Tydens die eksperiment moes jy die volgende opgelet het:

- Daar was geen lesing op die ammeter toe die soutbrug afwesig was nie.
- Daar was 'n lesing op die ammeter toe die soutbrug gekonnekteer was.
- Die elektrone vloei vanaf die sinkstaaf na die koperstaaf. Dit beteken dat die konvensionele stroom vanaf die koperstaaf na die sinkstaaf vloei.
- Nadat die stawe vir 'n dag direk aanmekaar gekoppel was, was daar 'n verandering in hul massa. Die massa van die sinkstaaf het afgeneem terwyl die massa van die koperstaaf toegeneem het.
- **Oksidasie is verlies van elektrone, reduksie is wins van elektrone.**

Die sinkelektrode toon 'n verlies in massa, wat aandui dat vaste Zn-metaalatome ione word en in die elektroliet-oplossing inbeweeg: $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$. Oksidasie vind by die sinkelektrode plaas.

Die koperelektrode het toegeneem in massa. Dit dui daarop dat die Cu-metaalione in die elektroliet-oplossing na metaalatome verander en op die elektrode neerslaan: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$. Reduksie vind by die koperelektrode plaas.

- **Oksidasie** is verlies van elektrone by die **anode**. Oksidasie vind by die sinkelektrode plaas en dit is dus die anode.
Reduksie is die wins van elektrone by die **katode**. Reduksie vind by die koperelektrode plaas en dit is dus die katode.
- Wanneer $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ sal die elektrone op die anode bymekaar kom en dit word dus negatief gelaai.
Wanneer $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$ sal die elektrone verwyder word van die katode, wat dus positief gelaai word.

Gevolgtrekkings:

Wanneer 'n sink(II)sulfaat-oplossing wat 'n sinkstaaf bevat, deur middel van 'n soutbrug met 'n koper(II)sulfaat-oplossing met 'n koperstaaf daarin verbind word, vind reaksies in albei oplossings plaas. Die afname in massa van die sinkstaaf dui aan dat die sinkmetaal-elektrode geoksideer is om Zn^{2+} -ione in oplossing te vorm. Die toename in massa van die koperstaaf dui aan dat reduksie van Cu^{2+} -ione hier plaasgevind het en meer kopermetaal geproduseer is.

Die belangrikste om in hierdie eksperiment na op te let, is dat:

- die chemiese reaksies wat by die twee elektrodes plaasvind, 'n elektriese stroom veroorsaak wat deur die eksterne stroombaan vloei
- die algehele reaksie 'n spontane redoksreaksie moet wees
- **chemiese energie** omgesit word na **elektriese energie**
- die sink-kopersel een voorbeeld van 'n **Galvaniese sel** is

In die sink-kopersel, is die koper- en sinkstawe die **elektrodes**. Die soutbrug speel 'n baie belangrike rol in die galvaniese sel:

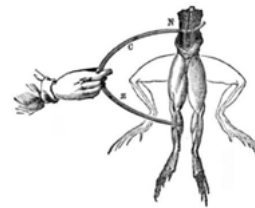
- 'n Elektroliet-oplossing bestaan uit metaalkatione en toeskoueranione.
 NaCl(aq) is $\text{Na}^+(\text{aq})$ en $\text{Cl}^-(\text{aq})$ in die pasta.
- Daar is 'n opbou van positiewe lading in die **anode-halvesel kompartement** namate vaste metaal **geoksideer** word en die positiewe ione in die oplossing in-beweeg. Dus is daar meer **positiewe metaalione** as negatiewe ione in die elektroliet.
 $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$, terwyl die aantal SO_4^{2-} -ione dieselfde bly.
- Om die lading te balanseer, beweeg negatiewe ione vanaf die soutbrug na die anode-halvesel kompartement.
 Cl^- -ione beweeg vanuit die soutbrug na die anode-halvesel kompartement.
- Daar is 'n afname in positiewe lading in die **katode-halvesel kompartement** namate metaalione **gereduseer** word en vaste metaal vorm. Dus is daar meer **negatiewe metaalione** in die elektroliet as in die positiewe ione
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu(s)}$, terwyl die aantal SO_4^{2-} -ione dieselfde bly.
- Om die lading te balanseer, beweeg positiewe ione vanuit die soutbrug na die katode-halvesel kompartement.
 Na^+ -ione beweeg vanuit die soutbrug na die katode-halvesel kompartement.

Die soutbrug tree op as 'n oordragmedium wat ione toelaat om deur te vloei sonder dat die verskillende oplossings meng en direk reageer. Dit laat 'n balansering van ladinge in die elektroliet-oplossings toe en laat toe dat die reaksies in die sel voortgaan.

Sonder 'n soutbrug sal die elektronvloei in die buitenste stroombaan heeltemal stop. Dus is 'n soutbrug nodig om die stroombaan te voltooi.

FEIT

Dit was die Italiaanse geneesheer en anatoom Luigi Galvani wat verantwoordelik was vir die ontstaan van die elektrochemie toe hy die verband tussen chemiese reaksies en elektrisiteit ingesien het. In 1780 het Galvani ontdek dat wanneer twee verskillende metale (byvoorbeeld koper en sink) aan mekaar gekoppel word en albei dan tegelykertyd aan verskillende dele van 'n senuwee van 'n padder se been geraak het, die been saamgetrek het. Hy het die verskynsel 'dier-elektrisiteit' genoem.



FEIT

Soms word galvaniese selle bloot elektrochemiese selle genoem. Elektrolitiese selle is ook elektrochemiese selle. Elektrolitiese en galvaniese selle is egter nie dieselfde nie.

Elektrolitiese selle

ESCR6

In 'n **elektrolitiese sel** word elektriese potensiele energie omgesit na chemiese potensiele energie. 'n Elektrolitiese sel gebruik 'n elektriese stroom om 'n bepaalde chemiese reaksie te dwing om plaas te vind, wat andersins nie sou plaasvind nie.

DEFINISIE: *Elektrolitiese sel*

'n Elektrolitiese sel is 'n elektrochemiese sel wat elektriese potensiele energie na chemiese potensiele energie omsit deur elektrisiteit te gebruik om 'n nie-spontane chemiese reaksie aan te dryf.

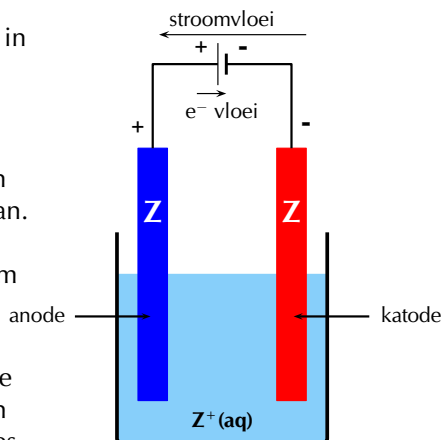
'n Elektrolitiese sel word geaktiveer deur 'n elektriese potensiaal oor die elektrodes aan te lê ten einde 'n interne chemiese reaksie tussen die elektrodes en die ione in die elektroliet-oplossing af te dwing. Hierdie proses word **elektrolise** genoem.

DEFINISIE: *Elektrolise*

Elektrolise is 'n metode om chemiese reaksies aan te dryf deur 'n elektriese stroom deur 'n elektroliet te stuur.

In 'n **elektrolitiese sel** (byvoorbeeld die sel wat in Figuur 13.6 getoon word):

- Die elektroliet-oplossing bestaan uit metaalkatione en toeskouer-anione.
- Die oksidasie- en reduksiereaksies vind in dieselfde houer plaas, maar is nie-spontaan. Die elektrodes moet aan 'n eksterne kragbron gekoppel wees vir die reaksie om te kan voortgaan.
- Die elektrodes in 'n elektrolitiese sel kan dieselfde of verskillende metale wees. Die beginsel bly dieselfde. Laat daar slegs een metaal wees en laat daardie metaal Z wees.



Figuur 13.6: 'n Skets van 'n elektrolitiese sel.

- 'n Elektrode word aan die **positiewe terminaal** van die battery gekoppel.
 - Om die lading by die **positiewe elektrode** te balanseer, word metaalatome **geoksideer** om metaalione te vorm. Die ione beweeg in die oplossing in en laat hul elektrone op die elektrode agter.
 - Die volgende reaksie vind plaas: $Z(s) \rightarrow Z^+(aq) + e^-$
 - **Oksidasie** is verlies by **anode**, dus is hierdie elektrode die **anode**.
- 'n Elektrode word aan die **negatiewe terminaal** van die battery gekoppel.
 - Wanneer die positiewe ione in aanraking kom met die **negatiewe elektrode**, verkry die ione elektrone en word **gereduseer**.
 - Die volgende reaksie vind plaas: $Z^+(aq) + e^- \rightarrow Z(s)$
 - **Reduksie** is wins by die **katode**, dus sal hierdie elektrode die **katode** wees.
- Dit beteken die algehele reaksie is: $Z(s) + Z^+(aq) \rightarrow Z^+(aq) + Z(s)$. Alhoewel dit eenvoudig mag lyk, is hierdie 'n belangrike tegniek om metale te suiwer (sien Afdeling 13.7).

Algemene eksperiment: Die beweging van gekleurde ione onder die invloed van elektriese lading

Doelwit:

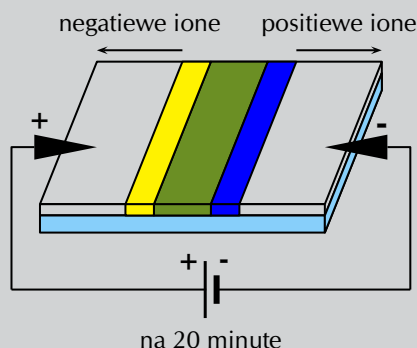
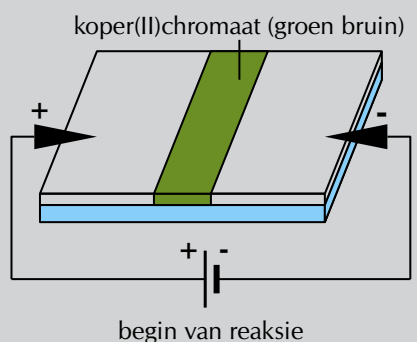
Om te demonstreer hoe ione in 'n oplossing na elektrodes met teenoorgestelde lading migreer.

Apparaat:

- Filtreerpapier, glasplaatjie, 9V-battery, twee krokodilklemme aan geleidingsdraade geheg, kleeflint
- Ammoniak ($\text{NH}_3(\text{aq})$) en ammoniumchloried (NH_4Cl) buffer oplossing, koper(II)chromaat-oplossing

Metode:

1. Konnekteer die draadjie van die een krokodilklem aan die een kant van die battery en plak dit stewig met kleeflint vas. Herhaal met die ander krokodilklem se draadjie en die ander kant van die battery.
2. Week 'n stuk filtreerpapier in die ammoniak- en ammoniumchloried-buffer-oplossing en plaas dit op die glasplaatjie.
3. Konnekteer die filtreerpapier aan die battery deur een van die krokodilklemme te gebruik, en hou die ander een byderhand.
4. Bring 'n streep koper(II)chromaat-oplossing op die middel van die filtreerpapier aan. Die kleur van hierdie oplossing is aanvanklik bruingroen.
5. Heg die ander krokodilklem aan die oorkant van die eerste een vas (soos in die diagram aangedui) en laat die eksperiment vir ongeveer 20 minutes loop.



Resultate:

- Na 20 minute behoort jy te sien dat die sentrale gekleurde band verdwyn het en vervang is deur twee bande, een geel en een blou, wat lyk asof hulle uit die eerste band van koper(II)chromaat uitgeskei het.
- Die sel wat gebruik word om 'n elektriese stroom te verskaf, lê 'n potensiaalverskil aan oor die stroombaan sodat een van die elektrodes positief is en die ander een negatief.
- Die chromaatione (CrO_4^{2-}) in die koper(II)chromaat-oplossing word na die positiewe elektrode aangetrek, en dit veroorsaak die geel band. Die Cu^{2+} -ione word na die negatiewe elektrode aangetrek wat 'n blou band veroorsaak.

Gevolgtrekking:

Die beweging van ione is die gevolg van die potensiaalverskil tussen die twee elektrodes wat deur die elektriese stroom in die eksterne stroombaan veroorsaak word.

Doelwit:

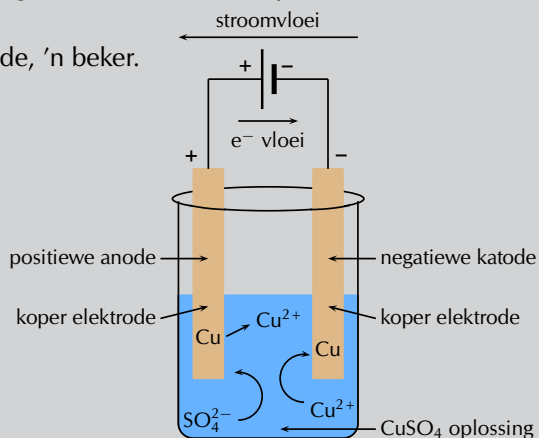
Om die reaksies wat in 'n elektrolitiese sel plaasvind, te ondersoek.

Apparaat:

- Twee koperstawe (van dieselfde grootte en massa), koper(II)sulfaat (CuSO_4) oplossing ($1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$)
- 'n 9 V battery, twee geleidingsdrade, 'n beker.

Metode:

1. Vul die beker halfvol met koper(II)sulfaat-oplossing. Watter kleur is die oplossing?
2. Weeg elke koper-elektrode versigtig en noteer die gewig.
3. Plaas die twee koper-elektrodes (bekende massa) in die oplossing en maak seker dat hulle nie aan mekaar raak nie.
4. Konnekteer die elektrodes aan die battery soos hier onder getoon en laat die eksperiment vir 'n dag staan. Watter kleur is die oplossing na 'n dag?



Bespreking:

- Watter kleur was die koper(II)sulfaat-oplossing voor die eksperiment?
- Watter kleur was die koper(II)sulfaat-oplossing na die eksperiment?
- Ondersoek die twee elektrodes noukeurig. Wat merk jy op?
- Wat is die lading op elke elektrode?
- Watter elektrode is die anode en watter een is die katode?

Waarnemings:

- Die oorspronklike blou kleur van die oplossing het onveranderd gebly tydens die eksperiment.
- Dit blyk dat koper op een van die elektrodes *neergeslaan* het (massa het toegeneem), maar vanuit die ander een *opgelos* het (massa het afgeneem).
- Die elektrode wat aan die negatiewe terminaal van die battery gekoppel is, sal 'n negatiewe lading hê. Die elektrode wat aan die positiewe terminaal van die battery gekoppel is, sal 'n positiewe lading hê.
- Wanneer positief-gelaaide Cu^{2+} -ione die negatief-gelaaide elektrode teëkom, verkry hulle elektrone en word gereduseer om kopermetaal te vorm. Hierdie metaal word op die elektrode neergeslaan. Die halfreaksie wat plaasvind, is as volg:

$$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) \text{ (reduksie-halfreaksie)}$$

Reduksie vind by die **katode** plaas. Dus sal die elektrode wat in massa toegeneem het, die katode wees.
- By die positiewe elektrode word kopermetaal geoksideer om Cu^{2+} -ione te vorm, terwyl elektrone op die elektrode agtergelaat word. Die halfreaksie wat plaasvind is as volg:

$$\text{Cu}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \text{ (oksidatie-halfreaksie)}$$

Oksidasie vind by die **anode** plaas. Dus sal die elektrode waarvan die massa afgeneem het, die anode wees.
- Die hoeveelheid koper wat *neergeslaan* word by die een elektrode is ongeveer dieselfde as die hoeveelheid koper wat *opgelos* word vanuit die ander een. Die aantal Cu^{2+} -ione in die oplossing bly dus feitlik dieselfde, en die blou kleur van die oplossing is onveranderd.

Gevolgtrekking:

In hierdie demonstrasie het die houer waterige CuSO_4 ($\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ en $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$) bevat. Die koperatome van die elektrode wat aan die positiewe terminaal (die anode) gekoppel is, is geoksideer en het $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ -ione gevorm, wat 'n afname in massa tot gevolg gehad het. Die koperatome van die elektrode wat aan die negatiewe terminaal (die katode) gekoppel is, is gereduseer om vaste koper te vorm, wat 'n toename in massa tot gevolg gehad het. Hierdie proses word *elektrolise* genoem en is baie nuttig in die suiwering van metale.

Let daarop dat die katode negatief en die anode positief is. Reduksie vind steeds by die katode en oksidasie by die anode plaas.

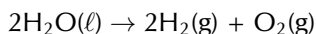
FEIT



Die Hofmann-sel is deur 'n Duitse chemikus, August Wilhelm von Hofmann, uitgevind. Dit gebruik 'n stroom om $\text{H}_2(\text{g})$ en $\text{O}_2(\text{g})$ vanuit water deur middel van elektrolise te vorm.

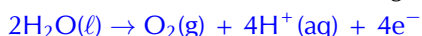
Die elektrolise van water

Water kan elektrolise ondergaan om waterstofgas en suurstofgas te vorm volgens die volgende reaksie:

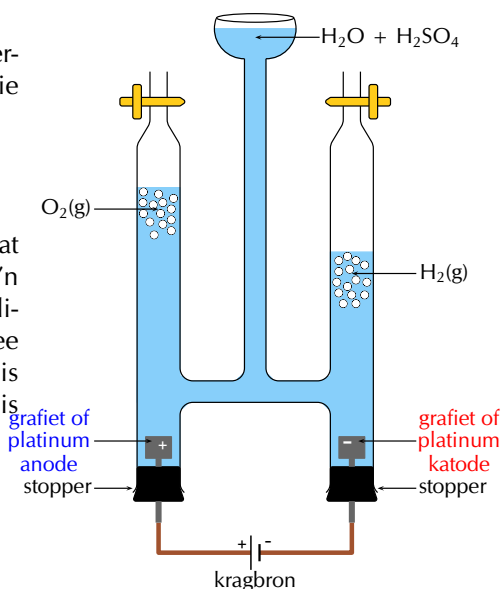


Hierdie reaksie is baie belangrik omdat waterstofgas die potensiaal het om as 'n energiebron gebruik te word. Die elektrolitiese sel vir hierdie reaksie bestaan uit twee elektrodes wat in 'n elektroliet geplaas is en aan 'n elektriese stroombron gekoppel is (Figuur 13.7).

Die **oksidasielhalfreaksie** is as volg:



Die **reduksielhalfreaksie** is as volg:



Figuur 13.7: Hofmann-apparaat vir die elektrolise van water.

Informele eksperiment: Die elektrolise van natriumjodied en water

Doelwit:

Om die elektrolise van water en natriumjodied te ondersoek.

Apparaat:

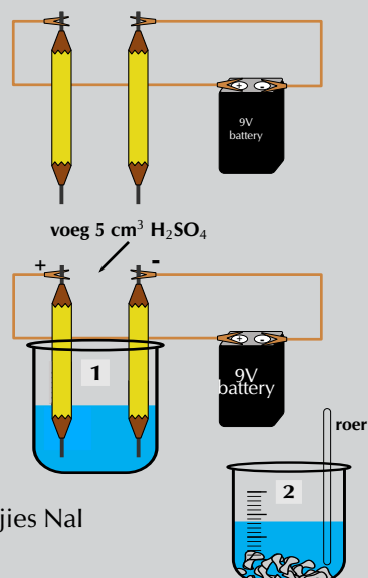
- 4 potlode, koperdraad aan krokodilklemme geheg, 9 V-battery, 2 bekere, potloodskerpemaker, spatel, glasstaaf
- gedistilleerde water, natriumjodied (NaI), fenolftaleïen, $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ swaelsuur (H_2SO_4) oplossing

Metode:

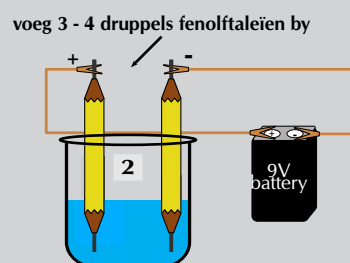
1. Merk een beker **1** maak dit halfvol met gedistilleerde H_2O .
2. Maak albei kante van twee van die potlode skerp. Sny van die hout weg om meer van die grafiet te ontbloot. (Grafietstawe kan gebruik word in plaas van potlode indien beskikbaar).



3. Heg een punt van die krokodilklemme aan die potlode en die ander punt aan die battery.
4. Plaas die potlode in die beker en maak seker hulle raak nie aan mekaar nie. Neem waar wat gebeur.
5. Gooi ongeveer 5 cm^3 van die H_2SO_4 -oplossing in die beker. Neem waar wat gebeur.



6. Merk 'n tweede beker 2 en voeg 5 spatelpuntjies NaI in die beker.
7. Maak die beker 2 halfvol met gedistilleerde H_2O en roer met die glasstaaf totdat al die natriumjodied opgelos het.
8. Herhaal stappe 2 - 4 met die tweede stel potlode.
9. Voeg na 'n paar minute 3 - 4 druppels fenolftaleïen in die beker. Neem waar wat gebeur.



Vrae:

- In beker 1:
 1. Wat het gebeur toe die potlode in die water geplaas is?
 2. Wat het gebeur toe die swaelsuur bygevoeg is?
 3. Hoekom word swaelsuur benodig vir hierdie reaksie?
 4. Wat gebeur by die negatiewe elektrode (die potlood wat aan die negatiewe terminaal van die battery gekoppel is)?
 5. Wat gebeur by die positiewe elektrode (die potlood wat aan die positiewe terminaal van die battery gekoppel is)?
 6. Watter elektrode is die anode en watter een is die katode?
- In beker 2:
 1. Wat het gebeur toe die potlode in die water geplaas is?
 2. Wat gebeur by die negatiewe elektrode?
 3. Wat gebeur by die positiewe elektrode?
 4. Watter elektrode is die anode en watter een is die katode?
 5. Wat het gebeur toe fenolftaleïen bygevoeg is? Hoekom het hierdie verandering plaasgevind?

Resultate:

- In die elektrolise van water verkry twee H^+ -ione elk 'n elektron (word gereduseer) en kombineer om waterstofgas ($\text{H}_2(\text{g})$) te vorm: $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$
Twee O^{2-} -ione verloor elk twee elektrone (word geoksiede) en kombineer om suurstofgas ($\text{O}_2(\text{g})$) te vorm: $2\text{O}^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^-$

- Wanneer die positiewe H^+ -ione in aanraking kom met die negatiewe elektrode, word hulle gereduseer. Reduksie is 'n wins aan elektrone by die katode, dus is die negatiewe elektrode die katode.
- Wanneer die negatiewe O^{2-} -ione in aanraking kom met die positiewe elektrode, word hulle geoksideer. Oksidasie is die verlies van elektrone by die anode, dus is die positiewe elektrode die anode.
- Onthou dat suiwer water nie elektrisiteit gelei nie. 'n Elektroliet (soos swaelsuur) word dus benodig sodat die reaksie kan plaasvind.
- 'n Sout wat in water opgelos is, is ook 'n elektroliet en dus is swaelsuur nie in die tweede beker nodig nie.
- Die elektrolise van water vind in beker 2 plaas, maar daar is ook ander reaksies wat plaasvind as gevolg van die teenwoordigheid van die Na^+ - en I^- -ione.
- Wanneer die negatiewe I^- -ione met die positiewe elektrode in aanraking kom, word hulle geoksideer:

$$2\text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^-$$
 Jy behoort die vorming van vaste jodium by die positiewe elektrode te kon waarneem.
- Wanneer die positiewe Na^+ -ione met die negatiewe elektrode in aanraking kom, word hulle gereduseer:

$$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$$

$$\text{Na}(\text{s}) \text{ reageer heftig met water:}$$

$$2\text{Na}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g}).$$
- Onthou dat fenolftaleïen in die teenwoordigheid van 'n basis pienk word. Gevolglik moet die water om die negatiewe elektrode pienk word wanneer die fenolftaleïen bygevoeg word as gevolg van die NaOH .

Gevolgtrekking:

'n Elektriese stroom wat op water aangelê word, laat die watermolekules ontbind en waterstof- en suurstofgas vorm. Dit kan slegs plaasvind in die teenwoordigheid van 'n elektroliet (byvoorbeeld swaelsuur). Natriumjodied wat in die water opgelos is, is ook 'n elektroliet en maak die elektrolise van water moontlik. Die kation en anioon van die sout sal egter ook 'n reaksie ondergaan. NaOH sal by die katode vorm, terwyl vaste jodium by die anode sal vorm.

Oefening 13 – 4: Galvaniese en elektrolitiese selle

1. 'n Elektrolitiese sel bestaan uit twee elektrodes in 'n silwerchloried (AgCl) oplossing, wat gekoppel is aan 'n stroombron. 'n Stroom word deur die oplossing gestuur en Ag^+ -ione word na silwermetaal gereduseer wat op een van die elektrodes neergeslaan word.
 - a) Wat is die naam van hierdie proses?
 - b) Vind reduksie plaas by die elektrode waar die neerslag gevorm het?
 - c) Gee die vergelyking vir die reduksie-halfreaksie.
 - d) Gee die vergelyking vir die oksidasie-halfreaksie.
2. 'n Galvaniese sel bestaan uit twee halfselle: 'n koperanode in 'n kopernitraat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$) oplossing, en 'n silwerkatode in 'n silwarnitraat ($\text{AgNO}_3(\text{aq})$) oplossing.
 - a) Skryf vergelykings vir die halfreaksies wat by die anode en katode plaasvind.
 - b) Skryf die algehele reaksie vir hierdie sel.

- c) Gee die standaard-selnotasie vir hierdie sel.
 d) Teken 'n eenvoudige diagram van die galvaniese sel.
 Dui die rigting waarin die stroom vloei op jou diagram aan.
3. Elektrolise vind plaas in 'n oplossing van gesmelte loodbromied (PbBr_2) om lood-atome te lewer.
 a) Skryf vergelykings vir die halfreaksies wat by die anode en katode plaasvind.
 b) Teken 'n eenvoudige diagram van die elektrolitiese sel.
 Dui die rigting waarin die stroom vloei op jou diagram aan.
4. Vul die onderstaande tabel in om die inligting oor galvaniese en elektrolitiese selle op te som:

	Galvaniese selle	Elektrolitiese selle
spontaneïteit		
tipe energie		
anode		
katode		
sel-opstelling		

5. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.
 Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2822 2. 2823 3. 2824 4. 2825



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

13.4 Prosesse in elektrochemiese selle

ESCR7

Halfselle en halfreaksies

ESCR8

Galvaniese selle bestaan in werklikheid uit twee halfselle. Een halfsel bevat die anode en 'n elektroliet met dieselfde metaalkatione. Die ander halfsel bevat die katode en 'n elektroliet met dieselfde metaalkatione. Hierdie halfselle word deur 'n southbrug aanmekaar gekoppel en die elektrodes is deur 'n eksterne stroombaan gekoppel.

Vroeër in hierdie hoofstuk het ons die sink-kopersel bespreek. Dit is saamgestel uit 'n sink-**halfsel**, wat 'n sinkelektrode en 'n sink(II)sulfaat (ZnSO_4) elektroliet-oplossing bevat, asook 'n koper-**halfsel**, wat 'n koperelektrode en 'n koper(II)sulfaatoplossing bevat.

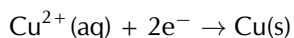
DEFINISIE: Halfsel

'n Halfsel is 'n struktuur wat 'n geleidingselektrode bevat wat omring is deur 'n geleidende elektroliet.

In elke halfsel vind 'n halfreaksie plaas:

• Koperplaat

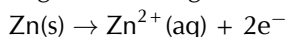
By die koperplaat was daar 'n *toename* in massa. Dit beteken dat Cu^{2+} -ione vanuit die koper(II)sulfaatoplossing op die plaat neergeslaan is as atome van kopermetaal. Die halfreaksie wat by die koperplaat plaasvind, is:



Aangesien elektrone deur die koperione verkry word, is dit die **reduksie halfreaksie**.

- **Sinkplaat**

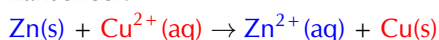
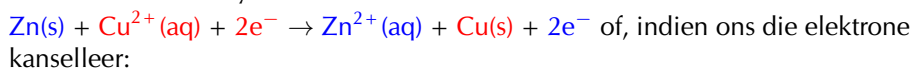
By die sinkplaat was daar 'n *afname* in massa. Dit beteken dat van die vaste sink in oplossing gaan as Zn^{2+} -ione. Die elektrone bly op die sinkplaat en gee dit 'n negatiewe lading. Die halfreaksie wat by die sinkplaat plaasvind, is:



Aangesien elektrone deur die sinkatome verloor word, is dit die **oksidasie halfreaksie**.

- **Die algehele reaksie**

Jy kan die twee halfreaksies van hierdie twee halfselle kombineer om die algehele reaksie te verkry:



Dit is moontlik om na die halfreaksie wat in 'n halfsel plaasvind te kyk en so te bepaal watter elektrode die anode en watter een die katode is.

- **Oksidasie** is verlies by die **anode**, dus vind die oksidasie-halfreaksie plaas in die halfsel wat die anode bevat.
- **Reduksie** is wins by die **katode**, dus vind die reduksie-halfreaksie plaas in die halfsel wat die katode bevat.

Onthou die standaard-selnotasie vir 'n elektrochemiese sel is:



| = 'n fasegrens (vaste stof/waterig) || = die soutbrug

Uitgewerkte voorbeeld 4: Begrip van galvaniese selle

VRAAG

Vir die volgende sel: $\text{Zn}(\text{s})|\text{Zn}^{2+}(\text{aq})||\text{Ag}^{+}(\text{aq})|\text{Ag}(\text{s})$

1. Gee die anode- en katode-halfreaksies.
2. Skryf die algehele vergelyking vir die chemiese reaksie.
3. Dui die rigting van die stroom in die eksterne stroombaan aan.

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die oksidasie- en reduksiereaksies

Volgens konvensie word die anode aan die linkerkant en die katode aan die regterkant geskryf in standaard-selnotasie. Dus in hierdie sel:

Sink is die anode (vaste sink word geoksideer).

Silwer is die katode (silwerione word gereduseer).

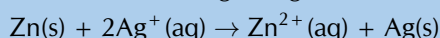
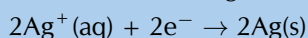
Stap 2: Skryf die twee halfreaksies

Oksidasie is verlies van elektrone by die anode: $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$

Reduksie is wins van elektrone by die katode: $\text{Ag}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$

Stap 3: Kombineer die halfreaksies om die algehele vergelyking te verkry

Balanseer die lading deur die reduksie-halfreaksie te vermenigvuldig met 2.



Stap 4: Bepaal die rigting van stroomvloei

Die vaste sink word geoksideer om sinkione te vorm. Hierdie elektrone word op die sinkelektrode (anode) gelaat en maak dit negatief.

Die silwerione neem elektrone op en word gereduseer om vaste silwer te vorm. Dit maak die silwerelektrode (katode) positief.

Elektronvloei is van negatief na positief, dus van die anode na die katode. Konvensionele stroom is in die teenoorgestelde rigting as elektronvloei. Gevolglik sal stroom van die katode (silwer) na die anode (sink) vloei.

Oefening 13 – 5: Galvaniese selle

1. Die volgende halfreaksies vind in 'n elektrochemiese sel plaas:



- Watter een is die oksidasie-halfreaksie?
- Watter een is die reduksie-halfreaksie?
- Noem die oksideermiddel.
- Noem die reduseermiddel.
- Gebruik standaardnotasie om hierdie elektrochemiese sel voor te stel.

2. Vir die volgende sel: $\text{Mg(s)}|\text{Mg}^{2+}(\text{aq})||\text{Mn}^{2+}(\text{aq})|\text{Mn(s)}$

- Gee die katode-halfreaksie.
- Gee die anode-halfreaksie.
- Gee die algehele vergelyking vir die elektrochemiese sel.
- Watter metale kan as elektrodes in hierdie elektrochemiese sel gebruik word?
- Stel twee elektroliete vir hierdie elektrochemiese sel voor.
- In watter rigting sal die stroom vloei?
- Maak 'n eenvoudige skets van die volledige sel.

3. Vir die volgende sel: $\text{Sn(s)}|\text{Sn}^{2+}(\text{aq})||\text{Ag}^{+}(\text{aq})|\text{Ag(s)}$

- Gee die katode-halfreaksie.
- Gee die anode-halfreaksie.
- Gee die algehele vergelyking vir die elektrochemiese sel.
- Maak 'n eenvoudige skets van die volledige sel.

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2826 2. 2827 3. 2828



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Voorspellings in halfselle

ESCR9

Uitgewerkte voorbeeld 5: Reaksies by die anode en katode

VRAAG

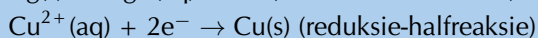
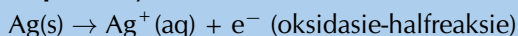
'n Sel bevat 'n silweranode en 'n koperkatode. Gee die halfselreaksies wat by die anode en katode plaasvind, asook die standaardnotasie vir hierdie sel.

OPLOSSING

Stap 1: Watter tipe reaksie vind by die anode plaas, en watter tipe by die katode?

Oksidasie is verlies van elektrone by die anode. Dus sal die silweranode geoksideer word. Reduksie is wins van elektrone by die katode. Dus sal die koperkatode gereduseer word.

Stap 2: Skryf die halfreaksies soos hulle in die sel sal plaasvind



Stap 3: Gee die standaard-selnotasie vir hierdie reaksie

Die anode word altyd eerste (links) geskryf: $\text{Ag(s)}|\text{Ag}^+(\text{aq})$

Die katode word altyd tweede (regs) geskryf: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})|\text{Cu(s)}$

Die standaard-selnotasie is dus: $\text{Ag(s)}|\text{Ag}^+(\text{aq})||\text{Cu}^{2+}(\text{aq})|\text{Cu(s)}$

Uitgewerkte voorbeeld 6: Bepaling van algehele reaksies

VRAAG

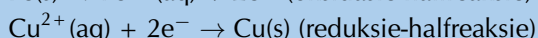
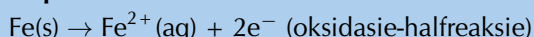
Die volgende halfreaksies vind in 'n sel plaas:



Bepaal die algehele reaksie wat plaasvind as 'n gebalanseerde chemiese vergelyking en in standaard-selnotasie

OPLOSSING

Stap 1: Identifiseer die oksidasie- en reduksie-halfreaksies



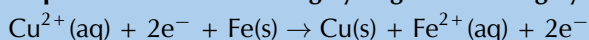
Stap 2: Watter metaal is die anode en watter een is die katode?

Oksidasie is verlies van elektrone by die anode, dus is Fe die anode. Reduksie is wins van elektrone by die katode, dus is Cu die katode.

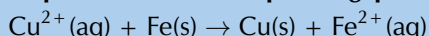
Stap 3: Vergelyk die aantal elektrone in elke vergelyking

Daar is 2 elektrone in albei vergelykings, dus is die ladings gebalanseer.

Stap 4: Combineer die vergelykings in een vergelyking



Stap 5: Ruim reaksie op deur gepaste ione en molekules te combineer



Stap 6: Gee die standaard-selnotasie vir hierdie reaksie

Die anode word altyd eerste (links) geskryf: $\text{Fe(s)}|\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$

Die katode word altyd tweede (regs) geskryf: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})|\text{Cu(s)}$

Die standaard-selnotasie is dus: $\text{Fe(s)}|\text{Fe}^{2+}(\text{aq})||\text{Cu}^{2+}(\text{aq})|\text{Cu(s)}$

13.5 Die effekte van stroom en potensiaal op tempo en ewewig

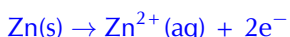
ESCRB

Stroom en reaksietempo

ESCRC

'n Galvaniese sel

Kom ons dink terug aan die Zn-Cu(s) elektrochemiese sel. Hierdie sel is saamgestel uit twee halfselle en die reaksies wat by elkeen van die elektrodes plaasvind, is as volg:



- By die sinkelektrode verloor die sinkmetaal elektrone en vorm Zn^{2+} -ione. Die elektrone word op die sinkmetaal gekonsentreer, terwyl die Zn^{2+} -ione in oplossing is.
- By die koperelektrode verkry die koperione elektrone en vorm vaste koper.
- Dit beteken dat daar 'n oormaat elektrone op die sinkanode is en 'n tekort aan elektrone op die koperkatode is.
- Elektrone sal van 'n omgewing van hoë konsentrasie na 'n omgewing van lae konsentrasie vloe. Gevolglik sal die elektrone op die sinkanode deur die eksterne stroombaan na die meer positiewe koperkatode vloe.
- Hoe groter die verskil tussen die oormaat en tekort van elektrone, hoe vinniger sal die elektrone vloe en hoe groter sal die stroom wees.
- Hoe vinniger die elektrone vloe, hoe hoër moet die tempo van die reaksie wees.
- Dus, hoe groter die stroom, hoe vinniger die tempo van die reaksie.

'n Elektrolitiese sel

- Omgekeerd, in 'n elektrolitiese sel vind 'n redoksreaksie plaas wanneer 'n stroom aangewend word.
- Hierdie redoksreaksie is die ontbinding van 'n chemiese verbinding (elektrolise).
- Die tempo van hierdie ontbinding (na ione) neem toe wanneer die aangelegde stroom verhoog word.

Potensiaalverskil, ewewig en konsentrasie

ESCRD

Ons kan weer die sink-kopersel as voorbeeld gebruik.

Wanneer die chemiese reaksie tussen die sink en die koper stadiger word, word die toename in produkonsentrasie, en die afname in reaktantkonsentrasie, ook stadiger.

Wanneer die chemiese reaksie in die sel stop, geld die volgende:

- Die reaksie is nie langer besig om chemiese potensieële energie na elektriese potensieële energie om te sit nie.
- Die konsentrasies van die reaktante en produkte het konstant geword en ewewig is bereik.
- Daar is geen oormaat of tekort van elektrone op die elektrodes nie, en die potensiaalverskil van die sel is 0.
- 'n Potensiaalverskil van 0 beteken dat die stroom 0 is.

Die potensiaalverskil oor 'n sel is dus verwant aan die mate waartoe die selreaksie ewewig bereik het. Wanneer ewewig bereik is, is die potensiaalverskil van die sel nul en is die sel sogenaamd 'pap'. Daar is nie meer 'n potensiaalverskil tussen die twee halfselle nie, en geen stroom sal meer vloe nie.

13.6 Standaard elektrodepotensiale

ESCRF

Standaardkondisies

ESCRG

Standaard elektrodepotensiale is 'n maatstaf van ewewigspotensiale. Die posisie van hierdie ewewig kan verander as jy sommige van die kondisies (bv. konsentrasie, temperatuur) verander. Dit is dus belangrik dat standaardkondisies gebruik word:

- druk = 101,3 kPa (1 atm)
- temperatuur = 298 K (25 °C)
- konsentrasie = 1 mol.dm⁻³

Die standaard waterstofelektrode

ESCRH

Dit is die **potensiaalverskil** (geregistreer as 'n spanning) tussen die twee elektrodes wat veroorsaak dat elektrone vloei van die **anode** na die **katode** deur die eksterne stroombaan van 'n galvaniese sel (onthou, konvensionele stroom vloei in die teenoorgestelde rigting).

Dit is moontlik om die potensiaal van 'n elektrode en elektroliet te meet. Dit is egter nie 'n eenvoudige prosedure nie, en die waarde wat verkry word sal afhang van die konsentrasie van die elektrolietoplossing, die temperatuur en die druk.

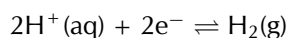
'n Metode om hierdie onsekerhede uit te skakel, is om alle elektrodepotensiale met 'n **standaard verwysingselektrode** te vergelyk. Hierdie vergelykings word almal met dieselfde konsentrasies, temperatuur en druk gedoen. Dit beteken dat hierdie waardes gebruik kan word om die potensiaalverskil tussen twee elektrodes te bereken. Dit beteken ook dat elektrodepotensiale vergelyk kan word sonder dat die spesifieke sel wat bestudeer word, gebou hoef te word.

Hierdie verwysingselektrode kan gebruik word om die *relatiewe* elektrodepotensiaal vir 'n stof te bereken. Die verwysingselektrode wat gebruik word, is die **standaard waterstofelektrode** (Figuur 13.8).

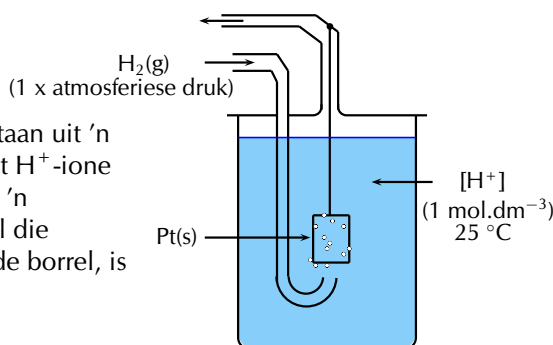
DEFINISIE: Standaard waterstofelektrode

Die standaard waterstofelektrode is 'n redokselektrode wat die basis vorm van die skaal van oksidasie-reduksiepotensiale.

Die standaard waterstofelektrode bestaan uit 'n platinelektrode in 'n oplossing wat H⁺-ione bevat. Die oplossing (bv. H₂SO₄) het 'n konsentrasie van 1 mol.dm⁻³. Terwyl die waterstofgas oor die platinelektrode borrel, is die reaksie as volg:



Figuur 13.8: 'n Vereenvoudigde weergawe van die standaard waterstofelektrode.



FEIT

Die standaard waterstofelektrode wat nou gebruik word is in werklikheid die potensiaal van 'n platinelektrode in 'n teoretiese suuroplossing. Die elektrodepotensiaal van die waterstofelektrode by 25 °C word geskat op 4,4 V. Om dit egter as 'n verwysingselektrode te gebruik, word hierdie waarde na **nul by alle temperature** gestel sodat dit met ander elektrodes vergelyk kan word.

FEIT

Wanneer standaard elektrode-reduksiepotensiale bepaal word, word die standaard waterstofelektrode beskou as aan die linkerkant (Pt(s)|H₂(g), H⁺(aq)||). 'n Negatiewe waarde beteken dus dat die ander element of verbinding meer oksideerbaar is, terwyl 'n positiewe waarde beteken dat die ander element of verbinding meer reduseerbaar is.

WENK

Volgens konvensie skryf ons altyd die reduksie-halfreaksie wanneer die standaard elektrodepotensiaal gegee word.

WENK

In die voorbeelde wat vroeër gebruik is, is sink se elektrode-reduksiepotensiaal $-0,76$ en koper s'n is $+0,34$. As 'n element of verbinding dus 'n negatiewe standaard elektrode-reduksiepotensiaal het, beteken dit dat dit maklik ione vorm. Hoe meer negatief die waarde, hoe makliker is dit vir daardie element of verbinding om ione te vorm (geoksideer te word, en 'n reduseermiddel te wees). As 'n element of verbinding 'n positief standaard elektrodepotensiaal het, beteken dit dat dit nie maklik ione vorm nie.

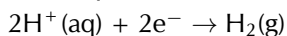
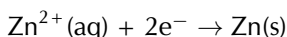
Standaard elektrodepotensiale

ESCRJ

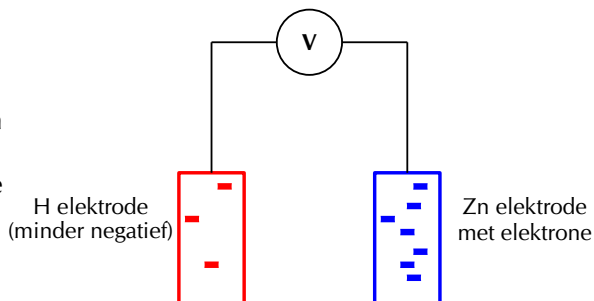
Ten einde die waterstofelektrode te gebruik, moet dit aan die elektrode-sisteem wat ondersoek word, gekoppel word. As jy byvoorbeeld probeer om die elektrodepotensiaal van koper te bepaal, sal jy die koper-halfsel aan die waterstofelektrode moet koppel; as jy probeer om die elektrodepotensiaal van sink te bepaal, sal jy die sink-halfsel aan die waterstofelektrode moet koppel, ensovoorts. Kom ons kyk in meer detail na die voorbeelde van sink en koper.

Sink

Sink het 'n groter neiging as waterstof om ione te vorm (geoksideer te word), en as die standaard waterstofelektrode dus aan die sink-halfsel gekoppel word, sal die **sink** relatief **meer negatief** wees omdat die elektrone wat vrygestel word wanneer sink geoksideer word, op die metaal sal akkumuleer.



Die vaste sink is meer geneig om sinkione te vorm as wat die waterstofgas geneig is om ione te vorm. 'n Vereenvoudigde voorstelling van die sel word in Figuur 13.9 getoon.

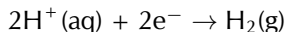
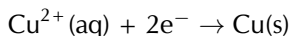


Figuur 13.9: Wanneer sink aan die standaard waterstofelektrode gekoppel word, bou relatief min elektrone op die platinelektrode (waterstofelektrode) op. Daar is baie elektrone op die sinkelektrode.

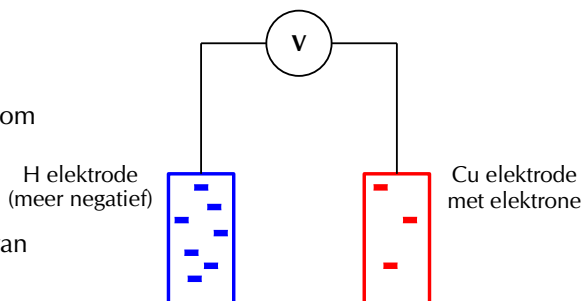
Die voltmeter meet die potensiaalverskil tussen die lading op hierdie elektrodes. In hierdie geval sal die voltmeter $-0,76$ V lees omdat die Zn-elektrode 'n relatief hoë aantal elektrone het.

Koper

Koper is minder geneig as waterstof om ione te vorm en as die standaard waterstofelektrode dus aan die koper-halfsel gekoppel word, sal die **koper** relatief **minder negatief** wees.



Die koperione is meer geneig om vaste koper te vorm as wat die waterstofione geneig is om waterstofgas te vorm. 'n Vereenvoudigde voorstelling van die sel word in Figuur 13.10 getoon.



Figuur 13.10: Wanneer koper aan die standaard waterstofelektrode gekoppel word, bou relatief min elektrone op die koperelektrode op. Daar is baie elektrone op die waterstofelektrode.

Die voltmeter meet die potensiaalverskil tussen die lading op hierdie elektrodes. In hierdie geval sal die voltmeter $+0,34$ V lees omdat die Cu-elektrode relatief minder elektrone het.

Die spannings wat gemeet is toe sink en koper aan 'n standaard waterstofelektrode gekoppel is, is in werklikheid die **standaard elektrodepotensiale** vir hierdie twee metale. Dit is belangrik om te onthou dat hierdie nie *absolute* waardes is nie, maar potensiale is wat *relatief* tot die potensiaal van waterstof gemeet is, indien die standaard waterstofelektrode as nul geneem word.

Gelukkig hoef ons nie die standaard elektrodepotensiaal vir elke metaal te bepaal nie. Dit is alreeds gedoen en die resultate is vervat in 'n tabel van standaard elektrodepotensiale. Tabel 13.2 word as die standaard elektrode-reduksiepotensiale voorgestel.

Halfreaksie	E° V
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,04
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2,92
$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2,90
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,87
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,71
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,37
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,66
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,18
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-$	-0,83
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,74
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,41
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,40
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,28
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,25
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,14
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,13
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,04
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(\text{g})$	+0,14
$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	+0,15
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	+0,16
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,17
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,34
$2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	+0,40
$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,52
$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	+0,54
$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2$	+0,68
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,77
$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$	+0,78
$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\ell)$	+0,78
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,80
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96
$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+1,06
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,28
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1,33
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1,36
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,50
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,52
$\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	+1,82
$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	+2,87

Tabel 13.2: Tabel van standaard elektrode-(reduksie) potensiale.

'n Paar voorbeelde van die tabel word in Tabel 13.3 getoon. Hulle sal gebruik word om sommige van die neigings in die tabel van elektrodepotensiale te verduidelik.

Halfreaksie	E° V
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,04
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,37
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,76
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,4
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,13
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,80
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,50

- 'n **Groot negatiewe waarde** (bv. $\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$) beteken dat die element of verbinding maklik ioniseer, met ander woorde, maklik elektrone vrystel. Hierdie element word **makliker geoksideer** en is dus 'n goeie **reduuseermiddel**.

Tabel 13.3: 'n Paar voorbeelde van standaard elektrodepotensiale.

- 'n **Groot positiewe waarde** (bv. $\text{Au}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Au}$) beteken dat die element of groep maklik elektrone bykry. Hierdie element of verbinding word **maklik gereduseer** en is dus 'n goeie **oksideermiddel**.
- Die **reduuserende vermoë** (d.w.s. die vermoë om as reduuseermiddel op te tree) van die elemente of verbindinge in die tabel **neem af** soos jy **afwaarts** in die tabel beweeg.
- Die **oksiderende vermoë** van elemente of verbindinge **neem toe** soos jy **afwaarts** in die tabel beweeg.

Algemene eksperiment: Ysbakkie redokseksperiment

Doelwit:

Om die relatiewe reaktiwiteit van die onderskeie metale te bepaal en insig te verkry in die werking van 'n eenvoudige elektrochemiese sel.

Apparaat:

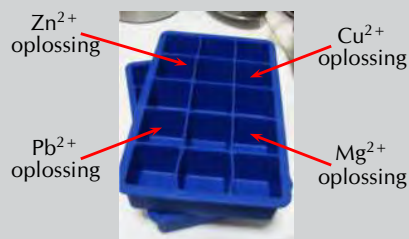
- Ysbakkie, voltmeter en verbindingsdrade.
- Stokies lood (Pb), magnesium (Mg), sink (Zn), koper (Cu).
- 1 mol.dm⁻³ oplossings van lood (bv. PbSO_4), magnesium (bv. MgSO_4), sink (bv. ZnSO_4) en koper (bv. CuSO_4).
- Lyn wat in 'n oplossing van natriumnitraat (NaNO_3) geweek is.

Voorkennis:

Elektrone beweeg van die anode na die katode. Konvensionele stroom beweeg van die katode na die anode - die positiewe terminaal van die voltmeter sal dus aan die katode wees en die negatiewe terminaal aan die anode.

Metode:

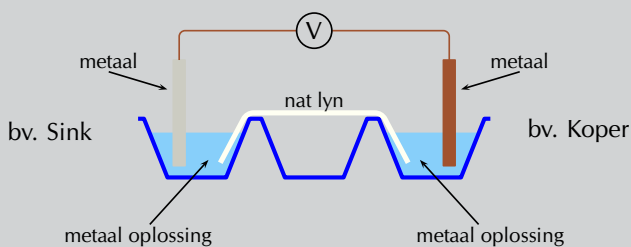
1. Plaas ongeveer 15 cm³ van die Pb, Zn, Cu en Mg oplossings in vier afsonderlike ysblokkieholtes. Hulle moet nie direk langs mekaar wees nie, om vermenging van oplossings te vermy.



2. Knyp twee verskillende metale met die krokodilklemme vas. Drapeer die nat lyn oor die twee oplossings wat gebruik word (sodat elke punt van die lyn in 'n oplossing is). Plaas dan elke metaal in sy onderskeie ionoplossing. Dit wil sê sinkelektrode **moet** in die Zn^{2+} -oplossing gaan, koperelektrode **moet** in die Cu^{2+} -oplossing gaan.

Gebruik die selkombinasies in die volgende volgorde:

Pb/Zn; Pb/Cu; Pb/Mg;
Zn/Cu; Zn/Mg; Cu/Mg



3. Bepaal die kombinasies van metale wat 'n positiewe lesing gee.

4. Maak 'n tabel wat die volgende toon:

- die kombinasie van die metale
- watter metaal die anode is in daardie metaalpaar
- watter metaal die katode is in daardie metaalpaar

Metaalkombinasie	Anode	Katode

5. Gebruik hierdie tabel om die metale te rangskik vanaf die sterkste **reduseermiddel** tot die swakste reduseermiddel.

6. Vir elke kombinasie - skryf die reduksie-halfreaksie en oksidasie-halfreaksie en dan die algehele selreaksie.

7. Noteer alle waarnemings vir elke sel.

Vrae:

1. Verduidelik waarom die spannings laer/hoër is as wat verwag is.
2. Wat is die funksie van die lyn?

Gevolgtrekkings:

Afhangende van die elektrodepotensiaal van elke metaal, sou dieselfde metaal die anode in een reaksie en die katode in 'n ander reaksie kon wees. Dit kan gesien word uit die positiewe, of negatiewe, lesing op die voltmeter.

Lood is byvoorbeeld meer reduseerbaar as sink, gevolglik sal lood in daardie metaalpaar die katode wees en sink die anode. Lood is egter meer oksideerbaar as koper, gevolglik sal koper in daardie paar die katode wees en lood die anode.

Oefening 13 – 6: Tabel van standaard elektrodepotensiale

1. Gee die standaard elektrodepotensiaal vir elk van die volgende metale:

- a) magnesium b) lood c) nikkel

2. Verwys na die elektrodepotensiale in Tabel 13.2.

- a) Watter een van die metale sal die waarskynlikste geoksideer word?
- b) Watter metaalioon sal die waarskynlikste gereduseer word?
- c) Watter metaal is die sterkste reduseermiddel?
- d) Indien die ander elektrode magnesium is, sal reduksie of oksidasie meer waarskynlik in die koper-halfreaksie plaasvind? Verduidelik jou antwoord.

WENK

In hierdie uitgewerkte voorbeeld word jy twee halfreaksies gegee. Albei word voorgestel soos getoon in die tabel van standaard reduksiepotensiale, maar in werklikheid word net een metaal gereduseer, terwyl die ander een geoksideer word. Die vraag wat gevra word, is: Watter metaal word geoksideer en watter een word gereduseer?

e) Indien die ander elektrode tin is, sal reduksie of oksidasie by voorkeur in die kwik-halfreaksie plaasvind? Verduidelik jou antwoord.

3. Gebruik die tabel van standaard elektrodepotensiale om die volgende in volgorde van die **sterkste oksideermiddel** na die **swakste oksideermiddel** te rangskik.

- Cu^{2+}
- MnO_4^-
- Br_2
- Zn^{2+}

4. Beskou die volgende halfreaksies:

- $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ca}(\text{s})$
- $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq})$
- $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$
- $\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-(\text{aq})$

a) Watter stof is die sterkste oksideermiddel?

b) Watter stof is die sterkste reduseermiddel?

5. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1a. 2829 1b. 282B 1c. 282C 2. 282D 3. 282F 4. 282G



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Toepassings van standaard elektrodepotensiale

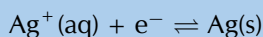
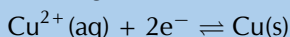
ESCRK

Noudat jy hierdie nuttige tabel van reduksiepotensiale verstaan, is dit belangrik dat jy hierdie waardes kan gebruik om die potensiele energieverskille te bereken. Die volgende uitgewerkte voorbeelde sal jou help om dit te doen. In al hierdie gevalle is dit belangrik om te verstaan wat die vraag eintlik vra.

Uitgewerkte voorbeeld 7: Gebruik van die tabel van standaard elektrodepotensiale

VRAAG

Die volgende reaksies vind plaas in 'n elektrochemiese sel:

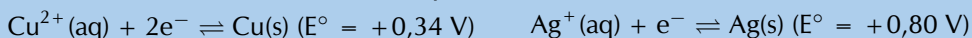


Bepaal watter reaksie die oksidasie-halfreaksie is en watter een die reduksie-halfreaksie is in hierdie sel.

OPLOSSING

Stap 1: Bepaal die elektrodepotensiaal vir elke metaal

Van die tabel van standaard elektrodepotensiale:



Stap 2: Gebruik die elektrodepotensiaalwaardes om te bepaal watter metaal geoksideer word en watter een gereduseer word

Albei waardes is positief, maar silwer het 'n groter, positiewe elektrodepotensiaal as koper. Gevolglik word silwer meer gereedelik gereduseer as koper, en koper word makliker geoksideer as silwer.

Stap 3: Skryf die reduksie- en oksidasie-halfreaksies

Die E° -waardes is geneem uit die tabel van standaard **reduksiepotensiale**. Die reduksie-halfreaksie is dus soos dit in die tabel gesien word.

Die reduksie-halfreaksie: $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$ (reduksie is 'n wins aan elektrone).
 Oksidasie is 'n verlies aan elektrone, en sou dus omgekeerd geskryf word.
 Die oksidasie-halfreaksie: $\text{Cu}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$.

WENK

Indien magnesium in staat is om silwer uit 'n oplossing van silwernitrat te verplaas, beteken dit magnesiummetaal sal magnesiumione vorm en die silwerione sal silwermetaal word. Met ander woorde, daar sal nou **silwer**metaal en 'n oplossing van **magnesiumnitrat** wees. Dit sal slegs gebeur as magnesium 'n groter neiging as silwer het om ione te vorm. Met ander woorde, wat hierdie uitgewerkte voorbeeld vra is watter van magnesium of silwer die maklikste ione sal vorm.

WENK

Onthou dat daar nie altyd 'n vaste metaal sal vorm wanneer 'n ioon gereduseer word nie. Byvoorbeeld $\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$.

Uitgewerkte voorbeeld 8: Gebruik van die tabel van standaard elektrodepotensiale

VRAAG

Is magnesium in staat om silwer uit 'n oplossing van silwernitrat te verplaas?

OPLOSSING

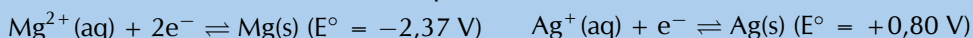
Stap 1: Vind gepaste reaksies in die tabel van standaard elektrodepotensiale

Die reaksie het betrekking op magnesium en silwer.



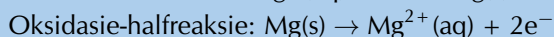
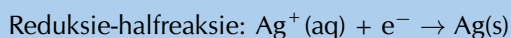
Stap 2: Bepaal die elektrodepotensiaal vir elke metaal

Van die tabel van standaard elektrodepotensiale:



Stap 3: Watter metaal sal meer waarskynlik gereduseer word, en watter een sal meer waarskynlik geoksideer word?

Silwer het 'n positiewe E° , terwyl magnesium 'n negatiewe E° het. Gevolglik is silwer meer reduseerbaar as magnesium, en magnesium meer oksideerbaar as silwer. Die volgende reaksies sal plaasvind:



Daar kan afgelei word dat magnesium wel silwer uit 'n silwernitratoplossing **sal** verplaas, sodat daar silwermetaal en magnesiumione in die oplossing sal wees.

Uitgewerkte voorbeeld 9: Bepaling van algehele reaksies

VRAAG

Bepaal vir 'n sink (Zn) en goud(III)oksied (Au_2O_3) sel in oplossing van KOH die:

- oksidasie- en reduksie-halfreaksies
- algehele gebalanseerde chemiese vergelyking
- standaard-selnotasie vir die sel

OPLOSSING

Stap 1: Vind gepaste reaksies in die tabel van standaard elektrodepotensiale

Die reaksie het betrekking op sink en goud.



Stap 2: Bepaal die elektrodepotensiaal vir elke metaal

Van die tabel van standaard elektrodepotensiale:



Stap 3: Watter metaal sal meer waarskynlik gereduseer word, en watter een sal meer waarskynlik geoksideer word?

Sink het 'n negatiewe E° , terwyl goud 'n positiewe E° het. Gevolglik word goud makliker as sink gereduseer, en sink makliker as goud geoksideer. Die volgende reaksie sal plaasvind:

Reduksie-halfreaksie: $\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}(\text{s})$

Oksidasie-halfreaksie: $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

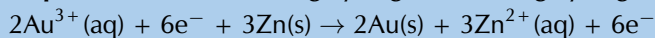
Stap 4: Vergelyk die aantal elektrone in elke vergelyking

Daar is 3 elektrone in die reduksie-halfreaksie, en 2 elektrone in die oksidasie-halfreaksie.

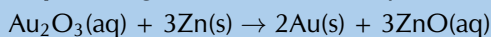
Oksidasie: $\times 3$: $3\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow 3\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 6\text{e}^-$

Reduksie: $\times 2$: $2\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Au}(\text{s})$

Stap 5: Kombineer die vergelykings in een vergelyking



Stap 6: Voeg die toeskouerione by en verwyder die elektrone uit die vergelyking



Stap 7: Watter materiaal is die anode en watter een is die katode?

Oksidasie is verlies van elektrone by die katode, dus is $\text{Zn}(\text{s})$ die anode.

Reduksie is wins van elektrone by die katode, dus is Au_2O_3 die katode.

Stap 8: Gee die standaard-selnotasie vir hierdie reaksie

Die anode word altyd eerste (links) geskryf: $\text{Zn}(\text{s})|\text{ZnO}(\text{aq})$

Die katode word altyd tweede (regs) geskryf: $\text{Au}_2\text{O}_3(\text{s}), \text{Au}(\text{s})$

Die standaard-selnotasie is dus: $\text{Zn}(\text{s})|\text{ZnO}(\text{aq})||\text{Au}_2\text{O}_3(\text{s}), \text{Au}(\text{s})$

Algemene eksperiment: Verplasingseksperiment

Doelwit:

Om die effek van reaksie van 'n halogeen met 'n halied te demonstreer.

Apparaat:

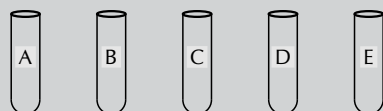
- Bleikmiddel (ongeveer 10 cm^3), broomwater, waterige oplossings van natriumchloried (NaCl), natriumbromied (NaBr) en natriumjodied (NaI), paraffien, gekonsentreerde HCl .
- 5 proefbuis, 2 plastiese druppers.

Metode:

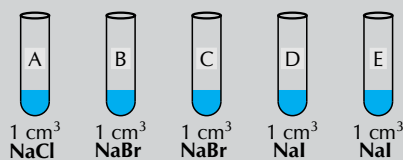
WAARSKUWING!

Gekonsentreerde HCl kan ernstige brandwonde veroorsaak. Ons beveel aan dat jy altyd handskoene en 'n skermbril dra wanneer jy met 'n suur werk. Onthou om die suur by die water te voeg en moenie aan die suur ruik nie. Hanteer alle chemikalieë met sorg.

1. Merk die proefbuis A, B, C, D en E.



- Plaas 1 cm^3 NaCl-oplossing in proefbuis A.
- Plaas 1 cm^3 NaBr-oplossing in beide proefbuis B en C.
- Plaas 1 cm^3 NaI-oplossing in beide proefbuis D en E.

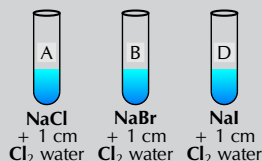


- Aktiveer 10 cm^3 van die bleikmiddel deur 2 cm^3 gekonsentreerde HCl by te voeg.

Hou die vloeistof dop en let op wat gebeur wanneer HCl bygevoeg word, en noteer jou waarnemings. *Jy het 'n oplossing van chloor in water berei.*

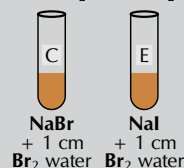
- Gebruik 'n plastiekdruppers en bring ongeveer 1 cm hoogte van die chloorwater na proefbuis A, B en D oor.

Let op na enige veranderinge in die proefbuis. Noteer alle waarnemings.

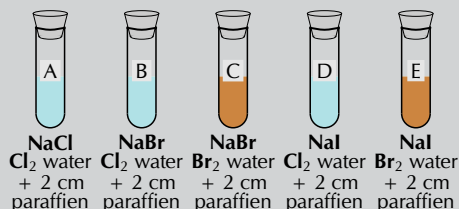


- Gooi 1 cm^3 broomwater in proefbuis C en E.

Let op na enige veranderinge in die proefbuis. Noteer alle waarnemings.



- Gebruik 'n plastiekdruppers en bring ongeveer 2 cm hoogte van die paraffien na elke proefbuis oor. Gebruik 'n kurk- of rubberprop om die proefbuis mee toe te maak, hou dit stewig in posisie met jou duim, en skud die mengsel.



- Gebruik die redokstabel om algehele netto ioniese vergelykings vir die reaksies in proefbuis B, D en E te skryf.
- Deur jou kennis van die reëls van oplosbaarheid (soort *los op in soort*) te gebruik, verduidelik waarom die paraffienlaag in proefbuis B, D en E verkleur het. Verduidelik wat veroorsaak het dat die paraffien in proefbuis C gekleur geraak het.
- Waarom was daar geen reaksie en geen kleurverandering in proefbuis A nie?

Resultate:

- In proefbuis A is Cl_2 aanwesig, maar is nie gekleur nie, en dus word geen verandering in die kleur van die paraffien waargeneem nie.
- In proefbuis B en D verplaas die chloor die Br^- - en I^- -ione. Br_2 en I_2 word gevorm. Br_2 het 'n bruin kleur in paraffien, terwyl I_2 'n pers kleur in paraffien het.
- In proefbuis C was die Br_2 reeds aanwesig en het die paraffien bruin gekleur.
- In proefbuis E het die Br_2 die I^- -ione verplaas om I_2 te vorm wat die paraffien pers kleur.

Gevolgtrekking:

Halogeenmolekules is nie-polêr. Hulle sal dus in 'n nie-polêre oplosmiddel soos paraffien oplos. Die paraffienlaag sal die kleur aanneem van die halogeen wat in die oplossing aanwesig is. Chloor sal die waarskynlikste van hierdie drie halogene gereduseer word, gevolg deur broom, en daarna jodium. Dit kan van die tabel van standaard elektrodepotensiale afgelei word, aangesien chloor die grootste, positiewe elektrodepotensiaal van die drie halogene het.

Oefening 13 – 7: Gebruik van standaard elektrodepotensiale

FEIT

Die emk van 'n sel is dieselfde as die **spanning** oor 'n nie-gekonnekteerde sel (elektriese stroombaanteorie). 'n Voltmeter is effektiewelik 'n hoëweerstand ammeter, dus sal 'n baie klein stroom vloei as die voltmeterlesing geneem word (dit is egter te klein om te bespeur).

WENK

Onthou:

Standaardtoestande is:

$p = 101,3 \text{ kPa}$

$C = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$

$T = 298 \text{ K}$

In die standaard-selnotasie word die **anode halfsel** altyd aan die **linkerkant** en die **katode halfsel** altyd aan die **regterkant** geskryf.

Die **reduseermiddel** word **geoksideer**.

Oksidasie is die verlies van elektrone by die **anode**.

Die **oksideermiddel** word **gereduseer**.

Reduksie is die wins van elektrone by die **katode**.

1. As silwer by 'n oplossing van koper(II)sulfaat gevoeg word, sal dit die koper uit die koper(II)sulfaat-oplossing verplaas? Verduidelik jou antwoord.
 2. As sink by 'n oplossing van magnesiumsulfaat gevoeg word, sal die sink die magnesium uit die oplossing verplaas? Gee 'n volledige verduideliking vir jou antwoord.
 3. Indien aluminium by 'n oplossing van kobaltsulfaat gevoeg word, sal die aluminium die kobalt uit die oplossing verplaas? Gee 'n volledige verduideliking vir jou antwoord.
 4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.
- Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 282H 2. 282J 3. 282K



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

emk van 'n sel

ESCRM

Deur die voorbeeld van die sink- en koper-halfselle te gebruik, weet ons dat wanneer hierdie twee halfselle verbind word, die oksidasie-halfreaksie by sink en die reduksie-halfreaksie by koper plaasvind. 'n Voltmeter verbind aan hierdie sel sal toon dat die sinkelektrode meer negatief is as die koperelektrode.



Die lesing op die meter sal die potensiaalverskil tussen die twee halfselle aantoon. Dit staan bekend as die **emk** van die sel. Hoe hoër die emk, hoe groter is die hoeveelheid energie wat per eenheid lading vrygestel word.

DEFINISIE: emk van 'n sel

Die emk van 'n sel word gedefinieer as die maksimum potensiaalverskil tussen twee elektrodes of halfselle in 'n galvaniese sel.

Dit is belangrik om die emk van 'n elektrochemiese sel te kan bereken. Om die emk van 'n sel te bereken:

- neem die E° van die atoom wat **gereduseer** word
- trek die E° af van die atoom wat **geoksideer** word

Die rede vir die definiering van 'n verwysingselektrode word nou duidelik. Potensiaalverskille kan van die elektrodepotensiale (wat relatief tot die waterstof-halfsel bepaal word) bereken word sonder om elke keer die selle self hoof saam te stel.

Jy kan enigeen van die volgende vergelykings gebruik:

- $E^{\circ}_{(\text{sel})} = E^{\circ}(\text{reduksie halfreaksie}) - E^{\circ}(\text{oksidatie halfreaksie})$
- $E^{\circ}_{(\text{sel})} = E^{\circ}(\text{oksideermiddel}) - E^{\circ}(\text{reduseermiddel})$
- $E^{\circ}_{(\text{sel})} = E^{\circ}(\text{katode}) - E^{\circ}(\text{anode})$

Dus, vir die Zn-Cu-sel: $E^{\circ}_{(\text{sel})} = 0,34 - (-0,76) = 0,34 + 0,76 = 1,10 \text{ V}$

DEFINISIE: Standaard emk

Die standaard emk (E°_{sel}) is die emk van 'n galvaniese sel wat onder standaardkondisies werk. Die simbool $^{\circ}$ dui standaardkondisies aan.

Uitgewerkte voorbeeld 10: Berekening van die emk van 'n sel

VRAAG

'n Sel bevat 'n soliede loodanode in 'n goudioon-oplossing.

1. Gee 'n voorstelling van die sel met gebruik van die standaardnotasie.
2. Bereken die selpotensiaal (emk) van die elektrochemiese sel.

OPLOSSING

Stap 1: Vind gepaste reaksies in die tabel van standaard elektrodepotensiale

Die lood en goud is betrokke in die reaksie.



Stap 2: Watter metaal sal meer waarskynlik gereduseer word, en watter een sal meer waarskynlik geoksideer word?

Die E° van lood het 'n klein, negatiewe waarde en die E° van goud het 'n groot, positiewe waarde. Daarom is lood makliker oksideerbaar as goud, en goud word makliker gereduseer as lood.

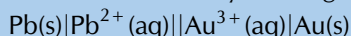
Stap 3: Bepaal watter metaal die katode is, en watter een die anode

Oksidasie is verlies by die anode, en lood is daarom die anode.

Reduksie is wins by die katode, en daarom is goud die katode.

Stap 4: Gebruik standaard-selnotasie om die sel voor te stel

Die anode word altyd links geskryf, en die katode regs.



Stap 5: Bereken die selpotensiaal

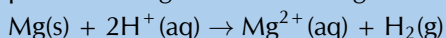
$$E^{\circ}_{(\text{sel})} = E^{\circ}_{(\text{katode})} - E^{\circ}_{(\text{anode})}$$

$$E^{\circ}_{(\text{sel})} = E^{\circ}_{(\text{gold})} - E^{\circ}_{(\text{lood})} = +1,50 - (-0,13) = +1,63 \text{ V}$$

Uitgewerkte voorbeeld 11: Berekening van die emk van 'n sel

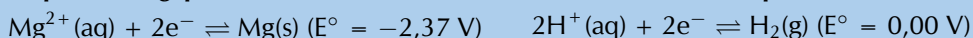
VRAAG

Bereken die selpotensiaal van die elektrochemiese sel waarin die volgende reaksie plaasvind en gee 'n voorstelling van die sel deur standard-selnotasie te gebruik.



OPLOSSING

Stap 1: Vind gepaste reaksies in die tabel van standaard elektrodepotensiale



Stap 2: Watter element sal waarskynlik gereduseer word, en watter een geoksideer word?

Die E° van magnesium het 'n meer negatiewe waarde as die E° van waterstof. Daarom word magnesium makliker geoksideer as waterstof, en waterstof is makliker reduseerbaar as magnesium.

Stap 3: Bepaal watter metaal die katode is, en watter een die anode

Oksidasie is verlies by die anode, daarom is magnesium die anode.

Reduksie is wins by die katode, daarom is waterstof die katode.

Stap 4: Gebruik die standaardnotasie om die sel voor te stel

Die anode word altyd links geskryf, die katode regs. Die waterstofelektrode sluit 'n

WENK

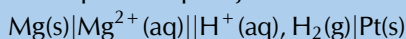
Spontaan
positiewe emk
Nie-spontaan
negatiewe emk

Tabel 13.4: Gebruik van emk om sel-spontaneïteit te bepaal.

FEIT

Mens kan eksperimente uitvoer om te voorspel of 'n reaksie spontaan sal wees of nie. Dit blyk dat die teken van die emk ekwivalent is aan die spontaneïteit al dan nie van 'n reaksie. Spontane reaksies het 'n positiewe emk, en nie-spontane reaksies het 'n negatiewe emk.

inerte platinumplaatjie in.



Stap 5: Bereken die selpotensiaal

$$E_{(\text{sel})} = E^{\circ}_{(\text{katode})} - E^{\circ}_{(\text{anode})}$$

$$E_{(\text{sel})} = E^{\circ}_{(\text{waterstof})} - E^{\circ}_{(\text{magnesium})} = 0,00 - (-2,37) = +2,37 \text{ V}$$

Oefening 13 – 8: Standaard elektrodepotensiale

- Verduidelik in jou eie woorde wat die betekenis is van die 'elektrodepotensiaal' van 'n metaal.
- Bereken die emk van elk van die volgende standaard elektrochemiese selle:
 - $\text{Mn(s)}|\text{Mn}^{2+}(\text{aq})||\text{H}^{+}(\text{aq}), \text{H}_2(\text{g})|\text{Pt(s)}$
 - $\text{Fe(s)}|\text{Fe}^{3+}(\text{aq})||\text{Fe}^{2+}(\text{aq})|\text{Fe(s)}$
 - $\text{Cr(s)}|\text{Cr}^{2+}(\text{aq})||\text{Cu}^{2+}(\text{aq})|\text{Cu(s)}$
 - $\text{Pb(s)}|\text{Pb}^{2+}(\text{aq})||\text{Hg}^{2+}(\text{aq})|\text{Hg(l)}$
- Gegee die volgende twee halfreaksies:

$$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$$

$$\text{MnO}_4^{-}(\text{aq}) + 8\text{H}^{+}(\text{aq}) + 5\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O(l)}$$
 - Gee die standaard elektrodepotensiaal vir elke halfreaksie.
 - Watter reaksie vind plaas by die katode en watter reaksie by die anode?
 - Stel die elektrochemiese sel voor deur gebruik van die standaardnotasie (die katode- en anodereaksies vind plaas by inerte platinelektrodes).
 - Bereken die emk van die sel.
- Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 282M 2a. 282N 2b. 282P 2c. 282Q 2d. 282R 3. 282S



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Spontaneïteit

ESCRN

Jy kan van die tabel van reduksiepotensiale sien (Tabel 13.2) dat verskillende metale verskillende reaktiwiteite het. Sommige is makliker as andere reduseerbaar. Jy kan ook sê dat sommige makliker as andere oksideerbaar is.

Byvoorbeeld, koper ($E^{\circ} = +0,34 \text{ V}$) is makliker reduseerbaar as sink ($E^{\circ} = -0,76 \text{ V}$). Daarom, as 'n reaksie die reduksie van koper en die oksidasie van sink behels, sal dit spontaan plaasvind. Maar, as dit die oksidasie van koper en die reduksie van sink vereis, sal dit nie spontaan plaasvind nie.

Om te voorspel of 'n reaksie spontaan plaasvind, kan mens kyk na die teken van die emk van die sel. As die emk **positief** is, is die reaksie **spontaan**. As die emk **negatief** is, is die reaksie **nie-spontaan**.

Beskou die volgende voorbeeld om jou te help verstaan hoe om te voorspel of 'n reaksie spontaan sal wees of nie.

In die reaksie $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Br}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Br}_2(\ell) + \text{Pb}(\text{s})$ is die twee halfreaksies die volgende:



$\text{emk} = E^{\circ}(\text{reduksie-halfreaksie}) - E^{\circ}(\text{oksidasie-halfreaksie})$

$\text{emk} = E^{\circ}(\text{lood}) - E^{\circ}(\text{broom})$

$$\text{emk} = -0,13 \text{ V} - 1,06 = -1,19 \text{ V}$$

Die teken van die emk is negatief, gevolglik is die reaksie nie spontaan nie. Kom ons kyk na die argument wat ons hierby uitbring.

Beskou die elektrodepotensiaal vir die eerste halfreaksie. Die negatiewe teken dui daarop dat lood elektrone makliker as broom verloor, dit wil sê dit word maklik geoksideer. Maar in die oorspronklike vergelyking word loodione (Pb^{2+}) gereduseer. Hierdie deel van die reaksie is nie-spontaan.

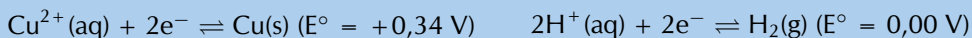
Vir die tweede halfreaksie wys die positiewe elektrodepotensiaal dat broom makliker as lood gereduseer word: Broom sal makliker elektrone bykry om Br^{-} te word. Dit is nie wat in die oorspronklike vergelyking gebeur nie en dit is dus ook nie-spontaan.

Dit maak dus meer sin om te besluit dat die reaksie nie spontaan sal verloop nie.

Uitgewerkte voorbeeld 12: Bepaling van spontaneïteit

VRAAG

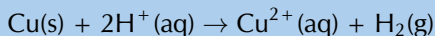
Sal koper reageer met verdunde swaelsuur (H_2SO_4)? Die volgende halfreaksies word gegee:



OPLOSSING

Stap 1: Lei die vergelyking vir die totale reaksie af

Die vraag wat gestel word is of kopermetaal met verdunde swaelsuur sal reageer, daarom is die reaktante $\text{Cu}(\text{s})$ en $\text{H}^{+}(\text{aq})$:



Stap 2: Watter reaktant moet geoksideer word, en watter een gereduseer?

$\text{Cu}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$, daarom moet koper geoksideer word.

$2\text{H}^{+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$, daarom moet waterstofione gereduseer word.

Stap 3: Voorspel of die reaksie spontaan sal wees of nie-spontaan

Koper het 'n groter, positiewe E° as waterstof. Dus word koper makliker gereduseer as waterstof, en waterstof makliker geoksideer as koper.

Die reaksie is nie-spontaan.

Stap 4: Bereken die emk van die sel

$$E_{(\text{sel})}^{\circ} = E_{(\text{reduksie})} - E_{(\text{oksidasie})}$$

$$E_{(\text{sel})}^{\circ} = E_{(\text{waterstof ione})} - E_{(\text{koper})} = 0,00 \text{ V} - (+0,34 \text{ V}) = -0,34 \text{ V}$$

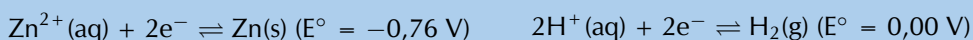
Stap 5: Is die reaksie spontaan?

Die emk is negatief, daarom is die reaksie nie-spontaan.

Uitgewerkte voorbeeld 13: Bepaling van spontaneïteit

VRAAG

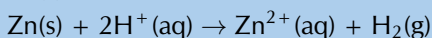
Sal sink reageer met verdunde soutsuur (HCl)? Die volgende halfreaksies word gegee:



OPLOSSING

Stap 1: Lei die vergelyking vir die totale reaksie af

Die vraag is of sinkmetaal sal reageer met verdunde soutsuur, daarom is die reaktante Zn(s) en H⁺:



Stap 2: Watter reaktant moet geoksideer word, en watter een gereduseer?

Zn(s) → Zn²⁺(aq) + 2e⁻, daarom moet sink geoksideer word.

2H⁺(aq) + 2e⁻ → H₂(g), daarom moet waterstofione gereduseer word.

Stap 3: Voorspel of die reaksie spontaan sal wees of nie-spontaan

Sink het 'n groter negatiewe E° as waterstof. Gevolglik kan sink makliker geoksideer word as waterstof, en waterstof kan makliker gereduseer word as koper.

Die reaksie is spontaan.

Stap 4: Bereken die emk van die sel

$$E_{(\text{sel})}^{\circ} = E_{(\text{reduksie})} - E_{(\text{oksidasie})}$$

$$E_{(\text{sel})}^{\circ} = E_{(\text{waterstof ione})} - E_{(\text{sink})} = 0,00 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = +0,76 \text{ V}$$

Stap 5: Is die reaksie spontaan?

Die emk is positief, daarom is die reaksie spontaan.

Oefening 13 – 9: Voorspelling van spontaneïteit

- Sal die volgende reaksie spontaan plaasvind of nie? Wys al jou bewerkings.
 $2\text{Ag}(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + 2\text{Ag}^{+}(\text{aq})$
 - Nikkelmetaal reageer met 'n suur, H⁺ (aq) om waterstofgas te lewer.
 - Skryf 'n vergelyking vir hierdie reaksie deur van die tabel van elektrodepotensiale gebruik te maak.
 - Voorspel of die reaksie spontaan sal plaasvind. Toon jou bewerkings.
 - Sink word by 'n oplossing in 'n beker gevoeg. Sal 'n spontane reaksie plaasvind as die oplossing die volgende is:
 - Mg(NO₃)₂
 - Ba(NO₃)₂
 - Cu(NO₃)₂
 - Cd(NO₃)₂
 - Sê of die volgende oplossings in 'n aluminiumhouer gestoor kan word.
 - CuSO₄
 - ZnSO₄
 - NaCl
 - Pb(NO₃)₂
 - Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.
Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.
1. 282T 2. 282V 3a. 282W 3b. 282X 3c. 282Y 3d. 282Z
4a. 2832 4b. 2833 4c. 2834 4d. 2835



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Elektrochemie het 'n aantal verskillende toepassings, veral in die nywerheid. Die beginsels van selle word gebruik om **elektriese batterye** te maak. In wetenskap en tegnologie het battery die betekenis van 'n toestel wat chemiese energie stoor en dit beskikbaar maak as elektriese energie. Batterye word gemaak van elektrochemiese toestelle soos een of meer galvaniese selle of brandstofselle. Batterye het baie gebruike wat insluit:

- flitsligte
- elektriese toestelle soos selfone (langlewe alkali-batterye)
- digitale kameras (litiumbatterye)
- gehoortoestelle (silweroksied-batterye)
- digitale horlosies (kwik/silweroksied-batterye)
- militêre toepassings (termiese batterye)

In hierdie afdeling gaan ons kyk na 'n paar voorbeelde van die gebruike van elektrochemie in die nywerheid.

FEIT

'n **Brandstofsel** skakel die chemiese potensiele energie wat verskaf word deur die oksidasie van brandstowwe (bv. waterstofgas, koolwaterstowwe, alkohole) om na elektriese energie.



Elektroplatering

ESCRQ

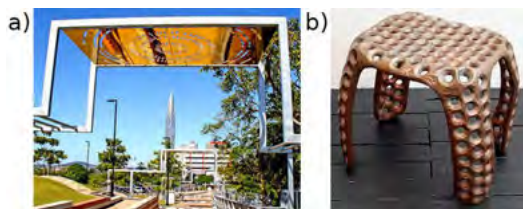
Die elektrolitiese sel kan gebruik word vir **elektroplatering**.

DEFINISIE: *Elektroplatering*

Die proses van bedekking van 'n elektriesgeleidende voorwerp met 'n dun laag metaal deur die gebruik van 'n elektriese stroom.

Elektroplatering vind plaas wanneer 'n elektriesgeleidende voorwerp bedek word met 'n laag metaal deur die gebruik van 'n elektriese stroom. Soms word elektroplatering gebruik om aan 'n metaal spesifieke eienskappe te verleen of om estetiese redes:

- korrosiebeskerming
- weerstand teen afskuring en slyting
- die vervaardiging van juweliersware



Figuur 13.11: **a)** 'n Elektroplateerde aluminium kunswerk **b)** en 'n wasstoel met koper-elektroplatering.

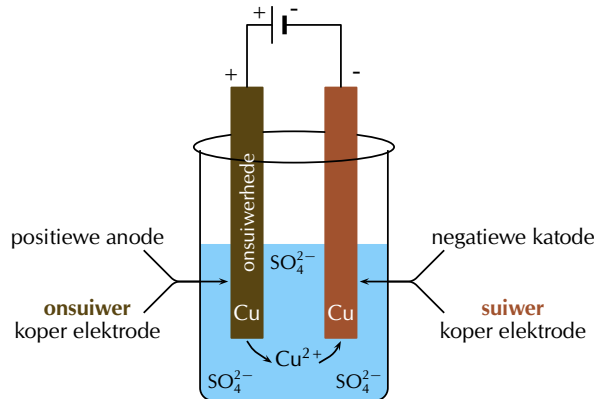
Elektro-affinering (ook soms genoem **elektrowinning**) is elektroplatering op 'n groot skaal. Koper speel 'n baie belangrike rol in die elektriese nywerheid aangesien dit 'n baie goeie geleier is en in elektriese kables gebruik word. Een van die probleme is egter dat die koper suiwer moet wees om 'n effektiewe geleier te wees. Een van die metodes wat gebruik word vir die suiwering van koper is elektrowinning (kopererts word tot onsuier *blasieskoper* geprosesseer, wat dan as suiwer koper neergeslaan word deur elektroplatering). Die koper-elektrowinningsproses is soos volg:

1. 'n Staaf **onsuier** koper wat ander metaal-onsuiwerhede bevat, tree op as die **anode**.
2. Die **katode** bestaan uit **suiwer** koper met min onsuierhede.
3. Die elektroliet is 'n wateroplossing van CuSO_4 en H_2SO_4 .
4. Wanneer stroom deur die sel vloei, vind elektrolise plaas:

FEIT

Onthou dat elektrolitiese selle gebruik word om reaktante om te sit in produkte deur elektriese stroom om te sit in chemiese potensiele energie.

- Die **onsuiwer koper anode** oksideer om Cu^{2+} -ione in oplossing te vorm. Die **anode verklein in massa**.
 $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
- By die katode vind reduksie van die positiewe koperione plaas om **suiwer koper metaal** te vorm. Die **katode vegroot in massa**.
 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)} (>99\% \text{ purity})$



Figuur 13.12: 'n Vereenvoudigde diagram wat illustreer wat gebeur tydens die elektrowinning van koper.

- Die ander metaalonsuiwerhede los nie op nie (Au(s) , Ag(s)) en vorm 'n soliede modder op die bodem van die tenk of bly in oplossing (Zn(aq) , Fe(aq) en Pb(aq)) in die elektroliet.

Die chloor-alkali industrie

ESCRR

Die chloor-alkali industrie is 'n belangrike deel van die chemiese nywerheid wat **chloor** en **natriumhidroksied** produseer deur die elektrolise van die grondstof **pekkel**. Pekel is 'n versadigde oplossing van natriumchloried (NaCl) wat verkry word van natuurlike soutneerslae.

DEFINISIE: *Pekel*

'n Versadigde wateroplossing van natriumchloried.

Die produkte van die chlooralkali-nywerheid het 'n aantal belangrike gebruike:

Chloor word gebruik:

- om water te suiwer
- as 'n ontsmettingsmiddel
- in die produksie van:
 - hipochlorigsuur (word gebruik om bakterieë in drinkwater te dood)
 - papier, voedsel
 - kiemdoders, insekdoders, medisynes, tekstiele, laboratorium-chemikalieë
 - verwe, petroleumprodukte, oplosmiddels, plastieke (soos polivinielchloried)

Natriumhidroksied (ook genoem bytsoda) word gebruik vir:

- maak van seep en ander skoonmaakmiddels
- suiwering van bauxiet (aluminiumerts)

- maak van papier
- maak van rayon (kunssystof)

Een van die probleme van die produksie van chloor en natriumhidroksied is dat wanneer hulle saam vervaardig word, die chloor verbind met die natriumhidroksied om chloraatione (ClO^-) en chloriedione (Cl^-) te vorm. Dit loop uit op die vorming van natriumchloraat, NaClO , 'n komponent van huishoudelike bleikmiddels.

Om die probleem uit te skakel moet die chloor en die natriumhidroksied geskei word sodat hulle nie met mekaar kan reageer nie. Daar is drie nywerheidsprosesse wat ontwerp is om die probleem uit te skakel. Al drie metodes behels **elektrolitiese selle**.

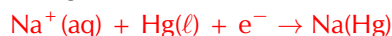
1. Die Kwiksel

In die kwiksel (Figuur 13.13)

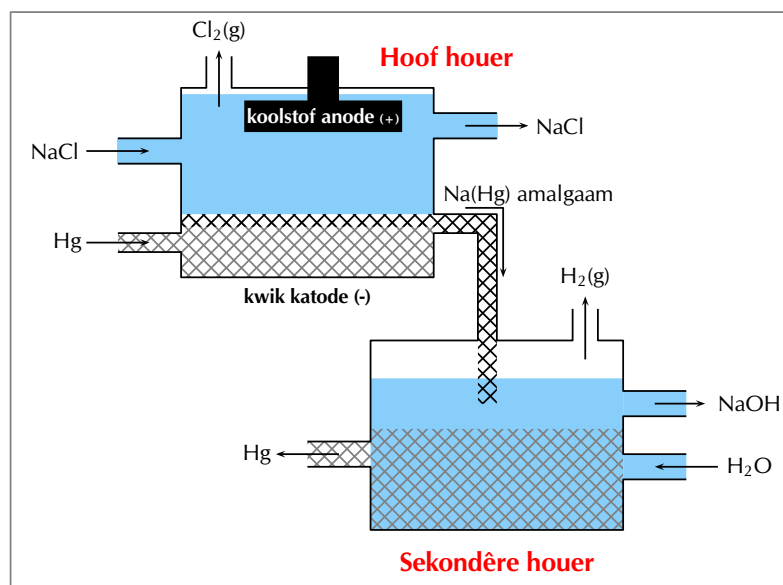
- Die anode is 'n koolstofelektrode wat hang van die bokant van 'n sel.
- Die katode is kwik (vloeistof) wat vloei oor die vloer van die sel.
- Die elektroliet is pekkel (NaCl oplossing) wat deur die sel gestuur word.
- Wanneer 'n elektriese stroom deur die stroombaan vloei, word chloriedione in die elektroliet **geoksiedeër by die anode** om chloorgas te vorm.



- Tegelykertyd word natriumione **gereduseer by die katode** om vaste natrium te vorm. Die vaste natrium los op in die kwik en vorm 'n kwik/natrium amalgaam.



- Die amalgaam word oorgesink in 'n aparte houer, waar dit ontbind in natrium en kwik.
- Die natrium reageer met water in die houer en vorm natriumhidroksied en waterstofgas, terwyl die kwik na die elektrolitiese sel terugvloei om weer gebruik te word.



Figuur 13.13: Die kwiksel.

Die volgende animasie is 'n goeie demonstrasie van die werking van 'n kwiksel.

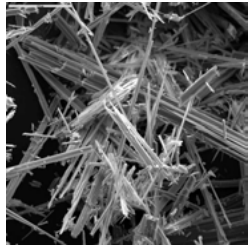
► Sien video: [2836](http://2836.www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

FEIT

In 'n kwiksel los die natrium op in die vloeibare kwik om 'n vloeibare amalgaam van die twee metale te vorm. Dit skei die Cl^- - en Na^+ -ione.

FEIT

Om die chloor van die natriumhidroksied te skei, is die twee halfselle tradisioneel geskei deur 'n poreuse asbesdiafragma, wat elke twee maande vervang moes word.



Dit was skadelik vir die omgewing omdat met groot hoeveelhede asbes weggedoen moes word. Asbes is vir mense giftig, en veroorsaak kanker en longprobleme. Tans word die asbes vervang met ander polimere wat nie so dikwels vervang hoef te word nie, en nie giftig is nie.

Die metode lewer slegs 'n breukdeel van die chloor en natriumhidroksied wat in die nywerheid gebruik word omdat dit sekere nadele inhou:

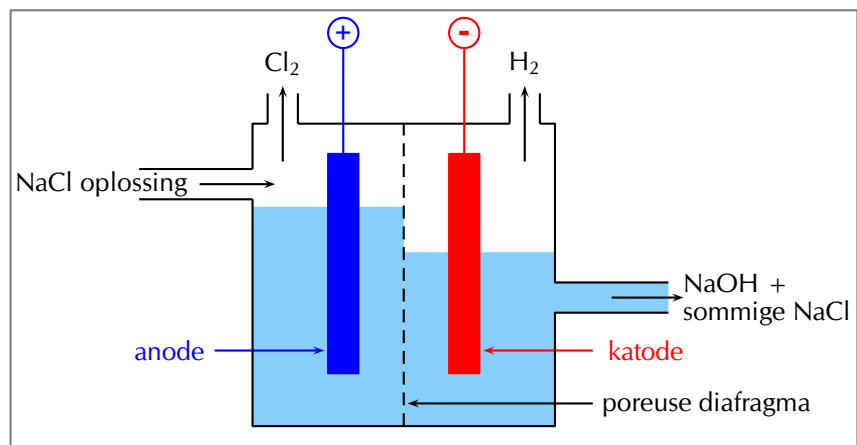
- kwik is duur en toksies
- 'n deel van die kwik ontsnap altyd saam met die pekkel wat gebruik is
- kwik reageer met die pekkel om kwik(II)chloried te vorm
- die kwiksel vereis baie elektrisiteit
- alhoewel die geproduseerde chloorgas baie suiwer is, moet kwik uit die mengsel van natriumhidroksied en waterstofgas verwyder word.

In die verlede is die uitvloeisel in riviere en mere losgelaat, wat meegebring het dat kwik in visse en ander diere wat op die vis voed, geakkumuleer het. Tans word die pekkel behandel voor daarvan ontslae geraak word sodat die omgewingsimpak baie laer is.

2. Die Diafragmafel

In die diafragmafel (Figuur 13.14):

- skei 'n poreuse diafragma die elektrolitiese sel in 'n anode- en 'n katodekompartement
- pekkel word in die anodekompartement geplaas en vloei deur die diafragma tot in die katodekompartement
- 'n elektriese stroom word gestuur deur die pekkel wat veroorsaak dat die sout se chloriedione en natriumione na die elektrodes beweeg
- Chloorgas word geproduseer by die **anode**
 $2\text{Cl}^-(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g})$
- By die **katode** reageer natriumione met water en vorm bytsoda (NaOH) en waterstofgas.
 $2\text{Na}^+(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{e}^- \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
- 'n Hoeveelheid NaCl-sout bly in die oplossing met die bytsoda en kan op 'n later stadium verwyder word.



Figuur 13.14: Die diafragmafel.

Die volgende animasie is 'n goeie demonstrasie van hoe die diafragmafel werk.

► Sien video: [2837](https://www.everythingscience.co.za) op www.everythingscience.co.za

Die voordele van die diafragmafel is:

- gebruik minder energie as die kwiksel
- bevat nie giftige kwik nie

Dit het egter ook nadele:

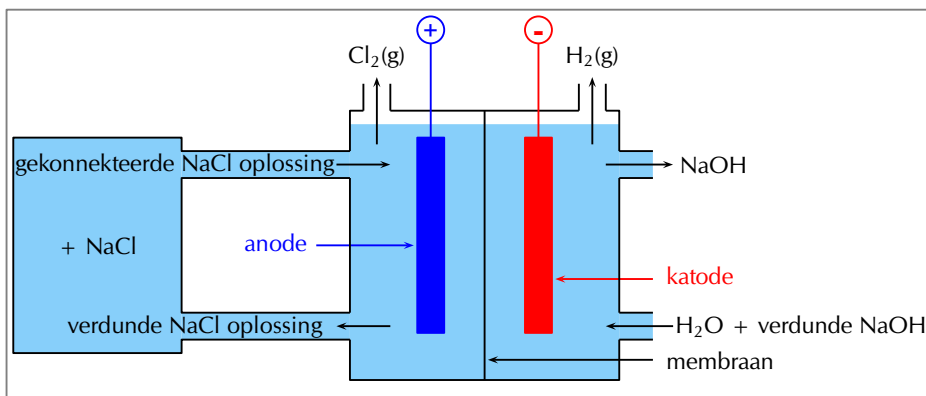
- die natriumhidroksied is baie minder gekonsentreerd en nie so suiwer nie
- die chloorgas bevat dikwels ook suurstofgas

- die proses is minder koste-effektief omdat die natriumhidroksied-oplossing voor gebruik gekonsentreer en gesuiwer moet word

3. Die Membraansel

Die membraansel (Figuur 13.15) is soortgelyk aan die diafragma-sel, en dieselfde reaksies vind plaas. Die belangrikste verskille is:

- die twee elektrodes word geskei deur 'n ioonselektiewe membraan in plaas van 'n diafragma
- die membraanstruktuur laat toe dat katione tussen kompartemente van die sel deurgelaat word, maar laat nie anione deur nie (dit het niks met die grootte van die porieë te make nie, maar eerder met die **lading op die ione**)
- pekkel word in die anodekompartement ingepomp, en slegs die **positief gelaai natriumione** beweeg deur na die katodekompartement, wat suiwer water bevat



Figuur 13.15: Die membraansel

Die volgende animasie gee 'n goeie demonstrasie van die werking van die membraansel.

📺 Sien video: [2838 op www.everythingscience.co.za](https://www.everythingscience.co.za)

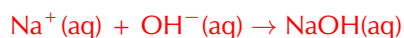
- By die **positief gelaai anode** word Cl^- -ione van die pekkel geoksiede na Cl_2 -gas.



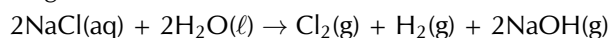
- By die **negatief gelaai katode** word waterstofione in die water gereduseer na waterstofgas.



- Die Na^+ -ione vloei deur die membraan na die katodekompartement en reageer met die oorblywende hidroksiedione (OH^-) om natriumhidroksied te vorm (NaOH).



- Die chloriedione kan nie deur die membraan vloei nie, dus maak die chloor nie kontak met die natriumhidroksied in die katodekompartement nie. Die natriumhidroksied word uit die sel verwyder. Die algehele reaksie is die volgende:

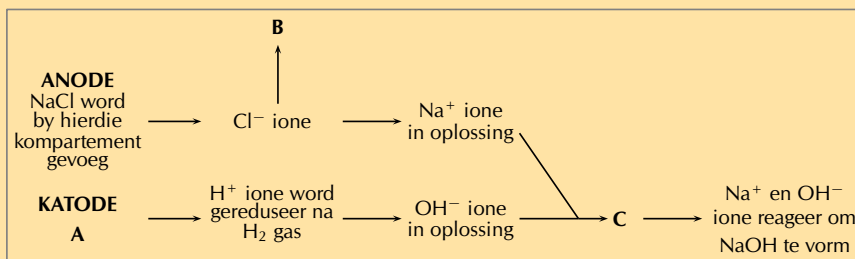


Die voordele van die gebruik van hierdie metode is:

- die natriumhidroksied wat geproduseer word, is baie suiwer omdat dit van die natriumchloried-oplossing weggehou word
- die natriumhidroksied het 'n relatief hoë konsentrasie
- die proses gebruik die minste elektrisiteit van al drie soorte selle
- die sel is goedkoper om te bedryf as die ander twee selle
- die sel bevat nie giftige kwik of asbes nie

Oefening 13 – 10: Die chloor-alkali industrie

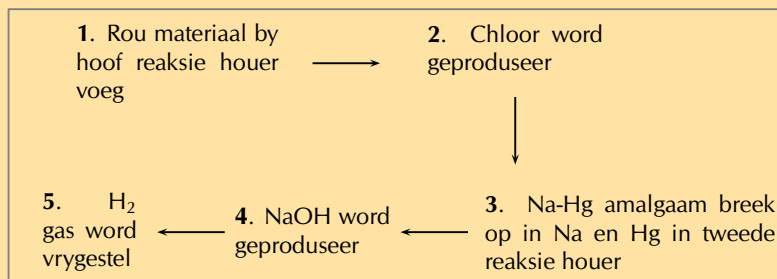
1. Verwys na die vloei-diagram, wat die reaksies aantoon wat in die membraansel plaasvind, en beantwoord dan die vrae wat volg.



- Watter vloeistof is in die katodekompartement teenwoordig by **A**?
 - Identifiseer die gas wat geproduseer word by **B**.
 - Verduidelik een kenmerk van hierdie sel wat toelaat dat die Na^+ - en OH^- -ione kan reageer by die **C**.
 - Gee 'n gebalanseerde vergelyking vir die reaksie wat by **C** plaasvind.
2. Som op wat jy oor die drie tipes selle in die chloor-alkali-nywerheid geleer het deur die tabel hieronder te voltooi:

	Kwiksel	Diafragma-sel	Membraansel
Hoof grondstof			
Meganisme van skeiding van Cl_2 en NaOH			
Anode reaksie			
Katode reaksie			
Suiwerheid van NaOH geproduseer			
Suiwerheid van Cl_2 geproduseer			
Energie-verbruik			
Omgewings-impak			
Koste van produksie			

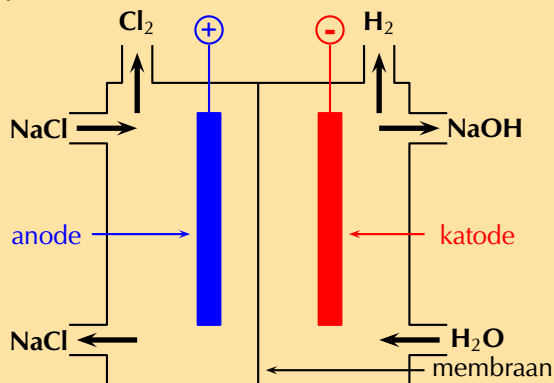
3. Die diagram onder toon die opeenvolgende stappe wat in die kwiksel plaasvind.



- Benoem die 'grondstof' in stap 1.
- Gee die chemiese vergelyking vir die reaksie wat in stap 2 chloor produseer.
- Watter ander produk word in stap 2 gelewer?

d) Benoem die reaktante in stap 4.

4. Ongeveer 30 miljoen ton chloor word jaarliks wêreldwyd gebruik. Chloor word in die nywerheid deur die elektrolise van pekkel geproduseer. Die diagram stel 'n membraansel voor wat gebruik word vir die produksie van Cl_2 -gas.



- Watter ione is teenwoordig in die elektroliet in die linkerkantse kompartement van die sel?
- Gee die vergelyking vir die reaksie wat plaasvind by die anode.
- Gee die vergelyking vir die reaksie wat plaasvind by die katode en 'n gas lewer.
- Watter ioon beweeg deur die membraan terwyl hierdie reaksies plaasvind?
- Chloor word gebruik om drinkwater en swembadwater te suiwer. Die verbinding wat vir die proses verantwoordelik is, is die swak suur, hipochloorgas (HOCl). Een manier om die verbinding HOCl in die swembad te kry, is om chloorgas deur die water te borrel. Gee 'n vergelyking wat aantoon hoe die borreling van $\text{Cl}_2(\text{g})$ deur water HOCl sal lewer.
- 'n Algemene manier om swembadwater te behandel is om 'chloorkorrels' by te voeg. Hierdie korrels bestaan uit die sout kalsiumhipochloriet, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Gee 'n vergelyking wat toon hoe hierdie sout in water dissosieer. Toon die fase van elke stof in die vergelyking.
(IEB Vraestel 2, 2003)

5. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2839 2. 283B 3. 283C 4. 283D



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

FEIT

Bauxiet is 'n mineraal wat 'n groot persentasie aluminiumoksied (Al_2O_3) en aluminiumhidroksied ($\text{Al}(\text{OH})_3$) asook baie ander aluminiumryke minerale bevat. Dit is feitlik die enigste bron van aluminium.



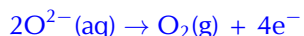
Die ekstraksie van aluminium

ESCRS

Aluminium word algemeen in die metaalnywerheid gebruik, waar die metaal se eienskappe van lae gewig en sterkte benut word. Dit word gebruik vir die vervaardiging van produkte soos vliegtuie en motors. Die metaal kom voor in die mineraal bauxiet. Bauxiet is 'n mengsel van silikate, ysteroksiede en gehidrateerde alumina ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$).

Elektrolise kan gebruik word om aluminium uit bauxiet te suiwer. Die proses wat hier onder beskryf word, lewer 99% suiwer aluminium:

- Aluminium word saam met krioliet (Na_3AlF_6), wat as elektroliet optree, gesmelt. Krioliet help om die smeltpunt te verlaag en om die erts op te los.
- Die **koolstofstaaf anode** verskaf 'n plek vir die oksidasie van O^{2-} - en F^- -ione. Suurstof en fluoorgas word vrygestel by die anode en die anode word in die proses ook opgebruik.



3. By die **katode sel wand** word die Al^{3+} -ione gereduseer en aluminiummetaal slaan op die bekleding neer.

$$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s}) \text{ (99\% suiw-erheid)}$$
4. Die AlF_6^{3-} -elektroliet is stabiel en bly in die gesmelte toestand.

Die algehele reaksie is soos volg: $2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) \rightarrow 4\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$

Die enigste probleem met hierdie proses is dat die reaksie **endotermies** is en groot hoeveelhede energie nodig is om dit aan te dryf. Dit is daarom baie duur.

13.8 Hoofstukopsomming

ESCRT

► Sien aanbieding: 283F op www.everythingscience.co.za

- **Oksidasie** is die verlies van elektrone en **reduksie** is die wins van elektrone.
- 'n **Redoksreaksie** is een waarin daar altyd 'n verandering in die oksidasiegetalle is van die elemente wat aan die reaksie deelneem.
- Dit is moontlik om redoksvergelykings te **balanseer** deur die halfreaksies te gebruik wat in die algehele reaksie voorkom.
- 'n **Elektrochemiese reaksie** is een waar óf 'n chemiese reaksie 'n elektriese stroom lewer, óf waar 'n elektriese stroom meebring dat 'n chemiese reaksie plaasvind.
- In 'n **galvaniese sel** lewer 'n chemiese reaksie 'n stroom in 'n eksterne stroombaan. 'n Voorbeeld is die sink-kopersel.
- 'n **Elektrolitiese sel** is 'n elektrochemiese sel wat elektrisiteit gebruik om 'n nie-spontane reaksie te dryf. In 'n elektrolitiese sel vind **elektrolise** plaas, wat 'n proses is waarin elemente en verbindinge geskei word deur 'n elektriese stroom.
- Selle het 'n aantal **komponente**. Hulle bestaan uit twee **elektrodes**, wat aan mekaar verbind is deur 'n eksterne stroombaandraad.
- In 'n **galvaniese sel** word elke elektrode geplaas in 'n aparte houer in 'n **elektroliet-oplossing**. Die twee elektrodes word deur 'n **soutbrug** gekoppel.
- In 'n **elektrolitiese sel** word beide elektrodes geplaas in dieselfde houer in 'n **elektroliet-oplossing**.
- Een van die elektrodes is die **anode**, waar **oksidasie** plaasvind. Die **katode** is die elektrode waar **reduksie** plaasvind.
- In 'n galvaniese sel is daar 'n opeenhoping van elektrone by die anode wat 'n potensiaalverskil tussen die twee elektrodes veroorsaak, en dit bring mee dat 'n **stroom** in die eksterne stroombaan vloei.
- Die standaard-selnotasie vir 'n galvaniese sel plaas die anode aan die linkerkant en die katode regs. Byvoorbeeld:

$$\text{Zn}(\text{s})|\text{Zn}^{2+}(\text{aq})||\text{Cu}^{2+}(\text{aq})|\text{Cu}(\text{s})$$

| = 'n fasegrens (vaste stof/waterig) || = die soutbrug
- Verskillende metale het verskillende **reaksiepotensiale**. Die reduksiepotensiale van metale (met ander woorde, hulle vermoë om te ioniseer) is opgeteken in 'n **tabel van standaard elektrode-reduksiepotensiale**. Hoe meer negatief die waarde, hoe groter die neiging van die metaal om gereduseer te word.
- Die waardes in die tabel van standaard elektrodepotensiale word gemeet relatief tot die **standaard waterstofelektrode**.
- Die emk van 'n sel kan bereken word deur een van die volgende vergelykings te

gebruik:

$$E^{\circ}(\text{sel}) = E^{\circ}(\text{reduksie-halfreaksie}) - E^{\circ}(\text{oksidasie-halfreaksie})$$

$$E^{\circ}(\text{sel}) = E^{\circ}(\text{oksideermiddel}) - E^{\circ}(\text{reduseermiddel})$$

$$E^{\circ}(\text{sel}) = E^{\circ}(\text{katode}) - E^{\circ}(\text{anode})$$

- Dit is moontlik om te voorspel of 'n reaksie **spontaan** is of nie, deur óf na die teken van die sel-emk te kyk, óf die elektrodepotensiale van die twee halfselle te vergelyk.
- Nywerheidstoepassings van selle sluit in elektrolise (die elektrowinning van koper), die chloor-alkali nywerheid (**kwik**-, **diafragma**- en **membraan**-selle), asook die ekstraksie van metale uit ertse (bv. aluminium uit bauxiet).

'n Vergelyking van galvaniese en elektrolitiese selle

Dit behoort nou baie duideliker te wees dat daar 'n aantal verskille is tussen *galvaniese* en *elektrolitiese* selle. In Tabel 13.5 is sommige van hierdie verskille opgesom.

	Galvaniese sel	Elektrolitiese sel
Chemiese reaksies	spontane reaksies	nie-spontane reaksies
Energie-veranderinge	chemiese potensiele energie van chemiese reaksies word omgesit in elektriese energie	'n eksterne voorraad van elektriese energie veroorsaak dat 'n chemiese reaksie plaasvind
Anode	is negatief , oksidasie vind by anode plaas	is positief , oksidasie vind by anode plaas
Katode	is positief , reduksie vind by katode plaas	is negatief , reduksie vind by katode plaas
Sel-opstelling	twee halfselle, een elektrode in elk, gekoppel deur 'n soutbrug	een sel, albei elektrodes in sel, geen soutbrug
Elektroliet oplossing(s)	die elektrolietoplossings word apart gehou van mekaar, en is verbind deur 'n soutbrug	die katode en anode is in dieselfde elektroliet
Toepassings	batterie	elektrolise van bv. water, NaCl, elektroplatering

Tabel 13.5: 'n Vergelyking van galvaniese en elektrolitiese selle.

► Sien video: [283G](https://www.everythingscience.co.za/283G) op www.everythingscience.co.za

Oefening 13 – 11:

1. 'n Sel word opgestel. Daar is 'n negatiewe lading op die anode.
 - a) Watter tipe sel is dit?
 - b) Watter tipe reaksie vind by die katode plaas?
 - c) Kan die elektrodes dieselfde reaksiepotensiaal hê?
 - d) Maak 'n skets met byskrifte van hierdie sel.
2. Vir elk van die volgende, sê of die stelling **waar** of **onwaar** is. As dit onwaar is, herskryf die stelling om dit reg te stel.
 - a) Die anode in 'n elektrolitiese sel het 'n negatiewe lading.
 - b) Die reaksie $2\text{KClO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$ is 'n voorbeeld van 'n redoks-reaksie.
 - c) Lood is 'n sterker oksideermiddel as nikkel.

3. Swaeldioksied kan in die laboratorium berei word deur 'n mengsel van koper afdraaisels en gekonsentreerde swaelsuur in 'n geskikte fles te verhit.
 - a) Lei 'n gebalanseerde ioniese vergelyking vir hierdie reaksie af deur die halfreaksies wat plaasvind te gebruik.
 - b) Gee die E° -waarde vir die algehele reaksie.
 - c) Verduidelik waarom dit nodig is om die reaksiemengsel te verhit.
4. Vir elk van die volgende vrae, kies die **een korrekte** antwoord.
 - a) Watter van die volgende reaksies is 'n redoksreaksie?
 - i. $\text{HCl(aq)} + \text{NaOH(aq)} \rightarrow \text{NaCl(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
 - ii. $\text{AgNO}_3\text{(s)} + \text{NaI(s)} \rightarrow \text{AgI(s)} + \text{NaNO}_3\text{(s)}$
 - iii. $2\text{FeCl}_3\text{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O(l)} + \text{SO}_2\text{(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)} + 2\text{HCl(aq)} + 2\text{FeCl}_2\text{(aq)}$
 - iv. $\text{BaCl}_2\text{(s)} + \text{MgSO}_4\text{(s)} \rightarrow \text{MgCl}_2\text{(s)} + \text{BaSO}_4\text{(s)}$
 (IEB Vraestel 2, 2003)
 - b) Beskou die reaksie wat deur die volgende vergelyking verteenwoordig word:

$$\text{Br}_2\text{(l)} + 2\text{I}^-\text{(aq)} \rightarrow 2\text{Br}^-\text{(aq)} + \text{I}_2\text{(s)}$$
 Watter van die volgende stellings i.v.m. die reaksie is korrek?
 - i. broom word geoksideer
 - ii. broom tree op as reduseermiddel
 - iii. die jodiedione word geoksideer
 - iv. jodium tree op as reduseermiddel
 (IEB Vraestel 2, 2002)
 - c) Die volgende vergelykings verteenwoordig twee hipotetiese halfreaksies:

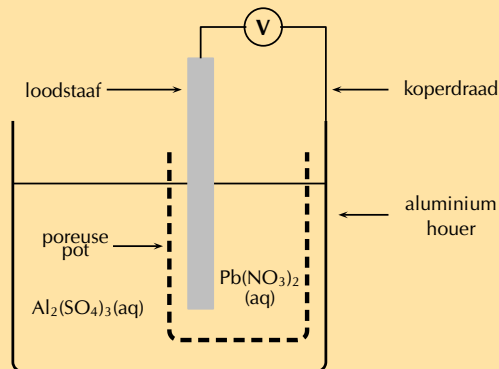
$$\text{X}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{X}^- \quad (E^\circ = +1,09 \text{ V})$$
 en

$$\text{Y}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Y} \quad (E^\circ = -2,80 \text{ V})$$
 Watter een van die volgende stowwe in hierdie halfreaksies het die grootste neiging om elektrone te verloor?
 - i. X^-
 - ii. X_2
 - iii. Y
 - iv. Y^+
 - d) Watter een van die volgende redoksreaksies sal **nie** spontaan by kamertemperatuur plaasvind nie?
 - i. $\text{Mn(s)} + \text{Cu}^{2+}\text{(aq)} \rightarrow \text{Mn}^{2+}\text{(aq)} + \text{Cu(s)}$
 - ii. $\text{Fe}^{3+}\text{(aq)} + 3\text{NO}_2\text{(g)} + 3\text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Fe(s)} + 3\text{NO}_3^-\text{(aq)} + 6\text{H}^+\text{(aq)}$
 - iii. $\text{Zn(s)} + \text{SO}_4^{2-}\text{(aq)} + 4\text{H}^+\text{(aq)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}\text{(aq)} + \text{SO}_2\text{(g)} + 2\text{H}_2\text{O(l)}$
 - iv. $5\text{H}_2\text{S(g)} + 2\text{MnO}_4^-\text{(aq)} + 6\text{H}^+\text{(aq)} \rightarrow 5\text{S(s)} + 2\text{Mn}^{2+}\text{(aq)} + 8\text{H}_2\text{O(l)}$
 (DoE Eksemplaar Vraestel 2, 2008)
5. Om die tempo waarteen 'n reaksie verloop te ondersoek, plaas 'n leerder 'n beker wat gekonsentreerde salpetersuur bevat, op 'n sensitiewe balans. 'n Paar stukkie kopermetaal word daarna by die suur gevoeg.
 - a) Gebruik die toepaslike halfreaksies in die tabel van standaard elektrodepotensiale om die gebalanseerde netto ioniese vergelyking vir die reaksie wat in die beker plaasvind, af te lei.
 - b) Watter chemiese eienskap van salpetersuur word deur hierdie reaksie gedemonstreer?
 - c) Lys drie waarnemings wat die leerder sou kon maak tydens die ondersoek.
 (IEB Vraestel 2, 2005)
6. Die volgende reaksie vind plaas in 'n elektrochemiese sel:

$$\text{Cu(s)} + 2\text{AgNO}_3\text{(aq)} \rightarrow \text{Cu(NO}_3)_2\text{(aq)} + 2\text{Ag(s)}$$
 - a) Gee 'n vergelyking vir die oksidasie-halfreaksie.
 - b) Watter metaal word as anode gebruik?

c) Bepaal die emk van die sel by standaardkondisies.
(IEB Vraestel 2, 2003)

7. 'n Galvaniese sel word gemaak deur 'n loodstaaf in 'n poreuse pot wat 'n oplossing van loodnitraat bevat, te plaas. Die poreuse pot word daarna geplaas in 'n groot aluminiumhouer wat gevul is met 'n oplossing van aluminiumsulfat. Die loodstaaf word dan met die aluminiumhouer verbind met 'n koperdraad en voltmeter soos getoon.



- Definieer die term *reduksie*.
- Skryf gebalanseerde vergelykings vir die reaksies wat plaasvind by ...
 - die katode
 - die anode
- Skryf 'n gebalanseerde netto ioniese vergelyking vir die reaksie wat plaasvind in hierdie sel.
- In watter rigting vloei die elektrone in die koperdraad? (Al na Pb of Pb na Al)
- Wat is die twee funksies van die poreuse pot?
- Bereken die emk van hierdie sel onder standaardkondisies.
(IEB Vraestel 2, 2005)

8. 'n Elektrochemiese sel is saamgestel uit 'n koperelektrode in kontak met 'n koper-nitratoplossing en 'n elektrode gemaak van 'n onbekende metaal M, in kontak met 'n oplossing van MNO_3 . 'n Soutbrug wat 'n KNO_3 -oplossing bevat, verbind die twee halfselle. 'n Voltmeter is oor die elektrodes gekoppel. Onder standaardkondisies is die lesing op die voltmeter $+0,46 \text{ V}$.

- Skets die elektrochemiese sel.
- Skryf die standaardkondisies wat van toepassing is op hierdie elektrochemiese sel.
- $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$. Identifiseer die metaal M. Toon berekeninge.
- Gebruik die standaard elektrodepotensiale om vergelykings te skryf vir die:
 - anode-halfreaksie
 - katode-halfreaksie
 - algehele selreaksie
- Wat is die doel van die soutbrug?
(IEB Vraestel 2, 2004)

9. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskode of klik op 'wys die antwoord'.

1. 283H 2a. 283J 2b. 283K 2c. 283M 3. 283N 4a. 283P
4b. 283Q 4c. 283R 4d. 283S 5. 283T 6. 283V 7. 283W
8. 283X



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

Die chemiese industrie

14.1	<i>Inleiding</i>	498
14.2	<i>Voedingstowwe</i>	498
14.3	<i>Kunsmisstowwe</i>	499
14.4	<i>Die kunsmisbedryf</i>	504
14.5	<i>Alternatiewe bronne van kunsmisstowwe</i>	510
14.6	<i>Misstowwe en die omgewing</i>	512
14.7	<i>Hoofstukopsomming</i>	515

14.1 Inleiding

ESF332

Suid-Afrika het 'n bevolking van meer as 50 miljoen mense en die getal groei steeds. Goeie en gesonde landbou-oeste speel 'n belangrike rol in die voedselvoorsiening van die nasie. Misstowwe word gebruik om voldoende voedingstowwe aan die grond te voorsien om optimum oeste te kan insamel. Die kunsmisbedryf is gevolglik 'n noodsaaklike chemiese industrie in Suid Afrika.



Figuur 14.1: Die verbouing van beet in Suid Afrika.

In hierdie hoofstuk sal ondersoek ingestel word na wat kunsmisstowwe is, hoekom dit so belangrik is, hoe dit vervaardig word en watter inpak dit op die omgewing het.

14.2 Voedingstowwe

ESF333

Die noodsaaklikheid van voedingstowwe

ESF334

Voedingstowwe (nutriënte) is baie belangrik vir die voortbestaan van lewe. 'n **Noodsaaklike voedingstof** is 'n chemiese stof wat 'n plant nodig om te groei vanaf 'n saad en om sy lewensiklus te voltooi, maar nie self kan produseer nie. Dieselfde is waar van diere. 'n **Makrovoedingstof** is 'n chemiese element wat in *groot hoeveelhede* nodig word deur die plant of dier, terwyl 'n **mikrovoedingstof** slegs in *klein hoeveelhede* deur 'n plant of dier nodig word om reg te funksioneer.

DEFINISIE: Voedingstof

'n Voedingstof is 'n chemiese bestanddeel wat uit die omgewing opgeneem word en gebruik word vir die metabolisme en die fisiologie van 'n organisme.

In plante sluit *makrovoedingstowwe* voorbeelde soos koolstof (C), waterstof (H), suurstof (O), stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) in, terwyl *mikrovoedingstowwe* yster (Fe), chloor (Cl), koper (Cu) en sink (Zn) insluit.

Voedingstowwe wat **uit die grond** geabsorbeer word deur plante word *minerale voedingstowwe* genoem. Minerale voedingstowwe moet in grondwater oplos voor plante dit kan absorbeer. **Nie-minerale voedingstowwe** word *nie deur die grond voorsien nie*, maar deur die omgewing. Suurstof en waterstof word byvoorbeeld verkry van reënwater, terwyl koolstof (in die vorm van koolstofdioksied, CO_2) uit die lug verkry word. Die bron en funksie van elk van die voedingstowwe in plante is opgesom in Tabel 14.1 (vir nie-minerale voedingstowwe) en tabel 14.2 (vir minerale voedingstowwe).

Nie-minerale voedingstowwe	Waar die voedingstowwe gekry word (bronne)	Waarom die voedingstowwe benodig word (funksie)
Koolstof (C)	Koolstofdioksied in die lug	Komponente van organiese molekules soos koolhidrate, lipiede en proteïene
Waterstof (H)	Water	Komponente van organiese molekules
Suurstof (O)	Water	Komponente van organiese molekules

Tabel 14.1: Die bron en funksie van nie-minerale makrovoedingstowwe in plante.

Minerale voedingstowwe	Waar die voedingstowwe gekry word (bronne)	Waarom die voedingstowwe benodig word (funksie)
Stikstof (N)	Stikstofverbindings in die grond	Deel van plantproteïene en chlorofil; stimuleer ook plantgroeï
Fosfor (P)	Fosfaatverbindings in die grond	Nodig vir fotosintese en blomvorming en wortelgroeï
Kalium (K)	Kaliumverbindings in die grond	Opbou van die sel, deel van chlorofil en verminder siektes in die plant

Tabel 14.2: Die bron en funksie van die minerale makrovoedingstowwe.

Diere benodig dieselfde voedingstowwe om te kan oorleef. Alhoewel diere nie kan fotosintetiseer nie maak hulle op plante staat om hulle van die nodige voedingstowwe te voorsien. Dink aan die mens se dieët- ons kan nie ons eie voedsel sintetiseer nie, so ons eet groente, vrugte en sade (wat direkte plantprodukte is) of die vleis van diere wat op plante gevoed is. Dit is noodsaaklik dat plante altyd toegang het tot die voedingstowwe wat hulle nodig het, sodat hulle kan groei en voedsel verskaf vir ander vorms van lewe.

FEIT

Die chemiese elemente wat in die hoofstuk *voedingstowwe* genoem word vorm 'n deel uit van die groter voedingstofmolekules soos proteïene of aminosure, koolhidrate, vette en vitamienes.

WENK

Blomvorming verwys na plante wat blomme vorm. Fosfor is veral goed vir blomplante

Aktiwiteit: Konsepkaart (Breinkaart)

In hierdie aktiwiteit gaan jy 'n konsepkaart saamstel wat gebruik kan word wanneer jy studeer.

1. Lees die inhoud van die eerste twee bladsye van die hoofstuk deur.
2. Die belangrikste konsepte en woorde moet uitgelig (onderstreep) word.
3. Gebruik die **woorde wat uitgelig (onderstreep) is** om 'n breinkaart op te stel vir hierdie gedeelte. Elke konsep moet verbind word met 'n ander konsep wat gebruik is d.m.v. *verbindingswoorde*.



4. Voeg verdere konsepte by soos jy deur die hoofstuk vorder.

14.3 Kunsmisstowwe

ESF335

Die rol van kunsmisstowwe

ESF336

Verwys na [Chemiese Nywerhede Hulpbron Pak](#) vir meer inligting.

Vir plante om voedingstowwe uit die grond op te neem, moet die voedingstowwe *opgelos* wees in water sodat die wortelstelsel dit kan absorbeer. Stikstofgas (N_2) kan byvoorbeeld nie geabsorbeer word in gasvorm nie en moet eers verander word in 'n wateroplosbare ioon soos die nitraat ioon (NO_3^-). Op dieselfde manier word fosfor as fosfaat ione (PO_4^{3-}) geabsorbeer.

Plante groei die beste in grond wat voldoende voedingstowwe aan hulle kan verskaf. Natuurlike prosesse, soos die stikstofkringloop, plaas voedingstowwe terug in die grond. Hierdie natuurlike terugplaas van voedingstowwe neem 'n lang tyd. Indien populasies groei en die vraag vir voedsel toeneem, moet die grond vinniger voedingstowwe verskaf as wat die natuurlike prosesse dit kan onderhou. Dit plaas meer druk op die grond om oeste te lewer.

Verbouingspraktyke gee dikwels nie genoeg tyd aan die grond om te herstel en die verlore voedingstowwe terug te plaas nie. Kunsmisstowwe speel vandag 'n groot rol in *herstel van grondvoedingstowwe* sodat oes-opbrengste hoog kan bly. Sommige van die misstowwe is **organies** (soos kompos, kraalmis en vismeel), dit beteken dat dit van 'n lewende organisme afkomstig is. Industriële (kommersiële) kunsmis is **anorganies** (soos bevoorbeeld ammonium nitraat (NH_4NO_3) of superfosfaat ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) en is voordelig omdat hulle in 'n *opgeloste vorm* is wat onmiddellik deur die plant geabsorbeer word.

DEFINISIE: Misstowwe

'n Misstof is 'n chemiese verbinding wat aan 'n plant gegee word om groei te bevorder.

Misstowwe voorsien gewoonlik die drie hoof plantvoedingstowwe (stikstof, fosfor, en kalium). Misstowwe word in die algemeen in die grond geplaas sodat die plante die voedingstowwe deur hulle wortels kan absorbeer.

DEFINISIE: Organiese en anorganiese misstowwe

Organiese misstowwe wat gemaak word van *natuurlike produkte*, soos kraalmis of kompos. **Anorganies** misstowwe verwys na *industriële-vervaardigde verbindinge*.



Figuur 14.2: Voorbeelde van (a) organiese kompos en (b) anorganiese (industriële vervaardigde) kunsmisstowwe wat die NPK verhouding aantoon wat later bespreek sal word.

Foto's van "Kessner Photography" op Wikipedia en Elvera Viljoen van die Universiteit van Kaapstad se Chemiese Ingenieurswese se *Chemiese Nywerhede Hulpbron Pak*.

Die NPK verhouding

ESF337

Kunsmisstowwe se verpakking bevat 'n stel getalle, soos byvoorbeeld 6:1:5 (sien Figuur 14.2). Hierdie getalle word die **NPK verhouding** genoem en hulle spesifiseer die massaverhouding tussen stikstof, fosfor en kalium in die kunsmis.

Die NPK verhouding verskaf die inhoud van elke voedingstof as 'n persentasie van N, P en K, in hierdie volgorde. Die persentasie N, P en K wat in die kunsmis voorkom word in hakies aangedui na die verhouding. Dit spesifiseer watter persentasie van die totale hoeveelheid kunsmis uit N, P en K bestaan.

38% van die totale kunsmisstowwe is stikstof, fosfor en kalium.

N	P	K		% N : 3 in elke 9 dele van die 38% bevat stikstof (N)
3	1	5	(38)	% P : 1 in elke 9 dele van die 38% bevat fosfor (P)
				% K : 5 in elke 9 dele van die 38% bevat kalium (K)

Die onderstaande Tabel 14.3 gee 'n idee van die hoeveelheid stikstof, fosfor en kalium wat daar in die verskillende soorte kunsmis is.

Beskrywing	Gradering (NPK verhouding)
Ammoniumnitraat	34:0:0
Ureum	46:0:0
Beenmeel	4:21:1
Seewier	1:1:5
Aanvangskunsmis	18:24:6
Gelyke NPK kunsmis	12:12:12
Hoë N, lae P en medium K kunsmis	25:5:15

Tabel 14.3: Algemene grade van sommige kunsmismateriale

Afhangende van die soort plante wat jy kweek en die groeifase waarin hulle is, is 'n kunsmis met 'n geringe aanpassing in die verhouding moontlik nodig. As jy byvoorbeeld die plant se **wortelgroei wil aanmoedig** het jy 'n kunsmis met 'n **groter verhouding fosfor** nodig. Die hoof funksie van elke voedingstof (N, P, K) word aangedui in Tabel 14.4. Onthou om te verwys na Tabelle 14.1 en ook 14.2.

Voedingstof	Bevorder	Wanneer om te gebruik
Stikstof (N)	blaargroei by plant, vinniger plantgroei	op grasperke en ander plante met baie groen blare
Fosfor (P)	sterk wortels, gesonde vrugte en blomvorming	op blomme en blombeddings
Kalium (K)	siekteweerstand, groei van vrugte	op vrugdraende plante

Tabel 14.4: Die soorte plantgroei wat deur verskillende voedingstowwe bevorder word

Sommige lande dui die fosforinhoud aan as P_2O_5 en kaliuminhoud as K_2O . Suid-Afrika dui die verhouding van die NPK uit in terme van die elemente teenwoordig soos bo verduidelik. Die oorblywende deel (62%) is ander vullingsstowwe, soos gips, kalk en sand. Ander *mikrovoedingstowwe*, soos kalsium (Ca), swael (S) en magnesium (Mg), word dikwels by die mengsel gevoeg.

Uitgewerkte voorbeeld 1: NPK verhoudings

VRAAG

Bereken die massa stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) wat teenwoordig is in 500 g van 'n industriële kunsmis met 'n NPK verhouding van 5:2:3 (40).

OPLOSSING

Stap 1: Bepaal die massa van die totale hoeveelheid voedingstowwe in die kunsmis monster

40% van die monster bevat voedingstowwe, dus:

40% van 500 g = $0,4 \times 500 \text{ g} = 200 \text{ g}$ wat voedingstowwe bevat

Stap 2: Bepaal die massa van die spesifieke komponente in die monster

Vir elke 5 eenhede van stikstof is daar 2 eenhede fosfor en 3 eenhede kalium sodat die totale getal van die eenhede 10 is.

FEIT

'n Aanvangskunsmis word gewoonlik gebruik wanneer die saad of jong plantjies geplant word. Dit het 'n hoë konsentrasie stikstof om die groei van die plantjies te versnel en fosfor om wortelgroei te bevorder.



WENK

Indien die persentasie suiwerheid nie gegee is nie (die getal in hakies – nl. 40 in die boonste uitgewerkte voorbeeld), kan daar aangeneem word dat dit 'n 100% suiwer kunsmis is en geen ander vullingsmiddels bygevoeg is nie.

5 van die 10 eenhede is stikstof: $\frac{5}{10} \times 200 \text{ g} = 100 \text{ g}$ sal stikstof (N) wees
2 van die 10 eenhede is fosfor: $\frac{2}{10} \times 200 \text{ g} = 40 \text{ g}$ sal fosfor wees (P)
3 van die 10 eenhede is kalium: $\frac{3}{10} \times 200 \text{ g} = 60 \text{ g}$ sal kalium wees (K)

Uitgewerkte voorbeeld 2: NPK verhoudings

VRAAG

Bereken die molverhouding van 'n industriële kunsmis met 'n NPK verhouding van 5:2:3 (40).

OPLOSSING

Stap 1: Bereken die massa van N, P en K in 'n 500 g monster van die kunsmis

Aangesien die molverhouding uitgewerk word is dit nie belangrik om te weet wat die massa van die kunsmis is nie. Enige massa kan gebruik word, en ons kies om 500 g te gebruik. Die antwoord vra net die verhouding, nie die absolute massa nie.

Soos in die vorige uitgewerkte voorbeeld is die verhouding 5:2:3 (40), so die massa van die voedingsowwe sal 200 g wees. Dus:

$$\text{Die massa van N} = \frac{5}{10} \times 200 \text{ g} = 100 \text{ g}$$

$$\text{Die massa van P} = \frac{2}{10} \times 200 \text{ g} = 40 \text{ g}$$

$$\text{Die massa van K} = \frac{3}{10} \times 200 \text{ g} = 60 \text{ g}$$

Stap 2: Bereken die aantal mol van elke element in hierdie monster van kunsmis

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{Die molêre massa (M) van N} = 14,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Dus } n(\text{N}) \text{ (n vir stikstof)} = \frac{100 \text{ g}}{14,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 7,14 \text{ mol}$$

$$M \text{ vir P} = 31,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Dus } n(\text{P}) \text{ (n vir fosfor)} = \frac{40 \text{ g}}{31,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,29 \text{ mol}$$

$$M \text{ vir K} = 39,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Dus } n(\text{K}) \text{ (n vir kalium)} = \frac{60 \text{ g}}{39,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,53 \text{ mol}$$

Stap 3: Bepaal die molverhouding

$$\text{N:P:K molverhouding} = 7,14 : 1,29 : 1,53$$

Om die molverhouding te bepaal deel al die getalle deur die kleinste getal:

$$5,5 : 1 : 1,2$$

Die verhouding moet as 'n heelgetal uitgedruk word:

$$55 : 10 : 12$$

Uitbreiding



Soos voorheen genoem, in Suid-Afrika word die NPK verhouding uitgedruk as elemente, byvoorbeeld die P in die verhouding verwys na die massa van die element

fosfor (P). In ander lande word die verhoudings egter uitgedruk in verbindings vorm: $N:P_2O_5:K_2O$. Stikstof verwys steeds na die element stikstof, maar fosfor en kalium verwys na die verbinding fosforpentoksied (P_2O_5) en kaliumoksied (K_2O). Hierdie voorbeeld sal aantoon hoe die massa en mol uitgewerk word indien die verbindings se verhouding gegee word.

Uitgewerkte voorbeeld 3: NPK verhoudings in ander lande

VRAAG

Bereken die mol fosfor (P) in 120 g kunsmis met die $N:P_2O_5:K_2O$ massaverhouding van 4:3:8 (50).

OPLOSSING

Stap 1: Bereken die massa voedingstowwe in die kunsmismonster

50% van die monster bevat voedingstowwe

50% van 120 g = $0,5 \times 120 \text{ g} = 60 \text{ g}$ wat voedingstowwe bevat

Stap 2: Bereken die massa van P_2O_5

Die $N:P_2O_5:K_2O$ verhouding is 4 : 3 : 8. $4 + 3 + 8 = 15$.

3 van die 15 eenhede is P_2O_5 . Die massa van $P_2O_5 = \frac{3}{15} \times 60 \text{ g} = 12 \text{ g}$

Stap 3: Bereken die aantal mol van P_2O_5

$$n = \frac{m}{M} \quad M(P_2O_5) = 2 \times 31,0 \text{ g.mol}^{-1} + 5 \times 16,0 \text{ g.mol}^{-1} = 142,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Dus } n(P_2O_5) = \frac{12 \text{ g}}{142,0 \text{ g.mol}^{-1}} = 0,0845 \text{ mol}$$

Stap 4: Bereken die aantal mol van P

Vir elke 1 mol van P_2O_5 is daar 2 mol P atome.

Dus, $n(P) = 2 \times 0,0845 \text{ mol} = 0,17 \text{ mol}$

Aktiwiteit: NPK verhoudings

Gebruik Tabel 14.3, indien nodig, om die volgende vrae te beantwoord:

1. Bereken die massa fosfor teenwoordig in 250 g beenmeel.
2. Bereken die mol stikstof wat teenwoordig is in 200 g ammoniumnitraat (NH_4NO_3).
3. Bereken die massa kalium wat in 100 g seewier voorkom.
4. Bereken die aantal mol kalium in 100 g kommersiële kunsmis met die $N:P_2O_5:K_2O$ massaverhouding van 5:1:2 (40).

Oefening 14 – 1: Die rol van kunsmisstowwe

1. 'n Aanvangskunsmis word gewoonlik gebruik wanneer sade of jong plante geplant word. Gebruik Tabel 14.3 om die volgende vrae te antwoord.
 - a) Wat is die NPK-verhouding van 'n aanvangskunsmis?
 - b) Watter voedingstof is in die laagste konsentrasie teenwoordig?
 - c) Dink jy dat 'n kunsmis met gelyke verhoudings NPK 'n goeie aanvangskunsmis vir nuwe plante sal wees? Verduidelik jou antwoord aan die hand van Tabelle 14.1 - 14.4.

2. Dink jy dat beenmeel 'n goeie kunsmis is vir blomplante? Verduidelik jou antwoord aan die hand van Tabele 14.1 - 14.4.
3. Bepaal die massa van elkeen van die nutriëntkomponente in 'n 600 g sak kunsmis soos in Figuur 14.2 (dit word in Suid-Afrika geproduseer).
4. Jy bepaal dat jou groentetuin 12 g stikstof nodig het. Op die pak kunsmis wat jy het staan daar 4:2:3 (40). Hoeveel gram kunsmis het jy nodig vir jou tuin?
5. Hoeveel mol kalium is teenwoordig in 150 g kommersiële kunsmis met die $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ en massaverhouding 1:2:5.
6. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CKY 2. 2CKZ 3. 2CM2 4. 2CM3 5. 2CM4



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

14.4 Die kunsmisbedryf

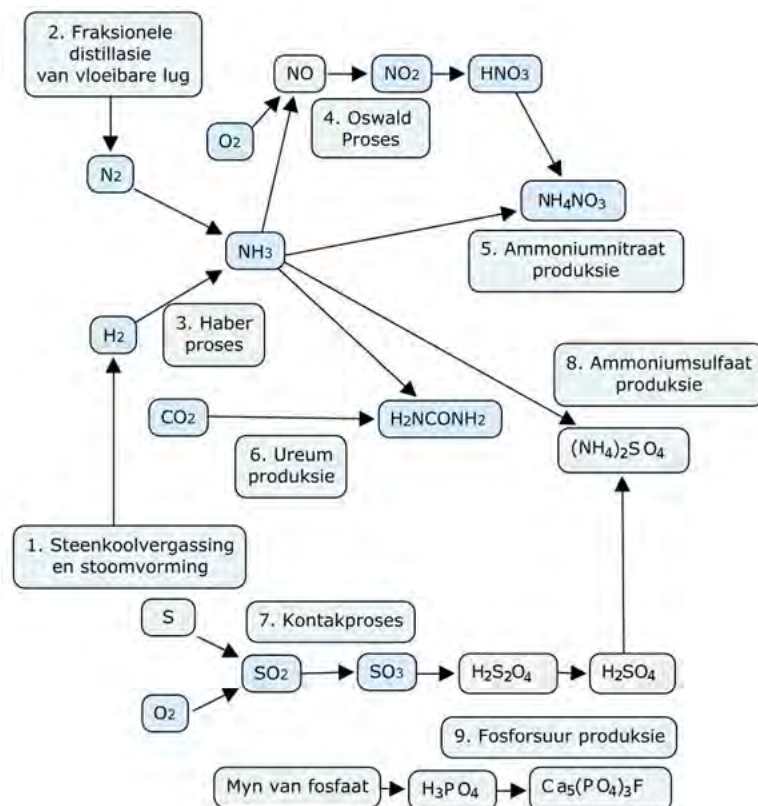
ESF338

Die industriële vervaardiging van kunsmis

ESF339

Vir meer inligting oor die afdeling verwys na [Chemiese Nywerhede Hulpbron Pak](#).

Die industriële vervaardiging van kunsmis behels verskeie prosesse. In Figuur 14.3 word die verskillende maniere waarop industriële prosesse 'n groot verskeidenheid kunsmis produseer opgesom. In die volgende afdelings gaan ons die verskillende prosesse soos aangedui in die diagram bespreek.

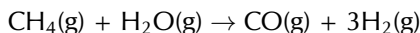


Figuur 14.3: Die industriële vervaardiging van kunsmis.

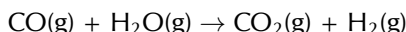
Vervaardiging van waterstof: steenkoolvergassing en stoomvorming by Sasol

ESF33B

Fossielbrandstof is die hoofbron van industriële waterstof. Waterstof kan van **natuurlike gas** of **steenkool** gegenereer word. Hierdie prosesse word deur Sasol in hulle Gas-tot-Vloeistof (GTV) en Steenkool-tot-Vloeistof (STV) aanlegte gebruik. Waterstof word gewoonlik produseer deur die **stoomhervorming** van metaangas (natuurlike gas). By hoë temperatuur ($700 - 1100^{\circ}\text{C}$), reageer stoom (H_2O) met **metaan** (CH_4) in 'n endotermiese reaksie om **sintese gas**, 'n mengsel van *koolstofmonoksied* (CO) en *waterstof* (H_2) te lewer.

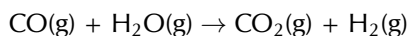
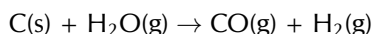


Tydens 'n tweede fase wat plaasvind by 'n laer temperatuur van omtrent 130°C , genereer die eksotermiese reaksie addisionele waterstof. Dit word die **waterdamp verplasingreaksie** genoem.



In wese word die **suurstof** (O) atoom van sy addisionele water (stoom) gestroop om CO te oksideer tot CO_2 . Hierdie oksidasie voorsien energie om die reaksie te handhaaf.

Steenkool kan ook gebruik word om sintese gas op dieselfde manier as natuurlike gas te produseer. Die reaksies word hieronder getoon:



Onthou dat **oplewering** die hoeveelheid gevormde produk relatief tot die maksimum produk beskryf.

FEIT

Sasol is 'n internasionale maatskappy wat in 1950 in Sasolburg, Suid-Afrika gestig is. Dit voorsien werk aan meer as 34 000 mense in minstens 38 lande en het belange by sintetiese brandstowwe, olie, gas en chemie.

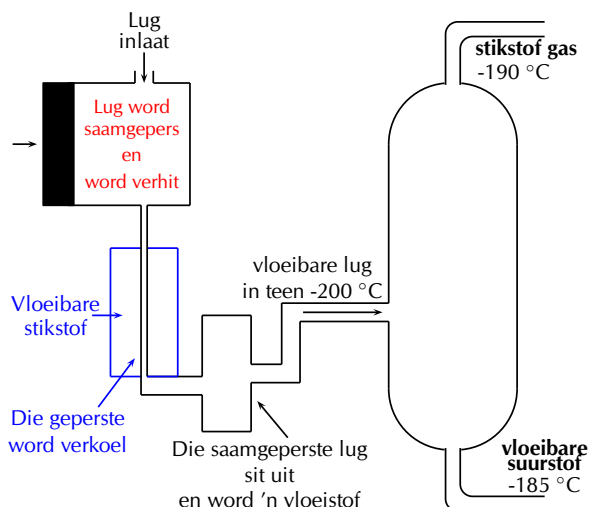
WENK

Jy hoef nie hierdie inligting in soveel detail te ken as wat hier gegee is nie, maar die ekstra inligting behoort jou te help om die onderwerp te verstaan.

Stikstofproduksie: Fraksionele distillasie van vloeibare lug

ESF33C

Fraksionele distillasie is 'n skeidingmetode. Dit gebruik die verskil in kooktemperatuur van die komponente van 'n mengsel om die komponente te skei.



Figuur 14.4: 'n Fraksionele distillasiekolom vir die skeiding van die komponente van lug.

- Die mengsel word verhit sodat die komponente omgeskakel word na die damp (gas) fase.
- Die dampmengsel word dan in 'n lang, regop skeidingskolom ingepomp (dit word 'n fraksionele distillasiekolom genoem), gewoonlik van die onderkant van die kolom af.
- Die dampmengsel beweeg op in die kolom en koel af. Wanneer die temperatuur tot onder elke komponent se kookpunt val, kondenseer daardie komponent (frak-

FEIT

1 atm = 101,325 kPa

FEIT

Die voorwaartse reaksie van die Haberproses is eksotermies, dus verkies die voorwaartse reaksie lae temperature. Lae temperature maak egter alle chemiese reaksies stadiger. Dus vereis die Haberproses hoë temperature en die ammoniak word verwyder so gou as dit gevorm is, om te verhoed dat dit in die terugwaartse reaksie gebruik word.

sie).

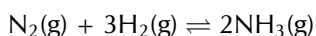
- Die fraksies word in versamelingsbakke opgevang.
- Die fraksies kan op hierdie manier een vir een uit die mengsel verwyder word en die komponente word dus van mekaar geskei.

Hierdie proses word gebruik om die komponente van lug of ru-olie te skei. Lug is 'n mengsel van gasse, hoofsaaklik (N₂) en suurstof (O₂). Vloeibare lug (saamgepers en afgekoel tot -200°C) word in die fraksionele distillasiekolom gepomp. Stikstofgas het die laagste kookpunttemperatuur en word aan die bopunt van die kolom opgevang (Figuur 14.4).

Vervaardiging van ammoniak: Die Haberproses

ESF33D

Ammoniak (NH₃) speel 'n belangrike rol in die vervaardiging van kunsmis. Die industriële proses wat gebruik word om ammoniak te produseer word die **Haberproses** genoem. In hierdie reaksie reageer stikstofgas en waterstofgas om ammoniumgas te produseer. Die vergelyking vir die Haberproses is:



Die reaksie vind plaas in die teenwoordigheid van 'n yster (Fe) katalisator, onder hoë druk (200 atmosfere (atm)) en temperatuur (450 – 500°C).

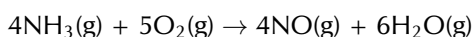
Teen die 20ste eeu is verskillende metodes ontwikkel om atmosferiese stikstof te bind sodat dit dan bruikbaar is vir plante. Stikstofbronne vir kunsmis sluit *salpeter* (NaNO₃) van Chili en guano in. Guano is die mis van seevoëls, vlermuise en robbe. In die vroeë 20ste eeu, voor die aanvang van die Eerste wêreldoorlog, is die Haberproses deur twee Duitse chemici, Fritz Haber en Karl Bosch, ontwikkel. Hulle het bepaal wat die beste omstandighede was om 'n hoë opbrengs ammoniak te kry en het gevind dat dit **hoë temperatuur** en **hoë druk** is. Tydens die Eerste wêreldoorlog is die ammoniak wat deur die Haberproses geproduseer is gebruik om plofstowwe te maak.

Vervaardiging van salpetersuur: Die Ostwaldproses

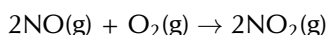
ESF33F

Die **Ostwaldproses** word gebruik om salpetersuur uit ammoniak te produseer. Salpetersuur kan dan gebruik word vir die vervaardiging van kunsmis. Ammoniak word omgeskakel na salpetersuur in 'n drie-stap-proses.

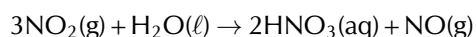
Ammoniak word eers **geoksideer** deur dit te verhit met suurstof in die teenwoordigheid van 'n platinum (Pt) katalisator om stikstofmonoksied (NO) en water te vorm. Hierdie stap is sterk **eksotermies**, wat dit 'n bruikbare bron van hitte maak. Die reaksie wat plaasvind is:



In die tweede stap word stikstofmonoksied weer geoksideer om stikstofdoksied te lewer (NO₂) volgens die volgende reaksie:

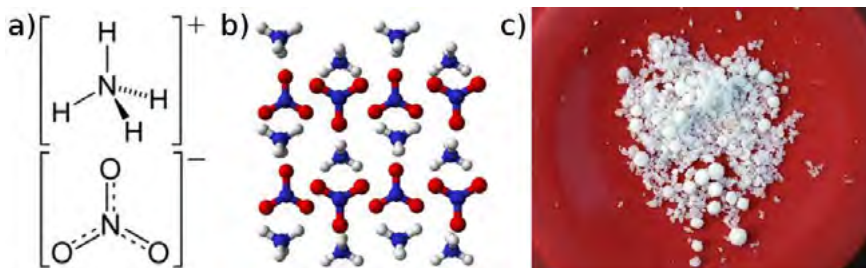
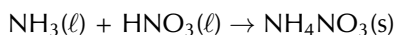


In stap drie word stikstofdoksied deur water geabsorbeer om salpetersuur (HNO₃) te vorm. Dit gebeur as volg:



Stikstofmonoksied, ook bekend as stikstofoksied, is 'n byproduk van die reaksie. Die stikstofmonoksied word herwin en die suur word gekonsentreer tot die nodige sterkte (bv. vir gebruik in ander chemiese prosesse).

Salpetersuur en ammoniak kan saam reageer in 'n suur-basis reaksie om die sout ammoniumnitraat (NH_4NO_3) te vorm. Ammoniumnitraat is oplosbaar in water en word dikwels in kunsmis gebruik. Die reaksie is as volg:

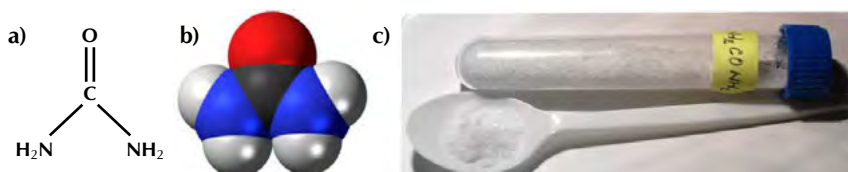
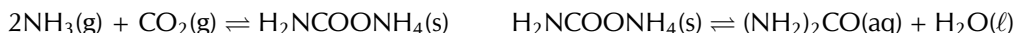


Figuur 14.5: Ammoniumnitraat: **a)** die strukturele formule; **b)** 'n driedimensionele molekulêre voorstelling; **c)** vastestof kristalle.

FEIT

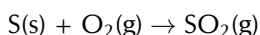
In 1828 het die Duitse chemikus Friedrich Wöhler ureum verkry deur silwersianaat (AgOCN) met ammoniumchloried (NH_4Cl) te behandel. $\text{AgOCN} + \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{AgCl}$. Dit was die eerste keer wat 'n organiese verbinding op 'n kunsmatige manier gesintiseer kon word van anorganiese aanvangsmateriale sonder die gebruik van lewende organismes.

Ureum ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) is 'n stikstofbevattende verbinding wat wêreldwyd op grootskaal produseer word. Dit het die hoogste stikstofinhoud (46,4%) van alle soliede kunsmis wat stikstof bevat en algemeen gebruik word. Dit word produseer deur die reaksie van ammoniak met koolstofdiksied. Twee reaksies is betrokke in die vervaardiging van ureum. Ammoniumkarbonaat ($\text{H}_2\text{NCOONH}_4$) is 'n intermediêre produk.

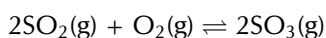


Figuur 14.6: Ureum: **a)** die strukturele formule; **b)** 'n spasievullende driedimensionele molekulêre voorstelling; **c)** vastestof kristalle.

Swaelsuur (H_2SO_4) word vervaardig van swael, suurstof en water deur die **Kontakproses**. In die eerste stap word swael gebrand om swaeldioksied (SO_2) te produseer.



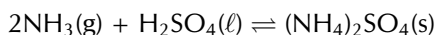
Dit word dan deur suurstof geoksideer tot swaeltrioksied (SO_3) in die teenwoordigheid van 'n vanadium (V) oksied katalisator.



Uiteindelik word die swaeltrioksied behandel met water om swaelsuur te produseer met 'n suiwerheid van 98 - 99%:

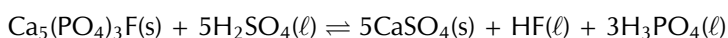


Ammoniumsulfaat ((NH₄)₂SO₄) kan op industriële vlak deur 'n paar prosesse geproduseer word. Een daarvan is die reaksie van ammoniak met swaelsuur om 'n oplossing van ammoniumsulfaat te produseer volgens die suur-basis reaksie hieronder:

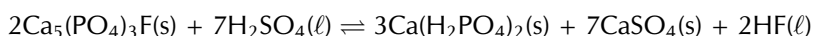


Die ammoniumsulfaatoplossing word gekonsentreer deur die water te laat verdamp tot ammoniumsulfaatkristalle vorm.

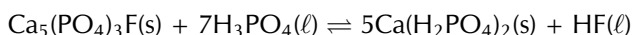
Die produksie van fosfaatkunsmis sluit ook 'n paar prosesse in. Die eerste is die produsering van swaelsuur deur die **Kontakproses**. Swaelsuur word dan gebruik in 'n reaksie met fosfaatkliip (bv. fluorapatiet (Ca₅(PO₄)₃F)) om fosforsuur (H₃PO₄) te produseer. Vir meer inligting verwys na die [Chemiese Nywerhede Hulpbron Pak](#).



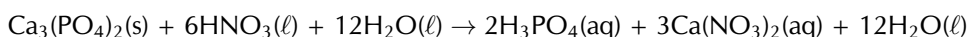
Swaelsuur kan verder reageer met fosfaatkliip om enkel superfosfaat (ESF) te produseer:



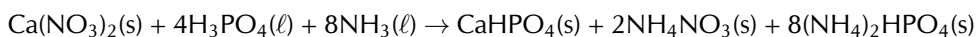
As fosforsuur met fosfaatkliip reageer word driedubbele superfosfaat gevorm (DSF):



Die nitrofosfaatproses is een van die prosesse wat gebruik word om saamgestelde kunsmis te maak. Dit behels die versuring van kalsiumfosfaat (Ca₃(PO₄)₂) met salpetersuur om 'n mengsel van fosforsuur en kalsiumnitraat (Ca(NO₃)₂) te produseer.



Wanneer kalsiumnitraat met ammoniak verbind, word 'n saamgestelde kunsmisstof gevorm.



Indien kaliumchloried of kaliumsulfaat bygevoeg word, is die resultaat 'n NPK-kunsmisstof.

- **Voordele**

Organiese kunsmisstowwe bevat oor die algemeen nie hoë vlakke voedingstowwe nie en mag dalk nie geskik wees vir hoë-intensiteit gewasproduksie nie. **Groot-skaalse** landboufasiliteite **verkies anorganiese** kunsmisstowwe omdat hulle 'n akkurer beheer oor hulle voedingstofvoorraad verskaf. Anorganiese kunsmisstowwe word verskaf in 'n wateroplosbare vorm wat verseker dat dit maklik deur water geabsorbeer word. Daarom kan baie minder anorganiese kunsmisstof toegedien word om dieselfde resultaat as organiese kunsmisstof te verkry.

- **Nadele**

Die twee hoofnadele van anorganiese kunsmisstowwe is dat:

- Anorganiese kunsmisstowwe moet industrieel vervaardig word. Dit behels koste ten opsigte van chemikalieë sowel as die energie betrokke by die produksie. Lugbesoedeling is ook 'n gevolg van hierdie industriële prosesse.
- Voedingstowwe wat **niet** deur plante opgeneem word **niet**, gaan óf in die grond opgaar en dus **die grond vergiftig**, óf **deurspoel na die grondwater** waar dit gaan wegspoel en versamel in waterbronne soos damme of ondergrondse riviere. Dit word meer in detail bespreek in Afdeling 14.6.

Aktiwiteit: Die industriële vervaardiging van kunsmis

Noudat jy deur hierdie afdeling gegaan het, kyk na die volgende animasie en gaan deur die [werkblad](#) wat saam met dit kom.

► Sien video: 2CM5 op www.everythingscience.co.za

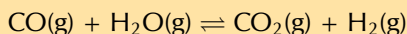
Weergawes van die werksblaaie word in die onderwysersgids gegee.

Oefening 14 – 2: Die industriële vervaardiging van kunsmis

- Gebruik die volgende prosesse om jou eie geheuekaart van die vervaardiging van kunsmisstowwe te skep.
 - Fraksionele distillasie
 - Stoomhervorming
 - Haberproses
 - Kontakproses
 - Ostwaldproses
 - jy kan en moet hierdie lys uitbrei

Sluit die reagentse en produkte vir elke proses in en verduidelik hoe die prosesse met mekaar verbind is.

- Doen navorsing oor die proses van fraksionele distillasie (gebruik ou skoolwetenskapshandboeke, vra jou onderwyser of gebruik die internet) en skryf 'n paragraaf oor hoe hierdie proses werk.
- Die reaksie van waterstof en stikstof is 'n eksotermiese omkeerbare reaksie.
 - Skryf 'n gebalanseerde vergelyking vir hierdie reaksie.
 - Gebruik jou kennis van chemiese ewewig en verduidelik watter effek die volgende op hierdie ewewigsreaksie gaan hê:
 - verhoging van die temperatuur
 - verhoging van die druk
- Ammoniak en salpetersuur reageer om die verbinding A te vorm. Verbinding A is oplosbaar in water en kan gebruik word as 'n kunsmisstof.
 - Gee die naam en formule vir verbinding A.
 - Watter soort reaksie vind plaas om verbinding A te vorm.
 - Skryf 'n gebalanseerde vergelyking vir die reaksie om verbinding A te vorm.
 - Verbinding A is in water opgelos. Skryf 'n gebalanseerde ioniese vergelyking vir hierdie oplossingvergelyking. Sluit die toestandsimbole in by jou vergelyking.
 - Hoekom is dit belangrik dat kunsmisstowwe oplosbaar is in water?
 - Verbinding A kan ook gebruik word as 'n plofstof. Watter voorsorgmaatreëls moet getref word tydens die verpakking en vervoer van hierdie verbinding?
- Die volgende reaksie kan gebruik word om waterstofgas te vervaardig. Dit is 'n eksotermiese redoksreaksie.



- Gee die reduksie-halfreaksie vir hierdie reaksie.
- Watter verbinding is die reduseermiddel?
- Watter verbinding is die oksideermiddel?
- Identifiseer twee toestande wat 'n hoë waterstofopbrengs sal verseker.

6. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'.

Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. [2CM6](#) 2. [2CM7](#) 3. [2CM8](#) 4. [2CM9](#) 5. [2CMB](#)



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

14.5 Alternatiewe bronne van kunsmisstowwe

ESF33Q

Industriële kunsmisstowwe is nie altyd gebruik nie, en selfs vandag verkies baie mense natuurlike kunsmisstowwe bo dié wat deur mense gemaak is. Vir meer inligting oor alternatiewe bronne vir kunsmisstowwe, kyk na die Chemiese Nywerhede Hulpbron Pak-werksblaaie [hier](#) en [hier](#).

Organiese kunsmisstowwe

ESF33R

Organiese kunsmisstowwe word nie deur die mens vervaardig nie, maar kom van natuurlike bronne. Voorbeelde is mis, bloed en bene, guano, kompos en kelpprodukte. Organiese kunsmisstowwe bevat laer vlakke voedingstowwe en kan dalk langer as anorganiese kunsmisstowwe neem om geabsorbeer te word omdat dit oor die algemeen eers afgebreek moet word. Die voordeel van organiese kunsmisstowwe is dat dit die organiese komponent van die grond verhoog. Dit verbeter die fisiese struktuur van die grond, wat weer die grond se waterhoukapasiteit verhoog. Die voedingstowwe neig om stadiger vrygestel te word as dié van anorganiese kunsmisstowwe, wat die bydrae tot waterbesoedeling verminder.

Mis

ESF33S



Figuur 14.7: Perdemis

Mis is 'n soliede afvalproduk van diere wat algemeen in die landbou as organiese kunsmisstof gebruik word. Dit bevat **hoë vlakke stikstof, fosfor, kalium** en ander voedingstowwe. Dit ontbind met verloop van tyd deur middel van bakteriële en mikrobiële aksies, en stel in die proses hierdie voedingstowwe in die grond vry. Hierdie **stadigvrystellende meganisme** is 'n groot voordeel vir boere aangesien dit die wegspoel van voedingstowwe in grondwater beperk, en dit oor 'n lang tydperk beskikbaar stel vir plante. Mis voeg ook organiese stof by die grond, wat die *kwaliteit van die grond self verhoog*.

Plante kan net voedingstowwe wat in water opgelos is, absorbeer. Wanneer mis ontbind, word die stikstofverbindings omgeskakel na 'n vorm wat oplosbaar is in water, byvoorbeeld nitrate (NO_3^-). Die nitrate word opgelos in die klammigheid in die grond en plante kan dan die stikstofverbindings deur hulle wortelsisteem absorbeer.

Uitbreiding

Kraalmis

Fosfor en stikstof is dikwels die gebrekkigste minerale in Suid-Afrikaanse grond. Die gemiddelde NPK-formule vir kraalmis in die Oos-Kaap is 3:1:4 (3). Ongelukkig is dit nie so hoog in fosfor nie en het 'n baie laer stikstofkonsentrasie as baie ander anorganiese kunsmisstowwe. Kraalmis is egter 'n baie goedkoper alternatief, is maklik beskikbaar en hoef nie ver vervoer te word nie.

Meer inligting oor die gebruik van kraalmis kan op die Landbou, Bosbou en Visserye-[webblad](#) gevind word.

Guano

ESF33T



Figuur 14.8: 'n Krans bedek met guano. Figuur 14.9: 'n Guanomyn op die kus van Peru.

Guano is die uitskeiding van seevoëls, vlermuise en seeleeus. Guano bestaan uit *ammoniak*, *uriensuur*, *fosforsuur*, *oksaalsuur* en *koolsuur* en het ook 'n hoë konsentrasie nitrate. Die spesifieke hoë vlakke fosfor maak dit 'n **effektiewe fosforkunsmisstof**. Guano word al van so vroeg as 1666 aan die weskus van Suid-Afrika gemyn. Sedert die 1840's het grootskaalse guanomynbou die reserwes uitgeput en dit is aan die begin van die eeu gestop.

Wisselbou

ESF33V



Figuur 14.10: 'n Soyaboonland.



Figuur 14.11: 'n Mielieland.

Wisselbou is 'n landboumetode wat gebruik word om die voedingstowwe in die grond op natuurlike wyse te bestuur. Wanneer **dieselfde gewas** herhaaldelik op dieselfde plek verbou word, **put** dit uiteindelik die grond se reserwes van spesifieke voedingstowwe uit.



Figuur 14.12: Kalksteen.

Landboukalk, of vergruisde kalksteen, kan as alternatiewe kunsmisstof gebruik word. Kalk **verhoog die pH van grond**, wat die grond minder suur maak, en **oplosbaarheid** van *stikstof*, *kalium*- en *fosfor*verbindinge verbeter. Dus sal hierdie voedingstowwe makliker beskikbaar wees vir absorbering deur plante.



Figuur 14.13: Potas.

Potas is die **algemene naam** vir verskeie gemeynde en vervaardigde **soute** wat **kalium** in die water-oplosbare vorm bevat. Die naam is afgelei van *pot-as*, wat voor die industriële era die hoofmetode was om kaliumsoute te vervaardig.

Potas is 'n ryk bron van kalium en kan **kaliumkarbonaat** (K_2CO_3), **kaliumchloried** (KCl), **kaliumsulfaat** (K_2SO_4) of **kaliumnitraat** (KNO_3) bevat. Tot met die negentiende eeu is potas in ashokke vervaardig deur houtas te gebruik, maar dit het in die negentiende eeu afgeneem toe grootskaalse potasproduksie uit mineraalsoute in Duitsland begin is.

Aktiwiteit: Alternatiewe bronne van kunsmisstowwe

1. Werk op jou eie om een van die afdelings oor die alternatiewe kunsmisbronne op te som. Onthou om in jou eie woorde op te som.
2. Soek ander leerders in jou klas wat dieselfde afdeling opgesom het en vorm 'n groep. Deel jou opsomming met jou groeplede.
3. As 'n groep, berei 3 - 4 sinne voor oor julle alternatiewe kunsmisbron. Deel die inligting met die klas in 'n 1 - 2 minuut debat.

14.6 Misstowwe en die omgewing

Die kunsmisbedryf is 'n baie belangrike bedryf in Suid-Afrika en in die wêreld. Dit help voorsien die nodige voedingstowwe vir gesonde oeste om lewe op Aarde volhoubaar te maak. Kunsmisstowwe kan ook **die omgewing beskadig** as dit nie op 'n verantwoordelike manier gebruik word nie. Hierdie afdeling fokus op sommige omgewingsprobleme wat veroorsaak word deur die oorgebruik van kunsmisstowwe.

Eutrofikasie (Figuur 14.14) is die verryking van 'n ekosisteem met groot hoeveelhede chemiese verbindings, wat hoofsaaklik die voedingstowwe **stikstof** en **fosfor** bevat. Eutrofikasie word gesien as 'n vorm van **besoedeling**, omdat dit die oormatige groei van plante aanmoedig, waar sekere spesies bevoordeel word bo ander. In akwatiese omgewings kan die vinnige groei van sekere soorte plantspesies **die normale funksionering van 'n ekosisteem ontwrig** en 'n verskeidenheid probleme veroorsaak. Die mensdom word ook aangeraak, omdat gesondheidsverwante probleme kan voorkom as eutrofikasie inmeng met die behandeling van drinkwater. Eutrofikasie kan ook die grondstofwaarde van riviere, mere en riviermondings verminder.



Figuur 14.14: 'n Voorbeeld van die effek van eutrofikasie. (Algebloei)

DEFINISIE: *Eutrofikasie*

Eutrofikasie verwys na 'n ooraanbod van chemiese voedingstowwe in 'n ekosisteem, wat lei tot die opgebruik van suurstof in 'n watersisteem deur die oormatige groei van plante. Hierdie chemiese voedingstowwe bevat gewoonlik stikstof en fosfor.

In sekere gevalle kan eutrofikasie 'n natuurlike proses wees wat baie stadig oor tyd gebeur. Dit kan ook versnel word deur sekere menslike aktiwiteite. **Landbou afloopwater** was oormatige kunsmisstowwe weg van landerye af en tot in die grondwater. Saam met **riool** is landbou afloop die twee grootste oorsake van eutrofikasie. Die impak van eutrofikasie is as volg:

- **'n Afname in biodiversiteit (die getal plante en dierspesies in 'n ekosisteem)**
Wanneer 'n sisteem verryk is met stikstof, groei die plante vinniger. Wanneer die getal plante in 'n akwatiese sisteem toeneem, kan dit veroorsaak dat lig nie die dieper water bereik nie. Plante neem ook suurstof op vir respirasie en put die hoeveelheid beskikbare suurstof in die water uit. Ander organismes soos vis kan dan doodgaan as gevolg van suurstofgebrek.
- **Toksisiteit**
In sekere gevalle kan die plante wat tydens eutrofikasie floreer giftig wees en hierdie gifstowwe kan in die voedselketting opbou.

Ten spyte van hierdie impakte, is daar 'n paar maniere waarop eutrofikasie voorkom kan word.

Voorkoming van eutrofikasie:

- Skoonmaak maatreëls kan die oormatige voedingstowwe soos stikstof en fosfor uit die water verwyder.
- Buffersones naby plase, paaie en riviere kan ook help. Dit dien dan as filters en veroorsaak dat voedingstowwe en sedimente hier opgevang word in plaas van in die akwatiese sisteem.
- Wette wat uitgevaardig word teen die behandeling en vrylating van riool kan ook help om eutrofikasie te bekamp.

FEIT

'n Buffersone is 'n gebied wat tussen twee ander gebiede geleë is, soos byvoorbeeld, 'n plaas en 'n rivier. Dit is 'n stuk grond wat geoormerk is vir natuurbewaring.

FEIT

Die Suid-Afrikaanse Departement van Waterwese en Bosbou het 'n Nasionale Eutrofikasie Monitoringsprogram, wat opgestel is om eutrofikasie te monitor in opgaarplekke soos damme waar geen monitering plaasgevind het nie.

- 'n Moontlike finale ingreep is die toets vir stikstof en modellering. Deur presies te bepaal hoeveel kunsmis deur die gewasse en ander plante benodig word, kan boere seker maak dat hulle die presiese hoeveelheid gebruik. Dit beteken dat daar geen oormaat kunsmis is wat in nabygeleë stroompies kan inloop as dit reën nie.

Aktiwiteit: Hantering van die gevolge van eutrofikasie

In baie gevalle is die skade deur eutrofikasie reeds gedoen. Bespreek die volgende saam in die klas:

1. Lys al die moontlike oorsake van eutrofikasie waaraan jy kan dink.
2. Maak voorstelle om die probleme wat deur eutrofikasie veroorsaak word op te los.
3. Bespreek hoe die publiek 'n bydrae kan maak om eutrofikasie te voorkom.

Onderzoek: Kunsmis in jou omgewing

Vir hierdie ondersoek sal jy in 'n groep werk. Jou taak is om uit te vind watter kunsmisstof in jou omgewing gebruik word en of mense die impak van hierdie stowwe op die omgewing besef, spesifiek op die waterbronne in die omgewing.

1. Stel 'n vraelys op om die volgende vas te stel:

- Gebruik mense kunsmisstowwe in hul tuine en gebiede rondom hul huis?
- Watter soort kunsmisstowwe gebruik hulle?
- Om watter rede gebruik hulle kunsmisstowwe?
- Hoe dikwels word kunsmisstowwe aangewend?
- Watter hoeveelheid kunsmis gebruik hul in elke aanwending?
- Gebruik hulle organiese of anorganiese kunsmis?
- Watter een dink hulle is beter om te gebruik?
- Hoe dink hulle beïnvloed kunsmisstowwe die kwaliteit van die water in hulle gebied?

2. Versamel jou data

Neem die vrae na ten minste 10 mense in jou omgewing. Skryf hul antwoorde neer.

3. Rapporteer jou resultate

Rapporteer jou resultate deur middel van grafieke en tabelle en skryf 'n een bladsy opsomming van wat jy bevind het.

4. Interpreteer jou resultate

Bespreek jou resultate

- Antwoord al die vrae wat aan die begin van die ondersoek gestel is.
- Het jy bevind wat jy gedink het jy gaan?
- Wat het verskil?
- Wat was dieselfde?
- Hoekom dink jy dit is die geval?

5. Maak voorstelle

Sluit voorstelle in aangaande die gebruik van kunsmisstowwe en die uitwerking daarvan op die omgewing aan die mense in jou buurt.

Voorstel: Plaas jou bevindinge in die plaaslike koerant om bewusmaking te bevorder.

14.7 Hoofstukopsomming

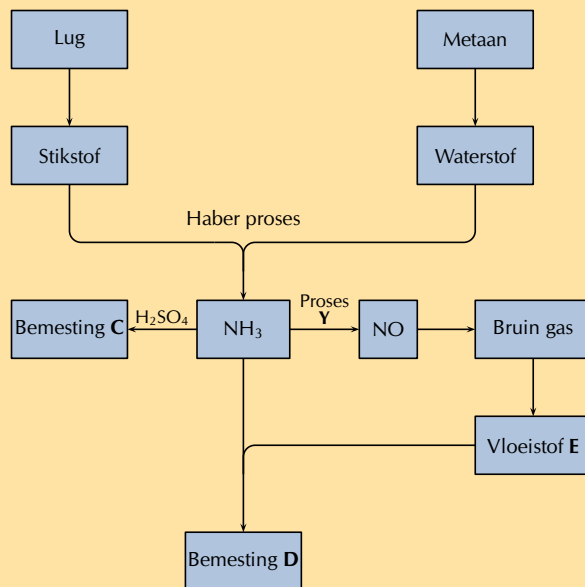
ESF342

- Die groei van die Suid-Afrikaanse **chemiese industrie** het grootliks afgehang van die mynindustrie wat plofstowwe vir hul werking nodig het. Een van Suid-Afrika se grootste chemiese maatskappye is **Sasol**. Ander belangrike voorbeelde is die **chloor-alkali** en **kunsmisstof** industrieë.
- Die **kunsmisstof industrie** is baie belangrik om kunsmis aan die landbou te verskaf, met die korrekte voedingstowwe, in die korrekte hoeveelhede, om maksimum groei vir verskeie plante en gewasse te verseker.
- Alle plante nodig sekere **makrovoedingstowwe of makronutriente** (bv. koolstof, waterstof, suurstof, kalium, stikstof en fosfor) en **mikrovoedingstowwe of mikronutriente** (bv. yster, chloor, koper en sink) om te kan oorleef. Kunsmis-towwe verskaf hierdie voedingstowwe.
- In plante word essensiële voedingstowwe vanuit die atmosfeer of grond verkry.
- Diere nodig ook dieselfde voedingstowwe, maar verkry dit vanaf plante en plantprodukte. Hulle kan dit ook van ander diere kry, wat op ander plante gevoed het gedurende hul leeftyd.
- **Kunsmis-towwe** kan industrieel deur 'n hoeveelheid chemiese prosesse vervaardig word: die **Haberproses** reageer stikstof en waterstof om **ammoniak** te produseer; die **Ostwaldproses** reageer suurstof en ammoniak om **salpetersuur** te produseer; die **Kontakproses** produseer **swaelsuur**; swaelsuur reageer dan met fosfaatbevat-tende rots om **fosforsuur** te produseer, hierna reageer fosforsuur met vergruisde fosfaatbevattende rots om kunsmis-towwe soos **driedubbele superfosfaat** te ver-vaardig.
- Kalium word verkry van **potas** deur 'n minerale sout ekstraksieproses.
- Kunsmis-towwe kan 'n nadelige uitwerking op die omgewing hê wanneer dit in hoë hoeveelhede in die ekosisteem teenwoordig is. Dit kan lei tot **eutrofikasie**. 'n Aantal voorkomende maatreëls kan gevolg word om die uitwerking hiervan te verminder.

Oefening 14 – 3:

1. Die volgende uittreksel kom uit 'n artikel oor kunsmis:
'n Wêreld sonder kos vir sy mense en 'n wêreld met 'n omgewing vergiftig deur die optrede van die mens is twee bydraende faktore tot 'n rampsituasie.
Stem jy saam met hierdie stelling? Skryf ten minste drie argumente om jou antwo-ord te staaf.
2. Daar gaan heel waarskynlik teen 2020 'n gaping wees tussen voedselproduksie en die vraag daarna in verskeie dele van die wêreld. Aanvraag word beïnvloed deur bevolkingsgroei en verstedeliking, sowel as deur vlakke van inkomste en veranderinge in dieet voorkeure.

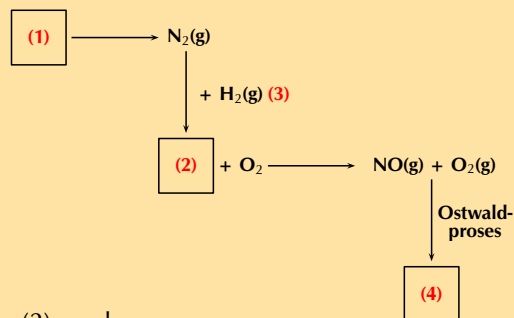
Terwyl daar 'n toenemende wêreld bevolking is om te voed, ontbreek die meeste grond in die wêreld wat vir grootskaalse, intensiewe produksie van gewasse geoormerk is die nodige voedingstowwe vir die gewasse. Dit is waar kunsmis kan 'n rol speel.



Die vloeiagram toon die hoofstappe in die industriële bereiding van twee belangrike vaste kunsmisstowwe.

- Watter rol speel kunsmisstowwe om die dravermoë van grond te verhoog?
- Is die prosesse wat deur die vloeiagram hierbo geïllustreer is die van organies of anorganiese kunsmisstowwe? Gee 'n rede vir jou antwoord.
- Skryf die gebalanseerde chemiese vergelyking vir die vorming van die bruin gas.
- Skryf die naam vir proses Y neer.
- Gee die chemiese formule vir vloeistof E neer.
- Skryf die chemiese formules van onderskeidelik C en D.

3. Die produksie van salpetersuur is baie belangrik in die vervaardiging van kunsmisstowwe. Bestudeer die onderstaande diagram wat 'n deel van die kunsmis vervaardigingsproses aantoon en antwoord die vrae wat volg.



- Benoem die proses by (1).
- Benoem die gas by (2).
- Noem die proses by (3) wat gas (2) produseer.
- Benoem die onmiddellike produk by (4).
- Noem die finale produk van die Ostwald proses (produk (4) + H₂O).
- Noem twee kunsmisstowwe wat van salpetersuur produseer kan word.

4. Meer oefeninge. Teken in aanlyn by Everything Science, klik 'Practise Science'. Sien antwoorde aanlyn met die oefeningskodes of klik op 'wys die antwoord'.

1. 2CMD 2. 2CMC 3. 2CMF



www.everythingscience.co.za



m.everythingscience.co.za

2 Momentum en Impuls

Oefening 2 – 1:

1. a) $p = 0,16 \text{ kg} \cdot 44,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 7,17 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 b) $p = mv = 0,058 \text{ kg} \cdot 68,39 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 3,97 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 c) $p = mv = 0,058 \text{ kg} \cdot 56,94 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 3,30 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 d) Die bal met die kleinste momentum gee jou die minste kans om seer te kry en daarom sal jy kies om na Venus toe te kyk.

Oefening 2 – 2:

1. $\vec{F} \cdot \Delta t$
2. $\Delta p = 0,9 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ opwaarts

Oefening 2 – 3:

1. $p = -0,06 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
2. $p_{\text{total}} = -279 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
3. $p_{\text{totaal}} = 6113 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ suidwaarts

Oefening 2 – 4: Botsings

1. a) $v = 19,09 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 b) $KE_{Ti} = 1\,012\,500 \text{ J}$
 $KE_{Tf} = 1\,002\,177 \text{ J}$
 c) Die verskil in energie word permanent oorgedra aan die onelastiese vervorming tydens die botsing.
 d) Onelasties. Kinetiese energie het nie behoue gebly tydens die botsing.
2. $\vec{v} = 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ in dieselfde rigting wat die kar oorspronklik beweeg het teen $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Oefening 2 – 5:

1. $\text{J} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
2. a) Neem Ooswaarts as positief
 Vir die kar:
 $\Delta p = mv_{f-} - mv_i$
 $\Delta p = (1)(-3,4) - (1)(2) = -5,4 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 Vir die trein:
 $\Delta p = mv_{f-} - mv_i$
 $\Delta p = (2)(1,2) - (2)(-1,5) = 5,4 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 b) Vir die kar:
 Impuls = $-5,4 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 Vir die trein:
 Impuls = $5,4 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 c) $\Delta t = \frac{5,4}{8} = 0,675 \text{ s}$
3. a) $\Delta p = (0,02)(200) - (0,02)(300) = -2 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 b) Impuls = $-2 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 c) $F_{\text{net}} = \frac{2}{0,0001} = 20000 \text{ N}$
4. a) As die koeël die teiken verlaat is die totale momentum: $\Delta \vec{p} = (0,02)(200) - (0,02)(300) = -2 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 b) As die koeël in die teiken bly is die totale momentum: $\Delta \vec{p} = (0,02)(0) - (0,02)(300) = -6 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 c) As die koeël terugbons vanaf die teiken is die totale momentum: $\Delta \vec{p} = (0,02)(-200) - (0,02)(300) = -10 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 Dus sal die koeël die grootse momentumverandering en impuls ervaar, wanneer dit vanaf die teiken terugbons.
5. a) $\Delta p = mv_{f-} - mv_i = (0,2)(-9) - (0,2)(12) = -4,2 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 b) $-4,2 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 c) $F_{\text{net}} \Delta t = \Delta p$
 $F_{\text{net}} = \frac{-4,2}{0,02} = -210 \text{ N}$
6. a) impuls = $2,4 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ na die muur
 b) $F = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$
 $F = \frac{2,4}{0,5}$
 $= 4,8 \text{ N}$ na die muur

Oefening 2 – 6:

1. Die kanon skop teen $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na die linkerkant toe.
2. Ons bereken die momentum van die sisteem voor en na die botsing.
 Voor die botsing is die snelheid van die blok 0. Die momentum is:
 $\vec{p}_i = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 0 + (1)(3) = 3 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 Na die botsing is die momentum:
 $\vec{p}_f = (m_1 + m_2) \vec{v} = (1 + 0,5)(2) = 3 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 Aangesien die momentum voor die botsing dieselfde is as die momentum na die botsing, het die momentum behoue gebly.
3. a) $v_{f1} = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na links
 b) $\Delta x = 6,02 \text{ m}$ na links
4. Aangesien die momentum voor die bal die vloer tref nie gelyk is aan die momentum na die bal die vloer tref nie, kan die behoud van momentum nie op hierdie situasie van toepassing wees nie.
 Ons sê die sisteem is nie geïsoleerd nie en dat daar 'n eksterne krag buite die sisteem op die bal inwerk.
5. a) Behoud van momentum
 b) $\vec{v}_f = 14,63 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 c) $\vec{F} = 58\,540 \text{ N}$

Oefening 2 – 7: Momentum

- word afwaarts geprojekteer teen dieselfde aanvalke spoe as die eerste stuk.
- Die verandering in momentum van die muur is dieselfde as die verandering in momentum van die bal.
- $3\vec{v}$
- Aangesien hulle momentums dieselfde is, en die krag wat toegepas word om hulle te stop dieselfde is, sal dit dieselfde tyd neem om die balle te stop.
- V
- resultante krag
- t
- $2mv$
- Die eenhede vir momentum is: $mv = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Impuls kan gedefinieer word as krag oor totale tyd:
 $F\Delta t = \text{N} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Hierdie is dieselfde soos die eenhede vir momentum.
- $\Delta p = F_{\text{net}}\Delta t = (3 \times 10^3) (5 \times 10^{-4}) = 1.5 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 - $\Delta p = mv$
 $1.5 = 0.06v$
 $v = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Impuls
 - $250 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 - Die oppervlak sal dieselfde bly omdat die finale snelheid en massa dieselfde is. Die tydperk wanneer die kolf en die bal aan mekaar raak sal langer wees omdat die bal sag is, dus die basis sal wyer wees. Vir die oppervlak om dieselfde te wees moet die hoogte laer wees. Daarom kan die speler die sagter bal met 'n kleiner krag slaan sodat die bal dieselfde snelheid dra.
- As die voorkant verkrummel sal die krag van die botsing verminder word. Die verkrummeling van die voorkant van die kar neem die energie op en dit veroorsaak dat die passasiers in die kar 'n kleiner krag sal ervaar.
- $v_{f2} = -0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ west
 - Die beginsel van die behoud van lineêre momentum. Die totale lineêre momentum van 'n geïsoleerde sisteem bly konstant.
- Die totale lineêre momentum van 'n geïsoleerde sisteem bly konstant.
 - $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na die linkerkant
- Die grootte van die verandering in momentum van die bal is gelyk aan die grootte van die verandering in momentum van die Aarde.
- $p = mv = (2)(5) = 10 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 - $$0 = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f}$$

$$-10 = (50) \vec{v}_{2f}$$

$$\vec{v}_{2f} = \frac{-10}{50}$$

$$= -0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

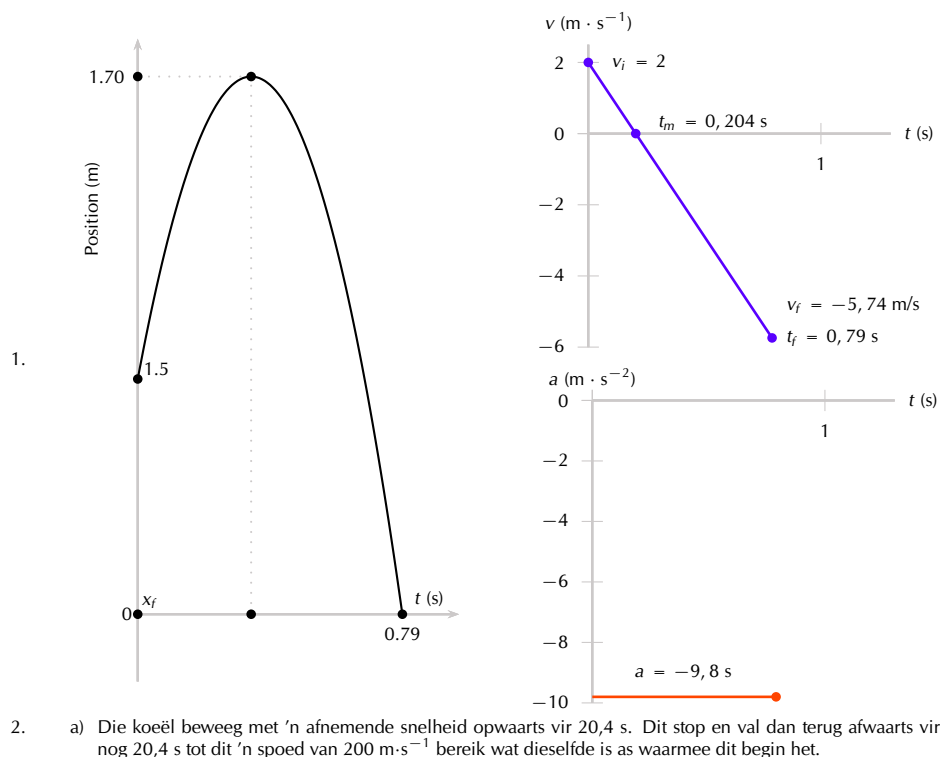
$0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ in die teenoorgestelde rigting na die hawehoof

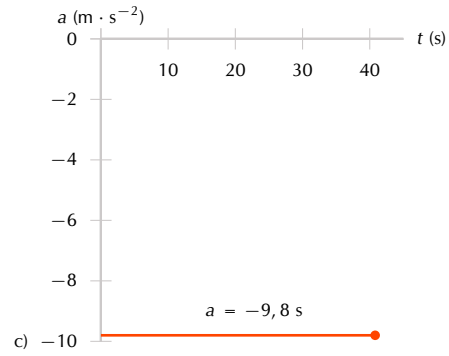
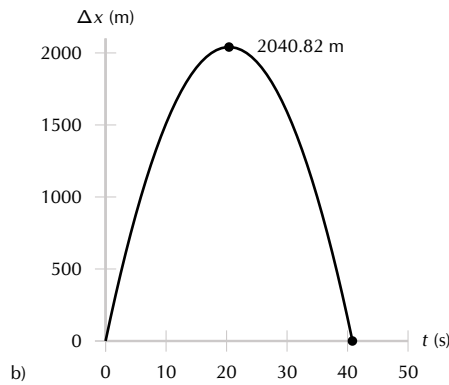
3 Vertikale projektielbeweging in een rigting

Oefening 3 – 1: Bewegingsvergelykings

- 20,41 m
 - 2,04 s
- $3,96 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ opwaarts
 - 0,4 s
- $20,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- 125 m

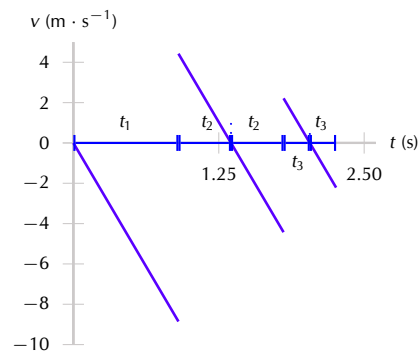
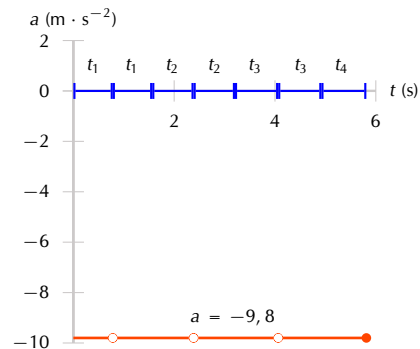
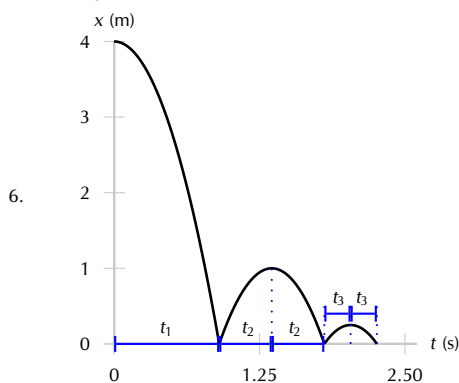
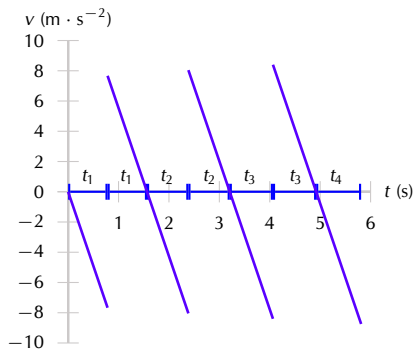
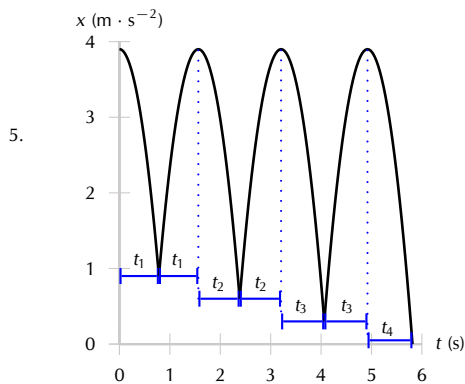
Oefening 3 – 2: Grafieke vir vertikale projektielbeweging

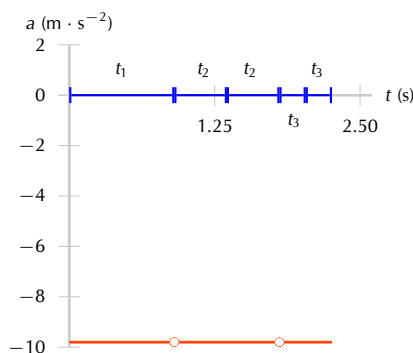




3. Die voorwerp begin met 'n aanvanklike hoogte van 0 m, beweeg opwaarts vir 1 s, vertraag dan en val terug na sy begin posisie waar dit opwaarts hop teen 'n groter snelheid, en beweeg opwaarts (hoër as voorheen) vir 2 s, stop dan en val terug na sy begin posisie waar dit weereens opwaarts hop teen nog'n groter snelheid, beweeg dan na 3 s wat nog 'n hoër posisie is, en dan val hy finaal terug grond toe waar hy tot stilstand kom.

- $x_1 = 3 \text{ m}$; $t_1 = 0,782460 \text{ s}$
- $x_2 = 3,3 \text{ m}$; $t_2 = 0,820651 \text{ s}$
- $x_3 = 3,6 \text{ m}$; $t_3 = 0,857142 \text{ s}$
- $x_4 = 3,9 \text{ m}$; $t_4 = 0,892142 \text{ s}$





Oefening 3 – 3:

1. is altyd afwaarts
2. A. Dieselfde snelheid en versnelling
3. b) $u_x = u_y$
4. d) verplasing
5. c) dieselfde soos wat dit die gooier se hand verlaat het.
6. C - die krag is konstant daarom is die versnelling konstant.
7. Die bal sal opwaarts beweeg, stop by die hoogste punt, en van dan terug na die grond toe. Wanneer dit die aanvanklike posisie van 5 meter bo die grond bereik, sal dit weereens teen $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ beweeg maar hierdie keer in 'n afwaartse rigting. Neem afwaarts as die positiewe rigting:

$$\begin{aligned} v_f^2 &= v_i^2 + 2a\Delta x \\ &= (10)^2 + 2(9,8)(5) \\ &= 198 \\ v_f &= \sqrt{198} = 14,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

8. a) $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
b) die versnelling van die bal
c)

$$\begin{aligned} \text{gradient} &= \frac{\Delta y}{\Delta x} \\ &= \frac{(5 - (-15))}{(2 - 0)} \\ &= 10 \end{aligned}$$

$$10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

- d) Volgens die grafiek, sal die bal die seun se hand na 1 sekondes bereik (wanneer die afwaartse spoed van $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dieselfde is as die opwaartse spoed). Daarom sal die area onder die grafiek tussen 1 en 2 sekondes (wanneer dit 'n maksimum negatiewe snelheid het) gelyk wees aan die oorblywende

afstand wat die bal grond toe val. Die oppervlakte is gelyk aan 10.

Afstand = 10 m.

- e) Dit neem 2 s tot die bal bons. Bereken die addisionele tyd vanaf die bons tot wanneer die maksimum hoogte bereik word. **Neem aan dat die versnelling dieselfde is as voorheen**, d.w.s $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

$$\begin{aligned} v_f &= v_i + at \\ t &= \frac{v_f - v_i}{a} \\ &= \frac{0 - 10}{-10} \\ &= 1 \text{ s} \end{aligned}$$

Daarom is die totale tyd wat dit geneem het 3 s.

- f) Bereken die oppervlakte onder die grafiek vir die finale 1 sekonde of gebruik bewegingsvergelykings om die maksimum hoogte na die bons te bereken:

$$\begin{aligned} \Delta x &= v_i t + \frac{1}{2} a t^2 \\ &= (10)(1) + \frac{1}{2} (-10)(1)^2 \\ &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

Daarom sal die posisie van die bal, gemeet vanaf die seun se hand $5 \text{ m} - 5 \text{ m} = 0 \text{ m}$ wees. Met ander woorde is dit dieselfde hoogte as die seun se hand.

9. a) 300 m
b) $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
c) 600 N
d) 61,22 kg
10. a) 8,62 m
b) $1,63 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

4 Organiese molekules

Oefening 4 – 1: Verteenwoordig organiese verbindings

1. a) Molekulêre formule: C_3H_8
b) Molekulêre formule: C_5H_{12}
c) Molekulêre formule: C_2H_6
2. a) Gekondenseerde struktuur: $\text{CH}_3\text{CHCHCH}_3$
Molekulêre: C_4H_8
b) Gekondenseerde struktuur: $\text{CH}_2\text{CHCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$
Molekulêre: C_5H_{10}

Oefening 4 – 2: Die koolwaterstowwe

1. b) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
c) i. die alkane
ii. die alkene en alkyne
d) Die alkane

Oefening 4 – 3: Die alkohole

1. primêre
2. tersiêre

3. sekondêre

Oefening 4 – 4: Haloalkane

1. a) $C_nH_{2n+1}X$

- b) Ja

Oefening 4 – 5: Karboniel verbindings

1. a) hidroksiel groepe
c) alkohol en karboksielsure
2. a) ketone

- b) karboksielsure
- c) aldehiede
- d) ester

Oefening 4 – 6: Funksionele groepe

1. a) alkane
b) C_nH_{2n}
c) esters
3. a) Esters

- b) alkohol en karboksielsure
4. a) alkene
b) alkane
c) Die produk

Oefening 4 – 7: Isomere

Oefening 4 – 8: Naamgewing van alkane

2. a) 3-metiel**pentaan**
b) 2,4-dimetiel**pentaan**
c) heksaan

- d) etaan
- e) 2,3-dimetiel**butaan**
- f) 2-metiel**butaan**

Oefening 4 – 9: Benaming alkene

1. a) pent-1-een
b) but-2-een

- c) but-1,3-diëen

Oefening 4 – 10: Benaming alkyne

2. a) 2,2-dimetielheks-3-yn
b) prop-1-yn

- c) but-2-yn

Oefening 4 – 11: Naamgewing van koolwaterstowwe

2. a) pent-2-een
b) 2-etiëlbut-1-een
c) heksaan
d) but-1-yn

- e) metaan
- f) etyn
- g) propeen

Oefening 4 – 12: Benaming haloalkane

2. a) 2-jodopropaan
b) 2-bromo-3-metielheksaan

- c) 1,4-dichlorooktaan
- d) 1-floro-2,2-dijodobutaan

Oefening 4 – 13: Benaming alkohole

2. a) butan-2-ol
b) pentan-2-ol

- c) 4-metieleheptaan-3,3-diol

Oefening 4 – 14: Benaming aldehiedes en ketone

1. a) pentanaal
b) butan-2-oon
c) heksanaal

- d) metanaal
- e) pentan-3-oon

Oefening 4 – 15: Benaming karboksielsure

2. a) etanoësuur
b) 4,4-dimetielpetanoësuur

- c) propanoësuur
- d) 2,4-dietielheptanoësuur

Oefening 4 – 16: Benaming esters

1. a) etieleetanoaat
b) pentielmetanoaat
- c) propielheksanoaat

Oefening 4 – 17: Benaming karboniel verbindings

2. a) 3-etielheksan-2-oon
b) butanaal
- c) propieleetanoaat
d) metanoësuur

Oefening 4 – 18: IUPAC benaming

Oefening 4 – 19: Tipes intermolekulêre kragte

2. a) etaan
3. a) B
- b) i. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
ii. $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

Oefening 4 – 20: Fisiese eienskappe en funksionele groepe

1. a) i. butaan, but-1-een
ii. Almal behalwe butaan en but-1-een

Oefening 4 – 21: Fisiese eienskappe en kettlinglengte

1. c) $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$
2. a) i. butaan, buteen
ii. penaan, penteen, heksaan, hekseen
4. d) heks-2-yn

Oefening 4 – 22: Fisiese eienskappe en vertakte groepe

1. a) 1-chlorobutaan, en 2-chloro-2-metielpropaan
2. b) heksaan, 3-metielpentaan en 2,3-dimetielbutaan

Oefening 4 – 23: Fisiese eienskappe van organiese verbindings

1. a) Versadig
b) aldehydes
c) i. etanaal
ii. etanol
- e) B
2. a) butan-1-ol
b) butan-2-ol
c) 2-metielpropan-2-ol

Oefening 4 – 24: Alkane as fossielbrandstowwe

3. eksotermies

Oefening 4 – 25: Esters

1. a) metieleetanoaat
b) oktieletanoaat
c) heksieleetanoaat
d) propieleetanoaat
2. suurkataliseerde kondensasie
3. a) butieleetanoaat
b) butielpentanoaat
c) butielheptanoaat
d) butielmetanoaat

Oefening 4 – 26: Addisie reaksies

1. b) $\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{Cl})$
2. c) Hidrasie reaksies
3. b) Onversadigde

Oefening 4 – 27: Eliminasiereaksies

1. b) Die meer vervangbare koolstofatoom
2. a) Versadigde
- b) dehidrasie reaksie

Oefening 4 – 28: Substitusie reaksie

1. tersiêre alkohol

Oefening 4 – 29: Addisie, eliminasiereaksies en substitusie reaksies

1. a) i. addisie reaksie
ii. H_3PO_4
c) i. butaan
ii. lig
- d) i. A. substitusie
ii. A. eliminasiereaksie
2. a) Eliminasiereaksie
4. a) Eliminasiereaksie

Oefening 4 – 30: Addisie polimere

2. a) polipropeen of polipropileen
b) eteen of etileen
- c) chloroeteen of viniel chloried

Oefening 4 – 31: Kondensasie polimere

Oefening 4 – 32: Polimere

1. a) propeen
2. b) chloroeteen of viniel chloried
d) Addisie
3. b) polysuur
c) Kondensasie

Oefening 4 – 33:

1. a) Alkene
b) Hidroksielgroep
c) Karboksielsuur
d) Etanoësuur
e) Etanol
2. propanoësuur
3. 1,2-dichlorobutaan
6. a) i. Alkane
ii. Alkohole
e) 2-metielpropaan
- f) Etanol
7. a) verbinding 2, etanol
b) iv) karboksielsure
c) ii) 4,4-dibromobut-1-yn
d) iii) metieletanoaat
8. b) ii. metieletanoaat
c) i. butaan
9. b) 4,4-dimetielheksa-2-oon
10. c) Substitusie
11. b) C_nH_{2n+2}

5 Arbeid, energie en krag

Oefening 5 – 1: Arbeid

1. Normaalkrag: 0 J, gewig: 0 J, toegepastekrag: 50 J.
2. Normaalkrag: 0 J, gewig: 0J, wrywingskrag: -50 J
3. Normaalkrag: 0 J, wrywingskrag: -50 J, toegepastekrag: 50 J.
4. Geen arbeid is verrig al die kragte werk loodreg in ten opsigte van die rigting van die verplasing.
5. Tipes
6. 'n Hoek van 55° word vereis vir die minste hoeveelheid arbeid wat verrig moet word.
7. 1800 J trappe op en 3000 J langs die gang
8. 1,30 kJ
9. 50 000 J
10. 5 880 J

Oefening 5 – 2: Energie

posisie	EK	PE	v
A	0	50 J	0
B	20	30 J	6,3
C	20	30 J	6,3
D	40	10 J	8,9
E	40	10 J	8,9
F	50	0 J	10
G	50	0 J	10

- 1.
2. Ons kan aanvaar dat die enigste krag wat op die bal inwerk gravitasie is. As ons lugweerstand in

ag sou neem sou die spoed van die bal verminder wanneer dit die grond tref. Lugweerstand, soos oppervlakkwrywing, sal 'n krag in die teenoorgestelde rigting as die beweging wees en sal veroorsaak dat negatiewe arbeid verrig word. Deur die arbeid-energie stelling sal dit die netto arbeid verrig op die vallende voorwerp verminder en daarom verminder die totale verandering in Kinetiese Energie.

3. $2,42 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Oefening 5 – 3: Behoud van energie

1. $9,46 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
2. a) 47,65 m
b) -188 527,5 J
- c) 373,79 N
3. $141,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Oefening 5 – 4: Drywing

1. $V\cdot A$
2. Die verplasing is 0 en dus is geen arbeid verrig nie. Aangesien drywing die tempo is waarteen arbeid verrig word, is die drywing ook 0.
3. Jack het dit twee keer so vinnig as Jill, maar met dieselfde drywing, gedoen.
4. 49 W
5. $1\text{kWh} = 1000\text{Wh} = 1000\text{Wh} \times \frac{3600}{\text{h}} = 3\,600\,000 \text{ J}$
6. 1143,33 W

Oefening 5 – 5:

- 16 000 J
- 2494,67 J
- Drywing
- $\frac{mgh}{t}$
- Mgv
- Die beste motor om te gebruik is die 3.5 kW motor. Die 1.0 kW motor sal nie vinnige genoeg wees nie en die 5.5 kW motor sal te vinnig wees.
- 'n Boks beweeg teen 'n konstante snelheid oor 'n wrywinglose horisontale oppervlak.

6 Dopplereffek

Oefening 6 – 1: Die Dopplereffek met klank

- Die frekwensie van klank sal geleidelik vermeerder soos die trein nader aan jou beweeg. Die toonhoogte verhoog. Jy sal 'n klank teen 'n hoër toonhoogte hoor.
- 798,73 Hz
- $51 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Die spoed van klank in lug by -35 grade celsius is $309 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Die aankomende spoed is $68 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Die frekwensie wat waargeneem word wanneer jy wegbeweeg is 349,7 Hz
'n Spoed van $68 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ of gelykstaande, $244,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, kan bereik word as die waarnemer in 'n hoë-spoed trein of 'n resieskar was.

Oefening 6 – 2:

- Die Dopplereffek vind plaas wanneer 'n bron van golwe en/of 'n waarnemer relatief tot mekaar beweeg wat veroorsaak dat die waarnemer 'n ander frekwensie van die golwe meet as die frekwensie waarteen die bron versend.
 - Rooiverskuiwing is die verskuiwing in posisie van spektrumlyne na langer golflengtes as gevolg van die relatiewe beweging van 'n bron weg van die waarnemer.
 - Ultraklank of ultrasoniese golwe is klankgolwe met 'n frekwensie groter as $20\,000 \text{ Hz}$ (of 20 kHz).
- 548,4 Hz
 - 459,5 Hz
 -
- $15,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
 - Wanneer die trok verby ry, beweeg die frekwensie van hoër na laer en die golflengte van die klankgolwe gaan van korter na langer.
- 405,7 Hz
- 'n Instrument genoem die Dopplervloeimeter kan gebruik word om ultrasoniese golwe in 'n persoon se liggaam in te stuur. Die klankgolwe sal deur die weefsel, been, bloed ens. reflekteer word en deur die vloeimeter gemeet word. Byvoorbeeld, as bloedvloei in 'n aar gemeet word, sal die bewegende bloedselle die versende golwe reflekteer as gevolg van die beweging van die selle. Die versende klankgolwe sal deur die Doppler na die hoër frekwensie geskuif word as die bloed na die vloeimeter beweeg en na die laer frekwensie as die bloed weg van die vloeimeter beweeg.
- 436,8 Hz

7 Tempo en omvang van reaksie

Oefening 7 – 1: Dink oor die reaksietempo

Oefening 7 – 2: Reaksietempo

- 5
 - 3
- $1,99 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
 - $9,89 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
 - $2,01 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
- 0,021 mol
 - $0,00035 \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
 - 0,021 mol
 - 0,48 g

Oefening 7 – 3: Reaksietempo

- 1 minuut
 - 79 cm^3
- 15 - 25 min
 - vermeerder

Oefening 7 – 4: Reaksietempo

- Vals
 - Waar
 - Waar
- verminder
 - vermeerder

Oefening 7 – 5:

- c)
- b)
- $7,5 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
 - $7,5 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
 - $1,39 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
- $2,22 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
 - $1,6 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
- 1,31 g
 - $0,022 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$

8 Chemiese ewewig

Oefening 8 – 1: Chemiese ewewig

- ii)
 - i)
- $A + B \rightarrow C + D$
 - $C + D \rightarrow A + B$
 - omkeerbaar

Oefening 8 – 2: Die ewewigkonstante

- $0,28 \text{ mol.dm}^{-3}$
- 2,25

Oefening 8 – 3: Ewewig

- b)
- butaan
 - ligter
 - 67,19
- 0,5 mol
 - Eksotermies
 - verminder
- 5 minutes
 - 0,44
 - endotermies
 - geen effek
 - geen effek
 - vermeerder

Oefening 8 – 4: Pas ewewigbeginsels toe

- verminder
 - omgekeerd
- 25°C

Oefening 8 – 5:

- a)
- a) verander na pienk
- b) sal na blou verander

9 Sure en basisse

Oefening 9 – 1: Sure en basisse

- HCO_3^-
 - H_2O
 - HPO_4^{2-}
- H_2O
 - HCN
 - HCO_3^-

Oefening 9 – 2: Tipes sure en basisse

- Gekonsentreerd
 - Verdun
- sterk
 - swak suurvormend
 - verdun
- $14,16 \text{ mol.dm}^{-3}$
 - $0,186 \text{ mol.dm}^{-3}$
 - $0,07 \text{ mol.dm}^{-3}$
 - $4,52 \text{ mol.dm}^{-3}$

Oefening 9 – 3: Sure en basisse

- Swak sure
 - Sterk basisse
 - Swak basisse
 - Sterk suur
- Swak sure
 - Swak basisse
 - Sterk suur

Oefening 9 – 4: Reaksies van sure en basisse

Oefening 9 – 5: Bereken pH

- 13.3
 - 0.31
- $1 \times 10^{-12} \text{ mol.dm}^{-3}$
- basies
 - 8

Oefening 9 – 6: Sure en basisse

1. a) 9,00 g

b) $0,46 \text{ mol.dm}^{-3}$

Oefening 9 – 7:

2. a) 0,019 mol
b) $1,14 \times 10^{22}$ atome
4. $0,26 \text{ dm}^3$

5. b) 3,37 g
c) 13,3
e) $0,075 \text{ mol.dm}^{-3}$

10 Elektriese stroombane

Oefening 10 – 1: Serie en parallelle netwerke

1. a) 0
b) 23.1
c) 0.873
d) 0.521 0.909 0.497
2. a) 2,5 A
b) 3,75 V

- c) 1,25 A
3. 6Ω ; 2Ω ; 12Ω ; $7,33 \Omega$
8. a) 0
b) 14.4
c) 0.350
d) 0.242 0.317 0.292

Oefening 10 – 2:

1. Interne weerstand is dus die meet van die weerstand van die materiaal waarvan die battery gemaak word.
2. Die emk van 'n battery is hoofsaaklik konstant omdat dit slegs afhang van die chemiese reaksie (wat chemiese energie verander in elektriese energie) wat binne-in die battery plaasvind. Daarom kan ons sien dat die spanning oor die klemme van die battery afhanklik is van die stroom wat deur die lading getrek word. Hoe hoër die stroom, hoe laer die spanning oor die klemme omdat die emk konstant

is. Op dieselfde wyse kan mens redeneer dat die spanning slegs gelyk is aan die emk wanneer die stroom baie klein is.

3. $0,4 \Omega$
5. Die emk is $10,0 \text{ V}$ en die interne weerstand is $1,1428 \times 10^{-2} \Omega$.
6. Die emk is $21,11 \text{ V}$ en die interne weerstand is $0,55 \Omega$.
7. Die emk is $1,5 \text{ V}$ en die interne weerstand is $0,6 \Omega$.

Oefening 10 – 3:

1. 20Ω
4. $0,09 \text{ A}$; $2,25 \text{ V}$; $11,25 \text{ V}$; $13,50 \text{ V}$
5. $9,6 \times 10^{-17} \text{ J}$
6. a) 0

- b) 20.8
c) 1.717
d) 2.521 1.790 1.571

11 Elektrodinamika

Oefening 11 – 1: Opwekkers en motors

1. 'n Elektriese opwekker is 'n meganiese toestel wat energie van 'n bron in elektriese energie omskakel. 'n Elektriese motor is 'n meganiese toestel wat elektriese energie van 'n bron in 'n ander vorm van energie omskakel.
2. Faraday se wet sê dat 'n verandering in magnetiese vloeï 'n emk kan induseer, wanneer 'n spoel in 'n magneetveld roteer is dit moontlik vir die rotasie om die vloeï te verander en dus 'n emk te induseer. As die rotasie van die spoel van so aard is dat die vloeï nie verander nie, d.i. die oppervlak van die spoel bly parallel tot die magneetveld, sal daar geen geïnduseerde emk wees nie.
5. 'n Gelaaide spoel in 'n magneetveld ervaar 'n krag aan beide kante van die spoel wat nie parallel is aan

die magneetveld nie, wat 'n gevlegte krag (genoem 'n wringkrag) veroorsaak wat dit laat draai. Enige stroomdraende spoel kan 'n krag in 'n magnetiese veld ervaar. Die krag is as gevolg van die magnetiese komponent van die Lorentz-krag op die bewegende ladings in die geleier, wat Ampère se wet genoem word. Die krag aan die teenoorgestelde kant van die spoel sal in die teenoorgestelde rigtings wees omdat die ladings in teenoorgestelde rigtings beweeg.

7. Motors (beide WS en GS), elektriese generering (slegs WS) enige plek waar 'n kragbron benodig word.
8. Pompe, waaiers, huishoudelike toestelle, kraggereedskap, kantoortoerusting.

Oefening 11 – 2: Wisselstroom

1. • Maklik om te transformeer (verhoog of verlaag deur 'n transformator).
• Makliker om van WS na GS as van GS na WS om te skakel.
• Makliker om te genereer.
• Kan by hoë spanning en lae ladings oor groot afstande versend word met minder energieverlies.
• Hoë frekwensie gebruik in WS maak dit geskik vir motors.

2. Die regte antwoord is C.
3.

$$i = I_{\text{maks}} \sin(2\pi ft + \phi)$$

$$v = V_{\text{maks}} \sin(2\pi ft)$$

4. Die wortel beteken dat die waarde wat ons vir WS gebruik die vierkant is en is dus wat die GS se ekwivalent sal wees.

$$I_{rms} = \frac{I_{maks}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{rms} = \frac{V_{maks}}{\sqrt{2}}$$

5. In Suid-Afrika is die frekwensie 50 Hz
6.

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{340}{\sqrt{2}}$$

$$= 240,42 \text{ V}$$

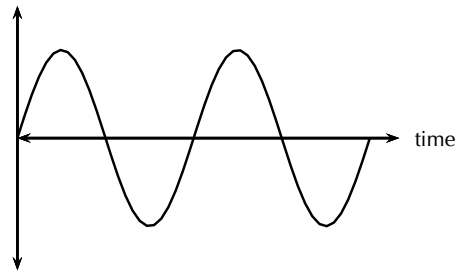
7. 7.07

Oefening 11 – 3:

1. Gelykstroom (GS), wat elektrisiteit is wat in 'n konstante rigting vloei. DS is die tipe elektrisiteit wat deur 'n battery gelewer word met 'n definitiewe positiewe en negatiewe pool. Ons het egter gesien dat die elektrisiteit wat deur sommige opwekkers genereer word wissel en dit word daarom wisselstroom (WS) genoem. Die hoofverskil is dat in WS die beweging van elektriese lading periodiek van rigting verander terwyl in DS die vloei van elektriese lading slegs in een rigting is.
3. Terwyl GS-motors borsels nodig het om elektriese kontak te maak met die bewegende spoel van die draad, het WS-motors dit nie nodig nie. Die probleem oor die maak en breek van elektriese kontak met 'n bewegende spoel is vonke en hitte, veral as die motor teen 'n hoë spoed draai. As die atmosfeer om die masjien vlambare of ploffbare dampe bevat, is die praktiese probleem van 'n borsel wat vonke lewer selfs groter.
4. Eerder as om die lusse deur 'n magenetiese veld te roteer om elektrisiteit op te wek, soos in 'n opwekker gebeur, word 'n stroom deur die drade gestuur wat elektromagnete vorm. Die buitenste magnete sal dan die elektromagnete afweer en die skag roteer soos 'n elektriese motor. As die stroom GS is, is splittingstroomwisselaar nodig om 'n DS-motor

8. 188,09 V
9. Die grafiek is dieselfde vir beide spanning en lading:

stroom OF spanning



te skep.

5. In Suid-Afrika is die frekwensie 50 Hz
6. Mnr Smith is nie reg nie. Hy het verkeerd verstaan wat drywing is en waarvoor Eskom hom laat betaal. WS-spanning en stroom kan beskryf word as:

$$i = I_{max} \sin(2\pi ft + \phi)$$

$$v = V_{max} \sin(2\pi ft)$$

Dit beteken dat vir $\phi = 0$, d.i. as weerstande nie komplekse komponente het nie of as 'n student 'n standaard resistor gebruik, sal die spanning en die lading golfvorms gesinkroniseer wees.

Drywing kan bereken word as $P = VI$. As daar nie 'n faseverandering d.i. as die weerstande geen komplekse komponent het nie, of as die student 'n standaard resistor gebruik is die drywing altyd positief aangesien:

- as spanning negatief (-) is, is die lading negatief (-) wat lei tot positiewe (+) drywing.
- as die spanning positief (+) is, is die lading positief (+), wat lei tot positiewe (+) drywing.

7. $20,38 \times 10^6 \text{ W}$

12 Optiese verskynsels en eienskappe van materie

Oefening 12 – 1: Die foto-elektriese effek

1. Die foto-elektriese effek is die proses waardeur 'n elektron vrygestel word deur 'n metaal wanneer 'n lig daarop geskyn word op die voorwaarde dat die energie van die fotons (ligenergiepakketjies) groter as of gelyk is aan die arbeidsfunksie van die metaal.
2. Twee redes waarom die waarneming van die foto-

elektriese effek betekenisvol was is (1) dat dit bewys lewer vir die deeltjie-aard van lig en (2) dat dit 'n nuwe afdeling van tegnologiese vordering oopgemaak het bv. fotokatodes (soos in ou TVs) en donkersigtoestelle

3. $6,25 \times 10^{-22} \text{ J}$

Oefening 12 – 2: Emissie- en absorpsiespektra

Oefening 12 – 3:

13 Elektrochemiese reaksies

Oefening 13 – 1: Oksidasie en reduksie

2.
 - a) geoksideer
 - b) verminder
 - c) verminder
 - d) geoksideer
 - e) verminder

Oefening 13 – 2: Balanseer redoksreaksies

Oefening 13 – 3: Elektrochemiese reaksies

2. d) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

Oefening 13 – 4: Voltaïese en elektrolitiese sel

1. a) Elektrolise b) Ja

Oefening 13 – 5: Voltaïese sel

1. c) $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ d) $\text{Fe}(\text{s})$

Oefening 13 – 6: Tabel van standaard elektrodepotensiale

1. a) $-2,37 \text{ V}$ c) litium
b) $-0,13 \text{ V}$ d) Reduksie
c) $-0,25 \text{ V}$ e) Reduksie
2. a) litium 4. a) Chloor
b) kobalt(III) b) Kalsium

Oefening 13 – 7: Gebruik van standaard elektrode potensiale

1. butaan 3. Ja.
2. Nee.

Oefening 13 – 8: Standaard elektrode potensiale

2. a) $+1,18 \text{ V}$ d) $+0,91 \text{ V}$
b) $-0,4 \text{ V}$ 3. d) $+0,75 \text{ V}$
c) $+1,08 \text{ V}$

Oefening 13 – 9: Voorspel spontaniteit

1. nie spontaan d) spontaan
2. b) spontaan 4. a) kan nie geberg word nie
3. a) nie spontaan b) kan nie geberg word nie
b) nie spontaan c) kan geberg word
c) spontaan d) kan nie geberg word nie

Oefening 13 – 10: Die chloralkali-industrie

1. a) Water en verdunde NaOH c) natriumkwikamalgaam
b) Chloorgas d) natriumkwikamalgaam en water
3. a) natriumchloried 4. d) Natriumione

Oefening 13 – 11:

1. a) Voltaïese sel b) **iii)**
b) Reduksie c) **iii)**
c) butaan d) **ii)**
2. a) Vals 6. b) koper
b) Waar c) $0,46 \text{ V}$
c) Waar 7. f) $+1,53 \text{ V}$
3. b) $-0,17 \text{ V}$ 8. c) silwer
4. a) **iii)**

14 Die chemiese industrie

Oefening 14 – 1: Die rol van kunsmis

1. a) 18:24:6 2. Ja
b) kalium (K) 4. 67,5 g
c) butaan 5. 1,99 mol

Oefening 14 – 2: Die industriële produksie van kunsmis

4. a) ammoniumnitraat
b) Suurbasis
5. a) $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

- b) Koolstofmonoksied of CO
c) Water of H_2O

Oefening 14 – 3:

1. b) Anorganiese kunsmis
c) $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$
d) Ostwald-proses
e) HNO_3
f) C - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
D - NH_4NO_3

3. a) Fraksionele distillasie van lug
b) Ammoniak
c) Haber-proses
d) stikstofoksied
e) salpetersuur

Lys van definisies

2.1	Momentum	21
2.2	Newton se tweede bewegingswet (N2)	30
2.3	Stelsel	35
2.4	Geslote stelsel	35
2.5	Behoud van momentum	38
2.6	Elastiese botsings	44
2.7	Onelastiese botsings	50
2.8	Impuls	53
4.1	Organiese molekule	110
4.2	Funksionele groep	115
4.3	Versadigde verbindings	116
4.4	Onversadigde verbindings	116
4.5	Koolwaterstof	117
4.6	Homoloë reeks	118
4.7	Substituent	124
4.8	Isomeer	131
4.9	Intermolekulêre kragte	164
4.10	Viskositeit	165
4.11	Digtheid	166
4.12	Dampdruk	170
4.13	Oplosbaarheid	173
4.14	Vlugtigheid	173
4.15	Koolwaterstofkraging	181
4.16	Verbranding	182
4.17	Hoof- en neweprodukte	189
4.18	Monomeer	198
4.19	Polimeer	198
4.20	Makromolekule	198
4.21	Plastiek	198
4.22	Polimerisasie	199
5.1	Werk	223
5.2	Arbeid-energie-stelling	235
5.3	Konserwatiewe krag	242
5.4	Nie-konserwatiewe krag	244
5.5	Krag	249
6.1	Dopplereffek	259
7.1	Reaksietempo	275
7.2	Botsingsteorie	277
7.3	Aktiveringsenergie	295
7.4	Katalisator	298
8.1	Chemiese ewilibrum	304
8.2	Oop sisteem	306
8.3	Geslote sisteem	306
8.4	'n Omkeerbare reaksie	307
8.5	Dinamiese ewilibrum	308
8.6	Die ewilibrumkonstante	308
9.1	Arrhenius sure en basisse	340
9.2	Brønsted-Lowry sure en basisse	340
9.3	Amfoteries	341
9.4	Amfiproties	341
9.5	Gekonjugeerde suur-basis paar	342
9.6	Sterk suur en sterk basis	344
9.7	Swak sure en swak basisse	344
9.8	Standaardoplossing	345
9.9	Gekonsentreerde oplossing	345
9.10	Verdunde oplossing	345
9.11	Sout	353
9.12	Ekwivalente punt	353
9.13	Neutralisasie	353
9.14	pH	358
9.15	Auto-protolise en outo-ionisasie van water	361
9.16	Titrasies	363
10.1	Lading	392
11.1	Faraday se wet	413
11.2	Generator	414
11.3	Elektriese motor	416
11.4	Die Lorentz krag	416
12.1	Die foto-elektriese effek	431
12.2	Werksfunksie	432

13.1	Elektrochemiese reaksie	454
13.2	Elektrochemiese sel	454
13.3	Elektrode	455
13.4	Elektroliet	455
13.5	Soutbrug	455
13.6	Galvaniese sel	456
13.7	Elektrolitiese sel	460
13.8	Elektrolise	460
13.9	Halfsel	466
13.10	Standaard waterstofelektrode	471
13.11	emk van 'n sel	480
13.12	Standaard emk	481
13.13	Elektroplatering	485
13.14	Pekel	486
14.1	Voedingstof	498
14.2	Misstawwe	500
14.3	Organiese en anorganiese misstawwe	500
14.4	Eutrofikasie	513

Erkennings vir beelde

1	Foto in die Publieke Domein op wikipedia	6
2	Foto deur Biking Nikon SFO op Flickr	9
3	Foto deur functoruser op Flickr	10
4	Foto deur Andres Rueda op Flickr	10
5	Foto deur JeanHavoc op wikimedia	10
6	Beeld deur Endimion17 op wikimedia	10
7	Foto in die Publieke Domein op wikimedia	11
8	Foto in die Publieke Domein	11
9	Foto in die Publieke Domein op wikimedia	11
10	Foto in die Publieke Domein	11
11	Foto deur John Tann op Flickr	20
12	Foto deur foxypar4 op Flickr	20
13	Foto deur Natesh Ramasamy op Flickr	20
14	Foto deur Moyan Brenn op Flickr	20
15	Foto deur David Guos Master op Flickr	20
16	Foto deur Mark Winterbourne op Flickr	21
17	Foto deur KM Klemencic op Flickr	22
18	Foto deur gareth1953 op Flickr	23
19	Foto deur Mark Winterbourne op Flickr	24
20	Foto deur swampa op Flickr	26
21	Foto deur Misterlan op Flickr	28
22	Foto deur SauMag op Flickr	29
23	Foto deur StockMonkeys op Flickr	37
24	Beeld deur Brink en Jones	37
25	Foto deur WillFolsom op Flickr	40
26	Beeld deur Stephanie Wauters van The Noun Project	52
27	Foto deur A. Reynolds from Pinelands High School	74
28	Foto deur A. Reynolds from Pinelands High School	75
29	Foto deur chubstock op Flickr	77
30	Foto deur TTGE op Flickr	80
31	Foto deur CarolynConner op Flickr	83
32	Fotos deur DrStarbuck op Flickr en in die publieke domein op wikipedia	110
33	Beeld deur Duncan Watson	112
34	Beeld deur Duncan Watson	113
35	Beeld deur Duncan Watson	114
36	Beeld deur Duncan Watson	114
37	Foto deur Rene Toerien	117
39	Foto deur thienzieyung op Flickr	118
38	Beeld deur Ben Mills op wikipedia	118
40	Fotos deur comedy.nose en jasonwoodhead23 op Flickr	118
41	Foto deur HHA124L op Flickr	118
42	Foto deur Rene Toerien	119
43	Fotos deur IAN RANSLEY DESIGN + ILLUSTRATION en Balaji.B op Flickr	119
47	Foto deur maticulous op Flickr	120
44	Foto deur Jordanhill School D&T Dept op Flickr	120
45	Foto deur Rene Toerien	120
46	Beeld deur Duncan Watson	120
48	Foto deur Rene Toerien	122
49	Foto deur Rene Toerien	123
50	Foto deur Rene Toerien	123
51	Foto deur Rene Toerien	123
55	Foto deur epugachev op Flickr	124
52	Beelde deur Benjah—bmm27 en Yikrazuul op wikipedia	124
53	Beeld deur Ben Mills op wikimedia	124
54	Beeld deur Duncan Watson	124
56	Foto deur Dvortygirl op Flickr	125
57	Foto deur Rene Toerien	126
58	Foto deur Rene Toerien	126
61	Foto deur Arenamontanus	127
59	Foto deur Rene Toerien	127
60	Beeld deur Duncan Watson	127
62	Foto deur jnyemb op Flickr	131
63	Foto deur tombothetominator op Flickr	131
64	Foto deur Rene Toerien	157
65	Foto deur peterjroberts en waitscm op Flickr	165
66	Beeld deur Ben Mills op wikipedia	173
67	Beeld deur Jynto op wikimedia	173
68	Beeld deur Benjah—bmm27 op wikipedia	173
69	Beeld deur Duncan Watson	174

70	Beelde deur Ben Mills op wikipedia	175
71	Beeld deur Duncan Watson	177
72	Beeld deur Duncan Watson	182
73	Beeld deur Duncan Watson	191
74	Foto deur Tim Rodenberg op Flickr	193
75	Foto deur Jordanhill School D&T Dept op Flickr	198
76	Fotos deur velkr0, Andres Rueda, Public Domain Photos, en Brisbane City Council op Flickr	200
77	Fotos deur Jordanhill School D&T Dept, Vishay Intertechnology, en Polycart op Flickr	201
78	Fotos deur uberulture, Public Domain Photos, en spe.automotive op Flickr	201
79	Foto deur pjf@span op Flickr	202
80	Fotos deur Jordanhill School D&T Dept, lguitar, pj.vanf, en Keith Williamson op Flickr	202
81	Foto deur Dubaj op wikipedia en FaceMePLS op Flickr	205
82	Foto deur MakerGear op Flickr	206
83	Foto deur Kevin Krejci op Flickr	212
84	Foto deur IsafMedia op Flickr	224
85	Foto deur ABligh op Flickr /	224
86	Foto deur Greencolander op Flickr	225
87	Foto deur TheBusyBrain op Flickr	226
88	Foto deur AlasdairMiddleton op Flickr	245
89	OpenStax College Nonconservative Forces http://cnx.org/content/m42150/1.6/	248
90	OpenStax College Nonconservative Forces http://cnx.org/content/m42150/1.4/	252
91	Foto deur extranoise op Flickr	263
92	Beeld deur Arming C. Grzyska U. on Wikimedia Commons	266
93	Beeld in die Publieke Domein	269
94	Photo by jeffk on Flickr	274
95	Photo by JefferyTurner on Flickr	274
96	Photo by inid.ca on Flickr	274
97	Fotos deur Megan Beckett en Ondrej Mangl op wikimedia	275
98	Foto deur adil113 op Flickr	278
99	Skermkoot van video deur steveabito on Youtube	285
100	Skermkoot van video deur ChemToddler op Youtube	292
101	Foto deur Ben Mills op wikipedia	294
102	Foto deur MilitaryHealth op Flickr	304
103	Beeld in die Publieke Domein op wikipedia	305
104	Foto deur Muffet op Flickr	306
105	Foto in die Publieke Domein op wikipedia	317
106	Skermkoot van 'n video deur pking8786 op youtube	320
107	Skermkoot van 'n video deur wwwRSCorg op youtube	332
108	Fotos deur Sean MacEntee, Healing and Eating en Dean McCoy op Flickr	338
109	Fotos deur Waifer X en Tobyotter op Flickr	338
110	Foto deur Northfielder op Flickr	339
111	Foto deur Phil and Pam op Flickr	339
112	Foto deur SoraZG op Flickr	353
113	Foto deur MountainAsh op Flickr	353
114	Foto deur Benjah—bmm27 on wikipedia	354
115	Foto deur iJammin op Flickr	354
116	Foto deur Benjah—bmm27 on wikipedia	354
117	Foto deur Benjah—bmm27 on wikipedia	354
118	Foto deur mikebaird op Flickr	355
119	Foto deur Grant Hillebrand	367
120	Foto deur matulous op Flickr	374
121	Foto deur Adam Reynolds (Pinelands High School)	388
122	Foto deur Adam Reynolds (Pinelands High School)	388
123	Foto deur Adam Reynolds (Pinelands High School)	388
124	Foto deur Adam Reynolds (Pinelands High School)	389
125	Foto deur Adam Reynolds (Pinelands High School)	394
126	Foto deur Eli Brown op Flickr	430
127	Foto deur selkovjr op Flickr	448
128	Foto deur James Bowe op Flickr	448
129	Foto deur busy.pochi op Flickr	448
130	Foto deur trance op Flickr	448
131	Skermkoot geneem uit 'n video deur Rod Rees op youtube	456
132	Publieke domein op wikipedia	463
133	Foto deur pgegreenenergy op Flickr	485
134	Fotos deur Brisbane City Council en Johnson Trading Gallery op Flickr	485
135	Foto deur Asbestorama op Flickr	488
136	Foto deur jsj1771 op Flickr	491
137	Foto deur PWRDF	498
138	UCT Chemiese Nywerhede Hulpbron Pak	499
139	Foto deur Tim Patterson op Flickr	501
140	Uitbeeldings deur Rene Toerien	504
141	Fotos deur Terravola en Ben Mills op wikipedia	507
142	Foto deur ednl op Flickr	510
143	Foto deur Jo Jakeman op Flickr	511
144	Fotos deur twak op Flickr	511
145	Foto deur reinagnoma op Flickr	511
146	Foto deur Cathy, Sam, Max and Mai on Flickr	511
147	Foto deur tauress op Flickr	512
148	Foto deur Publieke Domein op wikipedia	512
149	Fotos deur eutrophication&hypoxia, Gwydion M. Williams en suavehouse113 op Flickr	513