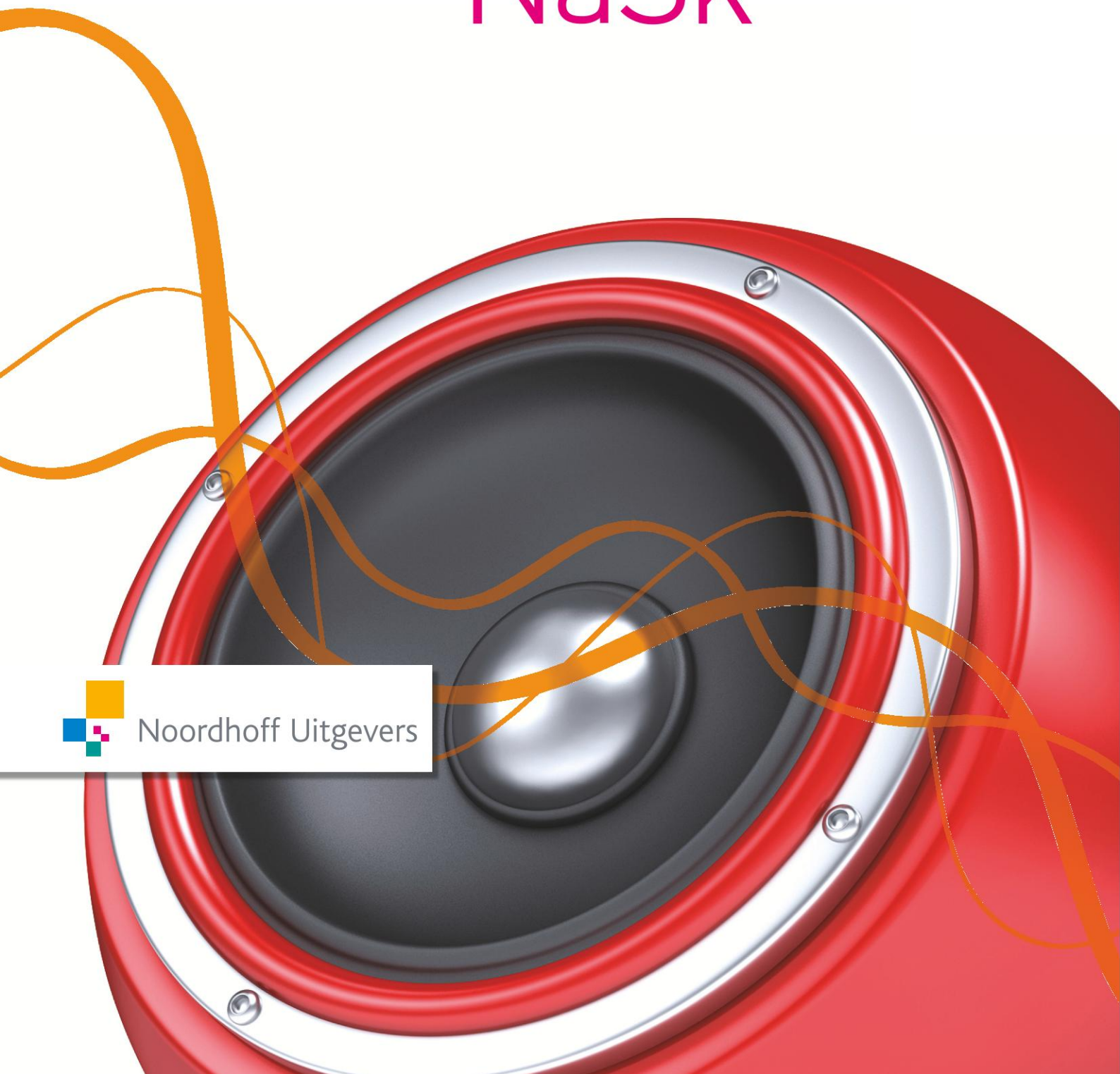




Overall NaSk



Noordhoff Uitgevers



Overal NaSk

1-2 havo/vwo

Leeropdrachtenboek

Vijfde editie

Auteurs

Raoul Majewski

Joost Massolt

Robert Bouwens

Paul de Boeij

Marieke Moraal

Kars Litjens

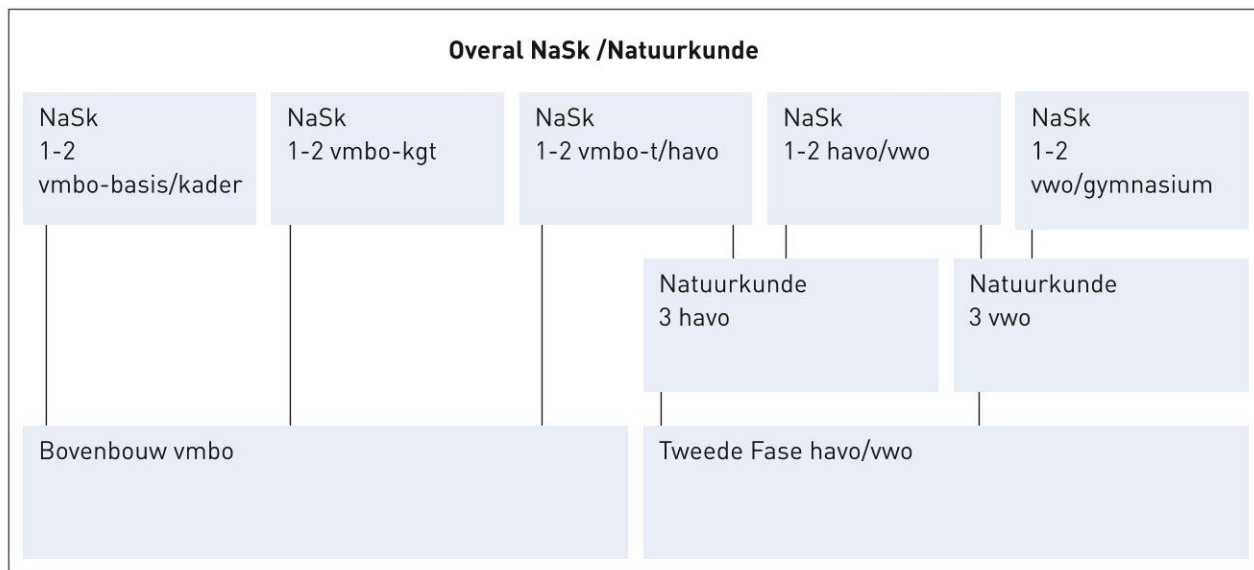
Marijn van Nijhuis

Erik Woldhuis

Dennis Vos

Noordhoff Uitgevers

Serieoverzicht



Vormgeving binnenwerk: Bloemvis design en communicatie, Groningen

Vormgeving omslag: InOntwerp, Assen

Technisch tekenwerk: Integra, India



0 / 16

© 2016 Noordhoff Uitgevers bv, Groningen/Houten, The Netherlands

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.stichting-pro.nl).

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior written permission of the publisher.

ISBN 978-90-01-87210-6

© Noordhoff Uitgevers bv

Voorwoord

Je begint met een nieuw vak: NaSk. Dat is een afkorting van Natuur- en Scheikunde. NaSk gaat niet over dieren en planten zoals biologie. Je leert bij NaSk over licht, stoffen, bewegen, energie, elektriciteit, krachten en geluid. Bij NaSk doe je practica en leer je theorie waarmee je die practica kunt begrijpen. Rekenen is ook een belangrijk onderdeel van het vak NaSk.

In dit boek staat voor de opdrachten een A, B, C of +. Hieraan zie je wat het niveau is van de opdracht. In de legenda hieronder kun je vinden wat die niveaus zijn. Misschien mag je van je docent vragen overslaan. Hiervoor zijn in het boek twee leerroutes aangegeven: de **H** route en de **V** route. Als je het vak NaSk lastig vindt en veel oefening nodig hebt, doe je de **H** route. Je maakt dan alle vragen zonder symbool en de vragen met het **H** symbool. Als het vak je gemakkelijk afgaat en je meer uitdaging wilt, doe je de **V** route. Je maakt dan alle vragen zonder symbool en de vragen met het **V** symbool. Elk hoofdstuk eindigt met een plusparagraaf. Je docent vertelt je welke plusparagrafen jij moet maken.

Soms staat in een hoofdstuk uitleg over een vaardigheid die je bij andere hoofdstukken weer nodig hebt. Uitleg over vaardigheden die je vaker gebruikt, staat ook achter in het boek. Je vindt in de kantlijn van de tekst verwijzingen naar die vaardigheden.

Alle opdrachten en teksten uit dit boek vind je terug op Overal online (overal.online.noordhoff.nl). Hier vind je ook uitlegfilmpjes, animaties, extra oefenopdrachten over moeilijke onderwerpen, oefentoetsen, uitwerkingen en extra practica. Wanneer je je opdrachten maakt op Overal online krijg je tips en feedback en worden automatisch de juiste opdrachten voor je klaargezet. Je kunt gemakkelijk je resultaten volgen. Als je de oefentoets online maakt, krijg je een studieadvies.

Veel plezier en succes met Overal NaSk!

De auteurs

Legenda



Verwijzing naar overal.online.noordhoff.nl



Verwijzing naar vaardigheden, opdrachten en practica.



Plusparagraaf. Dit is extra uitdagende leerstof.

A 1

Kennisopdrachten

B 2

Eenvoudige toepassingsopdrachten

C 3

Complexere toepassingsopdrachten en inzichtopdrachten

+ 4

Plusopdrachten. Dit zijn extra uitdagende opdrachten.

H

Leerroute met alle A- en B-opdrachten en een deel van de C-opdrachten

V

Leerroute met een deel van de A- en B-opdrachten en alle C- en +-opdrachten

Inhoud

▼ Karakteristieke werkwijzen

1 Natuur- en scheikunde doen 6

- 1.1 NaSk is overal 8
- 1.2 Het practicumlokaal 11
- 1.3 Meten 15
- 1.4 Onderzoeken 20
- 1.5 Ontwerpen 25

Practica 29

Oefentoets 34

▼ Licht, geluid en straling

2 Licht 36

- 2.1 Licht en zicht 38
- 2.2 Spiegels 43
- 2.3 Lichtbundels 49
- 2.4 Kleuren maken 54
- 2.5 Kleuren zien 58
- +2.6 Zien via spiegels 62

Practica 65

Oefentoets 70

▼ Materie

3 Stoffen 72

- 3.1 Zuivere stof en mengsel 74
- 3.2 Veiligheid en milieu 79
- 3.3 Faseovergangen 84
- 3.4 Mengen en scheiden 89
- 3.5 Moleculen 94
- +3.6 Macro en micro 100

Practica 105

Oefentoets 110

▼ Kracht en beweging

4 Beweging 112

- 4.1 Snelheid 114
- 4.2 Snelheid berekenen 119
- 4.3 Afstand,tijd-diagrammen 124
- 4.4 Snelheid,tijd-diagrammen 129
- 4.5 Remmen 134
- +4.6 Relatieve snelheid 139

Practica 143

Oefentoets 148

▼ Energie

5 Warmte 150

- 5.1 Energie en omzettingen 152
- 5.2 Verbranding 155
- 5.3 Warmtetransport 160
- 5.4 Isoleren in huis 164
- 5.5 Warmte op aarde 168
- +5.6 Warmte opslaan 172

Practica 175

Oefentoets 180

▼ Energie

6 Elektriciteit 182

- 6.1 Spanningsbronnen 184
- 6.2 Stroomkringen 189
- 6.3 Serie- en parallelschakeling 194
- 6.4 Veiligheid 199
- 6.5 Elektrische energie 204
- +6.6 Elektriciteit in het lichaam 209

Practica 213

Oefentoets 218

▼ Kracht en beweging

7 Krachten 220

- 7.1 Krachten herkennen 222
- 7.2 Kracht meten en tekenen 227
- 7.3 Zwaartekracht 232
- 7.4 Veerkracht 236
- 7.5 Kracht en beweging 241
- +7.6 Krachten optellen 246

Practica 250

Oefentoets 255

▼ Licht, geluid en straling

8 Geluid 258

- 8.1 Geluid als trilling 260
- 8.2 Geluidssnelheid 265
- 8.3 Trilling in beeld 270
- 8.4 Toonhoogte 275
- 8.5 Gehoorschade 280
- +8.6 Geluidsniveau 285

Practica 290

Oefentoets 295

Vaardigheden 297

Register 306

Verantwoording 308



1 Natuur- en scheikunde doen



Deze stier is een voorbeeld van de geavanceerde technologie die je steeds meer om je heen ziet. De kennis die nodig is voor deze technologie begint bij de vakken natuur- en scheikunde.

Paragraaf
Practica

Overall online
1.1 NaSk is overal

1.2 Het practicumlokaal

1.3 Meten

1.4 Onderzoeken

1.5 Ontwerpen

1 Werking van een gasbrander

2 Het juiste meetinstrument

3 Meten van volume

4 Water koken

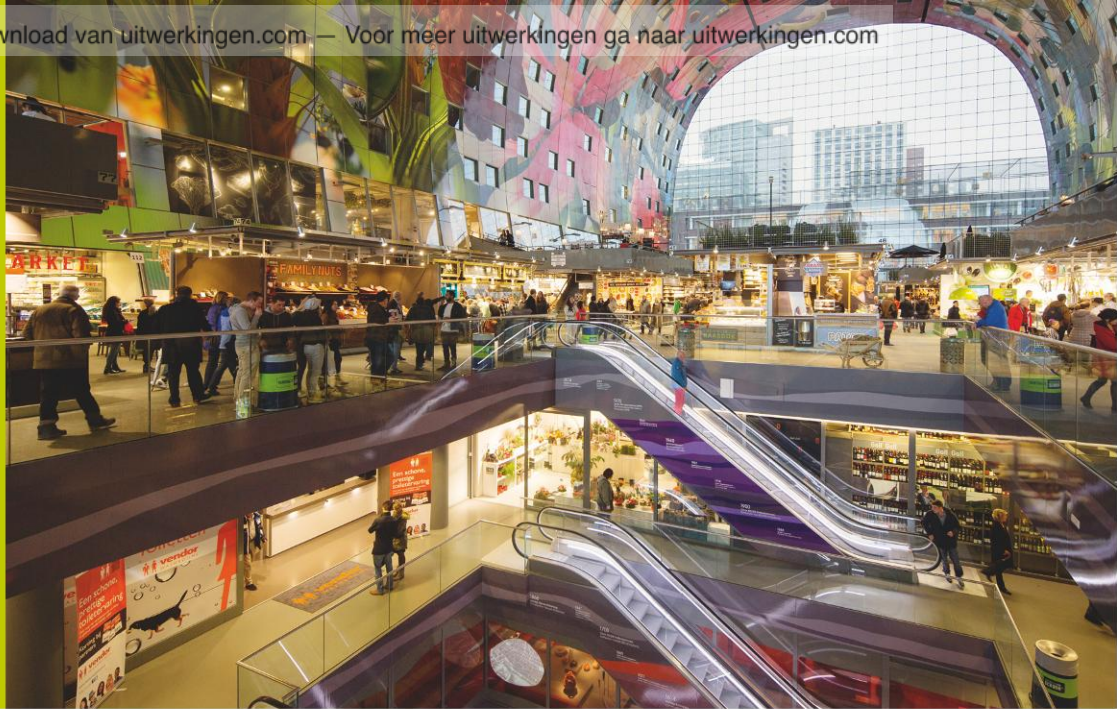
5 Ontwerp je eigen veiligheidspictogram

Alle teksten en opdrachten uit dit boek vind je terug op Overall online. Hier vind je ook filmpjes, animaties, extra uitleg en oefening, oefentoetsen en extra practica.

Oefentoets

Discussievraag

In de markthal van Rotterdam zie je van alles wat heeft te maken met natuurkunde en scheikunde. Wat heeft deze foto te maken met natuurkunde en scheikunde?



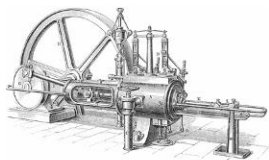
Je leert • hoe je natuur- en scheikunde herkent in de dingen om je heen.

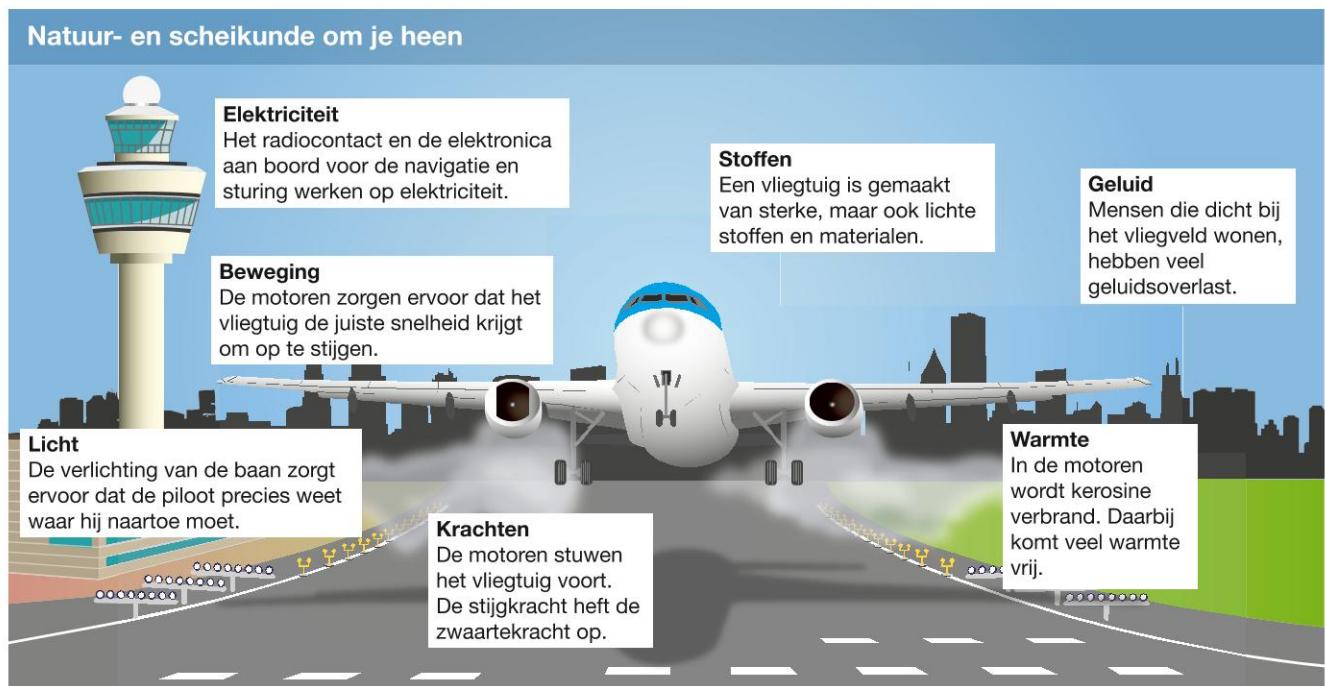
1.1 NaSk is overal

Natuurkunde en scheikunde

Als je een vliegtuig ziet vliegen, kleuren ziet, geluiden hoort en als je suiker ziet oplossen in je thee heb je misschien weleens gedacht: ik zou willen weten hoe dat werkt. In de natuur- en scheikunde bestudeer je natuurverschijnselen om je heen en probeer je ze te begrijpen door het doen van experimenten. Je gebruikt de resultaten om verklaringen te bedenken, verschijnselen zo nauwkeurig mogelijk te beschrijven en je kennis te vergroten. Je probeert modellen te ontwikkelen om zaken te begrijpen en orde te scheppen in de wereld om je heen. Zo zie je bijvoorbeeld dat een glas met water na een aantal dagen vanzelf leeg raakt. Dit kun je begrijpen als je weet dat water kan verdampen. Er zijn veel verschillende natuurverschijnselen om je heen. Zie figuur 1.2. Een aantal van die verschijnselen leer je dit jaar kennen en een aantal in klas 3 en in de bovenbouw als je kiest voor natuurkunde en/of scheikunde. De verschijnselen, ontdekkingen en verklaringen uit de natuur- en scheikunde leveren kennis op om nieuwe producten te ontwikkelen. Bij natuur- en scheikunde gaat het dus niet om de levende natuur, zoals bij biologie.

1.1 Uitgevonden met kennis van natuur- en scheikunde: stoommachine (1712), vliegtuig (1903), computer (1946)





1.2 Belangrijke onderwerpen in de natuur- en scheikunde

De apparaten in figuur 1.1 hebben in de loop van de tijd de wereld veranderd.

- De stoommachine zorgde voor het ontstaan van veel grote fabrieken waarin machines het werk van mensen overnamen (de industriële revolutie).
- Het vliegtuig zorgde ervoor dat mensen grotere afstanden in korte tijd konden afleggen.
- Door de uitvinding van de computer en het internet kun je nu gemakkelijk communiceren met mensen over de hele wereld. Je kunt je weg vinden zonder te verdwalen en snel het nieuwste nummer van je favoriete artiest opzoeken.

Wat valt er nog uit te vinden?

Het is altijd moeilijk om te bedenken wat er nog niet is uitgevonden. Wie had vijftig jaar geleden kunnen bedenken dat we computers, tablets en navigatieapparatuur zouden hebben? Er liggen nog veel vragen uit de natuur- en scheikunde op een antwoord te wachten.

- Zijn we alleen in het heelal?
- Hoe kunnen we kanker voorkomen?
- Hoe kunnen we de wereld van energie blijven voorzien zonder het milieu te bederven?
- Hoe kunnen we nieuwe antibiotica maken?

Samengevat

Bij natuur- en scheikunde kijk je naar verschijnselen om je heen. Je probeert die te begrijpen en te verklaren. Dit doe je door te experimenteren of door verklaringen te bedenken met de theorie. Belangrijke onderwerpen in de natuur- en scheikunde zijn licht, warmte, krachten, stoffen, beweging, geluid en elektriciteit.

Natuur- en scheikundige kennis gebruik je om tot bepaalde ontdekkingen of uitvindingen te komen. Enkele belangrijke uitvindingen zijn de stoommachine, het vliegtuig en de computer.

1.1 Opdrachten

A 1

Juist of onjuist?

- a** Het vak natuur- en scheikunde (NaSk) gaat vooral over planten en dieren.
- b** Geluid en warmte zijn onderwerpen uit het vak NaSk.

B 2 H

Zet de volgende uitvindingen in de volgorde van oud naar nieuw: computer, stoommachine, vliegtuig, auto, GPS.

B 3

In dit hoofdstuk staan enkele onderwerpen waar je in dit boek meer over leert. Geef het onderwerp uit de natuur- en scheikunde dat het beste past bij de volgende situaties. Het mogen ook meerdere onderwerpen zijn.

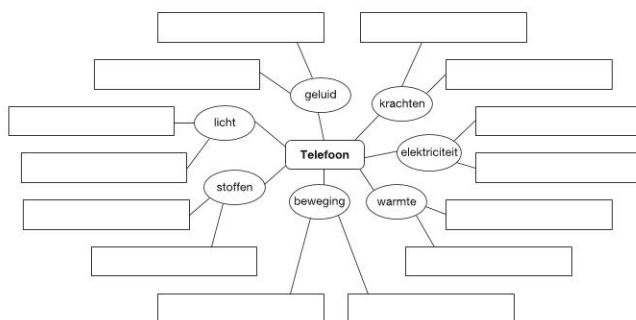
- a** In de zon is het extra warm als je een zwart T-shirt draagt.
- b** Je ziet soms een regenboog na een regenbui.
- c** Bij onweer komt de bliksem eerder dan de donder.
- d** Een ballon die je vult met helium stijgt op.

B 4 H

Noem alle onderwerpen uit figuur 1.2 die te maken hebben met een moderne smart-televisie.

C 5 V

Je telefoon heeft veel met natuur- en scheikunde te maken. Neem het woordweb over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Schrijf bij ieder genoemd onderwerp onderdelen of verschijnselen van je telefoon die erbij passen.



C 6

In deze paragraaf staan vier vragen waar de natuur- en scheikunde (nog) geen (duidelijk) antwoord op heeft.

- a** Probeer zelf op twee van deze vragen een antwoord te bedenken/voorspellen.
- b** Welke van deze vragen vind jij de belangrijkste?

+ 7 V

Nederland speelt op het gebied van natuur- en scheikunde een belangrijke rol. Er zijn veel Nederlanders die daar de zogenoemde Nobelprijs voor hebben gewonnen.

- a** Naar wie is de Nobelprijs vernoemd?
- b** Door welke uitvinding werd deze uitvinder beroemd?
- c** Zoek op welke Nederlandse natuur- en/of scheikundigen deze onderzoekeprijs hebben gewonnen.

+ 8 V

Veertig jaar geleden werden biologie en natuurkunde als volgt van elkaar onderscheiden: biologie gaat over de levende natuur, natuurkunde over de levenloze natuur.

- a** Gaat biologie altijd over levende natuur? Zo nee, geef tegenvoorbeelden.
- b** Gaat natuurkunde altijd over dode natuur? Zo nee, geef tegenvoorbeelden.

Steeds vaker zie je dat de verschillende vakken met elkaar samen moeten werken. Een ander woord voor scheikunde is chemie, een ander woord voor natuurkunde is fysica.

- c** Geef een voorbeeld van een biochemisch onderwerp.
- d** Geef een voorbeeld van een biofysisch onderwerp.

Je kunt nu

- enkele onderwerpen noemen die hebben te maken met natuur- en scheikunde;
- verschijnselen noemen die bij deze onderwerpen passen;
- enkele belangrijke ontdekkingen in de tijd plaatsen.



Discussievraag

In een laboratorium en in het practicumlokaal voor natuur- en scheikunde doe je experimenten. Dat gaat er altijd veilig en gestructureerd aan toe. Waarom is het zo belangrijk om rekening te houden met veiligheidsmaatregelen en welke ken je al?

Je leert • waar je op moet letten als je in het practicumlokaal werkt.

1.2 Het practicumlokaal

Experimenteren

Natuur- en scheikundigen doen al eeuwenlang onderzoek. Daaruit is al veel kennis voortgekomen. Bij NaSk leer je deze kennis (de theorie) en doe je zelf onderzoek. Het experiment dat je in de les doet, noem je het **practicum** of de **proef**. Om een practicum te doen heb je allerlei spullen en materialen nodig. Het practicumlokaal is hiervoor zo goed mogelijk ingericht. In het practicumlokaal vind je op de werktafel van de docent (en soms ook op je eigen werktafel) de volgende voorzieningen:

- een waterkraan: je gebruikt regelmatig water om iets af te koelen of uit te spoelen;
- een gaskraan: je moet soms iets verwarmen. Je gebruikt hiervoor een gasbrander;
- een stopcontact: je gebruikt voor een onderzoek een apparaat dat op elektriciteit werkt.

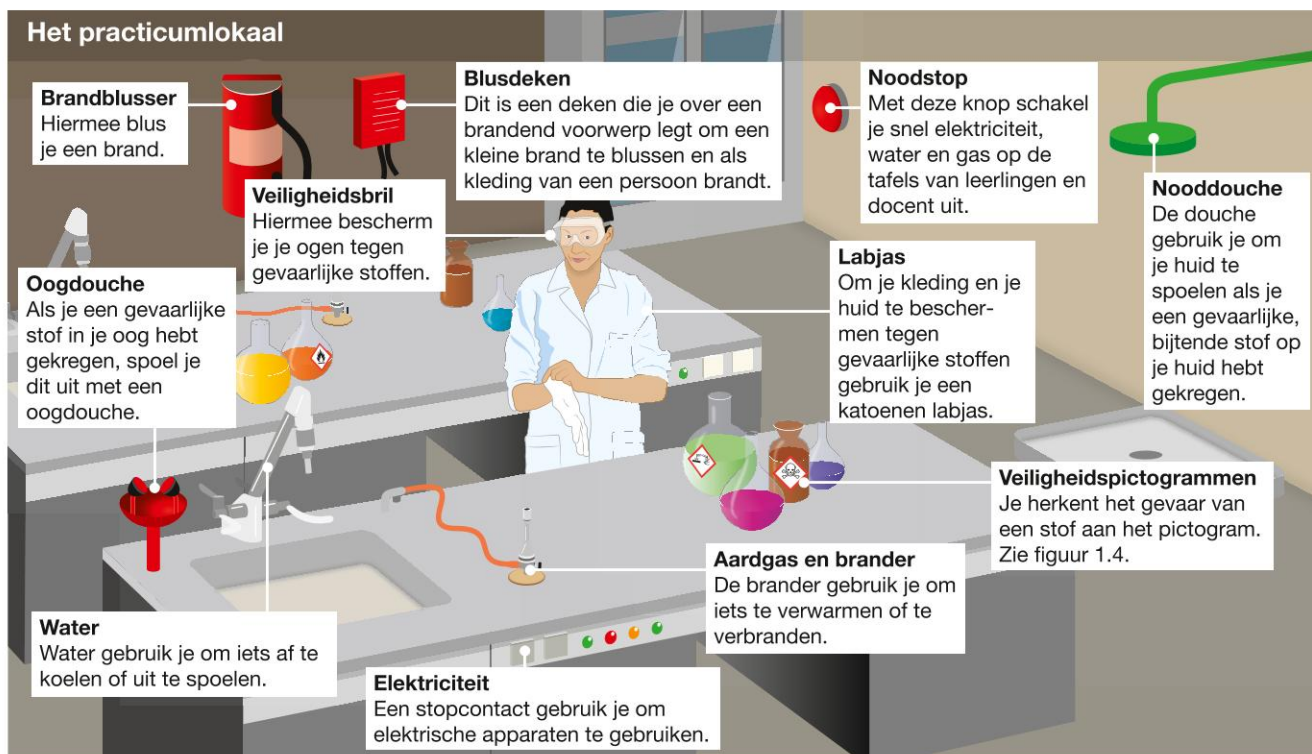
Veilig werken

Het is belangrijk dat je bij een practicum veilig werkt. Daarom gelden er regels die ervoor zorgen dat iedereen veilig kan werken. Deze noem je de **veiligheidsregels**. De belangrijkste zijn:

- luister goed naar de docent en de TOA (technisch onderwijsassistent);
- houd je aan de opdracht.

Als je werkt met vuur of met gevaarlijke stoffen:

- draag een labjas en een veiligheidsbril;
- draag lang haar in een staart.



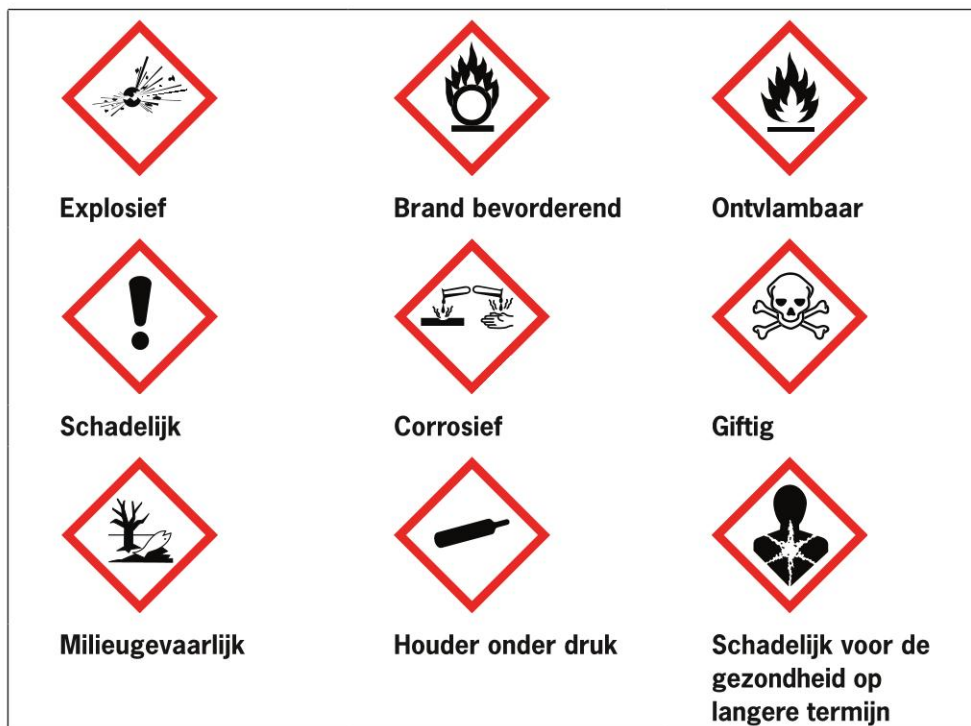
1.3 In het vaklokaal natuur- en scheikunde kun je bij een practicum elektriciteit, water en gas gebruiken. Soms werk je ook met gevaarlijke stoffen. Veilig werken is altijd belangrijk bij het vak natuur- en scheikunde.

In het practicumlokaal (figuur 1.3) vind je:

- **water**: om iets af te koelen of uit te spoelen;
- **gaskraan en brander**: om iets te verwarmen of te verbranden;
- **elektriciteit**: om elektrische apparaten te kunnen gebruiken.

Voor de veiligheid zijn ook aanwezig:

- **labjassen**: om je kleding en je huid te beschermen tegen gevaarlijke stoffen gebruik je een katoenen labjas;
- **veiligheidsbrillen**: om je ogen te beschermen tegen gevaarlijke stoffen draag je altijd een bril;
- **blusdeken**: om een kleine brand te blussen en als kleding van een persoon brandt, leg je er een blusdeken over;
- **brandblusser**: om een brand te blussen;
- **oogdouche**: om een gevaarlijke, bijtende stof die in je oog hebt gekregen uit te spoelen;
- **nooddouche**: om je huid te spoelen als je een gevaarlijke, bijtende stof op je huid hebt gekregen;
- **noodstop**: om snel elektriciteit, water en gas op de tafels van leerlingen en docent uit te schakelen;
- **veiligheidspictogrammen**: om gevaar te herkennen. Tijdens een practicum gebruik je soms stoffen zoals benzine, azijn of chloor. Als zo'n stof gevaarlijk is, dan staat op de verpakking van die stof een veiligheidspictogram. Een veiligheidspictogram is een plaatje waar je aan kunt zien waarom die stof gevaarlijk is. Zie figuur 1.4. Om toch veilig met deze stoffen te werken draag je een labjas en een veiligheidsbril.



1.4 Veiligheidspictogrammen

- Practicum 1
- Vaardigheid 1

Werken met een brander

In figuur 1.5 zie je een gasbrander die je bij NaSk gebruikt. Met de gasregelknop van de brander regel je de grootte van de vlam. Een vlam van ongeveer 10 cm hoog is goed.

Met de luchtregelschijf verander je de kleur en de temperatuur van de vlam. Als de luchtregelschijf dicht is, dan is de vlam geel. Dit is veilig, omdat je de vlam dan meteen goed ziet. Je noemt dit de pauzevlam, die je gebruikt als je even niets aan het verwarmen bent.

Als de luchtregelschijf een beetje open is, dan is de vlam lichtblauw. Met deze vlam kun je iets verwarmen. Die vlam is erg warm (veel warmer dan de gele vlam) en niet zo goed te zien. Als je de luchtregelschijf nog verder opendraait, dan maakt de vlam geluid. Het geluid lijkt op het ruisen van de wind. Je noemt dit een ruisende vlam. Die vlam is nog warmer en je gebruikt hem ook om iets te verwarmen.



1.5 De gasregelknop van de brander bepaalt de grootte van de vlam. Met de luchtregelschijf verander je de kleur en temperatuur van de vlam.
midden: schijf dicht, pauzevlam
links: schijf open, vlam om te verwarmen
rechts: gas vol open, ruisende vlam

Samengevat

In het practicumlokaal kun je water, aardgas en elektriciteit gebruiken. Voor de veiligheid zijn er een noodstop, een labjas, een veiligheidsbril en veiligheidsregels. Als er toch een keer iets misgaat, dan gebruik je de blusdeken, de brandblusser, de oogdouche of de nooddouche.

Giftige, bijtende en brandbare stoffen herken je aan het veiligheidspictogram.

Als je met een brander werkt, dan maak je eerst een gele vlam. Als je iets verwarmt, dan gebruik je een blauwe of een ruisende vlam. Je kunt de vlam instellen met de gasregelknop en de luchtregelschijf.

1.2 Opdrachten

A 9

Juist of onjuist?

- a In het practicumlokaal heb je geen elektriciteit nodig.
- b Op alle verpakkingen vind je een veiligheidspictogram.
- c Als je met gevaarlijke stoffen werkt, draag je een labjas.
- d Als kleding in brand staat, gebruik je een blusdeken.
- e Een blauwe vlam gebruik je om te verwarmen.

A 10 H

Geef aan welke voorziening (stopcontact, waterkraan, gaskraan) je nodig hebt voor het:

- a afkoelen of uitspoelen van iets;
- b doen van onderzoek naar elektriciteit;
- c verwarmen van iets;
- d onderzoek doen naar bewegingen.

A 11

Teken het veiligheidspictogram voor:

- a giftig;
- b bijtend;
- c schadelijk.

A 12 H

Hieronder staan drie pictogrammen. Schrijf de betekenis op.



B 13

Schrijf de veiligheidsregels op die je docent nog extra heeft gegeven.

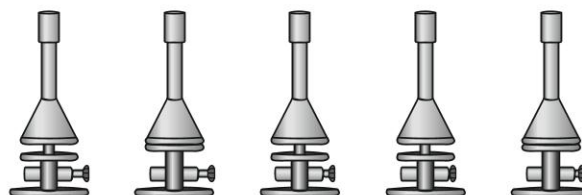
B 14

Schrijf de nummers op en het aantal van de voorzieningen die er in jouw practicumlokaal zijn.

- 1 stopcontacten op de werktafel van de docent
- 2 waterkranen op de werktafel van de docent
- 3 gaskranen op de werktafel van de docent
- 4 stopcontacten op de werktafels van de leerlingen
- 5 waterkranen op de werktafels van de leerlingen
- 6 gaskranen op de werktafels van de leerlingen
- 7 noodstoppen
- 8 posters met veiligheidsregels
- 9 labjassen
- 10 veiligheidsbrillen
- 11 blusdekens
- 12 brandblussers
- 13 oogdouches
- 14 nooddouches

C 15

Kijk goed naar de branders hieronder. Neem de tekeningen over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Teken hoe de vlam er bij iedere brander uit ziet.



+ 16 V

Bedenk zelf een pictogram voor de volgende veiligheidsregels.

- a Draag een labjas.
- b Draag een veiligheidsbril.
- c Draag lang haar in een staart.

Je kunt nu

- in het practicumlokaal herkennen wat de voorzieningen zijn voor elektriciteit, gas en water;
- de belangrijkste veiligheidsregels noemen;
- minstens vijf voorwerpen in het practicumlokaal benoemen die zorgen voor meer veiligheid;
- de veiligheidspictogrammen herkennen voor explosief, brand bevorderend, licht ontvlambaar, irriterend, corrosief, giftig, milieugevaarlijk, houder onder druk en schadelijk voor de gezondheid op langere termijn.



Discussievraag

In de bouw is het belangrijk dat alles op de plek zit zoals de ontwerper het heeft bedacht. Op de foto wordt de hoogte van een lichtknop nauwkeurig nagemeten. Wat kun je nog meer meten?

Je leert • hoe je meetinstrumenten nauwkeurig afleest.

1.3 Meten

Grootheden

Bij practicum doen, maar ook bij het koken, meet je vaak hoeveelheden. Om pannenkoeken te bakken gebruik je onder andere 200 gram bloem, 250 milliliter melk en drie eieren. Zie figuur 1.6. Deze hoeveelheden meet je op drie verschillende manieren: 200 gram bloem moet je wegen met een weegschaal en 250 milliliter melk meet je door de melk in een maatcilinder te gieten. De eieren moet je tellen.

Deze hoeveelheden meet je op verschillende manieren omdat het verschillende **grootheden** zijn. Een grootheid is een eigenschap die je kunt meten. Elke grootheid heeft een symbool. Voor massa gebruik je m en voor volume V . Symbolen voor grootheden staan in dit boek altijd schuin gedrukt.

Als je 200 gram bloem afmeet, meet je de grootheid **massa**. Massa geeft aan hoe zwaar iets is.

Als je 250 milliliter melk afmeet, meet je de grootheid **volume**. Volume is de hoeveelheid ruimte die een stof inneemt.

Als je drie eieren telt, meet je de grootheid aantal. Andere voorbeelden van grootheden zijn: temperatuur, lengte of afstand en tijdsduur.



1.6 De ingrediënten om pannenkoeken te bakken

► Vaardigheid 2

Meetinstrumenten en eenheden

Als je een grootheid wilt meten, gebruik je daarvoor een **meetinstrument**. Voor verschillende grootheden gebruik je verschillende meetinstrumenten.

In het vorige tekstblokje zag je dat je massa meet met een weegschaal en volume met een maatcilinder. Verder meet je temperatuur met een thermometer, lengte of afstand met een liniaal of met een rolmaat. Tijdsduur meet je met een stopwatch of met een klok.

De maat waarmee je een grootheid meet, heet de **eenheid**. Elke grootheid heeft een eenheid waarin deze grootheid wordt uitgedrukt. Hierover zijn internationale afspraken gemaakt en vastgelegd in het *Système International (SI)*. Massa meet je bijvoorbeeld in gram of kilogram, volume in liter of milliliter, lengte in meter of centimeter of kilometer. Eenheden hebben altijd een afkorting: gram schrijf je als g, kilogram als kg, liter als L, milliliter als mL. Je schrijft 100 meter dus op als 100 m. In figuur 1.7 zie je een overzicht van grootheden, eenheden met afkortingen en meetinstrumenten.

grootheid	symb.	eenheid	afk.	meetinstrument
aantal		-	-	teller
massa	m	kilogram	kg	weegschaal
		gram	g	
volume	V	liter	L	maatcilinder
		kubieke decimeter	dm ³	
		milliliter	mL	
		kubieke centimeter	cm ³	
lengte, afstand	ℓ of s	kilometer	km	liniaal, rolmaat
		meter	m	
		millimeter	mm	
temperatuur	T	graden Celsius	°C	thermometer
		kelvin	K	
tijdsduur	t	uur	h	klok
		minuut	min	stopwatch
		seconde	s	

1.7 Grootheden, symbolen, eenheden, afkortingen en meetinstrumenten

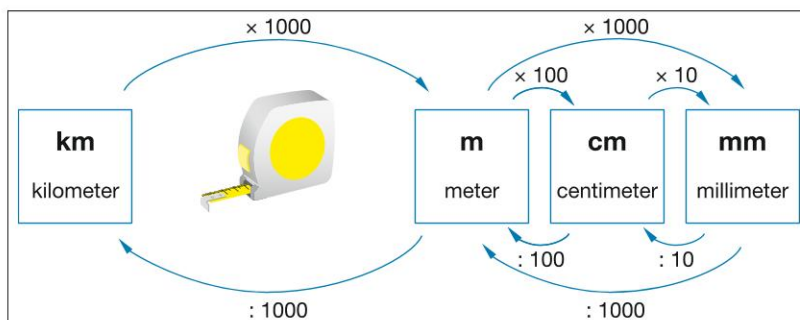
voorvoegsel	symb.	waarde
mega	M	1 000 000
kilo	k	1 000
deci	d	0,1
centi	c	0,01
milli	m	0,001
micro	μ	0,000 001

1.8 De meest voorkomende voorvoegsels

Grote of kleine getallen schrijf je soms op een andere manier. Zo wordt 1000 meter vaak geschreven als 1 kilometer. Het deel dat voor 'meter' staat is een **voorvoegsel**.

In figuur 1.8 zie je een overzicht van de meest voorkomende voorvoegsels.

Wanneer een grootheid meerdere eenheden heeft, kun je deze eenheden in elkaar omrekenen. Zie figuur 1.9. Dit gaat voor de eenheden gram, meter en liter op dezelfde manier. Bij de eenheden voor tijd werkt het anders.



1.9 Omrekenen tussen de eenheden

Meetinstrumenten kiezen

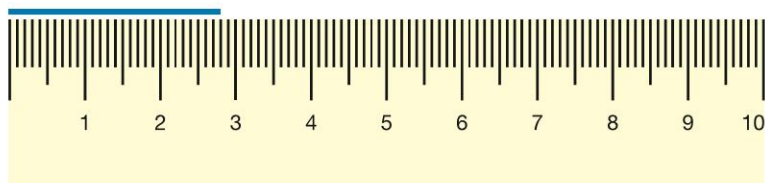
Als je gaat meten, is het belangrijk om het juiste meetinstrument te kiezen. Hierbij let je op drie dingen.

- Hoe nauwkeurig wil je meten?
- Hoe groot of klein wil je meten?
- Wat zijn de praktische omstandigheden?

Hoe nauwkeurig je kunt meten, hangt af van het **schaaldeel** op je meetinstrument. Een schaaldeel is de waarde tussen twee streepjes op de schaalverdeling. De kleinste afstand die je kunt meten met de liniaal in figuur 1.10 is 1 mm. Veel meetinstrumenten zijn digitaal.

Dan kun je de meetwaarde als getal aflezen op het venster van het meetinstrument. Je ziet dan geen schaaldeel, maar meestal staat wel op het display hoe nauwkeurig het instrument kan meten. Zie figuur 1.11.

Hoe groot of klein je kunt meten, hangt af van het **meetbereik** van je meetinstrument. Met een kookweegschaal kun je massa's tot 3 kg wegen. Het meetbereik is dan 3 kg. Met een weegbrug voor vrachtauto's kun je tot 40 000 kg wegen. Het meetbereik is dan 40 000 kg.



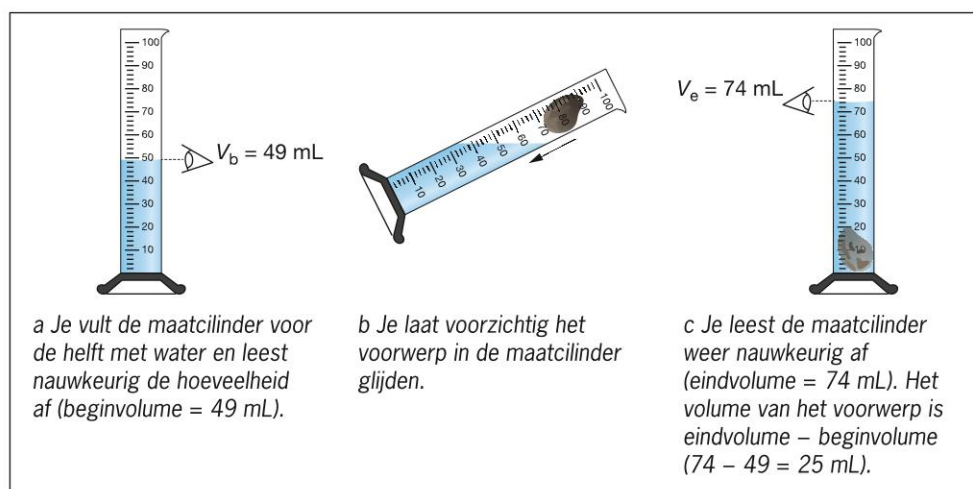
1.10 Met een liniaal met een schaaldeel van één millimeter kun je meten dat de blauwe lijn 28 mm lang is. Deze liniaal heeft een meetbereik van 0 tot 10 cm.



1.11 Een digitale afstandsometer

► **Practicum 2**
► **Practicum 3**

De praktische omstandigheden bepalen welk meetinstrument je kunt gebruiken en hoe je het kunt gebruiken. De omtrek van een boom kun je niet met een liniaal meten, maar wel met een meetlint. Het volume van een hoeveelheid water meet je met een maatcilinder, maar het volume van een steen is lastiger. Dan gebruik je de **onderdompelmethode**: je neemt een maatcilinder en vult deze gedeeltelijk met water. Zie figuur 1.12a. Je doet de steen er voorzichtig in. Zie figuur 1.12b. Je bepaalt nu hoeveel het volume is toegenomen. Zie figuur 1.12c. De toename van het volume is gelijk aan het volume van de steen.



1.12 De onderdompelmethode

Samengevat

Eigenschappen die je kunt meten, noem je grootheden. Voorbeelden van grootheden zijn massa, volume, aantal, lengte of afstand, temperatuur en tijdsduur. Grootheden kun je meten met een meetinstrument en je drukt ze uit in een eenheid. Bij grote en kleine getallen zet je voor een eenheid een voorvoegsel. Bij het kiezen van een meetinstrument let je op het schaaldeel van het meetinstrument, het meetbereik en de praktische omstandigheden. Het volume van een voorwerp bepaal je met de onderdompelmethode.

1.3 Opdrachten

A 17

Juist of onjuist?

- a Massa geeft aan hoe zwaar een voorwerp is.
- b Aantal is een grootheid.
- c Meter is de eenheid voor lengte.
- d Omrekenen van meter naar centimeter is delen door 10.
- e Volume is hoeveel ruimte iets inneemt.
- f Volume is hetzelfde als massa.

A 18 H

- a Leg uit wat wordt bedoeld met het volume.
- b Leg uit wat de massa aangeeft.

A 19 H

Leg uit wat wordt bedoeld met het meetbereik van een meetinstrument.

A 20

Neem de tabel over en vul in.

grootheid	symbool	eenheid	afkorting
massa			
			L
	T	meter	
			h

B 21

Reken om.

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 9,08 kg = ... g | 3 kg = ... g |
| 2086 g = ... kg | 30 500 g = ... kg |
| 0,73 L = ... mL | 80,9 mL = ... L |
| 0,73 L = ... dm ³ | 80,9 dm ³ = ... L |
| 9,08 dm ³ = ... mL | 2086 mL = ... dm ³ |
| 1½ min = ... s | 7200 s = ... h |
| 60 min = ... s | 20 s = ... min |

B 22

Reken om.

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 0,73 kg = ... g | 0,0321 kg = ... g |
| 106 g = ... kg | 80,9 g = ... kg |
| 9,08 L = ... mL | 2086 mL = ... L |
| 0,0321 L = ... mL | 30 500 mL = ... L |
| 0,0321 dm ³ = ... mL | 30 500 mL = ... dm ³ |
| 3 min = ... s | 270 s = ... min |
| 3 h = ... s | 76 min = ... h |

B 23

Je kunt je telefoon gebruiken als meetinstrument. Welke van de volgende grootheden kun je met je telefoon meten?

- A tijdsduur
- B massa
- C volume
- D temperatuur

B 24

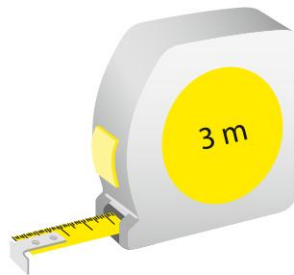
Bekijk de afbeelding van de liniaal.



- a Geef het schaaldeel van de liniaal.
- b Geef het bereik van de liniaal aan.

B 25 H

Geef de naam, het bereik en het schaaldeel van de onderstaande meetinstrumenten.



B 26

Hardlopers en wielrenners gebruiken een sporthorloge om allerlei gegevens over hun training te verzamelen. Die gegevens kunnen ze na de training op de computer bekijken. In de figuur zie je de resultaten van een training.

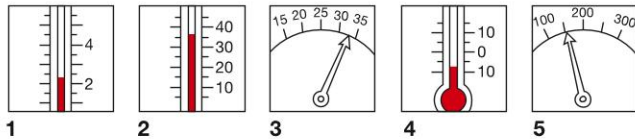
- a Geef aan welke grootheden je ziet.
- b Geef aan welke eenheden je ziet.



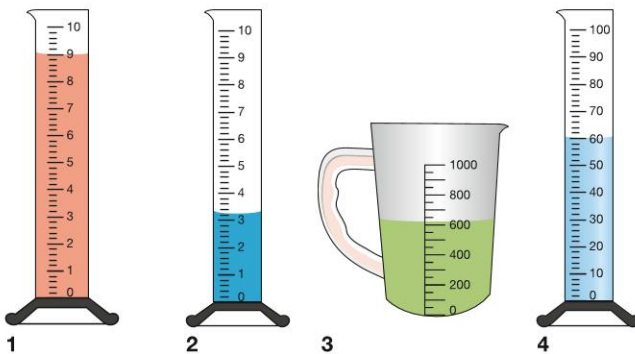
Activity: running
Date: 30-12-2016
Distance: 10,1 km
Total time: 58:05:22
Average speed: 10,17 km/u
Calories: 729 kcal
Export:

B 27

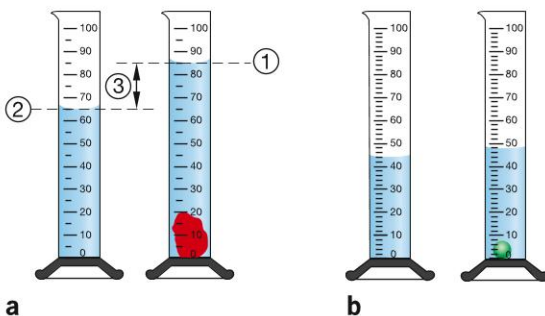
Lees de thermometers af en schrijf de waardes op die ze aangeven.

**B 28 H**

Lees de maatcilinders hieronder af en schrijf de volumes van de vloeistoffen op.

**B 29**

Bepaal het volume van de voorwerpen in de maatcilinders.

**C 30**

Een vakantie vriendin mailt dat ze 4'10" groot is, 4 foot en 10 inch.

$$1,0' = 1,0 \text{ foot} = 0,3048 \text{ m}$$

$$1,0'' = 1,0 \text{ inch} = 2,54 \text{ cm}$$

Bereken de lengte van je vakantie vriendin in:

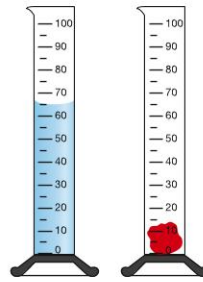
a m **b** cm

C 31 V

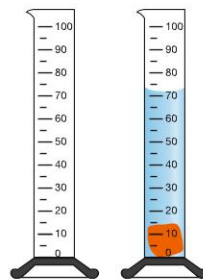
Neem de figuur hieronder over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

Maak de tekeningen van de onderdompelmethode af.

a Het volume van het voorwerp is 7 mL.



b Het volume van het voorwerp is 13 mL.

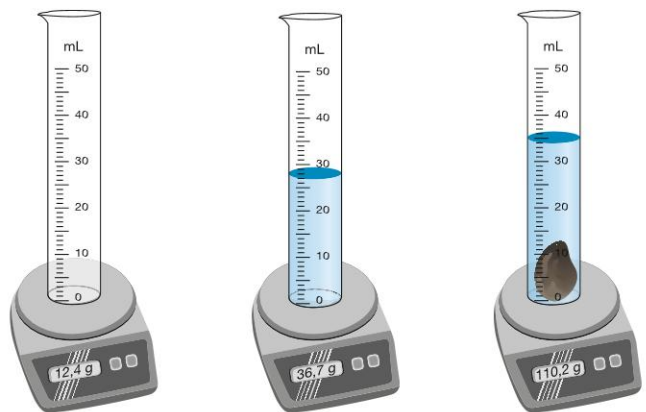
**+ 32 V**

Bekijk de afbeelding hieronder.

a Bepaal de massa van de vloeistof.

b Bepaal het volume van de steen.

c Bepaal de massa van de steen.



Je kunt nu

- meetinstrumenten en eenheden noemen voor het meten van de grootheden aantal, massa, volume, lengte, tijd en temperatuur;
- eenheden in elkaar omrekenen van de grootheden massa, volume, lengte en tijd;
- een meetinstrument aflezen waarbij je let op de schaal en het meetbereik;
- de onderdompelmethode toepassen om het volume van een voorwerp te bepalen.

Discussievraag

Met sensoren wordt gemeten of het meisje het juiste traject aflegt en hoe lang ze erover doet. Hoe wordt dat gemeten en welke onderzoeksvraag hoort daarbij?



Je leert • hoe je een onderzoek doet.

1.4 Onderzoeken

► Vaardigheid 3

Experimenteren

Als je een experiment doet, heb je daar een reden voor. Je wilt de theorie beter begrijpen en uitpluizen, leren werken met een apparaat of een verschijnsel onderzoeken om te kijken of je verwachting klopt. Je doorloopt daarbij steeds dezelfde stappen.

- 1 Je verkent de situatie en stelt een onderzoeksvraag op.
- 2 Je bedenkt een experiment en voert het uit.
- 3 Je werkt je resultaten uit en trekt een conclusie.

1 Je verkent de situatie en stelt een onderzoeksvraag op

Het bedenken en voorbereiden van een experiment begint met het **waarnemen** van een verschijnsel door zien, horen, voelen, ruiken of proeven. Je vraagt je af wat dat verschijnsel is, waar het mee te maken heeft of hoe het werkt.

Vervolgens stel je een **onderzoeksvraag** op. De onderzoeksvraag is de vraag die aangeeft wat je wilt onderzoeken. Bijvoorbeeld: 'Valt een zware bal sneller dan een lichte bal?' Je geeft een **voorspelling** van de uitkomst van je experiment. De voorspelling is je verwachting van de uitkomst van het experiment. Bijvoorbeeld: als je een zware bal en een lichte bal laat vallen, dan is de zware bal eerder op de grond dan de lichte bal. Na het uitvoeren van het experiment kun je een antwoord geven op de onderzoeksvraag en controleren of je voorspelling klopt.

2 Je bedenkt een experiment en voert het uit

Je bedenkt een experiment, welke grootheden je gaat meten en welke waarnemingen je doet. Dit is het **werkplan**. In het werkplan beschrijf je het experiment, de opstelling en je werkwijze, welke meetinstrumenten je nodig hebt en hoe je de resultaten gaat verwerken.

Je zorgt er verder steeds voor dat je zo veel mogelijk eerlijk vergelijkt. Zie voorbeeld 1. Daarbij moet je ervoor zorgen dat je zoveel mogelijk eerlijk vergelijkt (zie figuur 1.13) en de juiste meetinstrumenten kiest.



1.13 Vergelijk je lengtes zo eerlijk?

Voorbeeld 1: Eerlijk vergelijken

Als je onderzoekt of een zware bal sneller valt dan een lichte bal, dan vergelijk je eerlijk als je de ballen van dezelfde hoogte laat vallen en als de ballen even groot en even glad zijn. Je verandert dus alleen de massa van de bal.

Bij het uitvoeren van het experiment noteer je de waarnemingen van de metingen. Ook noteer je de volgorde van de metingen en eventuele ongelukjes met materialen of meet-instrumenten. Als je bijvoorbeeld de weegschaal laat vallen, dan zijn de metingen daarna misschien niet meer juist.

3 Je werkt je resultaten uit en trekt een conclusie

Je hebt nu je waarneming. De meetgegevens orden je en werk je uit. Op basis daarvan eindigt je experiment met het opschrijven van een **conclusie**. De conclusie is het antwoord op de onderzoeksvraag waarmee je het experiment bent begonnen. Je vergelijkt je conclusie altijd met je voorspelling.

Voorbeeld 2: Conclusie

Als je een bal laat vallen en de valtijd meet, dan kun je de volgende conclusies trekken:

- als de valhoogte groter wordt, dan wordt de valtijd ook groter;
- als de massa van de bal verandert, dan verandert de valtijd niet.

- **Practicum 4**
- **Vaardigheid 4**

Uitwerken met tabel en diagram

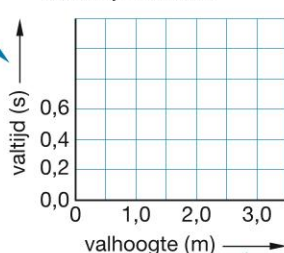
Bij een experiment voer je vaak een aantal metingen achter elkaar uit. Om overzichtelijk te werken noteer je die metingen in een tabel. Boven in de tabel staat welke grootheden je hebt gemeten en welke eenheid daarbij hoort. Bij het uitwerken van je experiment gebruik je de getallen uit de tabel om er een **diagram** van te maken. Een diagram is een assenstelsel waarin je de metingen tekent. De lijn door de meetpunten is de **grafiek**. Zie figuur 1.14.

Het tekenen van een grafiek uit een tabel

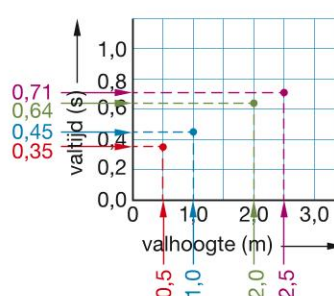
- 1 Gebruik de tabel met de meetwaarden.

valhoogte (m)	valtijd (s)
0,5	0,35
1,0	0,45
2,0	0,64
2,5	0,71

- 3 Zet de grootheid en de eenheid uit de kop van de tabel bij iedere as.



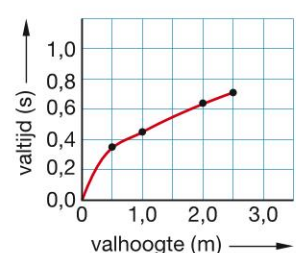
- 5 Zet de getallen uit de tabel als dikke punten in je diagram. Zorg dat de punten zichtbaar blijven.



- 2 Teken een assenstelsel.

- 4 Geef iedere as een regelmatige schaalverdeling.

- 6 Teken de grafiek. Je tekent met je liniaal een rechte lijn tussen de meetpunten door of je tekent een vloeiende lijn tussen de meetpunten door.



1.14 Het uitwerken van je meetresultaten

► Vaardigheid 5

Presenteren: verslag

Van een experiment kun je een **verslag** maken. Een verslag is een schriftelijke uitwerking van het experiment. Daarin staan in ieder geval de volgende zeven onderdelen:

- naam/namen, klas en datum van het experiment
- titel
- onderzoeksvraag
- voorspelling
- opstelling en werkwijze
- resultaten en verwerking
- conclusie

Naast het maken van een verslag op papier zijn er ook andere mogelijkheden om je experiment te presenteren. Dit kan mondeling met ondersteuning van een presentatie, je kunt een poster of een film maken waarin je het experiment in beeld brengt en de conclusie presenteert. Ook bij andere vormen van presenteren komen de zeven onderwerpen hierboven steeds terug.

**Voorbeeld 3: Een verslag maken****Titel**

De valproef

Naam, klas, datum

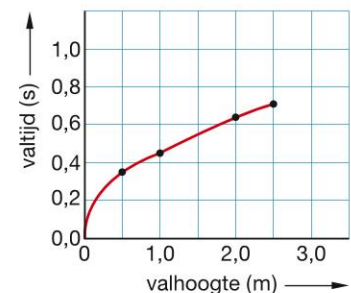
Arian Engelsma, klas H2a, 20 september 2016

OnderzoeksvraagWat gebeurt er met de valtijd als de valhoogte $2\times$ zo groot wordt?**Voorspelling**Als de valhoogte $2\times$ zo groot wordt, wordt de valtijd ook $2\times$ zo groot.**Opstelling en werkwijze**

Je neemt een tennisbal en laat deze vanaf een hoogte van 50 cm vallen. Je meet hoelang de bal hier over doet. Je herhaalt dit voor een hoogte van 1,0 meter, 2,0 meter en 2,5 meter.

Resultaten en verwerking

valhoogte (m)	valtijd (s)
0,5	0,32
1,0	0,45
2,0	0,64
2,5	0,71

**Conclusie**

Als de hoogte $2\times$ zo groot wordt, wordt de valtijd minder dan $2\times$ zo groot.

De voorspelling klopte niet.

Samengevat

Experimenteren werkt volgens de stappen:

- verkennen en onderzoeksvraag opstellen;
- experiment bedenken en uitvoeren;
- resultaten uitwerken, een conclusie trekken en presenteren.

Bij experiment bedenken noteer je ook je werkplan: de methode van waarnemen en meten.

Bij eerlijk vergelijken verander je alleen die grootheid waarvan je het effect onderzoekt.

De onderzoeksvraag is de vraag die aangeeft wat je wilt onderzoeken. Je doet ook een voorspelling van de uitkomst. Als het experiment is uitgevoerd en uitgewerkt, kun je de conclusie noteren. Dat is het antwoord op de onderzoeksvraag. In een verslag presenteert je de resultaten van een experiment.

1.4 Opdrachten

A 33

Juist of onjuist?

- a Waarnemen kun je alleen door 'zien' en 'horen'.
- b Een tabel is hetzelfde als een diagram.
- c In een diagram moeten alle punten op een vloeiende lijn liggen.
- d Bij de conclusie probeer je altijd een verband te ontdekken.

A 34 H

Na het uitvoeren van een experiment maak je vaak een verslag. Noem de zeven punten die in het verslag horen.

A 35 H

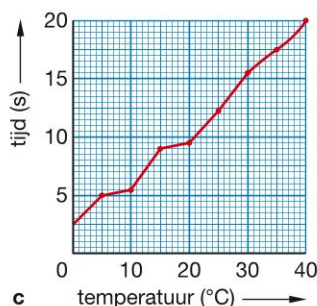
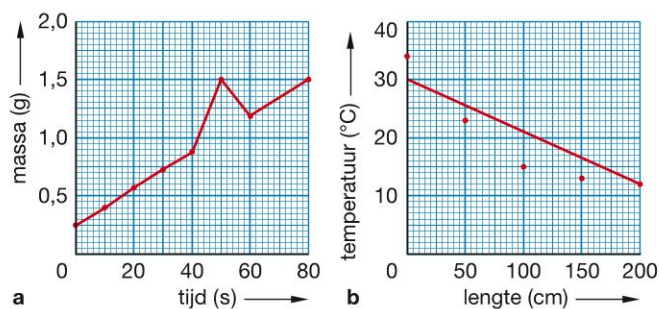
Bij welk onderdeel van het verslag horen een tabel en een diagram?

A 36

Wat is het verschil tussen een diagram en een grafiek?

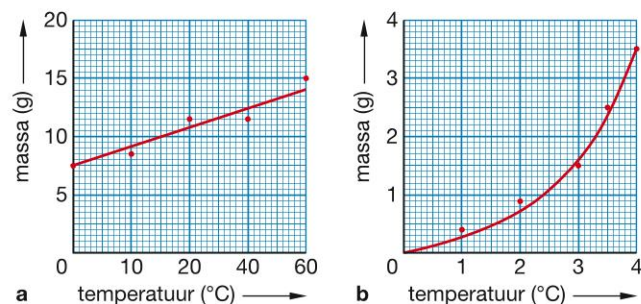
B 37

Bekijk de diagrammen hieronder. De grafiek is niet goed getekend. Neem de diagrammen over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Verbeter de grafieken.



B 38 H

In onderstaande diagrammen zit steeds een fout.

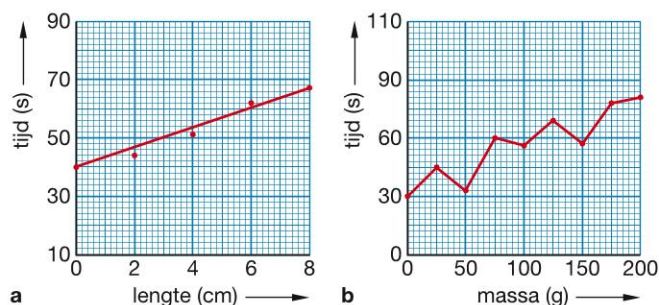


Kies voor a en b afzonderlijk waar de fout zit.

- A de getallen op de horizontale as
- B de getallen op de verticale as
- C de grootheden bij de assen
- D de lijn door de meetpunten

B 39

Waarin zit de fout in de onderstaande diagrammen?



B 40 H

Margreet houdt met een gps tijdens een wandeling de afgelegde afstand en de tijd bij. Deze gegevens verzamelt ze in een tabel. Maak een diagram van de meetresultaten. Zet de tijd op de horizontale as.

tijd (min)	afstand (m)
1	75
2	150
3	230
4	310
5	390
6	470
7	540
8	620
9	700

B 41

Jair heeft een verslag gemaakt van een experiment met een schommel. Hij wilde weten of de schommel sneller slingert als de massa van de persoon op de schommel groter wordt.

Wat zou een goede onderzoeksvraag zijn voor het verslag van Jair?

C 42 V

Bouke laat een parachute van een hoogte van 2,0 m naar beneden vallen. Hij meet de valtijd. Daarna hangt hij steeds meer gewichtjes aan de parachute en meet steeds de valtijd. Ieder gewichtje heeft een massa van 25 g. De parachute heeft zelf ook een massa van 25 g.

a Wat zou de onderzoeksvraag van Bouke kunnen zijn?

Hieronder staat een tabel met de meetgegevens van Bouke.

aantal gewichtjes	valtijd (s)
0	2,6
1	1,9
2	1,5
3	1,3
4	1,2

b Maak een grafiek van de meetresultaten van Bouke. Zet de totale massa op de horizontale as.

c Geef de conclusie van dit experiment.

C 43

Neeltje vult een waterkoker met 1,0 L kraanwater. Dan zet ze de waterkoker aan en meet iedere halve minuut de temperatuur. Ze stopt bij een temperatuur van 100 °C, want dan kookt het water. Daarna schenkt ze de waterkoker leeg en vult hem opnieuw met 1,0 L koud kraanwater. Ze wikkelt de waterkoker in een wollen sjaal en zet hem aan.

De resultaten van beide proeven staan in de tabel hieronder.

t (min)	zonder sjaal T (°C)	met sjaal T (°C)
0	16	16
0,5	32	38
1,0	48	68
1,5	62	75
2,0	76	88
2,5	87	95
3,0	93	99
3,5	98	100
4,0	100	100

a Zet de resultaten van beide proeven in één diagram. Zet de tijd op de horizontale as.

b Bij welke meting heeft Neeltje de temperatuur waarschijnlijk niet goed afgelezen of niet goed opgeschreven?

c Welke temperatuur had Neeltje hier moeten opschrijven?

d Wat kan de onderzoeksvraag van Neeltje zijn geweest?

e Geef de conclusie van dit experiment.

+ 44 V

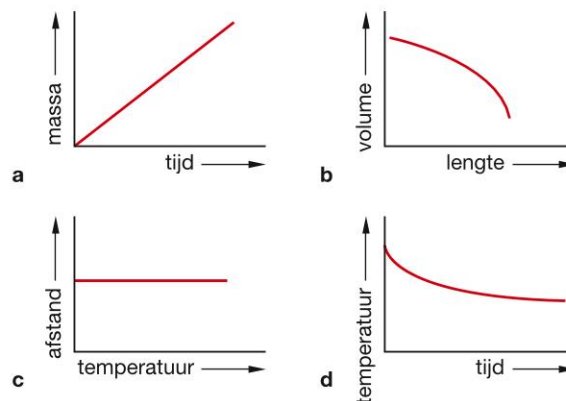
Een onderzoeksvraag is: in welk klaslokaal werkt de verwarming het best?

Om deze vraag te beantwoorden zet je de verwarming in een aantal klaslokalen aan en meet je daarna de temperatuur in de lokalen.

Noteer twee omstandigheden die hetzelfde moeten blijven om eerlijk te vergelijken.

+ 45 V

Omschrijf het verband bij de onderstaande diagrammen.



Je kunt nu

- de drie stappen van een experiment benoemen;
- een diagram maken van je meetresultaten;
- een verslag maken van een experiment;
- uit de resultaten van een experiment een conclusie trekken;
- de volgende termen omschrijven: onderzoeksvraag, voorspelling, waarneming.



Discussievraag

In plaats van gips kun je een gebroken arm ook inpakken met een spalk die met een 3D-printer is gemaakt. Deze spalk is lichter en minstens zo sterk als gips.

Waarmee moet je nog meer rekening houden bij het ontwerpen van deze spalk?

Je leert • hoe je een ontwerp maakt.

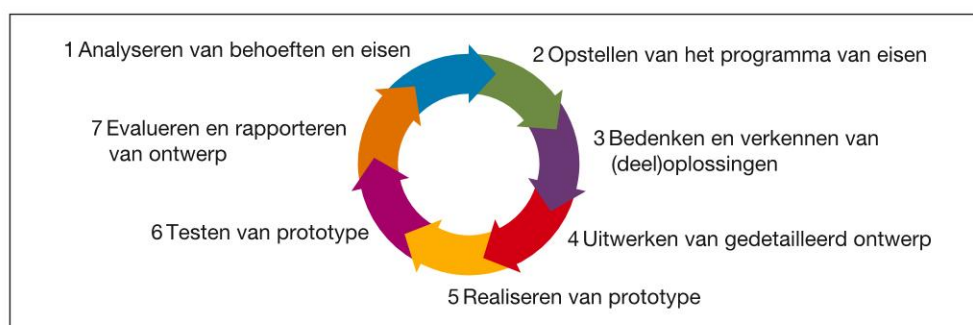
1.5 Ontwerpen

- **Practicum 5**
- **Vaardigheid 8**

De ontwerpcyclus

Bij ontwerpen werk je een idee uit tot een product. Je volgt daarbij een vast stappenplan. Meestal moet je een of meer stappen herhalen, of zelfs het hele proces opnieuw doorlopen. Daarom noem je het stappenplan de **ontwerpcyclus**. Zie figuur 1.15.

Je begint met het analyseren van de behoeften en eisen waaraan het product moet voldoen. Dit leg je vast in het **programma van eisen**. Daarna ga je allerlei mogelijke oplossingen bedenken en verkennen. De beste oplossing werk je in detail uit. Dit noem je het **ontwerp**. Dit ontwerp realiseer je in een proefversie of **prototype**. Het prototype test je aan de hand van je programma van eisen. Als laatste stap evalueer je het ontwerp: je beoordeelt of je aan de ontwerp vraag hebt voldaan en hoe je het ontwerp kunt verbeteren. Je maakt een verslag van alle stappen van het ontwerpproces.



1.15 De ontwerpcyclus



1.16 Flesje met schroefdop



1.17 Drinkzakje met drinktuitje



1.18 Stevige beker met deksel

Voorbeeld 4: Een verpakking voor sap ontwerpen

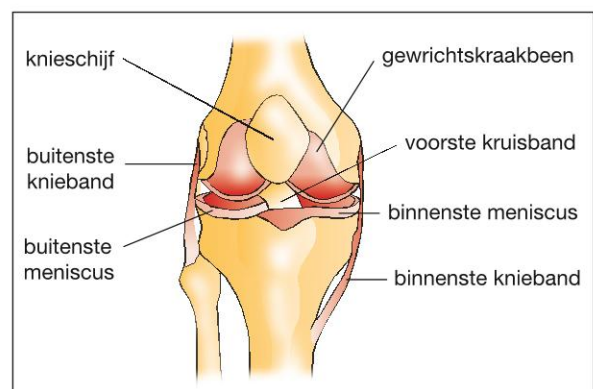
Je hebt een baantje bij een sappenbar dicht bij de school. Je vrienden vinden het verse sap van de bar veel lekkerder dan sap uit pakjes, maar toch drinken ze op school alleen uit pakjes. Die zijn gemakkelijk mee te nemen. Je overlegt met je baas en jullie besluiten samen een nieuwe verpakking te ontwerpen. Je werkt daarbij volgens het stappenplan.

- Eerst analyseer je de behoefte: de verpakking moet klein en handig zijn om mee te nemen en om uit te drinken (1).
- De verpakking mag ook niet te duur worden en moet gemakkelijk te vullen zijn. Je legt dit vast in het programma van eisen (2).
- Jullie gaan nu samen brainstormen en komen tot drie oplossingen: een klein plastic flesje met schroefdop (figuur 1.16), een drinkzakje met drinktuitje (figuur 1.17) en een stevige beker met deksel (figuur 1.18) (3).
- De drie voorstellen worden nu verkend: wat zijn de voor- en nadelen? De stevige beker is duur, het drinkzakje is niet gemakkelijk te vullen en niet sterk genoeg voor in de schooltas. Het plastic flesje lijkt de beste kandidaat (4).
- Je informeert bij een fabrikant; die kan ze wel leveren, maar dan moet je er minstens 10 000 bestellen. Die voorraad past nooit in de kleine bar! Je overlegt met je baas en jullie besluiten het programma van eisen aan te passen: de verpakking moet ook klein en stapelbaar zijn (terug naar 2). Na een nieuwe brainstormsessie komen jullie uit op een beker als technisch beste oplossing (opnieuw 3 en 4).
- Je onderzoekt of er iets aan de prijs te doen is. Dit kan als je er een statiegeldbeker van maakt. Dit wordt nu het definitieve ontwerpvoorstel en je werkt het helemaal uit. Het wordt een stapelbare beker van plastic met schroefdeksel, want die breekt niet snel, blijft goed dicht en is goed te vullen en schoon te maken. Ook is hij niet duur, want hij wordt hergebruikt. Om te testen of hij handig is in gebruik koop je een plastic beker met deksel (5).
- Je probeert hem in de praktijk (6). Je baas keurt hem goed en je definitieve ontwerp wordt in gebruik genomen.
- Na een tijdje ondervraag je de gebruikers wat ze ervan vinden en je rapporteert dat aan je baas (7).

Omgekeerd ontwerpen

Bij **omgekeerd ontwerpen** analyseer je een bestaand product. Je bekijkt dan de onderdelen en probeert de functie, de werking en de samenhang ervan te achterhalen aan de hand van hun vorm, hun plaats en de eigenschappen van de gebruikte materialen. Soms is het voorwerp niet eens echt ontworpen, bijvoorbeeld een kniegewricht (figuur 1.19), maar kun je er toch veel van leren, bijvoorbeeld om een prothese te ontwerpen.

Voetballers hebben vaak problemen met hun kniegewrichten. Een chirurg kan de functie van de onderdelen van de knie achterhalen door te kijken naar de vorm, de plaats en de eigenschappen van de weefsels. De meniscus is zacht, vlak en glad en zit tussen beide botten. Hij werkt dus als stootkussen. De kruisband is sterk en buigzaam, heeft een vaste lengte en zit aan beide botten vast: hij houdt de twee botten dus bijeen. Met deze informatie kan de chirurg nu een prothese voor een beschadigde knie laten ontwerpen.



1.19 Een echte knie als 'prototype'

Eigenschappen van materialen

Een onderdeel van het ontwerpproces is het kiezen van de materialen voor je product. De functie van een onderdeel bepaalt van welk soort materiaal je dat onderdeel kunt maken. Er zijn veel **materiaaleigenschappen** waarop je moet letten als je een materiaal kiest:

- 1 scheikundig; het materiaal moet veilig en niet-giftig of vervuילend zijn;
- 2 natuurkundig; soms moet het materiaal stevig, soms doorzichtig zijn, of warmte of stroom kunnen geleiden;
- 3 technisch; de vormen van de onderdelen moeten van het materiaal te maken zijn;
- 4 economisch; het materiaal moet niet te duur en gemakkelijk verkrijgbaar zijn;
- 5 esthetisch: de materialen moeten liefst zo gekozen zijn, dat het product mooi is.

In voorbeeld 5 zie je hoe al deze eigenschappen een rol spelen bij een ontwerp.



1.20 Een staafmixer met beker. Elk onderdeel heeft zijn eigen functie: daarbij hoort steeds een ander materiaal.

Voorbeeld 5: Materialen kiezen voor een staafmixer

In figuur 1.20 zie je een staafmixer. In de voet van de staafmixer zit een mesje dat snel kan ronddraaien om in de beker voedsel fijn te malen.

Scheikundig: het voetstuk, het mesje en de beker komen in contact met het voedsel en mogen dus niet giftig zijn, bijvoorbeeld niet van zware metalen zijn gemaakt. Ze mogen ook niet roesten.

Natuurkundig: het materiaal van het mesje moet hard zijn, zodat het niet kapotgaat als er harde noten in het voedsel zitten. De beker moet doorzichtig zijn, zodat je kunt zien of het voedsel fijn genoeg is. Het snoer moet elektriciteit geleiden en de buitenkant moet zijn geïsoleerd. Het handvat mag geen warmte geleiden.

Technisch: de materialen moeten goed vervormbaar zijn om de gewenste onderdelen te maken, zoals het voetstuk, het handvat en de beker.

Economisch: de materialen moeten niet te duur zijn, want dan kan de staafmixer niet met andere merken concurreren.

Esthetisch: de materialen moeten ervoor zorgen dat de staafmixer er mooi uitziet.

Samengevat

Bij het ontwerpen van nieuwe producten volg je een stappenplan: de ontwerpcyclus. Je denkt na over het programma van eisen, bedenkt oplossingen en kiest er een uit voor een ontwerp dat je uitwerkt. Je maakt een prototype en test het. Als het product niet voldoet en je iets wilt verbeteren, herhaal je stappen uit de ontwerpcyclus.

Bij omgekeerd ontwerpen bekijk je een bestaand voorwerp of product. Je schrijft de functie en het materiaal van ieder onderdeel op.

Bij het ontwerpen van een product houd je rekening met de eisen voor gebruik en met de eigenschappen van materialen. Deze eisen kunnen van scheikundige, natuurkundige, technische, economische en esthetische aard zijn.

1.5 Opdrachten

A 46

- Noem de zeven stappen van de ontwerpcyclus.
- Welke stap levert een ontwerp op?
- Welke stap levert een prototype op?

A 47 H

Wat is een prototype?

A 48 H

- Wat is het doel van omgekeerd ontwerpen?
- Hoe ga je daarbij te werk?

A 49

- Geef de vijf soorten eigenschappen die je bij de materiaalkeuze gebruikt.
- Geef bij iedere soort twee voorbeelden van eigenschappen.

B 50 H

In de figuren hieronder zie je drie soorten stoelen.



- Noem vijf verschillende materialen die worden gebruikt voor het maken van stoelen.
- Noem drie eisen voor gebruik van een tuinstoel.
- Noem de functie van een rugleuning.
- Schrijf bij iedere stoel één belangrijke eis die bij deze stoel veel belangrijker is dan bij de andere stoelen.

B 51

Kies een interessant voorwerp uit je omgeving dat je uit elkaar mag halen. Ga te werk volgens het omgekeerd ontwerpen. Benoem ten minste vijf verschillende onderdelen en noem de functie ervan. Vertel erbij wat de vorm, de plaats en het materiaal je zegt over de functie van het onderdeel.

C 52

Je ontwerpt een verplaatsbare tuintafel die weinig onderhoud nodig heeft. De tafel moet bestaan uit een frame en een tafelblad. Neem de tabel hieronder over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Zet in de tabel 'ja' in als je het materiaal geschikt vindt en 'nee' als je het niet geschikt vindt. Doe dit voor het frame en het tafelblad.
- Schrijf bij de materialen die niet geschikt zijn in de kolom 'want' waarom het materiaal niet geschikt is.
- Kies het materiaal dat je zelf het liefst zou gebruiken.
- Maak een schets van jouw ontwerp van deze tafel.

ontwerp van een verplaatsbare tuintafel met weinig onderhoud

	frame		tafelblad	
	ja/nee	want	ja/nee	want
hout				
kunststof				
metaal				
textiel				
leer				
steen				
beton				
glas				

+ 53 V

Bij het opstellen van een programma van eisen wordt vaak vanuit verschillende gebruikers naar het ontwerp gekeken. Bij het ontwerp van speelgoed zijn dat niet alleen de kinderen die met het speelgoed spelen, maar ook nog de ouders die letten op veiligheid en die het speelgoed op moeten ruimen.

- Ga na welke eisen kinderen zullen stellen aan een glijbaan in de tuin.
- Ga ook na welke eisen ouders aan die glijbaan stellen.
- Welke van die eisen zijn met elkaar in conflict?
- Welke keuze zou jij in die gevallen maken en waarom?

Je kunt nu

- de stappen van een ontwerpcyclus noemen en gebruiken;
- van een voorwerp een omgekeerd ontwerp maken;
- aangeven waarom in een voorwerp voor bepaalde materialen is gekozen.

Practica

1 Werking van een gasbrander

- 25 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 1

Inleiding

In de zomer gaan veel mensen kamperen. Als je op een camping een hamburger of een ei wilt bakken, gebruik je een gasbrander. Ook bij NaSk gebruik je een gasbrander om stoffen te verwarmen.

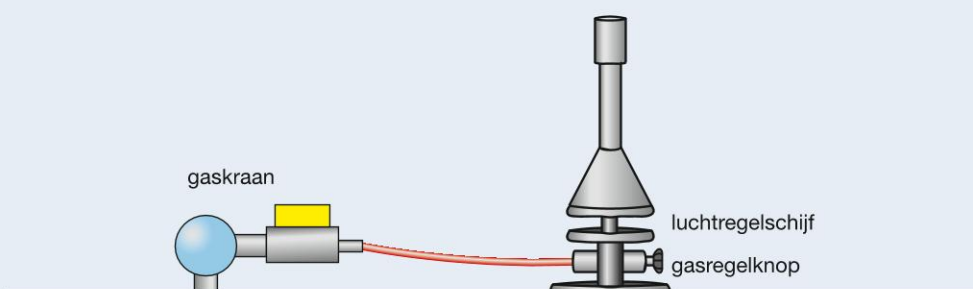
Onderzoeksvraag

Hoe werkt een gasbrander?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- gasbrander
- lucifers
- metalen lepel
- veiligheidsbril



Het werken met een brander is niet ongevaarlijk. Denk dus altijd aan alle veiligheidsregels. Vooral belangrijk: labjas aan en lang haar in een staart.

- 1 Pak een brander en sluit deze aan op de gaskraan.
- 2 Controleer of de gasregelknop dicht is.
- 3 Controleer of de luchtregelschijf dicht is (helemaal naar boven draaien).
- 4 Draai de gaskraan open.
- 5 Steek een lucifer aan en houd deze boven de brander.
- 6 Draai de gasregelknop open, zodat er een gele vlam komt. Je noemt dit te pauzevlam.
- 7 Wapper de lucifer uit.
- 8 Draai voorzichtig de luchtregelschijf open. Noteer wat je hoort en ziet.
- 9 Zet de gasbrander uit: draai eerst de luchtregelschijf helemaal dicht, draai vervolgens de gasregelknop dicht en draai als laatste de gaskraan dicht.

Vragen

- a Welke vlam zie je bij het aanzetten van de gasbrander?
- b Welke kleur heeft de vlam als je de luchtregelschijf een klein beetje opendraait?
- c Wat verandert er aan de vlam als je de luchtregelschijf helemaal opendraait?
- d Bij het verwarmen van een stof gebruik je nooit de gele vlam. Leg uit waarom niet. Als je het antwoord niet weet, vraag dan toestemming van je docent om een metalen lepel in de gele vlam te houden.
- e Waarom wordt de pauzevlam zo genoemd?

2 Het juiste meetinstrument

- 45 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 2

Inleiding

Als je bij het gemeentehuis een paspoort of ID-kaart koopt, moet je je lichaamslengte doorgeven. Daarom hangt daar een meetlint zodat je direct je eigen lengte kunt meten. Voor een loodgieter, die de dikte van een afvoerpijp moet bepalen, is een meetlint niet geschikt. Een loodgieter gebruikt daarvoor een schuifmaat.

Onderzoeksvraag

Wat is het geschikte meetinstrument om de lengte, hoogte of dikte van verschillende voorwerpen te bepalen?

Voorspelling

Noteer hoe vaak je denkt dat je je geodriehoek moet gebruiken om de hoogte van het lokaal te bepalen.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- schuifmaat
- liniaal
- rolmaat
- geodriehoek



- 1 Neem de tabel hieronder over.
- 2 Pak het juiste meetinstrument en bepaal de lengte, hoogte of dikte van de voorwerpen in de tabel.
- 3 Noteer in de tabel het gekozen meetinstrument en je meting. Zorg dat je de juiste eenheid achter de meetwaarde zet.
- 4 Doe dit ook met twee zelf gekozen voorwerpen.

	meetinstrument	lengte, hoogte of dikte
dikte van je boek		
lengte van het lokaal		
hoogte van het lokaal		
dikte van je potlood		
lengte van je tafel		
hoogte van je tafel		
...		

Vragen

- a Wat is de kleinste eenheid die je hebt gebruikt?
- b Geef het schaaldeel en het meetbereik van alle gebruikte meetinstrumenten.
- c Reken met je gevonden meetwaarde uit hoe vaak je je geodriehoek moet gebruiken om de hoogte van het lokaal te bepalen. Hoe ver zat je met je voorspelling af van de gemeten waarde? Waarom is een geodriehoek niet handig om de lengte van het lokaal te meten?

3 Meten van volume

- 30 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 2

Inleiding

Je hebt zin in een warm bad. Je laat het bad flink vollopen. Als je in het bad gaat zitten, stijgt het waterniveau. Met een maatcilinder kun je op eenzelfde manier het volume bepalen van verschillende voorwerpen.

Onderzoeksvraag

Welk voorwerp heeft het grootste volume?

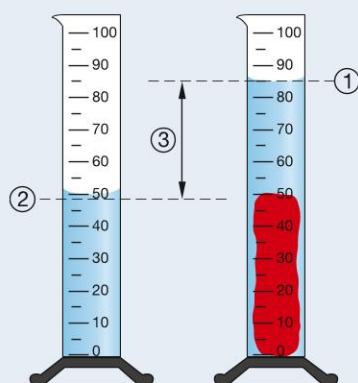
Voorspelling

Voorspel welk voorwerp het grootste volume heeft. Noteer dit.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- maatcilinder 100 mL
- water
- vier verschillende voorwerpen (bijvoorbeeld metalen bout, kiezelsteen, glazen knikker, metalen blokje)



- 1 Neem de tabel hieronder over.
- 2 Vul een maatcilinder voor ongeveer de helft met water. Lees het volume af en noteer de waarde in de tabel.
- 3 Laat voorzichtig een voorwerp in de maatcilinder zakken. Lees het volume af en noteer de waarde in de tabel.
- 4 Bereken het volume van het voorwerp. Noteer ook deze waarde in je tabel.
- 5 Doe hetzelfde met nog drie andere voorwerpen.

	voorwerp 1	voorwerp 2	voorwerp 3	voorwerp 4
beginvolume (mL)				
eindvolume (mL)				
volume van het voorwerp (mL)				

Vragen

- a Geef de conclusie.
- b Waarop moet je letten als je een maatcilinder gevuld met water afleest?
- c Waarom lukt dit experiment niet met een houten voorwerp?
- d Noem nog twee stoffen waarvan je het volume niet met de onderdompelmethode kunt bepalen.

4 Water koken

- 20 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 1

Inleiding

Voor een lekker kopje thee heb je kokend water nodig. Veel mensen gebruiken een waterkoker om het water aan de kook te brengen. Bij NaSk gebruik je een gasbrander om vloeistoffen te verwarmen.

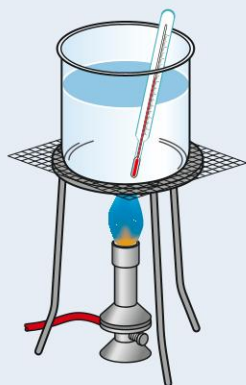
Onderzoeksvraag

Wat is het temperatuurverloop tijdens het verwarmen van water?

Voorspelling

Stijgt de temperatuur steeds even snel?

Opstelling en werkwijze



Je hebt nodig:

- bekerglas 250 mL
- gasbrander
- driepoot
- water
- thermometer
- stopwatch

- 1 Vul het bekerglas met 150 mL water.
- 2 Meet de begintemperatuur van het water.
- 3 Zet het bekerglas op het gaasje op de driepoot.
- 4 Steek de brander aan zoals je hebt geleerd in practicum 1. Schuif de brander onder de driepoot en verwarm het water met de blauwe vlam. Start de stopwatch.
- 5 Meet om de 30 seconden de temperatuur van het water totdat de temperatuur niet meer stijgt.
- 6 Noteer je metingen in de tabel.
- 7 Noteer in de laatste kolom van de tabel wat je ziet gebeuren.

tijd (s)	temperatuur (°C)	wat neem je waar?
0		
...		

Vragen

- a Maak van bovenstaande tabel een diagram. Bij NaSk zet je de grootte die je hebt gemeten altijd op de verticale as.
- b Geef de conclusie.
- c Klopte je voorspelling?
- d Waarom heb je het water met een blauwe vlam verwarmd?

5 Ontwerp je eigen veiligheidspictogram

- 30 minuten
ontwerpopdracht
- Vaardigheid 8

Inleiding

Om veilig te werken met verschillende stoffen staan er veiligheidspictogrammen op potjes en verpakkingen. In het klaslokaal gelden nog veel meer veiligheidsregels waar je je altijd aan moet houden. Hiervoor zijn geen pictogrammen afgesproken.



Je hebt nodig:

- papier
- kleurpotloden
- potlood
- gum

Opdracht

- 1 Bedenk vier belangrijke veiligheidsregels die gelden in het practicumlokaal.
- 2 Vergelijk in groepjes de regels die jullie hebben bedacht en maak een top 5.
- 3 Kies één regel uit de top 5. Hierbij ga je een pictogram maken.
- 4 Stel een programma van eisen (PvE) op.
- 5 Maak een ontwerp en laat deze controleren door je docent.
- 6 Maak een net pictogram met de juiste kleuren en afbeelding. Dit is je prototype.
- 7 Test je prototype door de pictogrammen te laten zien aan klasgenoten en ze te vragen wat ze betekenen.
- 8 Stel zo nodig het ontwerp bij.

Oefentoets

Juist of onjuist?

- 1 Bij NaSk is veilig werken belangrijk.
- 2 De brander met gele vlam gebruik je om iets te verwarmen.
- 3 Volume is hoe zwaar iets is.
- 4 Liter is een eenheid van volume.
- 5 Met de onderdompelmethode bepaal je de massa.

Veilig werken

De leerlingen in de figuur hiernaast zijn de veiligheidsregels vergeten.

- 6 Schrijf minimaal vijf onveilige situaties op en geef aan hoe de leerlingen deze onveilige situaties kunnen verbeteren.

Brander

Een brander heeft een gele vlam.

- 7 Wat verandert er aan de vlam als je de luchtregelschijf verder opendraait?
- 8 Wat verandert er aan de vlam als je de gasregelknop verder opendraait?



Pictogrammen

- 9 Geef de betekenis van onderstaande veiligheidspictogrammen.



a



b

Omrekenen eenheden

- 10 Neem over en vul in.

3,6 km = ... m
3,2 m = ... cm
3,95 km = ... cm
114 g = ... kg

6000 mg = ... kg
1 h = ... s
49 cm³ = ... mL
8 dm³ = ... cm³

1,5 L = ... cm³
49 mg = ... g
0,25 kg = ... mg
300 s = ... min

- 11 Neem over en vul in.

1200 m = ... km
6 dm = ... cm
800 mm = ... cm
3000 cm = ... m
750 000 mm = ... km
650 g = ... mg

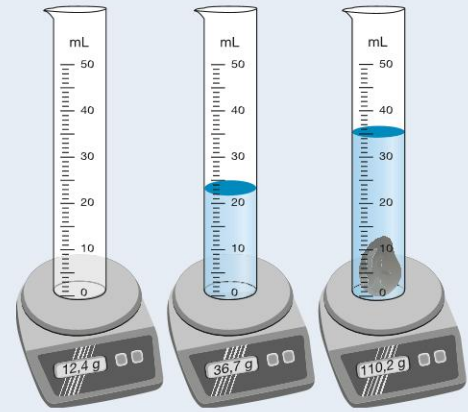
50 s = ... ms
2,3 min = ... ms
114 L = ... dm³
6000 cm³ = ... dm³
30 cL = ... dL
1700 cm³ = ... L

2,55 dm³ = ... dL
65 kg = ... g
12 ms = ... s
0,15 h = ... s

Massa en volume

Bekijk de afbeelding hiernaast.

- 12 Bereken de massa van de maatcilinder.
- 13 Bereken het volume van het water.
- 14 Bereken het volume van de steen.

**Diagram**

Josefien zet een maatcilinder onder een lek in de waterleiding. Ze meet op bepaalde momenten hoeveel water er in de maatcilinder zit.

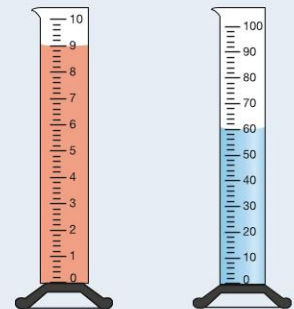
- 15 Maak een diagram van de meetresultaten. Zet de tijd op de horizontale as.

tijd (uur)	volume water (mL)
1	5
2	11
3	15
5	27
7	37
9	50
10	55

Maatcilinder

Bekijk de maatcilinders hiernaast.

- 16 Geef het bereik van maatcilinder A.
- 17 Geef het schaaldeel van maatcilinder A.
- 18 Geef het bereik van maatcilinder B.
- 19 Geef het schaaldeel van maatcilinder B.



Maatcilinder A Maatcilinder B

Onderzoeken

Je hebt een holle plastic buis en een klein knikkertje dat gemakkelijk door die buis heen kan gaan.

- 20 Bedenk twee onderzoeksvragen voor een experiment met deze voorwerpen.
- 21 Ga voor een van de twee onderzoeksvragen na welke waarnemingen je moet doen om hem op te lossen.

Ontwerpen

Berend is ontwerper en hij wil een theekopje ontwerpen met een bijzondere vorm. De bijzondere vorm is een eis die Berend stelt aan zijn ontwerp.

- 22 Geef nog twee belangrijke eisen voor het ontwerp van een theekopje.

Hij kan kiezen uit ijzer, glas, hout, roestvrij staal en kunststof. Eén van deze materialen is niet geschikt om een theekopje van te maken.

- 23 Welk materiaal is dat en waarom?
- 24 Welke materialen voldoen aan jouw eisen voor gebruik uit onderdeel 22?

Een wielrenner kiest voor zijn fietsframe liever een frame van aluminium dan van staal.

- 25 Noem één materiaaleigenschap die nadelig is bij het stalen frame.
- 26 Hoe zie je aan een fiets dat die is gemaakt van aluminium?



2 Licht



Noorderlicht is een prachtig natuurverschijnsel. Het lijkt soms wel een bewegend gordijn met de mooiste kleuren. In Alaska of Noord-Noorwegen kun je het zien, maar je moet geluk hebben. Het komt maar zelden voor.

Paragraaf

Practica



Overall online

2.1	Licht en zicht	1	Schaduwgrootte
2.2	Spiegels	2	Spiegelwet
		3	Ontwerp je eigen periscoop
2.3	Lichtbundels		
2.4	Kleuren maken	4	Gekleurde lichtbronnen
2.5	Kleuren zien	5	Voorwerpen in gekleurd licht
+2.6	Zien via spiegels		
	Oefentoets		

Alle teksten en opdrachten uit dit boek vind je terug op Overall online. Hier vind je ook filmpjes, animaties, extra uitleg en oefening, oefentoetsen en extra practica.

Discussievraag

Wordt deze vrouw echt opgetild door een grote hand?

Hoe zou je zo'n foto kunnen maken?

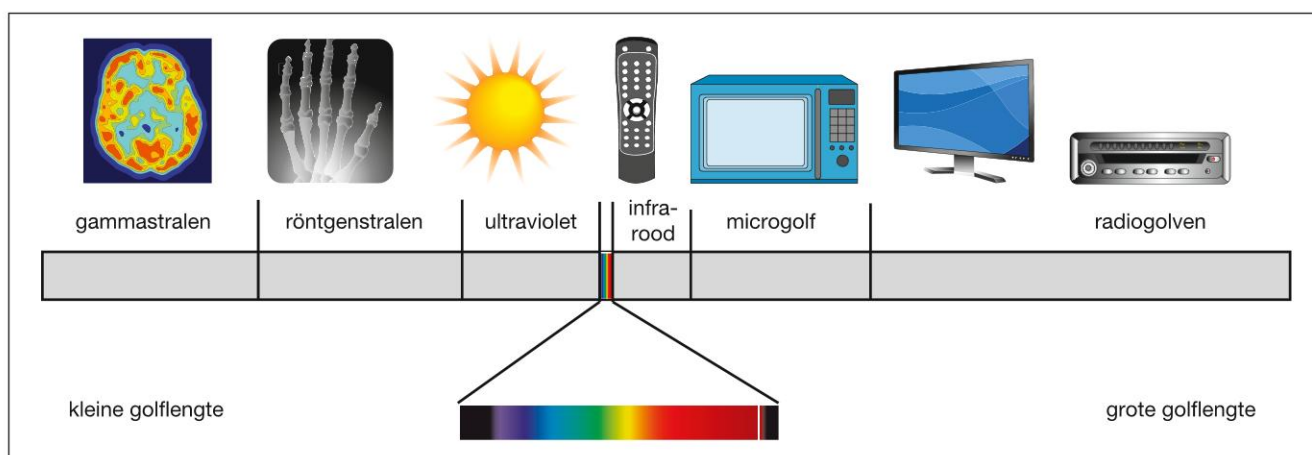


Je leert • wat licht is en hoe je ziet.

2.1 Licht en zicht

Wat is licht?

Zonder zon is geen leven op aarde mogelijk. Energie van de zon bereikt de aarde in de vorm van straling. Het zichtbare deel van deze straling noem je **licht**. Licht vormt maar een klein deel van alle soorten straling van het **elektromagnetisch spectrum**. Zie figuur 2.1. De meeste soorten straling zie je niet. Infrarode straling kun je bijvoorbeeld wel als warmte voelen, maar niet zien. Ook ultraviolette straling kun je niet zien, maar het maakt pigment in je huid aan. Daardoor word je bruin. Te veel ultraviolette straling is schadelijk. Ook radiogolven en magnetronstraling zijn onzichtbare vormen van elektromagnetische straling.



2.1 Zichtbaar licht is maar een klein stukje van het elektromagnetisch spectrum.

Lichtstralen

Licht beweegt langs rechte lijnen van de bron af: **lichtstralen**. Je tekent een lichtstraal als een lijn met een pijl, die de richting van de verplaatsing aangeeft. Dat verplaatsen gaat heel snel. Als je de lamp boven je bureau aandoet, hoef je niet te wachten totdat je bureaublad verlicht is. Pas bij grote afstanden is de reistijd merkbaar. Licht vanaf de maan doet er iets meer dan een seconde over om de aarde te bereiken. Zonlicht is meer dan acht minuten onderweg en licht van sterren zelfs jaren.

Lichtbronnen: direct en indirect licht

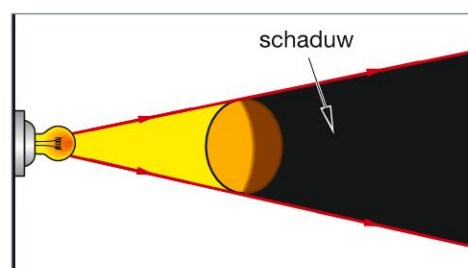
Licht begint altijd bij een lichtbron. Er zijn natuurlijke en kunstmatige lichtbronnen. **Natuurlijke lichtbronnen** zijn bijvoorbeeld de zon, sterren en vuur. **Kunstmatige lichtbronnen** zijn door mensen gemaakt, zoals gloeilampen, ledjes en het scherm van je mobiele telefoon.

De maan is geen lichtbron: zij weerkaatst licht van de zon. Maanlicht ontstaat dus niet bij de maan. Je spreekt dan van **indirect licht**. Indirecte lichtbronnen weerkaatsen alleen het licht. In de huiskamer gebruik je ook indirect licht als je een spotje op een witte muur richt. Indirect licht is vaak aangenamer dan wanneer **direct licht** van een scherpe lamp in je oog valt. Bij directe lichtbronnen ontstaat het licht.

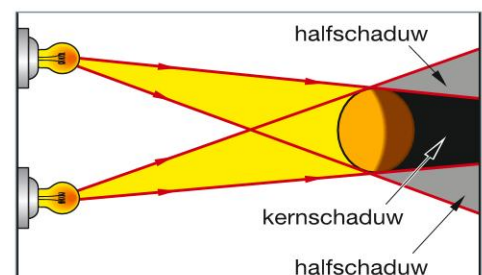
Schaduw

► Practicum 1

In een auto die in de zon staat, wordt het erg warm. Daarom moet je een auto met een hond erin onder een boom zetten. Daar staat de auto in de **schaduw**. Een schaduw is een plek waar geen direct licht komt. De grenzen van de schaduw teken je door de randstralen vanuit de bron langs het voorwerp te tekenen. Zie figuren 2.2 en 2.3.



2.2 Randstralen vanuit een puntvormige lichtbron langs een schaduwvormend voorwerp



2.3 Bij twee lichtbronnen ontstaan kernschaduw en halfschaduw.

De lichtstralen van een puntvormige lichtbron gaan uit elkaar: ze **divergeren**. Ook de randstralen langs het voorwerp gaan uit elkaar. Daardoor wordt de schaduw verder achter het voorwerp groter. Op een scherm op twee meter achter het voorwerp is de schaduw groter dan op een scherm op een meter achter het voorwerp. Als je het voorwerp dichterbij de lichtbron zet, divergeren de randstralen sterker: ook dan wordt de schaduw groter.

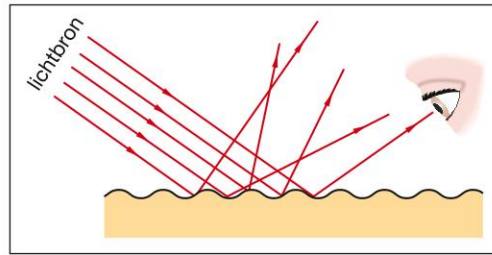
In figuur 2.3 zie je licht van twee bronnen op een voorwerp vallen. In het gebied waar van beide bronnen geen licht komt, is het 't donkerst. Dit heet de **kernschaduw**. Daaromheen zijn er plekken waar slechts licht van één bron komt. Dat heet de **halfschaduw**. Het is er niet zo donker als in de kernschaduw, maar ook niet zo licht als op plekken in het licht van beide bronnen.

Zicht

Je ziet een voorwerp als er licht van dat voorwerp in je oog valt. Maar je ziet niet alleen lichtbronnen: je ziet alle voorwerpen om je heen. Dat komt omdat alle voorwerpen om je heen licht weerkaatsen. Zie figuur 2.4. Een voorwerp weerkaatst dat licht bovendien in alle richtingen. Als je met je vrienden naar de film gaat, kunnen jullie in de bioscoop **allemaal** alle delen van het beeldscherm zien. Van elk punt van het scherm komt dus licht in alle

richtingen de zaal in. Van elk punt van het scherm komt licht in al jullie ogen. De meeste voorwerpen om je heen zie je door dit indirect licht.

Je hebt in een film misschien weleens een gevecht met laserzwaarden gezien. Het zwaard ziet eruit als een felle lichtstraal. Hoe kan het dan dat je de lichtstralen zoals in figuur 2.4 niet door de lucht ziet gaan?



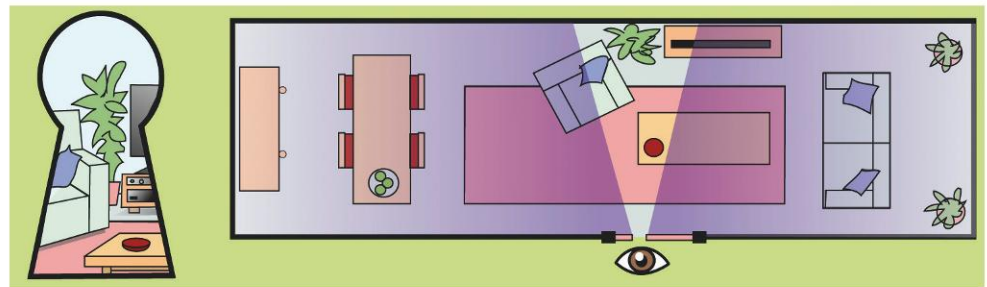
2.4 Je ziet een voorwerp door indirect licht: het voorwerp weerkaatst licht van de bron.

Ook een lichtstraal zie je alleen als er licht van die lichtstraal in je oog komt. Dat gebeurt alleen als vocht- of stofdeeltjes een deel van het licht naar je oog weerkaatsen. Zo zie je om een wolk heen vaak een krans van zonnestralen door het vocht. Felle laserstralen zie je omdat een klein beetje stof dan al voldoende is om genoeg licht naar je oog te weerkaatsen.

Gezichtsveld

Als je verstoppertje speelt, ga je bijvoorbeeld achter een boom staan. Degene die jou zoekt, ziet je dan niet omdat de boom de lichtweg van jou naar zijn oog onderbreekt. Je bevindt je daardoor niet in zijn **gezichtsveld**. Je gezichtsveld is het gebied dat je kunt zien. Om het gezichtsveld te bepalen, gebruik je weer de eigenschap dat licht langs rechte lijnen gaat.

Zie figuur 2.5. Je trekt rechte lijnen vanuit het oog langs de randen van het sleutelgat en bepaalt zo wat je wel en niet door het sleutelgat ziet. Deze lijnen heten **zichtlijnen**. Ze lijken veel op de randstralen bij schaduwen. Het zijn echter geen stralen. Als je kijkt, gaan er immers geen stralen vanuit je oog naar je omgeving. Als je in zichtlijnen de richting van het licht moet aangeven, zou je dat moeten doen met pijltjes in de richting van je oog. Toch doe je dat niet, want het zijn geen lichtstralen.



2.5 Als je door een sleutelgat kijkt, heb je een beperkt gezichtsveld.

Samengevat

Licht is een vorm van straling: het zichtbare deel van het elektromagnetisch spectrum. Licht gaat met grote snelheid langs rechte lijnen, lichtstralen, van een lichtbron naar de omgeving. Er zijn natuurlijke en kunstmatige lichtbronnen.

Je tekent schaduwen door randstralen vanuit de lichtbron langs voorwerpen te tekenen. Als er meer dan één lichtbron is, ontstaan kernschaduw en halfschaduw.

Je ziet een voorwerp als er licht van dat voorwerp in je oog valt. Je tekent je gezichtsveld door vanuit je oog zichtlijnen langs voorwerpen te tekenen. Zichtlijnen zijn geen lichtstralen.

2.1 Opdrachten

A 1

Beantwoord de volgende vragen.

- Hoe komt het dat je een voorwerp kunt zien? Tip: gebruik een tekening.
- Leg uit of de maan een lichtbron is. Gebruik daarbij de begrippen direct en indirect licht.
- Leg uit hoe een schaduw ontstaat.
- Leg uit wanneer je lichtstralen kunt zien.

A 2 H

In de tekst kun je lezen over stralen en lijnen.

- Ga na welke van de volgende woorden in de tekst staan: randstralen, randlijnen, zichtstralen, zichtlijnen, kijklijnen, kijkstralen.
- Welke van de woorden uit de tekst zijn lichtstralen?

A 3 H

- Leg uit wat indirect licht is.
- Geef een voorbeeld van indirect licht.

B 4

Als je je handen tussen een lamp en een blad papier houdt, krijg je een schaduw op het papier.

- Noem twee manieren om die schaduw groter te maken.
- Leg met een schets uit waar je je handen en het papier moet houden om een schaduw te krijgen die ongeveer zo groot is als je hand.

B 5 H

Beantwoord de volgende vragen.

- Wat is het verschil tussen een kunstmatige en een natuurlijke lichtbron?
- Noem twee natuurlijke lichtbronnen die niet in het boek zijn genoemd.
- Noem twee kunstmatige lichtbronnen die niet in het boek zijn genoemd.
- Geef aan of de volgende lichtbronnen kunstmatige of natuurlijke lichtbronnen zijn: brandende lucifer – spaarlamp – bliksemflits – vuurwerk – houtvuur – zon.

B 6

Leg uit waarom het met één lamp in een zwarte kamer (bijvoorbeeld in een theater) nog steeds heel donker is, terwijl dezelfde lamp in een witte kamer wel zorgt voor een goede verlichting.

B 7

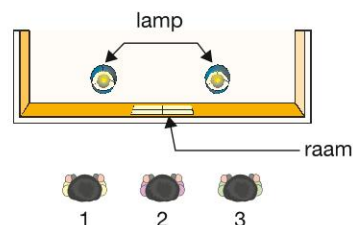
Anna zit aan tafel te schrijven. Er hangt een lamp boven de tafel. Gebruik eventueel het tekenblad in het hulpboek.

- Teken de lichtbundel die langs de randen van de lampenkap gaat. Geef ook de richting van het licht aan.
- Leg uit of Anna direct licht in haar ogen krijgt.
- Leg uit of Anna indirect licht in haar ogen krijgt.



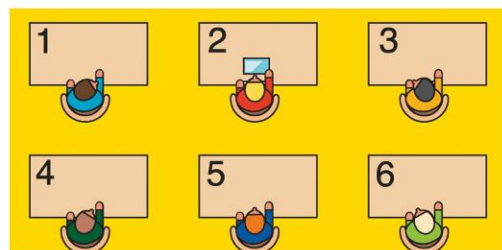
B 8 H

In een kamer hangen twee lampen. Jij staat 's nachts buiten en wilt niet dat iemand jou ziet. Op welke plek, 1, 2 of 3 sta je in het donker? Gebruik eventueel het tekenblad in het hulpboek.



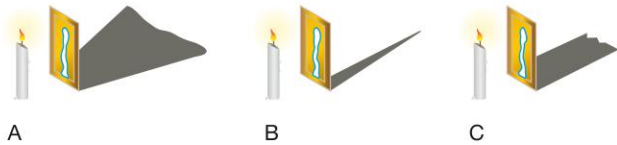
B 9

Er zitten zes leerlingen in een lokaal. Leerling 2 heeft een tablet voor zich, die boven zijn arm uitsteekt. Welke leerlingen kunnen op zijn scherm meekijken?



B 10 H

Achter een brandende kaars staat een voorwerp. In welke figuur is de schaduwvorm het beste weergegeven?



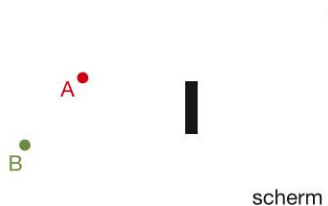
C 11 V

Hieronder zie je twee lichtbronnen A en B, een schaduw vormend voorwerp en een scherm. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Teken met rood de schaduw die A op het scherm veroorzaakt.
- Leg uit of deze schaduw groter of kleiner zou zijn als het scherm verder achter het voorwerp zou staan.
- Leg uit of de schaduw groter of kleiner zou zijn als A verder van het voorwerp zou staan.
- Teken met groen de schaduw die B veroorzaakt.
- Meet zowel de schaduw van lichtbron A als van B op.
- Leg uit waarom de ene schaduw groter is dan de andere.
- Geef op het scherm aan waar de halfschaduw en waar de kernschaduw zich bevinden.

Stel dat je je oog op een plek in de halfschaduw houdt, die zich boven de kernschaduw bevindt.

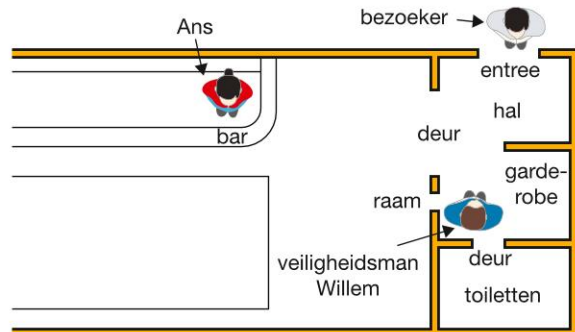
- Leg uit welke lichtbron je dan kunt zien, A, B of allebei?



C 12

Ans staat achter de bar in de disco. Haar vriend Willem is beveiligder. Hij moet de entree in de gaten houden. In de figuur zie je de plattegrond van de entree van de disco. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.

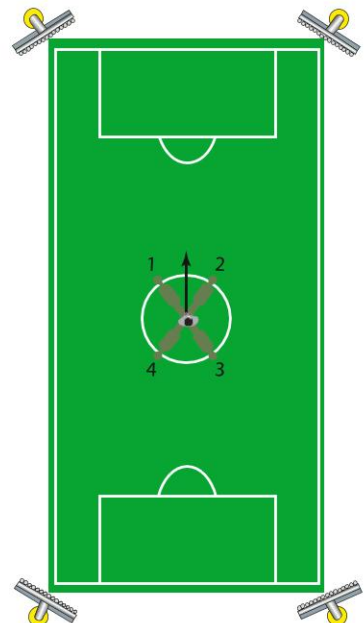
- Teken het gezichtsveld van Ans door de deur.
- Kan Ans de bezoeker zien?
- Teken het gezichtsveld van Ans door het raam.
- Kan Ans Willem zien?
- Teken het gezichtsveld van Willem door de entree.
- Kan Willem de bezoeker zien?
- Leg zonder het tekenen van gezichtsvelden uit of de bezoeker Ans en Willem kan zien.



+ 13 V

Er is een voetbalwedstrijd in de Kuip in Rotterdam. Vlak voor de wedstrijd gaat de trainer van Feyenoord het veld op. Hij wil zien hoe het veld erbij ligt. Hiernaast zie je een schematisch bovenaanzicht van de situatie met de vier lichtmasten. De trainer loopt in de richting van de pijl.

- Leg uit welke schaduwen daardoor langer worden.
- Leg uit in welke richting de trainer moet lopen zodat schaduw 3 even lang blijft.



Je kunt nu

- uitleggen wat licht is;
- uitleggen waarom je licht met lichtstralen met een pijl tekent;
- aangeven of een lichtbron natuurlijk of kunstmatig is;
- uitleggen wat direct en indirect licht is;
- uitleggen hoe een schaduw ontstaat en haar met randstralen tekenen;
- aangeven waar kernschaduw en halfschaduw ontstaat;
- uitleggen wanneer je een voorwerp ziet;
- met zichtlijnen je gezichtsveld tekenen.

**Discussievraag**

Leandro Erlich is een kunstenaar die bekendstaat om zijn bijzondere foto's met spiegels. Waar staat hier de spiegel?

Je leert • wat een spiegelbeeld is.

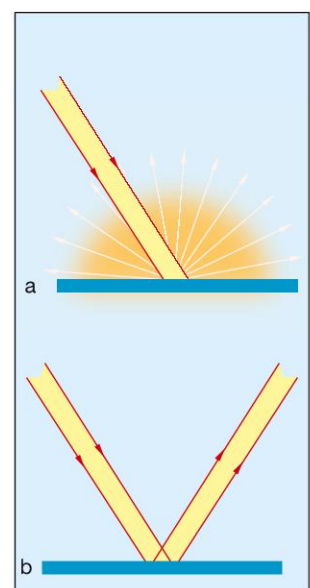
2.2 Spiegels

Weerkaatsing

Zoals je in de vorige paragraaf zag, kan licht weerkaatst worden. Zonlicht dat op water schijnt, wordt door dat water weerkaatst. Je ziet dan een streep zonlicht, of soms zelfs de hele zon, in het water terug. Het weerkaatsen van licht heet **reflectie**. Licht kan **diffuus** en **spiegelend** gereflecteerd worden. Zie figuur 2.6.

Diffuse reflectie is reflectie in meerdere richtingen. Het licht wordt dan door een voorwerp in meerdere richtingen weerkaatst of verstrooid. Je kunt een voorwerp dat licht diffuus reflecteert vanaf verschillende plaatsen zien. Je hebt hierover al in de vorige paragraaf gelezen. Diffuse reflectie gebeurt de hele tijd. Je kunt bijvoorbeeld de muur in de hele klas zien. De muur weerkaatst het licht dus in alle richtingen. Ruwe oppervlakken reflecteren vooral diffuus. Spiegelende reflectie is reflectie in één richting. Als iemand je probeert te verblinden met de zon via het scherm van zijn mobieltje, dan is dat spiegelende reflectie. Gladde voorwerpen reflecteren vooral spiegelend.

Vaak is er sprake van een combinatie van diffuse en spiegelende reflectie. Kijk maar eens naar het tafelblad van een schoolbank, die ver van je af staat.

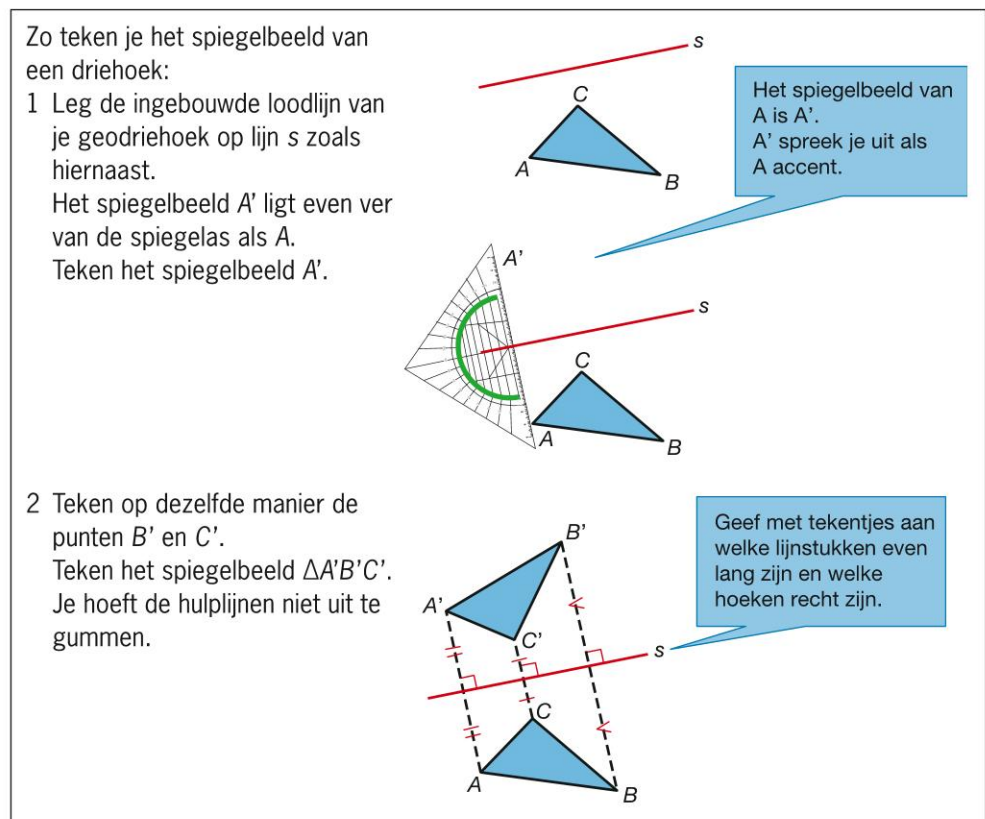


2.6a Diffuse reflectie

b Spiegelende reflectie

Spiegelbeeld

Bij wiskunde heb je geleerd hoe je een spiegelbeeld moet tekenen. In figuur 2.7 zie je dat nog een keer terug.



2.7 Uit Getal & Ruimte: het tekenen van een spiegelbeeld

Een **spiegelbeeld** is het beeld dat je ziet als je in een spiegel kijkt. Het ziet er hetzelfde uit als het voorwerp voor de spiegel, alleen is het gedraaid. Zie figuur 2.8. Een spiegelbeeld is **virtueel**. Virtueel betekent dat het niet echt bestaat. Het spiegelbeeld lijkt achter de spiegel te zitten, maar als je achter de spiegel kijkt, zie je daar geen beeld. Bij een vlakke spiegel is het spiegelbeeld even groot als het origineel. Ook lijkt het even ver van de spiegel af te zijn als het origineel.

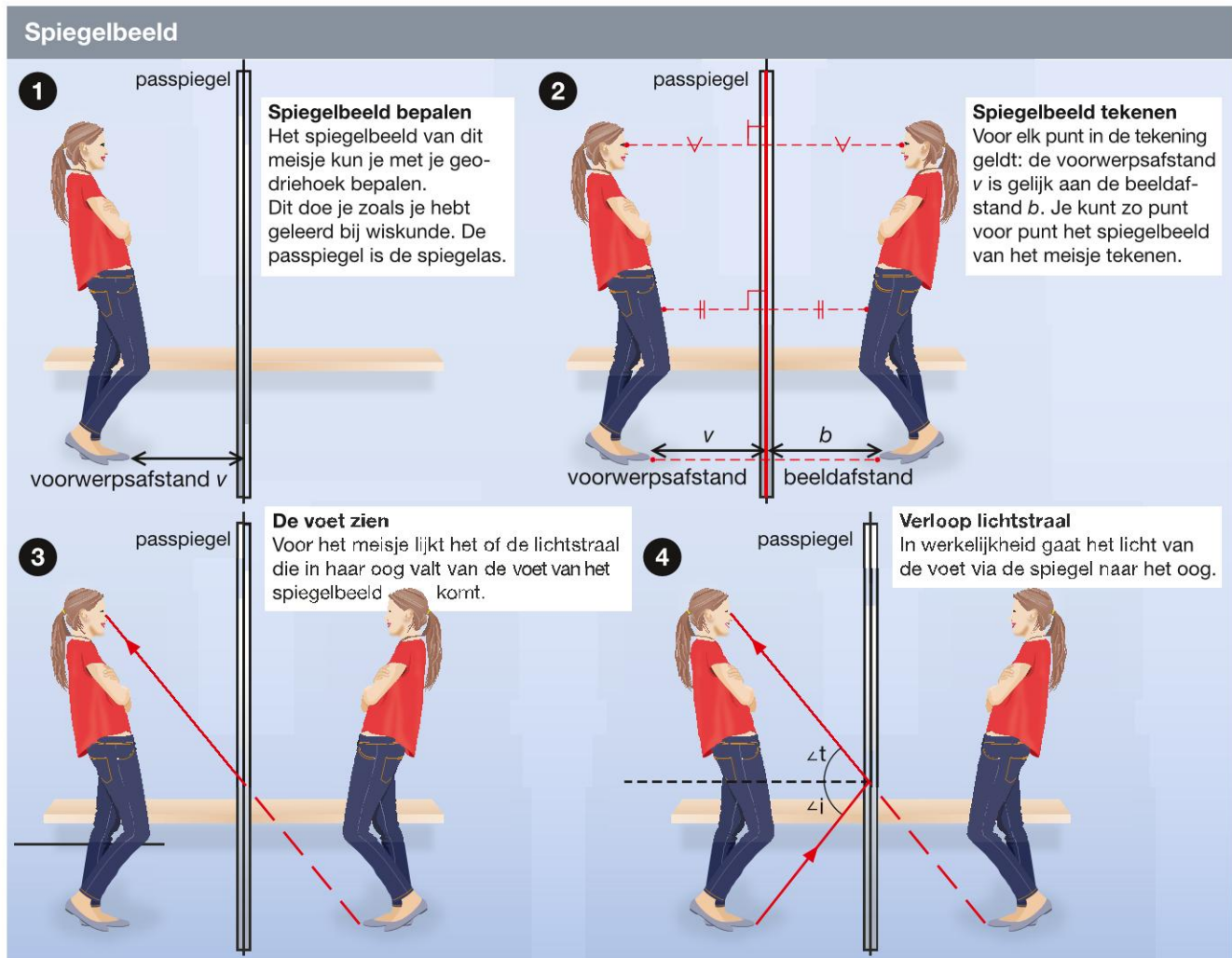
Figuur 2.8 laat deze eigenschappen van het spiegelbeeld zien. Het meisje staat voor de spiegel en ziet haar spiegelbeeld dat even groot is en even ver van de spiegel staat als zijzelf. De lichtstraal van haar voet weerkaatst tegen de spiegel en komt in haar oog. Ze ziet daardoor haar voet. Door de weerkaatsing lijkt de lichtstraal niet van haar voet te komen, maar van het spiegelbeeld van haar voet. De stippellijn is een denkbeeldige lichtstraal; hij bestaat niet echt. Al die denkbeeldige lichtstralen samen komen van het spiegelbeeld. Het spiegelbeeld is dus niet echt, maar virtueel. Je oog wordt eigenlijk voor de gek gehouden.

De afstand van het origineel tot de spiegel noem je de **voorwerpsafstand**. Het symbool hiervoor is v . De afstand van de spiegel tot het virtuele (spiegel)beeld noem je de **beeldafstand**. Het symbool hiervoor is b . De beeldafstand en voorwerpsafstand zijn bij een spiegel altijd even groot. Er geldt dus $b = v$.

- Practicum 2
- Practicum 3

De spiegelwet

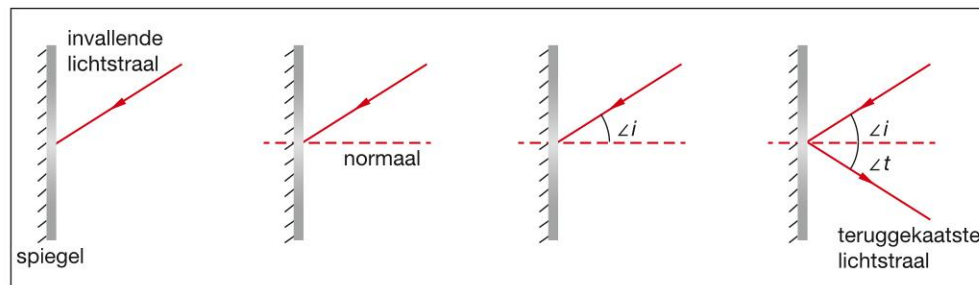
Kijk nog eens goed naar de lichtstraal in figuur 2.8. De lichtstraal gaat van de voet van het meisje via de spiegel naar haar oog. De spiegel weerkaatst de lichtstraal zo, dat de hoek waaronder het licht op de spiegel valt precies gelijk is aan de hoek waarmee het licht weer van de spiegel weggaat. Dit heet de **spiegelwet**:
 hoek van inval (i) = hoek van terugkaatsing (t) $\rightarrow \angle i = \angle t$.



2.8 Je ziet er hetzelfde uit in de spiegel, alleen is alles gedraaid.

Je kunt nu tekenen hoe lichtstralen na spiegelende reflectie verder gaan. Je volgt de stappen van figuur 2.9.

- 1 Teken de **normaal**. Dit is een lijn loodrecht op de spiegel, precies door het punt waar de invallende lichtstraal de spiegel raakt.
- 2 Meet de hoek van inval ($\angle i$). Dit is de hoek tussen de invallende lichtstraal en de normaal.
- 3 Pas de hoek van terugkaatsing ($\angle t$) af volgens de spiegelwet. Dit is de hoek tussen de normaal en de teruggekaatste lichtstraal.
- 4 Teken de teruggekaatste lichtstraal.



2.9 De spiegelwet: de hoek van inval is gelijk aan de hoek van terugkaatsing.

Samengevat

Licht kan spiegelend, in één richting, en diffuus, in alle richtingen, worden gereflecteerd. Als je in een spiegel kijkt, zie je een spiegelbeeld. Dit beeld is virtueel. Het licht lijkt ervandaan te komen. De afstand van het beeld tot de spiegel, de beeldafstand b , is gelijk aan de afstand van het origineel tot de spiegel, de voorwerpsafstand v . Er geldt $b = v$. Voor spiegelend weerkaatste lichtstralen geldt de spiegelwet: de hoek van inval $\angle i$ is gelijk aan de hoek van terugkaatsing $\angle t$. Dus geldt ook: $\angle i = \angle t$.

2.2 Opdrachten

A 14 H

Bedenk minimaal vijf plekken waar je in het dagelijks leven een spiegel tegenkomt.

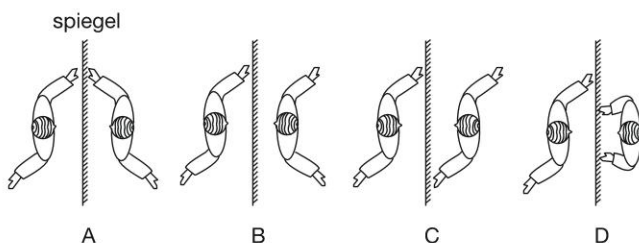
A 15

Een spiegelbeeld is denkbeeldig.

- Noem een ander woord voor denkbeeldig.
- Leg in je eigen woorden uit waarom een spiegelbeeld denkbeeldig is.

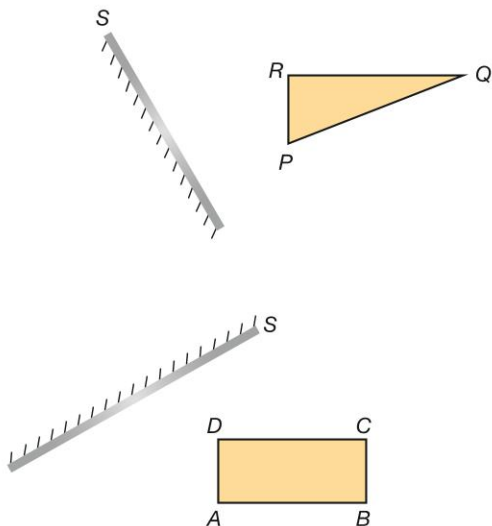
B 16 H

Je staat voor een spiegel. Hieronder zie je het bovenaanzicht. In welke figuur is het spiegelbeeld juist weergegeven?



B 17

Teken het spiegelbeeld van de twee voorwerpen in de figuur hieronder. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.



B 18

Aniek staat aan de waterrand. Ze ziet hoe de toren in het wateroppervlak weerspiegelt. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Teken het spiegelbeeld van de toren.
- Teken hoe een lichtstraal vanaf de top van de vlag via het water in de ogen van Aniek terecht komt.



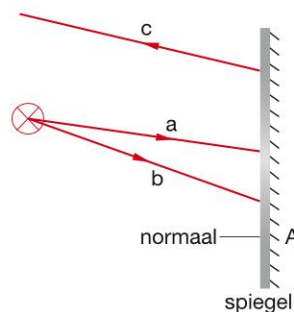
B 19 H

Hieronder zijn twee lichtstralen a en b getekend die op een spiegel vallen. Verder zie je één teruggekaatste lichtstraal c. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Teken hoe de lichtstralen van a en b weerkaatsen.
- Teken de lichtstraal die hoort bij de teruggekaatste lichtstraal c.

In de figuur is ook een punt A getekend.

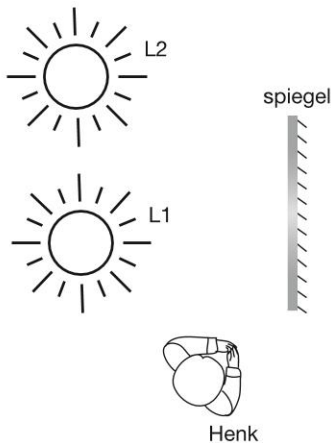
- Teken de lichtstraal vanuit de lamp naar A en ook het verdere verloop na terugkaatsing.
- Komen de gereflecteerde lichtstralen allemaal uit hetzelfde punt achter de spiegel?
- Hoe heet dit punt?
- Geef de plaats van het punt aan door alle weerkaatste lichtstralen denkbeeldig (gestippeld) achter de spiegel door te tekenen.



C 20

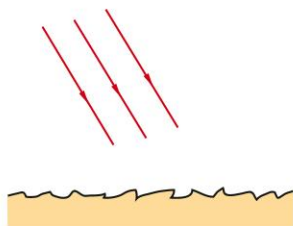
Henk staat voor een spiegel. Naast hem hangen twee lampen. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Teken het beeld van de twee lampen.
- Teken de lichtstralen die van beide lampen op de randen van de spiegel vallen voor en na weerkaatsing.
- Leg met de tekening bij b uit welke lampen Henk in de spiegel kan zien.
- Teken op een nieuw tekenblad het spiegelbeeld van Henk.
- Geef in de tekening aan of het spiegelbeeld van Henk de lampen kan zien als hij door de spiegel heen kijkt alsof het een sleutelgat is.

**C 21 V**

Hieronder zie je drie lichtstralen die op een ruw oppervlak vallen.

- Teken met de spiegelwet de teruggekaatste lichtstralen.
- Vind je de weerkaatsing door het ruwe oppervlak diffuus of spiegellend? Geef argumenten voor beide.

**C 22 V**

Je staat in de badkamer voor de spiegel. Links op het plankje staat een glas met daarin jouw tandenborstel en rechts daarvan ligt je kam. De tandpasta ligt voor het glas.

- Zie je in de spiegel de tandenborstel boven of onder het glas uitsteken?
- Zie je in de spiegel de kam links of rechts van het glas?
- Zie je in de spiegel de tandpasta voor of achter het glas?
- Welke uitspraak is juist?
 - De spiegel verwisselt boven en onder.
 - De spiegel verwisselt links en rechts.
 - De spiegel verwisselt voor en achter.

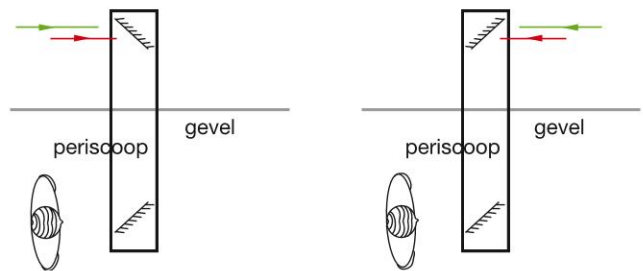
C 23

Je zit bij het raam met een periscoop. Je steekt de periscoop uit het raam om langs de gevel te kijken. Doordat er twee spiegels in de periscoop zitten, kan dat. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Teken in beide situaties de tweemaal weerkaatste lichtstralen. Gebruik voor elke lichtstraal een andere kleur.

In een van de situaties zie je links en rechts verwisseld.

- Leg uit in welke situatie.

**+ 24 V**

Je zit bij de kapper en kijkt in de spiegel naar het raam. Tot je verbazing zie je in de spiegel het woord 'kapper' op het raam staan, maar niet in spiegelbeeld. Leg uit hoe dat kan.

Je kunt nu

- het verschil beschrijven tussen spiegellende en diffuse weerkaatsing;
- tekenen waar een spiegelbeeld zich bevindt;
- uitleggen waarom een spiegelbeeld ontstaat en waarom het virtueel is;
- de spiegelwet toepassen om een teruggekaatste lichtstraal te tekenen.



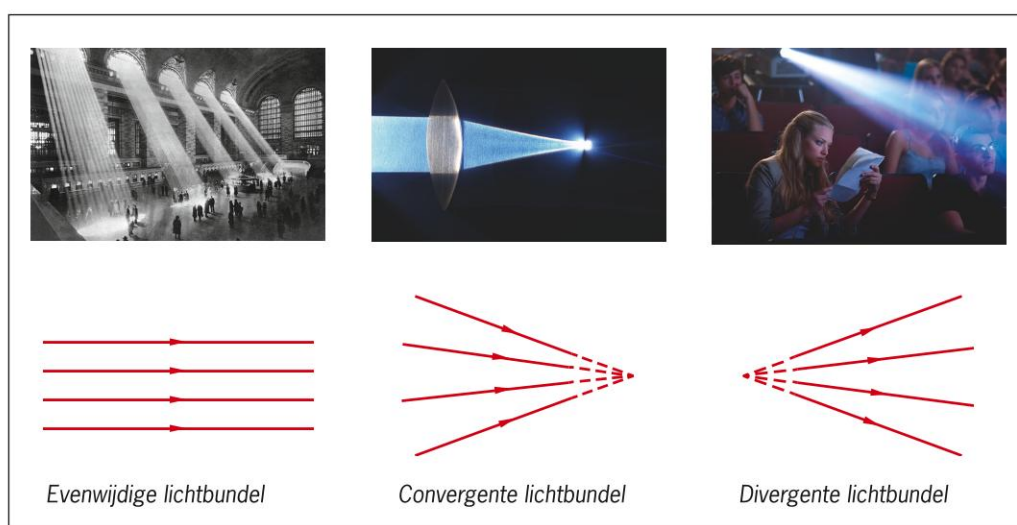
Discussievraag

Deze spiegel kun je gebruiken om iets in een pan op te warmen. Waarom wordt de pan zo warm?

Je leert

- hoe je een lichtbundel kunt veranderen.

2.3 Lichtbundels



2.10 Verschillende soorten lichtbundels

Soorten lichtbundels

Een lichtbundel is een verzameling lichtstralen. Bekijk de lichtbundels in figuur 2.10. Je ziet drie verschillende soorten lichtbundels.

- Een **evenwijdige lichtbundel**; de lichtstralen zijn evenwijdig aan elkaar en de lichtbundel is overal even breed. Een voorbeeld is de lichtbundel uit een laser. Omdat die bundel zo smal is, wordt hij vaak ten onrechte laserstraal genoemd. Hij blijft in elk geval even breed en is dus evenwijdig.

- Een **convergente lichtbundel**; de lichtstralen gaan naar elkaar toe en de bundel wordt dus smaller. Als je een vergrootglas in de zon houdt, ontstaat erachter een convergente bundel. In het brandpunt komen de lichtstralen bij elkaar: je kunt daar papier mee in brand steken.
- Een **divergente lichtbundel**; de lichtstralen gaan uit elkaar en de bundel wordt dus breder. Je hebt al gezien dat elke lamp divergente bundels uitzendt, maar ook van elk diffuus reflecterend voorwerp komt divergent licht.

Holle en bolle spiegels

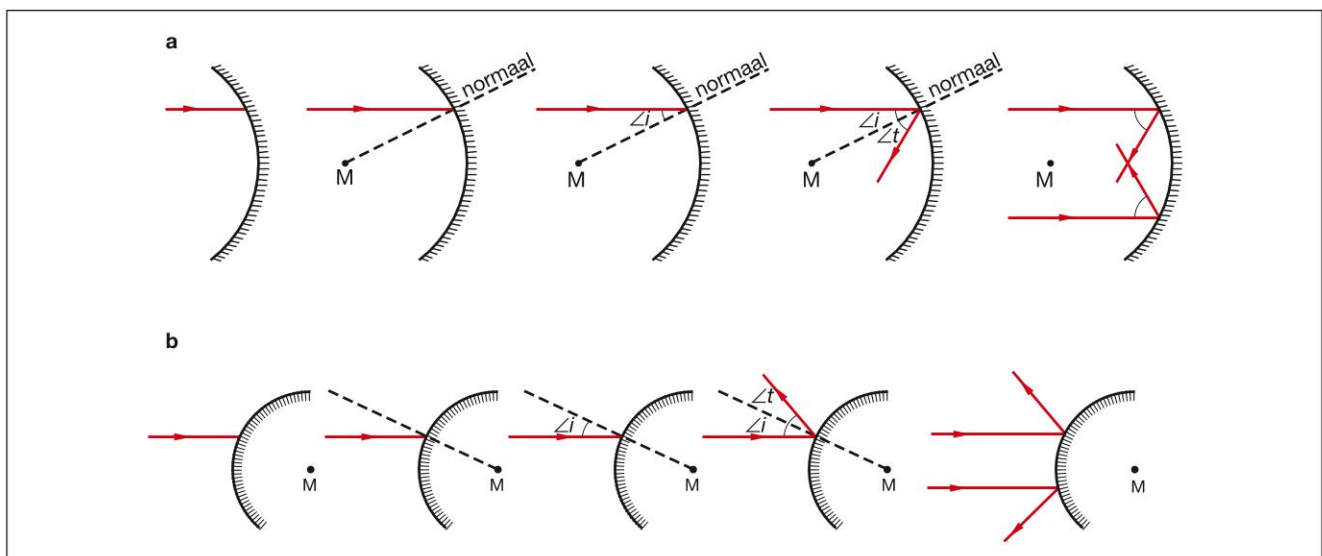
In paragraaf 2 heb je vlakke spiegels leren kennen. Niet alle spiegels zijn vlak. Er zijn ook holle en bolle spiegels. Zie figuur 2.11. Voor de weerkaatsing bij een gebogen spiegel geldt net zoals bij een vlakke spiegel de spiegelwet: $\angle i = \angle t$.

Bij een vlakke spiegel is het gemakkelijk de normaal loodrecht op de spiegel te tekenen. Bij een gebogen spiegel is dat wat moeilijker. Het gebogen vlak van een holle of bolle spiegel is een gedeelte van een bol. Bekijk de stukken cirkel in figuur 2.11. Als je weet waar het middelpunt M van die bol ligt, kun je de normaal preciezer tekenen. Elke normaal gaat namelijk door dat middelpunt M. In figuur 2.11a zie je hoe je een lichtstraal die op een holle spiegel weerkaatst verder tekent. In figuur 2.11b zie je dit voor een bolle spiegel.

Als je een evenwijdige bundel op een vlakke spiegel laat vallen, blijft hij evenwijdig. Kijk nog maar eens naar figuur 2.6b. Zo blijven ook divergente bundels bij een vlakke spiegel divergent en convergente bundels convergent. Het soort bundel verandert dus niet.

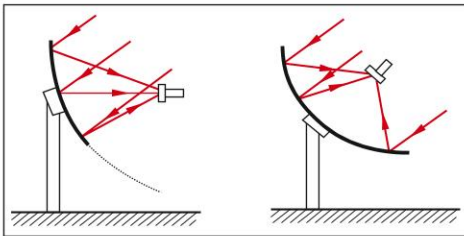
Bij gebogen spiegels is dat anders. Om dat te kunnen zien, moet je meer dan één lichtstraal op een gebogen spiegel laten vallen. In de meest rechtse tekening van figuur 2.11a is dat gedaan voor een holle spiegel. Je ziet dat de invallende, evenwijdige bundel na weerkaatsing convergent is. Een holle spiegel heeft dus een **convergerende werking**: hij knikt de lichtstralen naar elkaar toe.

In figuur 2.11b zie je dat een bolle spiegel een **divergerende werking** heeft.



2.11a Reflectie bij een holle spiegel

b Reflectie bij een bolle spiegel



2.12 Het zonlicht komt samen in het brandpunt van de spiegel.

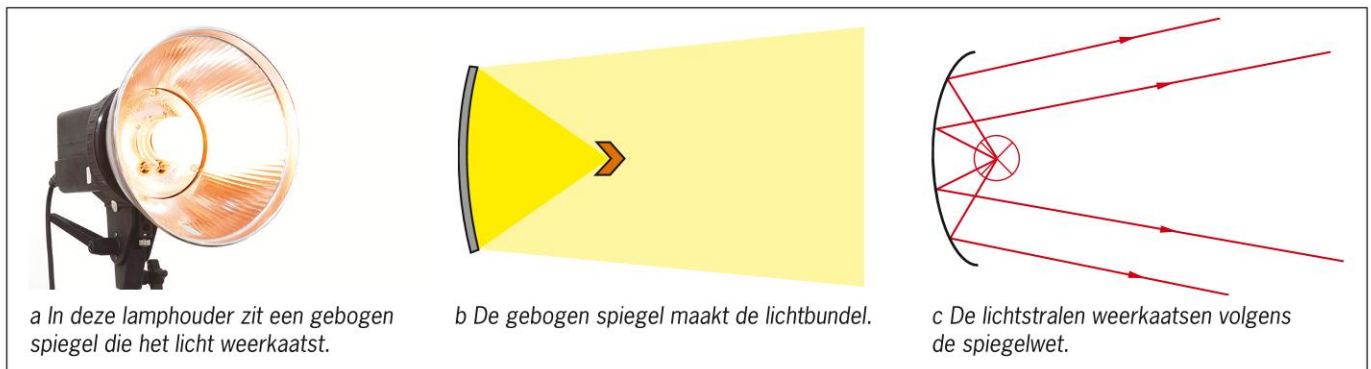
Toepassingen van de holle spiegel

De foto aan het begin van deze pagina is een foto van een zonneoven. Een zonneoven heeft een grote, holle spiegel die een brede, evenwijdige bundel zonlicht convergeert. Zie figuur 2.12. Het licht komt na reflectie samen in het **brandpunt**. De pan die op die plek staat, ontvangt veel energie en wordt warm genoeg om erin te kunnen koken.

Je kunt een holle spiegel ook gebruiken om een divergente bundel samen te knijpen. Dat pas je toe in schijnwerpers en spotjes. Zie figuur 2.13. Doordat de bundel na reflectie minder divergent is dan ervoor, krijg je een minder

brede en dus gerichtere bundel.

Er zijn zelfs zaklampen die de divergente bundel van het lampje samenknijpen tot een evenwijdige bundel. Bij een evenwijdige lichtbundel verspreidt het licht zich niet over een steeds groter oppervlak. Daardoor blijft de lichtsterkte op grote afstand van de lamp groot en kun je met zo'n zaklamp dus ver schijnen.



2.13 Lichtstralen bij een bolle spiegel

Toepassingen van de bolle spiegel

Een bolle spiegel heeft een divergerende werking op lichtbundels. Een voordeel van bolle spiegels is dat je er het gezichtsveld mee kunt vergroten. Buitenspiegels van auto's zijn vaak bol, zodat de chauffeur er een groter deel van de omgeving mee kan zien. Ook in winkels zie je ze vaak: de winkelier kan zo vanaf één plek beter een oogje in het zeil houden in de hele winkel.

Samengevat

Er zijn drie soorten lichtbundels: evenwijdig, convergent en divergent.

Bij gebogen spiegels geldt de spiegelwet; de normaal gaat door het middelpunt van het gebogen vlak.

Een holle spiegel heeft een convergerende werking. Zo maakt hij in een zonneoven van evenwijdige zonnestrallen een convergente bundel. In een schijnwerper maakt hij van een divergente bundel een vrijwel evenwijdige bundel, zodat het licht verder schijnt.

Een bolle spiegel heeft een divergerende werking. Hij vergroot het gezichtsveld. Dit pas je toe in de buitenspiegel van een auto en in winkels.

2.3 Opdrachten

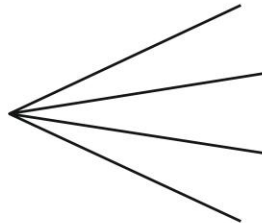
A 25

Wat voor een soort lichtbundel komt er uit de verlichting in het klaslokaal?

A 26 H

Joep krijgt de opdracht een divergente lichtbundel te tekenen. Hij maakt de tekening zoals hiernaast.

Waarom is deze tekening door de docent niet goed gerekend?



A 27 H

Teken een convergente lichtbundel.

A 28

Kies het juiste antwoord.

- a Een bolle spiegel *divergeert* / *convergeert*.
- b Een holle spiegel *divergeert* / *convergeert*.

B 29

De zon zendt licht uit. Neem de volgende zinnen over. Kies het juiste antwoord.

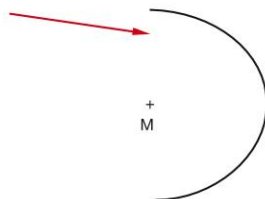
- a De zon zendt een *divergente* / *evenwijdige* / *convergente* lichtbundel uit.
- b Op grote afstand van de zon zoals bij de aarde is deze bundel nagenoeg *divergent* / *evenwijdig* / *convergent*.

B 30 H

Leg met een tekening uit dat een convergente lichtbundel vaak weer divergent wordt.

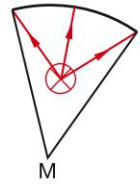
B 31 H

Een lichtstraal valt op een holle spiegel zoals hiernaast. De holle spiegel is een deel van een bol met middelpunt M. Gebruik het tekenblad in het hulpboek. Construeer het verdere verloop van de lichtstraal. Pas de spiegelwet twee keer toe.



B 32

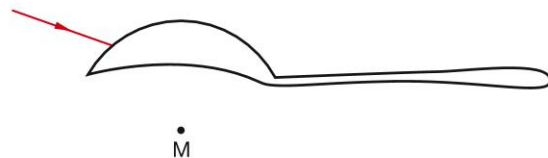
Een theaterlamp staat voor een holle spiegel. Drie lichtstralen en twee normaallijnen zijn getekend.



- a Teken de drie teruggekaatste lichtstralen. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.
- b Geef aan wat voor soort bundel er vanaf de spiegel komt.
- c Leg aan de hand van je tekening uit of deze spiegel een convergerende of divergerende werking heeft.

B 33 H

Een lichtstraal valt op de bolle kant van een lepel. Teken het verdere verloop van de getekende lichtstraal. Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.



C 34

In een lampenkap is een spiegelend oppervlak aangebracht om ervoor te zorgen dat het licht zich naar beneden op de tafel richt. Hieronder zijn twee lichtstralen getekend van de lamp naar het spiegelend oppervlak. Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- a Teken het verdere verloop van de lichtstralen.
- b Leg uit of het 'op de tafel richten' is gelukt.



C 35

Je wandelt in een donker bos. Gelukkig heb je een zaklantaarn bij je waar je ver mee kunt schijnen.

- a Leg uit waarom je het verst kunt schijnen met een evenwijdige lichtbundel.

- b Achter de lamp in de zaklantaarn zit een spiegelende laag. Leg uit wat de functie daarvan is.

C 36 V

Schets de volgende situaties.

- a Een vlakke spiegel waarop een convergente bundel valt.
- b Een holle spiegel die van een divergente bundel een convergente bundel maakt.
- c Een bolle spiegel die van een convergente bundel een evenwijdige bundel maakt.
- d Een holle spiegel die van een sterk divergente bundel een minder divergente bundel maakt.

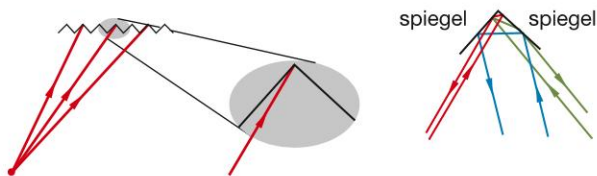
+ 37 V

Een wateroppervlak heeft een spiegelende werking. De zon spiegelt in het water, maar je ziet geen ronde bol als spiegeling, maar een langgerekte brede streep.

- a Leg uit waarom je geen ronde bol als beeld van de zon ziet.
- b Leg uit hoe het kan dat de spiegeling van de zon zoals in de foto zichtbaar is soms meer licht lijkt te geven dan de zon aan de hemel zelf.



De reflector

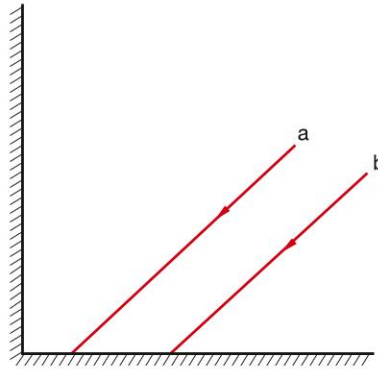


Een reflector heeft een zigzagvorm aan spiegels zoals je in de figuur ziet. De stukjes spiegel staan steeds loodrecht op elkaar. Bij een reflector kaatst het licht altijd terug in dezelfde richting als waar het vandaan kwam.

+ 38 V

Twee loodrecht op elkaar geplaatste spiegels weerkaatsen een lichtstraal precies in dezelfde richting terug. Zie het kader linksonder.

- a Teken in onderstaande figuur voor de twee lichtstralen a en b de eenmaal en tweemaal gerefecteerde lichtstralen. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.
- b Leg uit of je het gewenste effect van een reflector met deze twee spiegels bereikt.



Dit is de basis van de werking van een reflector, zoals die achter op je fiets zit. Een reflector heeft geen twee, maar zelfs drie loodrecht op elkaar staande spiegervlakken.

- c Leg uit waar de derde spiegel voor nodig is.
- d Leg uit dat de reflectoren van de fietsers voor je alleen maar opvallen als je zelf ook je licht aan hebt en dat je niets hebt aan het licht van de lantaarnpalen.

Op de maan staan ook reflectoren. Door er laserstralen vanaf de aarde op te richten en te meten hoelang ze erover doen om terug op aarde te komen, wordt voortdurend de afstand tot de maan gemeten.

- e Leg uit dat het voor deze toepassing vrijwel ondoenlijk is om één enkele vlakke spiegel op de maan te gebruiken.

Je kunt nu

- divergente, convergente en evenwijdige lichtbundels van elkaar onderscheiden en tekenen;
- construeren hoe een lichtstraal weerspiegelt in een holle en bolle spiegel;
- uitleggen waarom een holle spiegel convergeert en een bolle spiegel divergeert;
- toepassingen noemen van de convergerende werking van een holle spiegel;
- toepassingen noemen van de divergerende werking van een bolle spiegel.

Discussievraag

Welke kleuren zitten er in de regenboog van de buiten- naar de binnenkant?



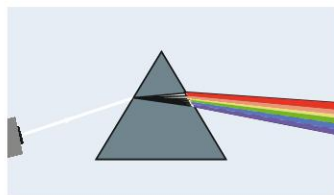
Je leert • hoe gekleurd licht en mengkleuren ontstaan.

2.4 Kleuren maken

► Practicum 4

De regenboog

Als het regent en de zon schijnt tegelijkertijd zie je soms een regenboog. De regenboog ontstaat doordat het witte licht van de zon door waterdruppeltjes in de lucht 'ontrafeld' wordt. Dit kan omdat wit licht van de zon een mengsel is van alle kleuren die er zijn. Als je alle kleuren licht van de regenboog op een rij zet, zie je het **kleurenspectrum**. De kleuren die je dan ziet zijn rood, oranje, geel, groen, blauw en violet.



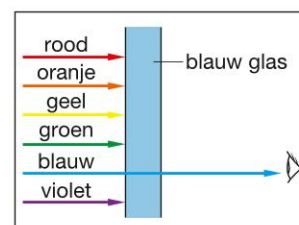
2.14 Met een prisma kun je de kleuren van wit licht uit elkaar halen.

Het kleurenspectrum is zichtbaar als licht breekt. Dat betekent dat licht wanneer het van de ene naar de andere stof gaat niet rechtdoor gaat, maar knikt. Zie figuur 2.14. Wit licht valt van links op een driehoekig stuk glas, een **prisma**. Doordat de ene kleur meer knikt dan de andere worden de kleuren apart zichtbaar.

Bij een regenboog breekt het licht door de waterdruppeltjes in de lucht.

Kleurfilter

Gekleurd licht kun je ook maken door een **kleurfilter** voor een lamp te plaatsen. Een kleurfilter laat vooral één kleur uit het kleurenspectrum door en neemt de andere kleuren licht op. Licht opnemen noem je **absorberen**. Plaats je een blauw filter voor de lamp, dan laat het kleurfilter alleen blauw licht door. Zie figuur 2.15. Bij concerten, festivals en toneelvoorstellingen gebruiken lichttechnici kleurfilters om de juiste sfeer te maken.



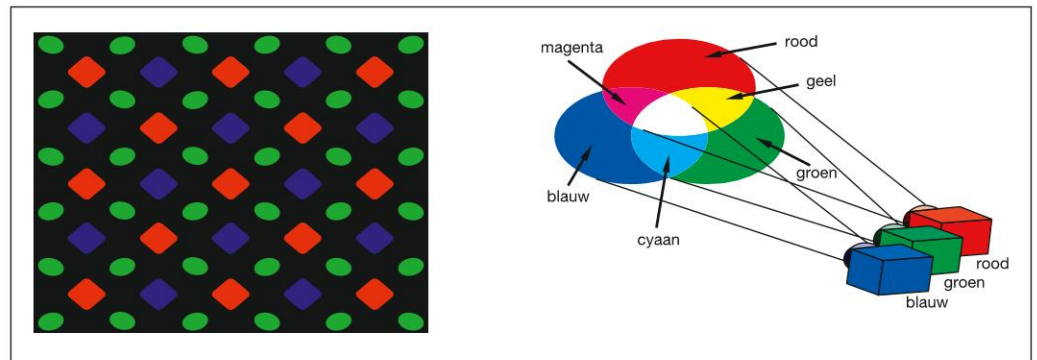
2.15 Een blauw filter laat alleen blauw licht door.

Licht mengen

Gekleurd licht kun je mengen; er ontstaan dan nieuwe kleuren. In figuur 2.16a zie je een sterk vergrote weergave van het scherm van een mobiel. Je ziet drie kleuren: rood, groen en blauw. Rood, groen en blauw noem je de **primaire kleuren** (RGB). Door rood, groen en blauw te mengen kan de mobiel alle kleuren tonen. Zie figuur 2.16b. Dat gaat als volgt:

- rood en groen in gelijke hoeveelheden geeft geel;
- rood en blauw in gelijke hoeveelheden geeft magenta;
- blauw en groen in gelijke hoeveelheden geeft cyaan;
- blauw, groen en rood in gelijke hoeveelheden geeft wit.

Je kent de RGB-kleurcode misschien van het instellen van de kleur op je computerscherm. De kleuren op een kleurenbeeldscherm ontstaan namelijk ook door mengen van rood, groen en blauw, net zoals bij je mobiel. Dat nu juist deze drie kleuren de primaire kleuren zijn, komt door de werking van je oog. Hoe dat zit, leer je in de volgende paragraaf.



2.16a Sterk vergrote weergave van de primaire kleuren op het scherm van een mobiel

2.16b Door de primaire kleuren te mengen, kan de mobiel alle kleuren vertonen.

Verf mengen

Als je verschillende kleuren licht mengt, wordt de mengkleur lichter van kleur. Dit heb je net kunnen zien. Als je verf mengt, is dit anders. Dan wordt de mengkleur juist steeds donkerder. Elke verfstof absorbeert immers weer andere kleuren, zodat er steeds minder wordt gereflecteerd.

Zo wordt rood licht met groen licht geel, maar rode verf met groene verf wordt bruin. Vandaar dat je bij verven vaak uitgaat van de basiskleuren blauw, rood en geel om alles mee te mengen. De basiskleuren bij het mengen van inkt zijn cyaan, magenta, geel en zwart.

Samengevat

Wit licht bestaat uit de kleuren rood, oranje, geel, groen, blauw en violet.

De primaire kleuren voor het mengen van licht zijn rood, groen en blauw. Om gekleurd licht te maken meng je de primaire kleuren of gebruik je een kleurfilter. Een kleurfilter laat vooral één kleur door en absorbeert de andere kleuren licht. Hoe meer kleuren licht je mengt, hoe lichter de mengkleur is.

De basiskleuren voor het mengen van verf en inkt zijn cyaan, magenta, geel en zwart. Hoe meer kleuren verf of inkt je mengt, hoe donkerder de mengkleur is.

2.4 Opdrachten

A 39 H

Beantwoord de volgende vragen.

- Noem de drie primaire kleuren voor licht.
- Leg uit waarom die kleuren de primaire kleuren heten.

A 40

Wat gebeurt er met wit licht als het door een prisma gaat? Beschrijf wat je ziet.

A 41 H

Uit welke kleuren bestaat de regenboog?

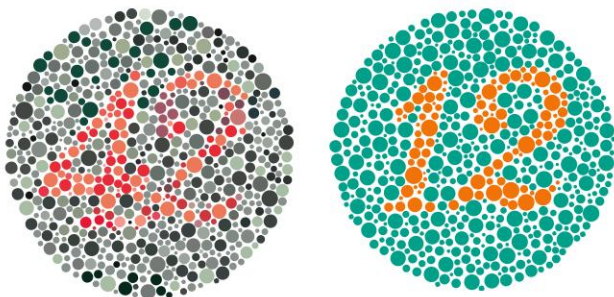
B 42

Beantwoord de volgende vragen.

- Wat doet een kleurfilter met het licht dat erop valt?
- Geef aan welke kleur je krijgt als je een blauw filter voor een rode lamp plaatst.

A 43 H

Sommige mensen hebben een defect in hun oog en kunnen daardoor minder kleuren van elkaar onderscheiden. Welke cijfers zie jij hieronder?



B 44

Als je een kleur kiest op je beeldscherm, kun je dit doen op basis van voorgestelde kleuren. Je kunt ook precies de kleur die je wilt via het RGB-kleursysteem instellen. Wat betekenen de letters RGB?

B 45 H

Als je iets afdruckt in kleur, gebruikt de printer basiskleuren.

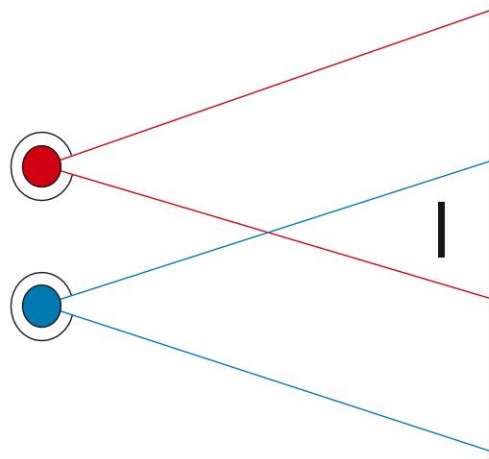
- Geef aan welke kleuren dit zijn.

Dit kleursysteem noem je CMYK.

- Geef aan wat deze letters betekenen.

C 46

Je schijnt met een blauwe en rode lamp op een wit scherm. Voor een deel overlappen beide lichtbundels elkaar op het scherm.



- Teken met de juiste kleuren wat je op het scherm ziet. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.

In het deel waar de bundels elkaar overlappen, zet je een voorwerp.

- Teken de schaduw van de blauwe lamp en vervolgens die van de rode lamp.
- Geef op het scherm aan waar je rood, blauw, magenta en zwart ziet.

C 47 V

In de schilderkunst is er een stroming die pointillisme heet. De schilder mengt dan niet zozeer zijn verf, maar zet verf-stippen van basiskleuren naast elkaar op het witte doek.



- Leg uit of de kleur die je op het schilderij van een pointillist op een afstandje ziet ontstaat door lichtkleuren of door verkleuren te mengen.
- Leg uit waar de pointillist net als de gewone schilder zwarte verf voor nodig heeft.
- Leg uit of de pointillist genoeg heeft aan de vier tubes met de basiskleuren R, G, B, en Z om elke kleur te maken.

Een collega-schilder van de pointillist mengt zijn verf.

- Leg uit welke vier tubes verf deze collega minimaal moet hebben om dezelfde voorstelling op een schilderij te maken.

+ 48 V

Een kameleon kan de kleur van zijn huid veranderen en aanpassen aan de omgeving. Zo is hij voor zijn vijanden goed gecamoufleerd. Ook kan hij hiermee met soortgenoten communiceren. In zijn doorzichtige huid zitten pigmentcellen met ofwel gele, rode of blauwe pigmentstoffen en ook

cellen met ofwel witte of donkere pigmenten. De kameleon kan deze cellen snel in grootte veranderen. De gereflecteerde kleuren mengen zoals licht mengt. Zijn belangrijkste vijanden zijn vogels en slangen. De meeste vogels hebben net als reptielen vier soorten kegeltjes in de ogen. Ook een-tje die gevoelig is voor uv-licht. De receptoren voor rood, geel en blauw zijn ook gevoelig voor uv-licht. De uv-receptor alleen voor uv-licht.

- Neem de tabel over en vul deze volledig in. Vul een plusteken in als er wel respons is en een minteken als er geen respons is.
- Geef ook de respons op wit licht ($= R + G + B + uv$).
- Leg uit of een vogel of reptiel een verschil tussen uv-licht en wit licht ziet. En met $(R + G + B)$ -licht?

Je oog bevat geen uv-receptor, en bovendien een uv-blokkerend filter.

- Leg uit of je uv-licht en $(R + G + B + uv)$ -licht kunt zien.
- Zie je onderscheid tussen dit witte licht en $(R + G + B)$ -licht?
- Leg uit of een kameleon voldoende kleurpigmenten in zijn huid heeft om voor ons alle zichtbare kleuren te maken. En voor vogels en reptielen?
- Welke functie zou het witte pigment moeten hebben om de camouflagetheorie te steunen?
- Wat is de functie van het donkere pigment bij de kleurvorming?

receptor → lichtkleur ↓	R	G	B	uv
R				
G				
B				
uv				

Je kunt nu

- uitleggen hoe een regenboog ontstaat;
- aangeven uit welke kleuren de regenboog bestaat;
- uitleggen wat een prisma met wit licht doet;
- aangeven wat de primaire kleuren bij lichtmenging zijn;
- benoemen welke kleuren ontstaan als je de primaire kleuren mengt;
- aangeven wat de basiskleuren bij verfmenging zijn;
- benoemen welke kleuren ontstaan als je de basiskleuren mengt;
- aangeven wat een filter doet met het licht dat erdoorheen gaat.

Discussievraag

Op de foto zie je een videoprojectie op mensen en bomen. De kleuren die je waarneemt, zijn niet alleen afkomstig van de projector.

Waar hangt het van af welke kleur je waarneemt?

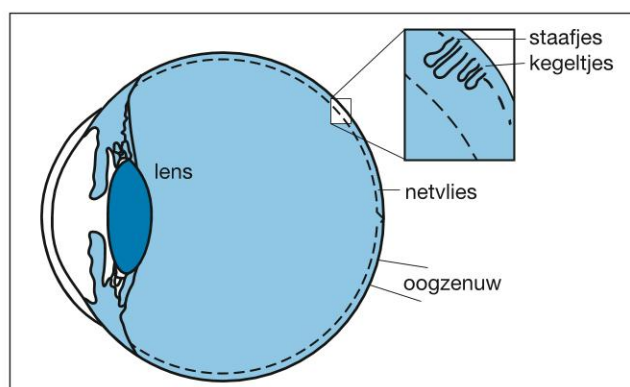


Je leert • hoe en welke kleuren je waarneemt.

2.5 Kleuren zien

Kleuren zien

Om een voorwerp te zien, moet er licht van dat voorwerp in je oog vallen. Dat licht komt op je netvlies terecht. In het netvlies zitten lichtgevoelige cellen. Zie figuur 2.17. De cellen die gevoelig zijn voor de kleur van licht heten **kegeltjes**. De kegeltjes geven via zenuwen signalen door aan je hersenen. Er zijn drie soorten kegeltjes: een soort is het meest gevoelig voor rood licht, een tweede soort voor blauw licht en de derde soort voor groen licht. Licht dat op je netvlies valt, wordt dus door de kegeltjes als een signaal in rood, blauw en groen doorgegeven. Je hersenen vertalen dat signaal weer naar een kleur.



2.17 Met de kegeltjes in het netvlies kun je kleuren zien.

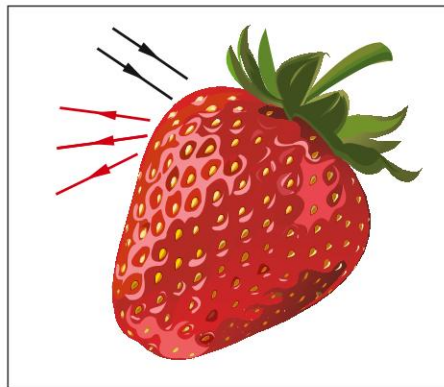
Als er wit licht op je netvlies valt, geven alle drie de kegeltjes een even sterk signaal: je hersenen vertalen dat naar de kleur wit. Als er rood licht op je netvlies valt, geven vooral de rode kegeltjes een signaal aan je hersenen: je hersenen vertalen dit naar de kleur rood. Als er geel licht op je oog valt, geven de rode kegeltjes én de groene kegeltjes een signaal aan je hersenen. Je hersenen vertalen dit naar de kleur geel. Maar bij een mengsel van rood en groen licht geven de rode en groene kegeltjes hetzelfde signaal door aan je hersenen. Daardoor zie je geen verschil tussen licht dat echt geel is en licht dat een mengsel van rood en groen licht is.

De kleuren van een voorwerp

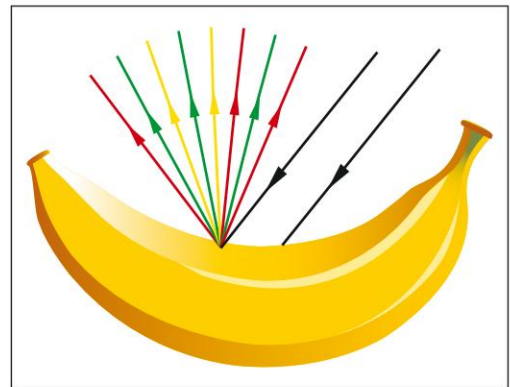
In wit licht is een aardbei rood, een banaan geel, papier wit en houtskool zwart. Ze hebben die kleur doordat ze elk een ander gedeelte van de kleuren uit het witte licht weerkaatsen. Het weerkaatste licht valt in je oog en je ziet de kleur. De kleuren die niet worden weerkaatst, worden geabsorbeerd, net zoals een kleurenfilter kleuren absorbeert. Het verschil met een filter is dus alleen dat een filter bepaalde kleuren doorlaat, terwijl gekleurde voorwerpen die kleuren weerkaatsen.

Voorbeelden:

- Een aardbei weerkaatst vooral rood licht en kleuren die dicht bij rood liggen. De aardbei absorbeert vooral groen en blauw licht. Zie figuur 2.18a.
- Een banaan is geel. De banaan weerkaatst een mengsel van licht dat er geel uit ziet. Dit kan geel licht zijn, ook een mengsel van rood en groen licht. De banaan absorbeert vooral blauw licht. Zie figuur 2.18b.
- Papier is wit. Papier weerkaatst alle kleuren van het opvallende licht en absorbeert weinig licht.
- Houtskool is zwart. Houtskool weerkaatst bijna geen licht, maar absorbeert het allemaal.



2.18a Een aardbei weerkaatst alleen rood licht.



2.18b Een banaan weerkaatst geel, rood en groen licht.

► Practicum 5

Voorwerpen bekijken in gekleurd licht

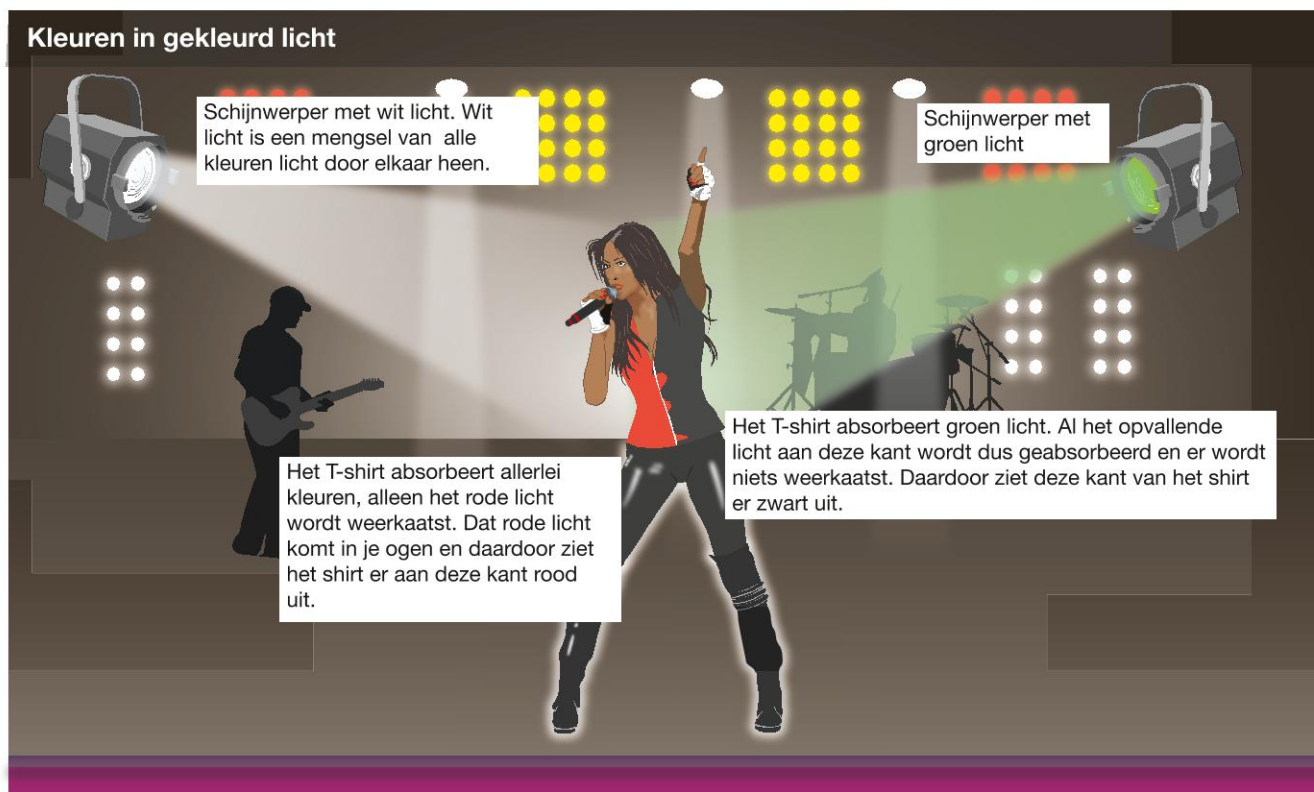
Soms is het in een winkel lastig te zien of de kleur van het nieuwe T-shirt dat je uitzoekt echt de kleur is die je zoekt. Om dat goed te zien moet je naar buiten lopen om het in daglicht te zien. Want wanneer je gekleurde voorwerpen bekijkt in gekleurd licht zie je een andere kleur dan in wit licht. Een aardbei in groen licht bijvoorbeeld zie je zwart, omdat de aardbei groen licht absorbeert. En een banaan in groen licht zie je groen, omdat een banaan groen licht weerkaatst.

Voorbeeld 1: De kleur van een voorwerp in gekleurd licht bepalen

Leg uit welke kleur een groene plant in geel licht heeft.

Een groene plant weerkaatst groen licht en kleuren die vlak bij groen in het kleurenspectrum liggen. De plant absorbeert rood en blauw licht. Geel licht is een mengsel van vooral groen en rood licht. Een groene plant in geel licht zal er dus gewoon groen uitzien.

In figuur 2.19 zie je hoe de kleur van het shirt van een zangeres eruitziet als het wordt belicht met verschillende kleuren licht.



2.19 De kleur van het shirt van een zangeres ziet er anders uit als het wordt belicht met verschillende kleuren licht.

Samengevat

Je ziet kleuren met de kegeltjes in je oog. Er zijn drie soorten kegeltjes: voor rood licht, voor groen licht en voor blauw licht.

Als wit licht op een gekleurd voorwerp valt, weerkaatst het voorwerp alleen het licht met de kleur van het voorwerp. Het absorbeert de andere kleuren. Een wit voorwerp absorbeert geen licht en een zwart voorwerp absorbeert alle kleuren licht.

Van gekleurde voorwerpen kun je in gekleurd licht een andere kleur waarnemen dan in wit licht.

2.5 Opdrachten

A 49 H

Op een groen grasveld valt wit licht.

- a** Geef aan welke kleuren licht het grasveld absorbeert.
- b** Geef aan welke kleuren het grasveld reflecteert.

B 50

Leg uit waarom je pupil zwart is.

B 51

Hoe ziet de Nederlandse vlag eruit in rood licht?

B 52

Een groen schrift heeft een wit etiket met je naam in oranje letters erop. Het schrift ligt onder een oranje lamp.

- a** Leg uit of je naam in dit licht is te lezen.
- b** Hoe ziet het schrift er bij deze lamp uit?
- c** Welke kleuren zie je als je de oranje lamp vervangt door een groene lamp?

B 53 H

Je loopt in de zon en je spijkerbroek is blauw.

Leg uit waarom je broek er blauw uitziet. Gebruik in je antwoord de woorden 'absorbeert' en 'weerkaatst'.

B 54 H

In een supermarkt worden de artikelen bij de kassa gescand door een laser. Een computer vertaalt de terugkaatsing van het licht vanaf de streepjescode in de prijs van het artikel.

Welk deel van de streepjescode zorgt voor de reflectie?

- A de zwarte streepjes
- B de witte spaties
- C zowel de zwarte streepjes als de witte spaties
- D geen van beide; dat gebeurt automatisch

C 55

Je hebt twee kamers met even grote ramen. Door elk raam komt evenveel licht. Kamer 1 heeft van binnen witte wanden en kamer 2 zwarte wanden.

- a** Leg uit in welke kamer je het gemakkelijkst een boek kunt lezen als je de bladzijden op het raam richt: de kamer met witte wanden, de kamer met zwarte wanden of maakt dat niets uit?
- b** Leg uit in welke kamer je het gemakkelijkst een boek kunt lezen als je de bladzijden op de muur tegenover het raam richt: de kamer met witte wanden, de kamer met zwarte wanden of maakt dat niets uit?

C 56 V

Bij snelwegen zie je vaak oranje-gele gasontladingslampen. Deze geven een heel smal spectrum van oranje-geel licht. Beredeneer of de politie mag vertrouwen op een getuigenverklaring die spreekt over een groene en een blauwe auto.

C 57

Je staat op het podium in een theater en je hebt een mooi geel pak aan. De toneelspot die op jou is gericht, zendt blauw licht uit.

- a** Beredeneer welke kleur jouw pak in het licht van deze lamp heeft.
- b** Leg uit waarom je goed moet uitkijken met de kleurfilters die je gebruikt bij de verlichting van een podium.

+ 58 V

Water absorbeert bijna geen zichtbaar licht. Daarom is het kleurloos. Toch absorbeert het de kleur rood net iets meer dan groen licht, en blauw en uv het minst. Geef aan hoe je de kleur van het daglicht ziet veranderen als je afdaalt in de diepzee.

+ 59 V

Kijk nog eens naar de foto aan het begin van deze paragraaf.

- a** Probeer de kleur te achterhalen van de bladeren van de bomen, de stammen van de bomen, de shirts van de mensen en van het licht van de video.
- b** Leg uit waarom je de antwoorden van vraag a niet met zekerheid kunt geven.

Je kunt nu

- beschrijven welke rol de drie soorten kegeltjes spelen bij het kleuren zien;
- uitleggen hoe de kleur van een voorwerp ontstaat door absorptie en reflectie;
- uitleggen waarom de kleur van een voorwerp in gekleurd licht anders kan lijken.

Discussievraag

Als je in een spiegel kijkt, is een beperkt gebied zichtbaar.

Welke spiegel moet je gebruiken om de verkeersveiligheid te vergroten?



Je leert

- wat je wel en niet kunt zien in een spiegel.



2.6 Zien via spiegels

Het gezichtsveld via een vlakke spiegel

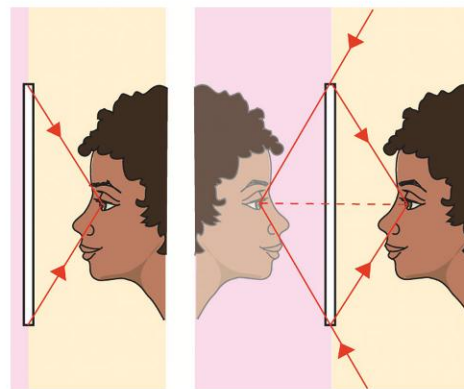
Als je in een spiegel kijkt, is er maar een beperkt gebied via de spiegel zichtbaar: het **gezichtsveld**. Het gezichtsveld is het gebied dat is begrensd door de lichtstralen die via de randen van de spiegel op je oog vallen.

Zie figuur 2.20. Je tekent eerst lijnen van je oog naar de randen van de spiegel. Het zijn zichtlijnen en geen lichtstralen. Je kunt ze wel zien als denkbeeldige lichtstralen naar je oog, dus kun je pijlen in die richting tekenen.

Je past de spiegelwet $\angle i = \angle t$ toe om de zichtlijnen verder te tekenen.

Je gebruikt daarbij het gegeven dat lichtstralen omkeerbaar zijn: als ze via een bepaalde weg in de ene richting gaan, bewandelen ze in omgekeerde richting dezelfde weg. Zo zijn zichtlijnen het omgekeerde van lichtstralen en kun je ze dus toch op dezelfde manier tekenen.

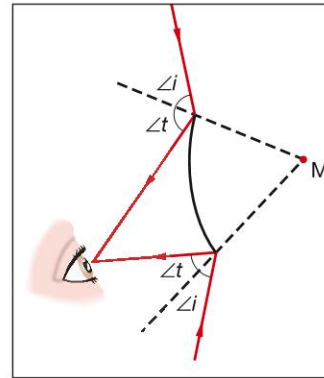
Uit die omkeerbaarheid volgt ook de volgende regel: als je iemands ogen in een spiegel ziet, kan die persoon ook jouw ogen zien.



2.20 Het zichtbare gebied via een vlakke spiegel

Het gezichtsveld via een bolle spiegel

Ook het zichtbare gebied via een bolle spiegel bepaal je met de spiegelwet. Net als bij een vlakke spiegel teken je de zichtlijnen als de lichtstralen die via de randen van de spiegel in je oog vallen. Zie figuur 2.21. Op de plaats waar de lichtstralen de spiegel treffen, teken je de normaallijn. Je meet nu hoek $\angle t$ op en vervolgens teken je hoek $\angle i$. Ook dat is dus omgekeerd vergeleken met lichtstralen.



2.21 Het gezichtsveld via een bolle spiegel

In figuur 2.21 zie je dat een bolle spiegel je gezichtsveld vergroot. In figuur 2.22 zie je hoe dat er in de praktijk uitziet: je ziet meer van de omgeving dan wanneer de spiegel vlak zou zijn. De bolle spiegel maakt je gezichtsveld groter omdat alles wat je in de spiegel ziet kleiner is afgebeeld dan bij een vlakke spiegel het geval zou zijn.

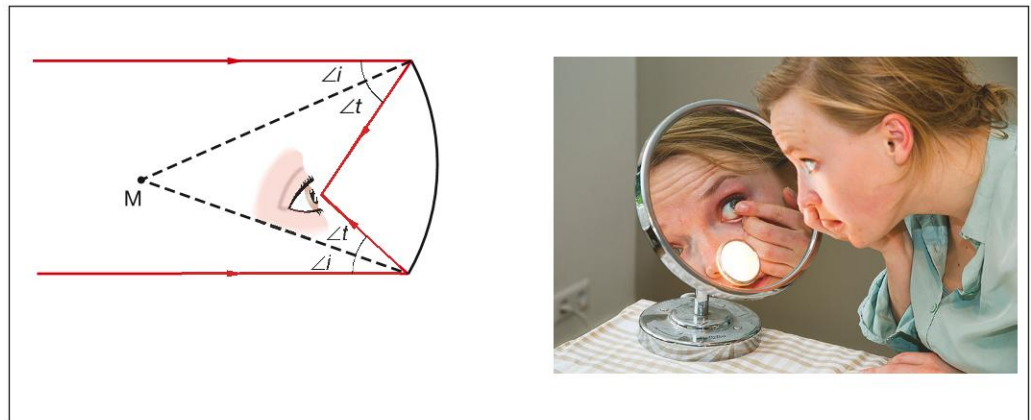


2.22 Een bolle spiegel

Het gezichtsveld via een holle spiegel

Het zichtbare gebied bij een holle spiegel vind je op dezelfde manier als bij de bolle spiegel. Het effect is tegengesteld. Een holle spiegel verkleint je gezichtsveld en je ziet voorwerpen vaak groter dan bij een vlakke spiegel. Zie figuur 2.23. Voorbeelden zijn een make-upspiegel en een scheerspiegel.

Overigens kun je in zo'n spiegel alleen vergroot zien als je je oog dicht bij de spiegel houdt. Als je je oog verder weg houdt, zie je jezelf juist weer verkleind ... en op zijn kop. Probeer dit maar eens uit met de binnenkant van een lepel.



2.23 Het gezichtsveld via een holle spiegel

Samengevat

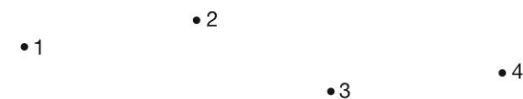
Het gezichtsveld via een spiegel vind je door zichtlijnen naar de randen van de spiegel te tekenen en vervolgens de spiegelwet toe te passen. Dit geldt zowel voor vlakke, holle als bolle spiegels.

Bij bolle spiegels is je gezichtsveld groter dan bij een vlakke spiegel en zie je verkleinde beelden. Bij een holle spiegel zie je juist grotere beelden en is je gezichtsveld kleiner.

2.6 Opdrachten

B 60

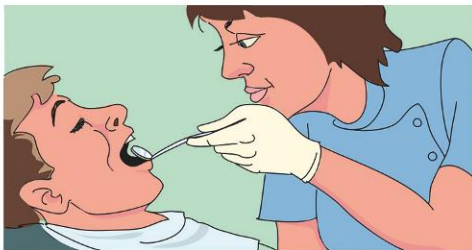
Welke toeschouwer(s) in de figuur hieronder kan (kunnen) het spiegelbeeld van het voorwerp volledig zien?



spiegel _____

B 61

Hieronder zie je een tandarts. Geef in de figuur op het tekenblad in het hulpboek aan welk gebied de tandarts via de spiegel kan zien.



C 62

Ben jij weleens niet opgemerkt door een automobilist? Je bevond je dan misschien wel in de dode hoek. Dat is een plek waar de bestuurder je via de spiegels niet kan zien. Hieronder is een auto getekend. De figuur staat ook in het hulpboek.



- a Geef in de figuur aan welk gebied de bestuurder via de binnenspiegel kan zien.
- b Geef in de figuur ook aan welk gebied de bestuurder via de buitenspiegel kan zien.
- c Arceer het gebied dat we de dode hoek noemen.

Als de chauffeur jou kan zien, dan kun jij het gezicht van de chauffeur ook zien.

- d Leg dat uit. Gebruik daarbij het begrip 'omkeerbaarheid van stralen'.

C 63

Hieronder zie je de binnenspiegel van een auto. Op de spiegel zit een kleine bolle spiegel waardoor de moeder haar kind beter in de gaten kan houden.



- a Maak een schets van deze situatie. Leg uit dat het gebied dat de moeder via de bolle spiegel ziet groter is dan het gebied dat ze via de vlakke achteruitkijkspiegel ziet.

Op buitenspiegel van een auto staat vaak de volgende tekst: 'Objects in mirror are closer than they appear'.

- b Vertaal de zin.
- c Leg uit hoe dit komt.
- d Leg uit waarom hiervoor wordt gewaarschuwd.

Je kunt nu

- construeren welk gebied je waarneemt als je via een vlakke, holle of bolle spiegel ergens naar kijkt;
- uitleggen waar en waarom holle en bolle spiegels worden toegepast.

Practica

1 Schaduwgrootte

- 30 minuten
- ontwerpopdracht
- Vaardigheid 4

Inleiding

In het licht van de koplamp van een auto heb jij een schaduw. Als de auto naar jou toe rijdt, verandert de grootte van jouw schaduw. De grootte van de schaduw hangt af van de afstanden tussen voorwerp, lamp en scherm waar de schaduw op zichtbaar is.

Onderzoeksvraag

Wat is de invloed van de afstand tot de lichtbron op de grootte van de schaduw?

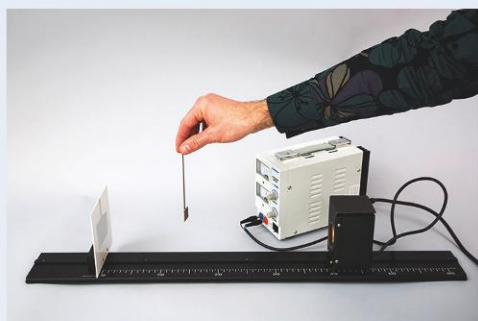
Voorspelling

Noteer hoe je verwacht dat de grootte van de schaduw verandert als je het voorwerp naar de lamp beweegt.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- lamp
- scherm
- klem
- stuk karton
- geleiderail met schaalverdeling
- liniaal



- 1 Zet op ongeveer 80 cm van een lamp een wit scherm.
- 2 Houd een stuk karton van 2 cm × 2 cm op minstens vijf verschillende afstanden van het scherm.
- 3 Neem de tabel over en noteer hierin je metingen.
- 4 Meet die afstanden en meet telkens de breedte van de schaduw.

afstand karton – lichtbron (cm)	breedte van de schaduw (cm)
10	
...	

Vragen

- a Maak bij de tabel een diagram.
- b Hoe moet je een voorwerp verplaatsen ten opzichte van de lichtbron om de schaduw twee keer zo klein te krijgen?
- c In welke situatie is de schaduw van een voorwerp twee keer zo groot als het voorwerp zelf?
- d Geef de conclusie.
- e Hoe verandert de schaduw als je het voorwerp naar boven of naar beneden beweegt?
- f Hoe verandert de grootte van jouw schaduw als de auto naar je toe komt rijden?

2 Spiegelwet

► 15 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Je fiets heeft reflectoren op de achterkant, trappers, wielen en banden. De reflector weerkaatst het licht van koplampen van een auto, zodat jij goed te zien bent. Je schijnt met een lichtstraal op een spiegel en bekijkt hoe de spiegel de straal weerkaatst.

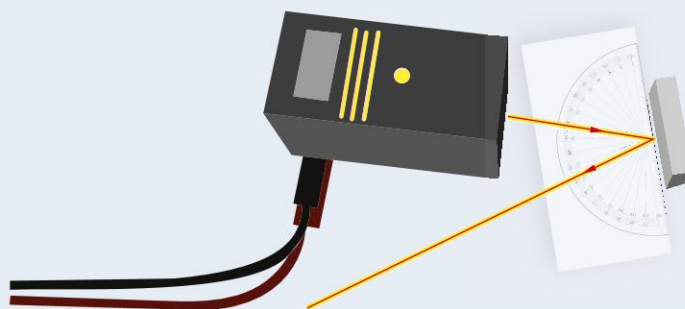
Onderzoeksvraag

Hoe verandert de hoek van de teruggekaatste straal als de hoek van de invallende straal verandert?

Voorspelling

Noteer wat je verwacht dat er gebeurt als je de lichtstraal onder een grotere hoek laat invallen.

Opstelling en werkwijze



Je hebt nodig:

- lichtkastje
- spiegel
- geodriehoek of gradenboog

- 1 Zet het spiegeltje rechtop op het papiertje met de gradenverdeling langs de horizontale lijn onderaan.
- 2 Maak een smalle lichtbundel met het lichtkastje.
- 3 Richt de bundel op de spiegel.
- 4 Bekijk hoe het licht verdergaat.
- 5 Neem de tabel over en noteer hierin je metingen.
- 6 Meet hoek i op.
- 7 Meet hoek t op.
- 8 Doe dit voor ten minste vijf verschillende invalshoeken.

$\angle i$				60°		
$\angle t$					75°	

Vragen

- a Wat valt je op in de tabel?
- b Geef de conclusie.

3 Ontwerp je eigen periscoop

- 45 minuten
ontwerpopdracht
- Vaardigheid 8

Inleiding

Met een periscoop kun je over een schutting kijken. In een periscoop zitten spiegeltjes. Via de spiegeltjes weerkaatst het licht, zodat je om een hoek kunt kijken. In een onderzeeboot gebruik je een periscoop om te kijken wat er boven water gebeurt.



Ook bij sommige concerten kun je periscopen kopen. Wanneer je wat kleiner bent, kun je daarmee over de rest van het publiek heen kijken.

Je hebt nodig:

- spiegeltjes
- karton
- lijm

Opdracht

Ontwerp een periscoop waarmee je over een publiek heen naar het podium kunt kijken.

- 1 Stel een programma van eisen (PvE) op.
- 2 Maak een ontwerp en laat dit controleren door je docent.
- 3 Bouw een prototype.
- 4 Test het prototype.
- 5 Stel zo nodig je ontwerp bij.

4 Gekleurde lichtbronnen

► 45 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Niet alle soorten lampjes voor in de kerstboom hebben dezelfde kleur. Sommige lampjes lijken blauw, andere lampjes lijken geel. Kun je met je oog zien welke kleuren de lampjes precies bevatten? In dit practicum maak je met een spectroscop de kleuren van verschillende lichtbronnen zichtbaar.

Onderzoeksvraag

Wat zie je wanneer je lichtbronnen met een spectroscop bekijkt?

Voorspelling

Kun je voorspellen welke kleuren verschillende lichtbronnen bevatten? Noteer dit.

Opstelling en werkwijze



Je hebt nodig:

- spectroscop
- diverse lichtbronnen

- 1 Bekijk met een spectroscop de verschillende lichtbronnen die in de tabel zijn genoemd.
- 2 Neem de tabel over. Noteer in de tabel bij elke lichtbron welke kleuren je door de spectroscop ziet.
- 3 Kies zelf nog twee andere lichtbronnen die niet in de tabel staan. Vul de tabel aan.

lichtbron	kleuren
tl-lamp	een aantal kleurlijnen (blauw, groen) en andere kleuren
licht buiten	
licht van brander met gele vlam	
licht van brander met blauwe vlam	
gloeilamp	
blacklight	
laserlicht dat terugkaatst tegen een wit scherm	
natriumlamp	
ledlamp	
spaarlamp	
scherm van je smartphone	

Vragen

- a Welke lichtbron bevat de meeste kleuren?
- b Welke lichtbron bevat de minste kleuren?
- c Welke kleur komt bij de meeste lichtbronnen in het spectrum voor?
- d Deel de lichtbronnen in verschillende groepen in. Leg uit waarom je voor jouw indeling hebt gekozen.

5 Voorwerpen in gekleurd licht

► 45 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Een kledingverkoper adviseert vaak om je T-shirt buiten in daglicht te bekijken. Buiten lijkt het T-shirt opeens een andere kleur te hebben. Je bekijkt wat het effect van de kleur van een lamp op de omgeving heeft.

Onderzoeksvraag

Hoe verandert de kleur van voorwerpen in gekleurd licht?

Voorspelling

Noteer welke kleur je denkt dat een rood voorwerp krijgt in een blauwe lichtbundel. En in een rode lichtbundel? En in een gele lichtbundel?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- computer met beamer
- kleurensides (site)
- gekleurd papier



- 1 Hang gekleurd papier op.
- 2 Maak het lokaal donker en zet de beamer aan.
- 3 Zet het witte licht aan.
- 4 Neem de tabel over en vul in welke kleur de papieren in dit licht hebben.
- 5 Doe hetzelfde met rood, blauw en geel licht.

kleur van papier	kleur licht			
	wit	rood	blauw	geel
rood				
blauw				
groen				
geel				
wit				
zwart				

Vragen

- a Welke kleuren zitten er in wit licht?
- b Waarom zie je een blauw vel papier blauw als er wit licht op valt?
- c Geef de conclusie.
- d Leg uit waarom de kleuren er zo anders uitzien in blauw licht.

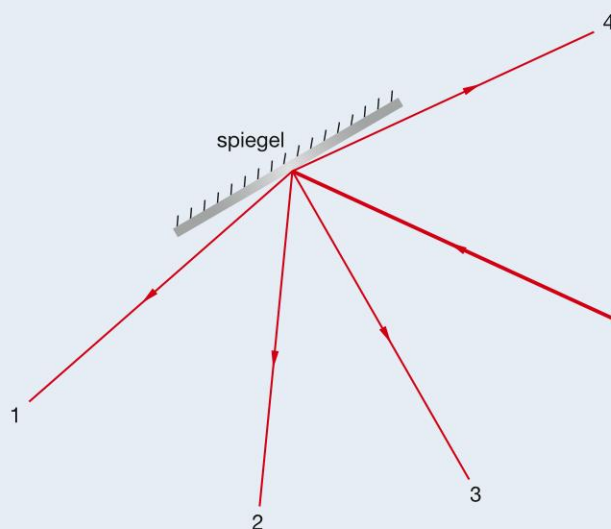
Oefentoets

Juist of onjuist?

- 1 De zon is een kunstmatige lichtbron.
- 2 Een bosbrand is een natuurlijke lichtbron.
- 3 Een groen voorwerp weerkaatst alleen groen licht.
- 4 Hoe dicht je je hand bij een scherm houdt, hoe groter de schaduw.
- 5 Om een voorwerp te kunnen zien, moet het spiegelend weerkaatsen.
- 6 Een holle spiegel convergeert een lichtbundel.

Spiegelbal

- 7 In een disco gebruik je vaak een spiegelbal die het licht weerkaatst. Hieronder valt een lichtstraal op een spiegel. Leg uit welke teruggekaatste lichtstraal juist is getekend.



Regenboog

- 8 Noem de kleuren van een regenboog van binnen naar buiten.

Spiegels en filters

In een theater gebruik je schijnwerpers. De schijnwerpers bevatten een sterke lamp, een spiegel en je kunt er lichtfilters in schuiven.

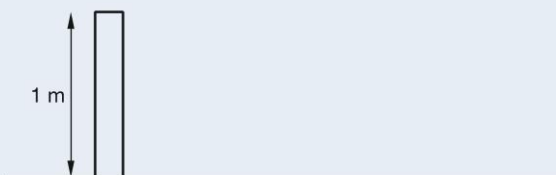
- 9 Waarvoor dient de spiegel?
- 10 Leg uit waarom de spiegel gebogen is.
- 11 Vertel hoe je met lichtfilters kleuren kunt maken. Geef in je antwoord ook aan waar die kleuren vandaan komen.

Uit de schijnwerper komt een divergente lichtbundel.

- 12 Teken die lichtbundel.

Schaduw

- 13 Je speelt verstoppertje in de avond en je wilt je verstoppen in de schaduw van een struik. Op de volgende bladzijde is de situatie getekend. Je maakt je zo klein dat je nog maar 75 cm hoog bent. De struik is 1,0 m hoog. Teken waar je moet gaan zitten.



Make-upspiegel

Een make-upspiegel is een holle spiegel.

- +14 Heb je in deze spiegel een groter of kleiner gezichtsveld dan in een vlakke spiegel?
- +15 Zie je de voorwerpen in deze spiegel groter of kleiner dan in een vlakke spiegel?
- 16 Teken een holle spiegel en laat er twee lichtstralen op vallen.
- 17 Teken ook hoe de lichtstralen na weerkaatsing verder gaan.

Trouwfoto's

Bij trouwfeesten wordt het bruidspaar vaak buiten gefotografeerd. Als de zon schijnt, zie je op de foto's erg scherpe schaduwen.

- 18 Leg uit hoe dat komt.

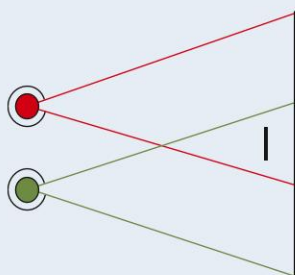
Om de schaduwen minder scherp te maken, gebruikt de fotograaf vaak spiegellende vlakken of spiegellende parasols.

- 19 Leg uit waar hij die vlakken of parasols moet opstellen.
- 20 Leg uit waarom de schaduwen daardoor minder scherp worden.

Rode en groene lamp

In de figuur zie je een rode lamp en een groene lamp.

- 21 Leg uit of de getekende lijnen lichtstralen of zichtlijnen zijn.

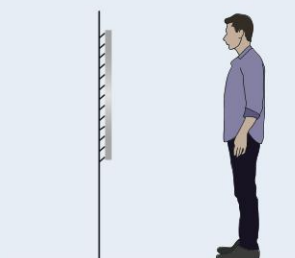


Op het scherm zijn gele gebieden te zien.

- 22 Leg uit hoe dat komt.
- 23 Geef in de tekening precies aan waar het scherm geel is.

Passpiegel

- 24 Je staat in een kledingzaak voor een passpiegel waarin je jezelf helemaal kunt zien. Maak met een tekening duidelijk waarom dat zo is.





3 Stoffen

Op deze bloem ligt een blokje met een heel kleine massa. Het is van een bijzondere stof gemaakt: aerogel. Dat is een vaste stof waarin een gas is opgesloten. Wetenschappers hebben de stof steeds lichter gemaakt en kunnen nu zelfs aerogel maken die lichter is dan lucht. Aerogel houdt ook erg goed warmte tegen. Door deze eigenschappen is aerogel een geschikte stof om in de ruimtevaart te gebruiken.

Paragraaf	Practica	 Overal online
3.1 Zuivere stof en mengsel	1 Stoffen herkennen 2 Dichtheid van aluminium	Alle teksten en opdrachten uit dit boek vind je terug op Overal online. Hier vind je ook filmpjes, animaties, extra uitleg en oefening, oefentoetsen en extra practica.
3.2 Veiligheid en milieu		
3.3 Faseovergangen	3 Thermometer ijken	
3.4 Mengen en scheiden	4 Mengen en scheiden	
3.5 Moleculen	5 Moleculen	
+3.6 Macro en micro		
Oefentoets		

Discussievraag

Een bijzondere belevenis, eten tussen de vissen. Het glas waar je doorheen kijkt, draagt honderden liters water.

Welke eigenschappen moet het glas van het aquarium hebben?



Je leert • aan welke eigenschappen je stoffen kunt herkennen.

3.1 Zuivere stof en mengsel

► Practicum 1

Stoffen herkennen

Alles om je heen is materie. Materie bestaat uit stoffen en heeft massa. Je huis, de weg, je eten, je lichaam, je boeken, je kleren, je computer, de lucht, het is allemaal materie. Materie kun je verdelen in twee groepen: zuivere stoffen en mengsels.

Zuivere stoffen kun je niet verder scheiden. Ze bestaan uit één soort stof. Zout, suiker, ijzer, zuurstof en gedestilleerd water zijn zuivere stoffen. **Mengsels** bestaan uit verschillende stoffen door elkaar heen. Kraanwater, glas, pindakaas, cola en lucht zijn mengsels.

Als je cola drinkt, proef je dat het zoet is. Zoet is een stoffeigenschap van suiker. Vermoedelijk zit er dus suiker in cola.

Stoffeigenschappen zijn de eigenschappen waaraan je een bepaalde stof kunt herkennen. Voorbeelden van stoffeigenschappen zijn smaak, kleur, hardheid, brandbaarheid, kookpunt en smeltpunt. Suiker is korrelig, wit en zoet, het zilver van de lepel is glimmend, stevig en bij kamertemperatuur een vaste stof. Zie figuur 3.1.

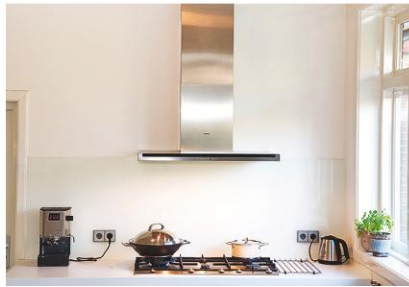


3.1 Suiker: korrelig, wit en zoet
Zilver: glimmend, stevig en een vaste stof

Niet alle eigenschappen van een voorwerp kun je gebruiken om de stof waarvan het is gemaakt te herkennen. De zilveren lepel in figuur 3.1 heeft een bepaalde vorm en een bepaalde massa, maar er zijn ook lepels met een andere vorm en massa. In figuur 3.2 zie je voorwerpen van staal. Ze zijn van dezelfde stof gemaakt, maar hebben allemaal een andere vorm en massa. Vorm en massa zijn geen stoffeigenschappen.



a Sieraad



b Afzuigkap



c Balken

3.2 Al deze voorwerpen hebben een andere vorm, maar zijn gemaakt van dezelfde stof.

- Practicum 2
- Vaardigheid 6

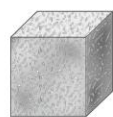
Dichtheid

Piepschuim is een lichte stof en beton een zware stof. De dichtheid geeft aan wat de massa van 1 cm^3 van een stof is. Een kubieke centimeter piepschuim heeft een massa van 0,04 gram en een kubieke centimeter beton van 2,0 gram. Zie figuur 3.4. De eenheid van dichtheid is g/cm^3 . Dit spreek je uit als 'gram per kubieke centimeter'. De dichtheid van piepschuim is dus $0,04 \text{ g/cm}^3$ en van beton van $2,0 \text{ g/cm}^3$. Dichtheid is een stoffeigenschap. In tabellen kun je de dichtheid van stoffen opzoeken. Zie figuur 3.3.

De aerogel in het begin van dit hoofdstuk is een enorm lichte stof. Aerogel heeft een zeer kleine dichtheid, slechts $0,00016 \text{ g/cm}^3$.

stof	dichtheid (g/cm^3)
aluminium	2,7
baksteen	1,8
balsahout	0,15
brons	8,9
eikenhout	0,78
glas	2,6
goud	19,3
koper	8,96
lucht	0,0013
perspex (plexiglas)	1,2
staal	7,8
water	1,0
ijzer	7,9
zink	7,1

3.3 De dichtheid van verschillende stoffen



beton: 2,0 g



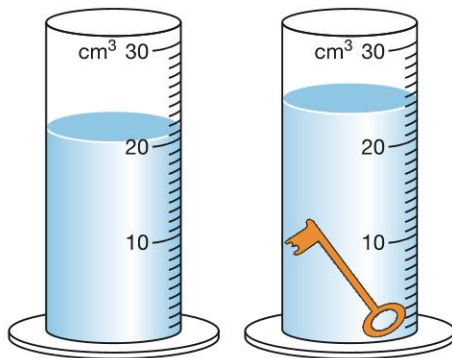
piepschuim: 0,04 g



aerogel: 0,00016 g

3.4 Elk blokje heeft een volume van 1 cm^3 . De massa's verschillen. Elk blokje heeft dus een andere dichtheid. Beton heeft een grotere dichtheid dan piepschuim en aerogel.

Omdat de dichtheid een stoffeigenschap is, kun je een stof herkennen door de dichtheid te bepalen. In voorbeeld 1 zie je hoe je de dichtheid bepaalt met een verhoudingstabel. Je bepaalt eerst de massa met een weegschaal. Daarna bepaal je het volume met de onderdompelmethode, zoals je dat in hoofdstuk 1 hebt geleerd. Met de massa en het volume kun je de dichtheid berekenen.



3.5 De onderdorpelmethode: het verschil tussen eindvolume en beginvolume is het volume van de sleutel.

Voorbeeld 1: Dichtheid bepalen met een verhoudingstabel

Je hebt een sleutel met een massa van 19,5 gram. Je dompelt hem onder in water om het volume te bepalen. Zie figuur 3.5.

- a** Bepaal met een verhoudingstabel de dichtheid van de stof waar de sleutel van is gemaakt. Laat hiermee zien dat de sleutel niet van ijzer is gemaakt.
b Bereken de massa van de sleutel als deze van ijzer zou zijn gemaakt.

Uitwerking:

a Gegeven: volume = $24 - 21 = 3 \text{ cm}^3$

massa = 19,5 g

Gevraagd: dichtheid van de sleutel = ?

Berekenen: Vul in de verhoudingstabel de gegevens in en in de laatste kolom 1 cm^3 .

Deel beneden het volume door 3, dan boven de massa ook.

		: 3
massa	19,5 g	6,5 g
volume	3 cm ³	1 cm ³
		: 3

Antwoord: De dichtheid is $6,5 \text{ g/cm}^3$. De dichtheid van ijzer is $7,9 \text{ g/cm}^3$. Zie figuur 3.3. De sleutel is dus niet van ijzer, want $6,5 \text{ g/cm}^3$ is niet gelijk aan $7,9 \text{ g/cm}^3$.

b Gegeven: volume = 3 cm^3
dichtheid = $7,9 \text{ g/cm}^3$

Gevraagd: massa van de sleutel = ?

Berekenen: 1 cm^3 heeft een massa van 7,9 g. Vul dit in de verhoudingstabel in.

Vul in de laatste kolom 3 cm^3 in.

Je ziet nu dat je beneden en boven de streep met 3 moet vermenigvuldigen.

		$\times 3$
massa	7,9 g	23,7 g
volume	1 cm ³	3 cm ³
		$\times 3$

Antwoord: Als de sleutel van ijzer zou zijn, dan zou de sleutel een massa hebben van 23,7 g.

Samengevat

De voorwerpen om je heen bestaan uit heel veel verschillende stoffen. Er zijn twee groepen stoffen, zuivere stoffen en mengsels. Een stof herken je aan zijn stoffeigenschappen. Kleur, hardheid en dichtheid zijn voorbeelden van stoffeigenschappen. Aan eigenschappen zoals vorm en grootte kun je een stof niet herkennen.

De dichtheid van een stof is de massa van 1 cm^3 van die stof. Rekenen met dichtheid gaat handig met een verhoudingstabel.

3.1 Opdrachten

A 1 H

Juist of onjuist?

- a Suiker is een zuivere stof.
- b Glas is een zuivere stof.
- c Cola is een mengsel.

A 2

Noem vier eigenschappen waaraan je een stof kunt herkennen.

A 3 H

Geef aan welke eigenschappen stofeigenschappen zijn: geur, kleur, hoeveelheid, massa, volume, dikte, brandbaarheid, smaak, vorm, kookpunt, dichtheid.

A 4

Een ontwerper kiest een materiaal met een kleine dichtheid.

- a Geef de definitie van dichtheid.

De eenheid van dichtheid is g/cm^3 .

- b Geef aan hoe je dit uitspreekt.

B 5 H

- a Noem een stofeigenschap die verschillend is voor kristalsuiker en zout.
- b Noem een stofeigenschap die hetzelfde is voor kristalsuiker en zout.

B 6 H

Bert maakt een tuinbank van gietijzer en gebruikt een klein stukje van het gietijzer om de dichtheid van de gietijzeren tuinbank te bepalen.

- a Noem de drie stappen die Bert moet nemen om de dichtheid van het stukje gietijzer te bepalen.
- b Waarom is de dichtheid van het stukje gietijzer gelijk aan de dichtheid van de hele tuinbank?

B 7

Een lepel heeft een volume van 5 cm^3 en heeft een massa van 39 g.

- a Bereken de dichtheid van de stof waar de lepel van is gemaakt.
- b Leg met behulp van de tabel in figuur 3.3 uit van welke stof de lepel is gemaakt.

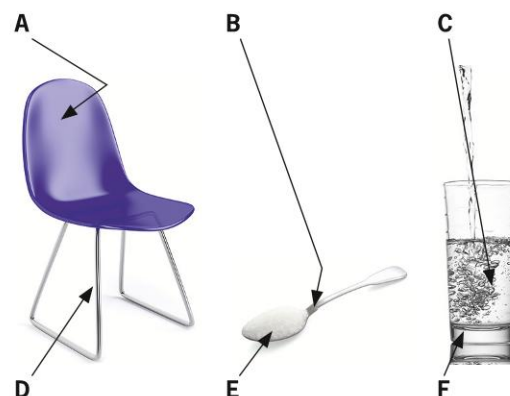
B 8

Een gouden ring heeft een volume van $0,4 \text{ cm}^3$. Bereken de massa van de ring.

B 9 H

In de figuur zie je een aantal voorwerpen en stoffen.

- a Geef bij elke letter de stof aan waar het pijltje naar wijst. Kies uit: *kunststof, suiker, staal, glas, water, olie, aluminium, hout*.
- b Noem bij elke stof een eigenschap die hoort bij deze stof.



B 10

Je ziet hieronder een aantal stofeigenschappen. Kies bij elke stofeigenschap een stof die daarbij past. Kies uit: *hout, melk, koffie, cola, aluminium, goud*.

- a De vloeistof is bruin en heeft bittere smaak.
- b De vloeistof is bruin en heeft zoete smaak.
- c De stof drijft op water.
- d De stof ziet er glimmend uit en is grijs.
- e De stof ziet er glimmend uit en is geel.
- f De vloeistof is wit en niet doorzichtig.

C 11

Balsahout is een erg lichte houtsoort. Een blokje heeft een massa van 1,8 g. Bereken het volume van het blokje.

C 12 V

Juist of onjuist? Leg je antwoord met een voorbeeld uit.

- a Als twee stoffen een verschillende smaak hebben, zijn het twee verschillende stoffen.
- b Als twee stoffen dezelfde kleur hebben, zijn het dezelfde stoffen.

C 13 V

In de telefoons op de foto zijn enkele stoffen verwerkt.

- Noem drie stoffen en noem van iedere stof een stoffeigenschap.
- Geef bij elke stof aan of er sprake is van een zuivere stof of van een mengsel.

**C 14**

In een meubelfabriek maakt een spuitgietmachine een serie kunststof stoelen. Uit 100 kg kunststof korreltjes maakt ze 37 stoelen. Soms mislukt er weleens een stoel. Naomi zaagt daar een stukje van af. Ze bepaalt dat de dichtheid van de kunststof $0,91 \text{ g/cm}^3$ is.

- Bereken het volume van de stoel in liter.

De grondstof van de machine zijn kunststofkorrels die worden aangeleverd in zogeheten 'bigbags'. Een bigbag heeft een inhoud van 1 m^3 . Als hij is gevuld met kunststof korrels weegt hij 720 kg. De massa van de bigbag zelf is verwaarloosbaar klein.

Tycho bepaalt met deze gegevens dat de dichtheid van de kunststof gelijk is aan $0,72 \text{ g/cm}^3$.

- Leg uit hoe het komt dat Tycho een andere waarde vindt dan Naomi.

C 15 V

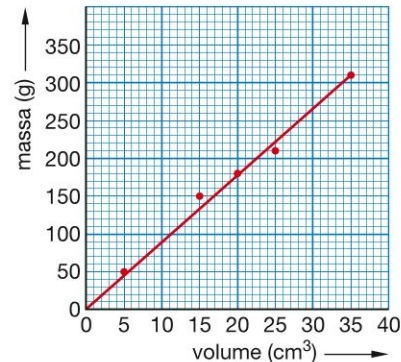
Een vrachtauto vervoert eikenhout naar een meubelfabriek. Eikenhout heeft een dichtheid van $0,78 \text{ g/cm}^3$. De laadruimte is 2,00 meter breed, 2,50 meter hoog en 8,00 meter diep.

- Bereken hoeveel cm^3 hout er maximaal in deze laadruimte past.
- Bereken de massa van het eikenhout in de vrachtauto als de laadruimte helemaal met eikenhout is gevuld. Geef je antwoord in ton (1 ton = 1000 kg).

C 16

Annet meet van verschillende blokjes van dezelfde stof de massa en het volume. In het diagram hieronder zie je haar meetresultaten.

- Bepaal met behulp van het diagram van welke stof de blokjes waarschijnlijk zijn gemaakt.
- Schets in het diagram de meetresultaten die horen bij een stof met een kleinere dichtheid.

**+ 17 V**

Een 24-karaats gouden ring is gemaakt van puur goud. Een 12-karaats gouden ring is gemaakt van een mengsel met daarin 50% (van de massa) goud en 50% andere metalen.

- Hoeveel massaprocent goud zit er in een 18-karaats gouden ring?
- Tineke koopt een gouden ring. Volgens de verkoper is de ring 24-karaats goud. Leg uit hoe Tineke kan bepalen of de verkoper gelijk heeft.

+ 18 V

Een legering is een mengsel van twee metalen. Messing is een legering van koper en zink. Het volume bestaat voor 65% uit koper en voor 35% uit zink.

Een messing staaf heeft een volume van 100 cm^3 .

- Bereken de dichtheid van het messing.

Soms wordt er behalve zink en koper ook nog een heel klein beetje lood (dichtheid $11,35 \text{ g/cm}^3$) door de legering gemengd.

- Leg uit of het messing dat je dan krijgt een lagere of een hogere dichtheid heeft.

Het volume van een messing staaf bestaat voor 33% uit zink, 2,0% uit lood en 65% uit koper.

- Bereken de dichtheid van dit messing.

Je kunt nu

- eigenschappen noemen waaraan je een stof herkent;
- van een stof aangeven of het een zuivere stof of een mengsel is;
- het verschil noemen tussen eigenschappen van een stof en van een voorwerp;
- berekeningen doen met de dichtheid van een stof.



Discussievraag

Bij een brand op het terrein van een chemisch bedrijf kan de brandweer niet zomaar beginnen met blussen.

Waarom moet de brandweer precies weten welke stoffen op het terrein aanwezig zijn?

Je leert • welke gevaren stoffen kunnen hebben voor mens en milieu.

3.2 Veiligheid en milieu

Stoffen en veiligheid

In hoofdstuk 1 zag je dat je in het practicumlokaal soms werkt met stoffen die schadelijk kunnen zijn. Op de verpakking van zulke stoffen staan veiligheidspictogrammen.

Een **veiligheidspictogram** is een schematische tekening waaraan je kunt zien waar je op moet letten wanneer je met die stof werkt. In figuur 3.6 zie je een aantal voorbeelden.



3.6 Voorbeelden van veiligheidspictogrammen

De betekenis van deze pictogrammen is:

- Schadelijk. Wanneer je deze stof inademt of in je ogen krijgt of op je handen krijgt, doet het zeer en dat kan schadelijk zijn.
- Corrosief. Deze stof tast materialen aan, zoals metalen en je huid.
- Milieugevaarlijk. Deze stof mag niet in het grondwater komen en je mag hem dus niet in de gootsteen gooien.
- Giftig. Deze stof is schadelijk voor je gezondheid.
- Ontvlambaar. Deze stof kan al bij een lage temperatuur vlam vatten.

Schoonmaakmiddelen kunnen ook gevaar opleveren. Bleekwater met chloor is irriterend en spiritus is licht ontvlambaar. Op schoonmaakmiddelen zie je daarom ook pictogrammen. Soms zie je één van de pictogrammen uit figuur 3.6, maar soms ook een oud of een niet-officieel pictogram. Zie figuur 3.7. Verder is het niet verstandig schoonmaakmiddelen te mengen. Bleekmiddelen bevatten vaak chloor. Als je dat mengt met een zuur, krijg je giftig chloorgas.



3.7 Oude of niet-officiële veiligheidspictogrammen

Voor de brandweer is het belangrijk om te weten welke gevaren stoffen kunnen vormen. Bij het blussen van een brand bij een chemisch bedrijf is het bijvoorbeeld belangrijk om te weten welke stoffen er zijn opgeslagen en welke gevaren ze kunnen vormen. Via het bluswater kunnen stoffen in het grondwater komen. Dit kan erg schadelijk zijn voor het milieu. De brandweer kan daarom soms beter met schuim blussen dan met water.

Giftige stoffen en dosis

Medicijnen zijn stoffen om je weer gezond te maken, maar ze kunnen ook schadelijk zijn. Medicijnen hebben daarom altijd een bijsluiter waarin staat hoe je ze moet innemen en hoeveel je in moet nemen. De hoeveelheid die je van een stof binnenkrijgt, heet de **dosis**. Bij een te kleine dosis werken medicijnen niet goed en bij een te grote dosis kunnen medicijnen schadelijk voor je lichaam zijn.

Je noemt een stof giftig wanneer een kleine dosis al schadelijk is. Deze stoffen hebben op de verpakking een pictogram uit figuur 3.6. Er zijn giftige stoffen waar je binnen korte tijd dood van gaat. Er zijn ook giftige stoffen waarvan je het effect pas na lange tijd merkt. Van de digitalis uit figuur 3.8 is de dodelijke dosis voor een volwassene 3 g. Maar in kleine dosis is digitalis een geneesmiddel bij hartkwalen. De stof redt dan levens.



3.8 Deze pil bevat digitalis in een juiste dosis en redt levens. Het vingerhoedskruid (digitalis) is een zeer giftige plant bij een te hoge dosis.

Afval hergebruiken

Schadelijke stoffen mag je nooit zomaar weggooien, want dan komen ze in het milieu terecht waar ze schade aanrichten. Deze stoffen lever je in bij het klein chemisch afval. Medicijnen die je niet meer gebruikt, moet je inleveren bij de apotheek. Ook batterijen moet je apart inleveren: ze bevatten namelijk giftige stoffen.

Niet al het afval is schadelijk. Veel afval kun je hergebruiken of recyclen. **Recyclen** is uit afval weer nieuwe producten maken.

Plastic, papier, glas en metaal zijn voorbeelden van afval dat je als grondstof gebruikt voor nieuwe stoffen.

Om afval geschikt te maken voor recyclen is het belangrijk het afval te scheiden. Zo houd je groente-, fruit- en tuinafval (gft) apart om compost te maken dat je gebruikt om de grond te verbeteren. Op deze grond kun je weer nieuwe groente en nieuw fruit telen. Veel plastic kun je ook recyclen. Van het materiaal van petflessen kun je bijvoorbeeld kleding maken. Zie figuur 3.9. Afval dat je niet gescheiden inzamelt, noem je restafval.

Helaas wordt veel afval zomaar weggegooid en komt in het milieu terecht. Het meeste plastic afval vergaat niet en blijft in het milieu achter, bijvoorbeeld in de oceanen. Deze afvalberg van plastic in zee heet ook wel plastic soep. Er worden veel dode zeedieren gevonden met plastic in hun ingewanden.

Plastic heeft een kleinere dichtheid dan water. Hierdoor drijft plastic op water. De Nederlandse student Boyan Slat heeft een methode bedacht om veel van dit plastic uit de oceanen te verwijderen. Zijn idee is om de oppervlaktestromen van de oceanen te gebruiken om het plastic met behulp van grote drijvende armen te verzamelen. Zie figuur 3.10. Het plastic kun je daarna recyclen.



3.9 Het shirt van het Nederlands elftal bestaat voor 96% uit gerecycled polyester.



3.10 'The Ocean Cleanup': grote drijvende armen verzamelen plastic afval.

Samengevat

Veiligheidspictogrammen geven aan of een stof schadelijk of gevaarlijk is. Op de verpakking staat welk gevaar er is en hoe je de stof veilig kunt gebruiken.

De dosis is de hoeveelheid stof die je binnenkrijgt. Giftige stoffen zijn al schadelijk bij een kleine dosis. Medicijnen werken goed bij de juiste dosis. Afval wordt gescheiden opgehaald om hergebruik mogelijk te maken. Hergebruiken heet recyclen.

3.2 Opdrachten

A 19 H

Kies de belangrijkste reden waarom je bleekwater niet moet mengen met zoutzuur.

- A Dat is zonde van het geld, want de werking wordt er niet beter van.
- B De stoffen gebruik je om verschillende dingen schoon te maken.
- C De twee stoffen samen zijn irriterend voor de huid en ogen.
- D Er ontstaat dan chloorgas en dat is giftig.

A 20

Geef bij de volgende pictogrammen de betekenis.



A 21 H

Geef de definitie van het begrip dosis.

A 22 H

Hieronder staat een aantal stoffen en voorwerpen. Geef aan welke stoffen door jou of iemand uit je gezin apart worden ingeleverd en waarom dit nodig is.
batterijen, gft, glas, hout, metalen, papier, plastic

B 23

Het scheiden van gebruikte batterijen heeft twee voordelen.

- a Wat is het voordeel voor het milieu?
- b Noem nog een ander voordeel.

B 24 H

Hieronder staan twee veiligheidspictogrammen.
Leg uit waar je rekening mee moet houden als je deze pictogrammen ziet.



B 25 H

Hiernaast zie je de achterkant van een fles vloeibare gootsteenontstopper. Leg uit waarmee je hier rekening moet houden.



B 26

Curare is een giftige stof die indianenstammen gebruikten op hun pijlpunten om hun tegenstanders te doden. De dodelijke dosis van curare voor een volwassene is 0,14 mg. In de paragraaf staat de dodelijke dosis voor digitalis: 3 g. Leg uit welke stof giftiger is, curare of digitalis?

B 27 H

Op de foto hieronder zie je een tankauto in een greppel. Leg uit welke maatregelen de hulpdiensten moeten nemen bij het wegslepen van de tankauto.



C 28 V

In amandelen zit een zeer giftige stof: kaliumcyanide. In contact met maagzuur ontstaat daaruit blauwzuur. Dit is een giftig gas.
Leg uit hoe het komt dat je toch veilig amandelen kunt eten.

C 29

In koffie en thee zit de opwekkende stof cafeïne. De dodelijke dosis voor deze stof is 12 g. In een kop koffie zit ongeveer 60 mg cafeïne.

Bereken hoeveel koppen koffie je binnen mag krijgen voordat je er aan kunt overlijden.

C 30 V

Ga thuis of in de supermarkt op zoek naar de volgende stoffen: aceton, azijn, terpentijn, ammonia en wasbenzine. Zorg dat je er minstens drie vindt.

Noteer in een tabel de naam, de betekenis van de gevaarsymbolen op de flessen en één waarschuwing.

C 31 V

Ga thuis op zoek naar de bijsluiter van een pijnstiller, zoals paracetamol, ibuprofen of aspirine. In de bijsluiter van een medicijn staat informatie over het medicijn zoals normale dosis, werkzame stof, enzovoort. Je kunt ook op internet zoeken naar de bijsluiter van medicijnen.

- a** Zoek op wat de werkzame stof is in de pijnstiller.
- b** Bereken hoeveel je van deze werkzame stof binnenkrijgt als je de maximale dagelijkse dosis voor jouw leeftijd inneemt.

In de bijsluiter staat altijd vermeld wat de mogelijke gevolgen zijn als je een te grote dosis inneemt.

- c** Zoek in de bijsluiter op wat de gevolgen kunnen zijn van een te grote dosis.

C 32

Voor kinderen is de giftige dosis van stoffen lager dan voor volwassenen. De stof verspreidt zich door een kleiner lichaam en richt dan in verhouding meer schade aan.

De dosis wordt daarom ook gegeven als het aantal mg gevaarlijke stof per kg lichaamsgewicht. De dodelijke dosis van digitalis is 50 mg per kg lichaamsgewicht. Els weegt 45 kg.

- a** Bereken hoeveel mg digitalis voor Els dodelijk is.

Digitalis als geneesmiddel heeft een werkzame dosis van 0,24 mg voor iemand van 60 kg.

- b** Bereken de dosis per kg lichaamsgewicht voor digitalis als medicijn.

Er bestaan speciale tabletten van pijnstillers, zoals paracetamol voor kinderen.

- c** Wat is het verschil tussen een tablet paracetamol voor kinderen en een tablet paracetamol voor een volwassene?

+ 33 V

Bij het hergebruik van afvalstoffen is het nieuwe product vaak van mindere kwaliteit dan het oorspronkelijke product. Van fel gekleurd plastic wordt grijs plastic gemaakt omdat je de verschillende kleuren niet kunt scheiden. Als de kwaliteit van het nieuwe product minder is dan het gebruikte spreek je van downcyclen in plaats van recycleren. Hieronder staat een aantal voorbeelden van hergebruik. Er kan sprake zijn van recycleren en van downcyclen. Geef aan of er sprake is van downcyclen, van recycleren of geen van beide.

- a** Van Lego-steentjes worden bermplaatjes gemaakt.
- b** Van autowrakken wordt nieuw staal voor auto's gemaakt.
- c** Van plastic koffiebekertjes worden nieuwe plastic koffiebekertjes gemaakt.
- d** Van oude bierflesjes worden nieuwe bierflesjes gemaakt.
- e** Van afval is een sportschoen gemaakt.
- f** Plastic wordt verbrand in een afvalbedrijf dat elektriciteit produceert.
- g** Gft wordt omgezet in compost.

+ 34 V

Hieronder zie je een fles bleekmiddel. Dat is een bijtend middel om bijvoorbeeld de wc schoon te maken. Rechts staat een fles spiritus. Spiritus kun je gebruiken in een spiritusbrander en is licht ontvlambaar. Je kunt er ook je bril of de ramen mee schoonmaken.

Schrijf bij elke fles een veiligheidsadvies.



Bleekmiddel



Spiritus

Je kunt nu

- met behulp van pictogrammen de gevaren van stoffen benoemen;
- uitleggen dat de dosis bepaalt of een stof giftig is;
- maatregelen noemen waardoor je afval opnieuw kunt gebruiken.

Discussievraag

Je ziet hiernaast een bevroren waterval. Hoe kan stromend water bevroren? Wat gebeurt er als het ijs gaat smelten?



Je leert • hoe stoffen veranderen als de temperatuur verandert.

3.3 Faseovergangen

► Practicum 3

Fasen en faseovergangen

Stoffen kunnen voorkomen in drie verschillende **fasen**: de vaste fase, de vloeibare fase en de gasfase. Een ander woord voor fase is toestand.

Wat houdt dit nu precies in? IJs, water en waterdamp hebben andere eigenschappen, maar ze zijn alledrie vormen van de stof water. Zie figuur 3.11. Dit weet je doordat ijs in water kan veranderen en water in ijs. Ook kan waterdamp in water veranderen en omgekeerd water weer in waterdamp. IJs, water en waterdamp zijn dus dezelfde stof, maar in een andere fase.

- IJs is de stof water in de vaste fase.
- Water is de stof water in de vloeibare fase.
- Waterdamp is de stof water in de gasvormige fase.

Eigenschappen van de fasen

De drie fasen waarin stoffen kunnen voorkomen hebben de volgende eigenschappen.

- Een stof in de **vaste fase** heeft een eigen vorm en een eigen volume. Het ijs op de sloot verandert niet van vorm als je er overheen schaatst. Ook het volume verandert niet.
- Een stof in de **vloeibare fase** heeft geen eigen vorm, maar wel een eigen volume. In de zomer zwem je door het water; dit kan doordat het water voor jou opzij gaat. Als je limonade uit een fles in een glas schenkt, neemt de limonade de vorm van het glas aan. Het volume verandert hierbij niet.

- Een stof in de **gasvormige fase** heeft geen eigen vorm en ook geen eigen volume. Wanneer een plasje water op je bureau verdampt, verspreidt de waterdamp zich door je hele kamer en neemt daarmee het volume en de vorm van je kamer aan. Als het raam open is, gaat de waterdamp naar buiten.



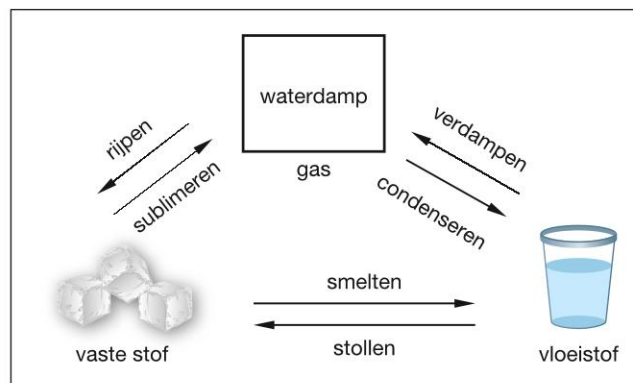
3.11 Water komt voor in drie fasen.

Faseovergangen

Wanneer een stof van de ene fase overgaat naar de andere fase noem je dat een **faseovergang**. Er zijn zes verschillende faseovergangen.

- Smelten: een vaste stof wordt vloeibaar. Voorbeeld: in de zon smelt je ijsje.
- Stollen: een vloeibare stof wordt vast. Voorbeeld: heet kaarsvet druipt van een kaars en wordt hard op de tafel.
- Verdampen: een vloeibare stof wordt gasvormig. Voorbeeld: een fles terpentijn zonder dop stinkt, de vloeibare terpentijn verdampt en dat ruik je.
- Condenseren: een gasvormige stof wordt vloeibaar. Voorbeeld: wanneer je op een koude dag met een bril een warme ruimte binnenloopt, beslaan de glazen. Dit komt doordat waterdamp uit de lucht op het koude glas verandert in vloeibaar water.
- Rijpen: een gasvormige stof wordt vast. Voorbeeld: op een heel koud raam kunnen in de winter ijsbloemen ontstaan.
- Sublimeren: een vaste stof wordt gasvormig. Voorbeeld: bij erg droog weer kan ijs in strenge winters direct waterdamp worden zonder eerst te smelten.

In figuur 3.12 zie je de fasen en de faseovergangen van water.



3.12 Water kan op verschillende manieren van fase veranderen.

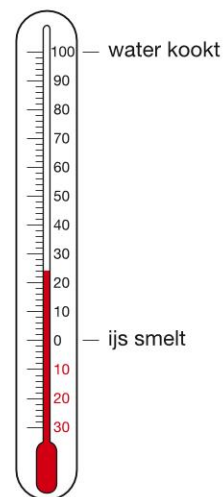
Kookpunt en smeltpunt

Een faseovergang van een stof vindt in de open lucht altijd bij dezelfde temperatuur plaats. De temperatuur waarbij een stof van de vaste fase naar de vloeibare fase gaat, heet het **smeltpunt**. De temperatuur waarbij een stof van de vloeibare fase naar de gasfase gaat, heet het **kookpunt**. Bij andere temperaturen kan water ook verdampen, alleen bij het kookpunt zie je dampbellen opstijgen. Bij koken verdampt het water niet alleen aan de oppervlakte, maar ook in de vloeistof.

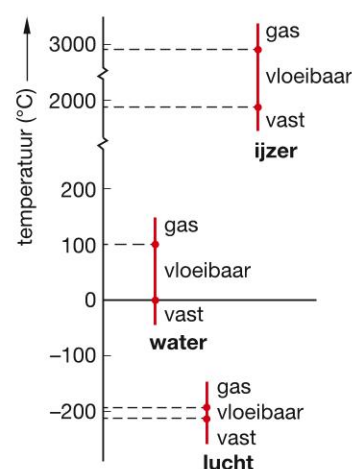
Aan het smeltpunt en kookpunt kun je stoffen herkennen, het zijn stoffeigenschappen. De fase van een stof bij een bepaalde temperatuur is ook een stoffeigenschap.

De Zweedse wetenschapper Celsius gebruikte het smeltpunt en kookpunt van water voor de eenheid van temperatuur: het smeltpunt van ijs noemde hij $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en het kookpunt van water $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dit spreek je uit als '**graden Celsius**'. De temperaturen ertussen verdeelde hij in honderd gelijke schaaldelen. Elk schaaldeel is $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zie figuur 3.13. Om te zien in welke fase een stof zich bevindt bij een bepaalde temperatuur is het handig om het smeltpunt, kookpunt en temperatuur in een fasediagram te zetten. Zie figuur 3.14.

- Als een stof vast is, is de temperatuur ervan beneden het smeltpunt.
- Als een stof vloeibaar is, is de temperatuur ervan tussen het smeltpunt en het kookpunt.
- Een stof komt bij alle temperaturen in de gasvorm voor, maar boven het kookpunt kan de stof alleen gasvormig zijn.



3.13 De eenheid $^{\circ}\text{C}$ is bepaald met het smeltpunt en kookpunt van water.



3.14 Met een fasediagram kun je bepalen welke fase een stof heeft.

Voorbeeld 2: Fase bepalen

Gevraagd: Wat is de fase van ijzer bij $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$?
 Gegeven: Het fasediagram van ijzer (figuur 3.14).
 Bepalen: Het smeltpunt van ijzer is $1538\text{ }^{\circ}\text{C}$. Het kookpunt van ijzer is $2750\text{ }^{\circ}\text{C}$. $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ligt tussen het smeltpunt en het kookpunt in.
 Antwoord: Ijzer van $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ is vloeibaar.

Samengevat

Vloeistof, vaste stof en gas zijn de fasen van een stof. Smelten, stollen, verdampen, condenseren, rijpen en sublimeren zijn faseovergangen. Bij de temperatuurschaal van Celsius is $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ het smeltpunt van ijs en $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ het kookpunt van water. Het smeltpunt en kookpunt zijn stoffeigenschappen. Als je van een stof het smeltpunt en kookpunt weet, kun je een fasediagram tekenen. Hiermee kun je zien wat de fase van een stof is bij een gegeven temperatuur.

3.3 Opdrachten

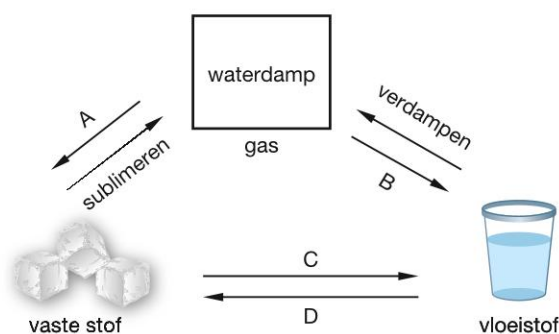
A 35 H

Geef bij de omschrijving van vorm en volume aan welke fase de stof heeft.

- a De stof heeft de vorm en het volume van de omgeving.
- b De stof heeft de vorm van de omgeving en een eigen volume.
- c De stof heeft een eigen vorm en volume.

A 36

Geef bij de letters A, B, C en D in de figuur hieronder de namen van de faseovergangen.



A 37

Geef bij elke bewering aan of ze juist of onjuist is.

- a Het kookpunt en het smeltpunt zijn stoffeigenschappen.
- b Je kunt een stof niet herkennen aan het kookpunt.
- c Bij een temperatuur tussen het smeltpunt en het kookpunt is een stof vast.
- d Bij een temperatuur boven het kookpunt is een stof vloeibaar.

B 38 H

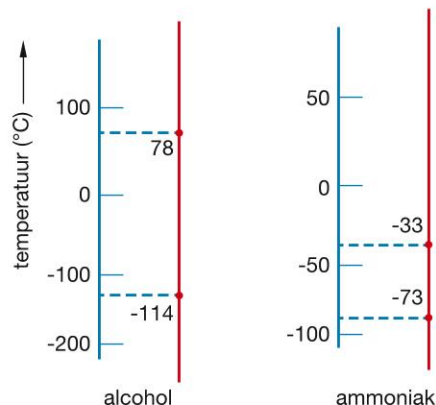
Verklaar de volgende situaties met behulp van de woorden vorm en/of volume.

- a In water kun je zwemmen, maar in ijs niet.
- b Als een boer mest uitrijdt, kunnen anderen dat ruiken.
- c Blokken hout kun je stapelen.
- d Een fles water kun je leegschenken.

B 39 H

In de figuur rechtsboven staan de fasediagrammen van alcohol en ammoniak.

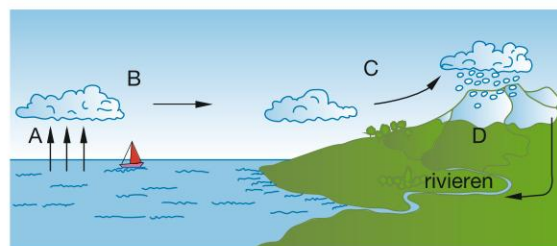
- a Bepaal de fase van alcohol bij $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- b Bepaal de fase van ammoniak bij $27\text{ }^{\circ}\text{C}$.



B 40

Het water in de zee verdampt door de warmte van de zon. De waterdamp in de lucht vormt wolken. Wolken bestaan uit kleine druppeltjes water. Bij de bergen befrist het water en kan er sneeuw vallen. In de lente smelt de sneeuw en het water stroomt via de rivieren naar zee. Deze waterkringloop zie je in de tekening.

Noteer de vier faseovergangen bij de letters in de figuur.



B 41 H

Je hebt een thermometer schoongemaakt en nu is de schaalverdeling verdwenen. Je wilt de thermometer weer bruikbaar maken door met een stift een nieuwe schaalverdeling aan te brengen.

- a Leg uit hoe je kunt vinden waar je $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ moet zetten.
- b Leg uit hoe je kunt vinden waar je $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ moet zetten.
- c Beschrijf hoe je de plekken voor $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, enzovoort kunt vinden.

B 42

Het smeltpunt van ijzer is $1538\text{ }^{\circ}\text{C}$. Het kookpunt is $2750\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- a Teken met deze gegevens het fasediagram van ijzer.
- b Bepaal met behulp van je diagram de fase van ijzer bij $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

C 43

Leg uit waarom je een stof gemakkelijker kunt herkennen aan het kookpunt dan aan de fase.

C 44

De adem van dit meisje is duidelijk zichtbaar. Leg uit waardoor dat komt. Gebruik in je uitleg de woorden waterdamp en condenseren.

**C 45 V**

In de tabel staan drie hemellichamen met hun gemiddelde oppervlaktetemperatuur vermeld.

hemellichaam	oppervlaktetemperatuur (°C)
Saturnus	-180
Uranus	-214
Pluto	-220

a Welk hemellichaam staat vermoedelijk het verste van de zon?

Van een aantal stoffen staat in de tabel hieronder zowel het kookpunt als het smeltpunt.

stof	kookpunt (°C)	smeltpunt (°C)
methaan	-161	-182
zuurstof	-183	-218
stikstof	-196	-210
argon	-186	-189
waterstof	-253	-259

b Welke stof of stoffen kan/kunnen op Saturnus als vloeistof in de atmosfeer voorkomen?

Van Pluto is nog niet precies bekend welke stoffen er voorkomen. Stel dat alle stoffen uit de tabel er voorkomen.

c In welke fase(n) kunnen de verschillende stoffen uit de tabel zich dan bevinden?

Op de planeet Neptunus zou methaan vast zijn, zuurstof zou vloeibaar zijn en stikstof en waterstof gasvormig.

d Leg uit tussen welke waarden de oppervlaktetemperatuur van Neptunus volgens deze gegevens zou moeten liggen.

C 46

Op de foto zie je een ketel met kokend water. Uit de tuit komt een pluim.

a Welke fase heeft het water in de pluim?

Tussen de tuit en de pluim zie je een paar centimeter niets.

b Wat zit vlak buiten de tuit?

A vloeibaar water B waterdamp C niets

**C 47 V**

Zowel bij koken als bij verdampen vindt een faseovergang van vloeistof naar gas plaats. Noem twee verschillen tussen koken en verdampen.

+ 48 V

Maak een tabel met de volgende faseovergangen in de linkerkolom onder elkaar: verdampen, condenseren, smelten, stollen, rijpen en sublimeren. Schrijf achter elke faseovergang een nieuw voorbeeld. Gebruik andere voorbeelden dan uit de paragraaf.

Je kunt nu

- eigenschappen van de fasen vaste stof, vloeistof en gas noemen;
- uitleggen dat smeltpunt en kookpunt stoffeigenschappen zijn;
- beschrijven hoe de temperatuurschaal van Celsius is opgebouwd;
- een fasediagram gebruiken om de fase van een stof te bepalen.



Discussievraag

De duiker op de foto zwemt in een meertje in IJsland. Het water is glashelder omdat het vulkanische gesteente het water filtert. Hoe kan vulkanisch gesteente water filteren?

Je leert • hoe je drie veel voorkomende mengsels kunt herkennen en scheiden.

3.4 Mengen en scheiden

Soorten mengsels

Het water van het meertje in de foto hierboven is glashelder, maar het is toch een mengsel: er zit kalk in, zuurstof, zouten en misschien nog wel meer stoffen. De meeste stoffen om je heen zijn mengsels. Mengsels kunnen vast, vloeibaar en gasvormig zijn. In de scheikunde op school houd je je vooral bezig met vloeibare mengsels.

Er zijn drie soorten vloeibare mengsels:

- oplossing: een helder mengsel van een gas, vloeistof of vaste stof in een vloeistof;
- suspensie: een troebel mengsel van een vaste stof in een vloeistof;
- emulsie: een troebel mengsel van een vloeistof in een vloeistof.

Een **oplossing** is een helder mengsel; je ziet niet dat het een mengsel is. In het dagelijkse leven kom je allerlei oplossingen tegen. Thee is een oplossing van vaste stoffen in water. In kraanwater zit onder andere het gas zuurstof opgelost. Brandspiritus is een oplossing van de vloeistof alcohol in water, ook zit er een blauwe kleurstof in.

Een **suspensie** is een troebel mengsel van een vaste stof in een vloeistof. Door een suspensie kun je niet heen kijken. Voorbeelden van suspensies zijn modderwater, verf en sinaasappelsap. Wanneer je te veel suiker in je thee doet, ontstaat ook een suspensie: de suiker lost niet meer op en er drijven korreltjes suiker in de thee.

Een **emulsie** is een troebel mengsel van een vloeistof in een vloeistof, meestal vet of olie in water. Door een emulsie kun je niet heen kijken. Voorbeelden van emulsies zijn melk, boter, handcrème, mayonaise.

Om te zorgen dat de emulsie gemengd blijft, moet je een **emulgator** toevoegen. Een emulgator is een stof die vet of olie en water gemengd houdt. Als je in een flesje water wat olijfolie giet, dan mengen de beide vloeistoffen niet. Als je de emulgator zeep toevoegt en heel hard schudt, dan mengen ze wel en ontstaat er een melkachtige vloeistof. Mayonaise is een mengsel van olie en azijn. Je moet hier eigeel aan toevoegen als emulgator om de olie en de azijn gemengd te houden.



3.15 De heldere thee is een oplossing. Het troebele sinaasappelsap is een suspensie. Mayonaise is een emulsie.

Naast oplossingen, emulsies en suspensies bestaan er nog meer troebele mengsels:

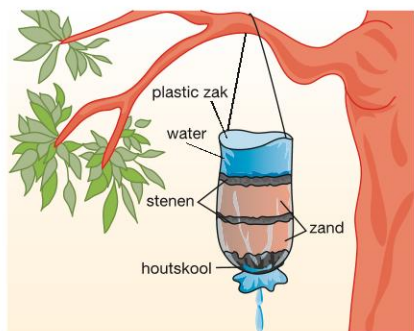
- gas in een vloeistof. Het schuim op bier is een mengsel van gas in een vloeistof;
- vloeistof in een gas. Wolken bestaan niet uit waterdamp, maar uit heel kleine waterdruppeltjes die zweven in de lucht;
- gas in een gas. Lucht is een voorbeeld van een mengsel van gassen; lucht bevat onder andere zuurstof, stikstof en koolstofdioxide;
- vaste stof in een gas. Rook bestaat uit kleine korreltjes roet die zweven in de lucht;
- gas in een vaste stof. Een voorbeeld hiervan is piepschuim;
- vaste stof in een andere vaste stof. Bij sommige mengsels kun je duidelijk zien dat het een mengsel is van verschillende soorten vaste stoffen. Muesli is hier een voorbeeld van. Brons is een mengsel van de vaste stoffen koper en tin. In brons kun je de losse bestanddelen niet zien.

Mengsels scheiden

Om stoffen te kunnen onderzoeken moet je ze zuiver in handen hebben. Dus moet je mengsels kunnen scheiden. Je leert hier drie scheidingsmethodes:

- filtreren: alleen geschikt voor het scheiden van suspensies;
- bezinken en afschenken: geschikt voor het scheiden van sommige suspensies en emulsies zonder emulgator;
- indampen: geschikt voor oplossingen.

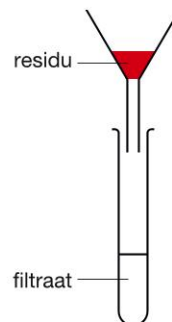
Filtreren is een scheidingsmethode waarmee je een vaste stof uit een suspensie kunt halen. In een suspensie zweven kleine vaste deeltjes in de vloeistof. Wanneer je de suspensie op een filter giet, gaat de vloeistof door de kleine gaatjes in het filter heen en blijft de vaste stof op het filter liggen. Zie figuur 3.16. De vloeistof die door het filter loopt, is het **filtraat**. De vaste stof die op het filter achterblijft, is het **residu**.



a De lagen zand en stenen werken hier als filter. Vaste deeltjes uit het water blijven erop achter.



b Bij het practicum maak je een filter van een trechter en een rond filtreerpapierje.



c Bij filtreren ligt het residu op het filter en het filtraat loopt door het filter.

3.16 Suspensies kun je scheiden door filtreren.

Bij **bezinken** zakt de vaste stof uit de suspensie naar de bodem. Dit noem je het **bezinksel**. Je ziet dat bij modderwater: na een tijdje zakt de modder naar beneden. Je kunt de vloeistof hierna voorzichtig afgieten. Dit heet **afschenken**. Een emulsie zonder emulgator kun je ook scheiden door haar te laten bezinken. Er ontstaat dan een tweelagensysteem van vloeistoffen. Je kunt de bovenste vloeistof vervolgens afschenken. Zie figuur 3.17.



3.17 Dit mengsel van olie, water en zand is door middel van bezinken gescheiden.

► Practicum 4

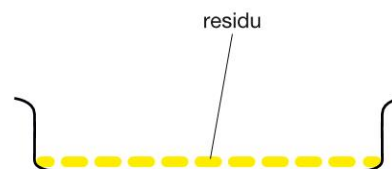
Bij een oplossing zijn de opgeloste deeltjes zo klein dat ze door een filter gaan. Als je de vaste stof eruit wilt halen, moet je indampen. Bij **indampen** laat je de vloeistof verdampen. Dit kun je versnellen door de vloeistof te laten koken. De vaste stof die achterblijft op het indampschachtje is het residu. Zout winnen is een voorbeeld van indampen. Zie figuur 3.18.



a In warme landen wordt zout gewonnen in ondiep zout water.



b Als je zout water verwarmt in een klein schachtje blijft er zout achter in het schachtje.



c De vloeistof is verdampd. De vaste stof blijft achter als het residu.

3.18 Oplossingen kun je scheiden door indampen.

Samengevat

Als je stoffen met elkaar mengt, krijg je mengsels. Mengsels kunnen vast, vloeibaar of vast zijn. Drie soorten vloeibare mengsels zijn een oplossing, een suspensie en een emulsie. Een oplossing is een helder mengsel, suspensies en emulsies zijn troebele mengsels. Je kunt mengsels scheiden. Drie scheidingsmethodes zijn: filtreren (voor suspensies), bezinken en afschenken (voor suspensies en emulsies) en indampen (voor oplossingen). Hierbij scheid je een vloeistof (bij filtreren heet dit het filtraat) van een vaste stof (bezinksel of residu).

3.4 Opdrachten

A 49

- a Hoe heet een helder mengsel van een vaste stof en een vloeistof?
- b Hoe heet een troebel mengsel van een vaste stof en een vloeistof?
- c Hoe heet een troebel mengsel van een vloeistof en een vloeistof?

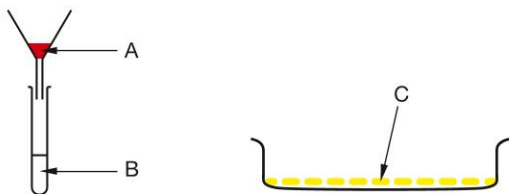
A 50 H

Juist of onjuist?

- a Een oplossing is altijd helder.
- b Een oplossing is altijd kleurloos.
- c Een suspensie is altijd troebel.
- d Een suspensie is altijd wit.
- e Een emulsie is altijd vloeibaar.

A 51

Geef de juiste namen bij de letters hieronder.



A 52

Geef aan met welke methode je stoffen in een emulsie kunt scheiden.

B 53 H

Geef aan of je bij de volgende vloeistoffen te maken hebt met een oplossing, een suspensie of een emulsie.



a Cola b Koffie c Jus d'orange d Melk

B 54 H

Vier leerlingen hebben elk een flesje water. Elly doet er heel fijn zand bij. Tom doet er suiker bij en Allard doet er wat zout bij. Nanne doet er wat olijfolie bij. Ze doen de kurk erop en schudden hard. Geef de naam van elk mengsel.

B 55

In de winkel kun je zeezout kopen. Om dit zout uit de zee te halen, loopt een ondiep meer vol met zeewater. Het water verdampt, het zout blijft over.

- a Waarom gebeurt dit vooral in warme landen?
- b Hoe heet deze scheidingsmethode?

B 56 H

Een vetvlek in je kleren kun je niet met water verwijderen. Door te wassen met zeep lukt dit vaak wel. Welke functie heeft de zeep?

B 57

De volgende stappen horen bij indampen. Alleen klopt de volgorde niet. Zet de letters in de juiste volgorde.

- A Je giet de oplossing in het indampschaaletje.
- B Op het gaasje zet je een indampschaaletje.
- C Je zet de brander onder de driepoot met gaasje.
- D Je steekt de brander aan met een blauwe geruisloze vlam.
- E In het schaaletje zit het residu: de vaste stof.
- F Je zet de brander uit.
- G Je wacht tot alle vloeistof verdampt is.

B 58

Bij filtreren scheid je twee stoffen. Dat lukt omdat de stoffen verschillen.

- a Welke stoffeigenschap is in ieder geval verschillend?

Bij indampen scheid je twee stoffen. Dat lukt omdat de stoffen verschillen.

- b Welke stoffeigenschap is in ieder geval verschillend?

C 59

Je hebt een glas met modderwater.

- a Hoe zou je de modder en het water kunnen scheiden?
- b Heb je na het scheiden alleen zuivere stoffen? Leg uit.

C 60

Bij brandend maagzuur kun je Gaviscon suspensie innemen. Gaviscon vormt een schuimlaag op de maaginhoud. Deze beschermende schuimlaag zorgt ervoor dat het maagzuur in de maag blijft. Mocht er toch een beetje maagzuur in de slokdarm terechtkomen, dan beschermt de schuimlaag de wand van de slokdarm tegen het brandende maagzuur.

- a** Leg uit of Gaviscon een heldere of een troebele vloeistof is.



Een ander bekend middel tegen brandend maagzuur is Rennie. Een Rennie is een tablet die oplost in het maagzuur en het wat minder zuur maakt. Zwangere vrouwen die last hebben van brandend maagzuur krijgen Gaviscon voorgeschreven en niet Rennie. Gaviscon is namelijk gegarandeerd veilig voor het ongeboren kind en van Rennie is dat niet 100% zeker.

- b** Leg uit waarom de werkzame stof uit Gaviscon niet bij de baby kan komen en die uit Rennie wel.

C 61 V

Niet alleen vaste stoffen, maar ook gassen lossen op in een vloeistof. In cola zit het gas koolstofdioxide. Zolang de fles dichtzit, zie je daar niets van. Als je het mengsel in een glas giet, gebeurt wat je hiernaast ziet. Er komen allemaal belletjes in de vloeistof.

- a** Waaraan zie je dat dit een oplossing is?



Er zijn in het glas cola ook plekken te zien zonder belletjes.

- b** Leg uit of daar ook koolstofdioxide aanwezig is.

C 62 V

Geneesmiddelen worden vrijwel altijd verkocht in de vorm van een mengsel, ook als er maar één geneeskrachtige stof in zit. Wat zou de functie van de overige componenten kunnen zijn?

+ 63 V

Je hebt zand voor de vogelkooi nodig en besluit wat mee te nemen van het Noordzeestrand. Thuis bedenk je dat het zout in het zand weleens slecht voor de gezondheid van je vogel kan zijn.

- a** Waarom kan er zout in het zand zitten?

Je besluit het zout van het zand te scheiden. Daarvoor voeg je eerst water aan het zoute zand toe. Je roert het mengsel van zand, zout en water goed.

- b** Wat gebeurt er met het zout?

- c** Wat gebeurt er met het zand?

Je filtreert het mengsel.

- d** Noteer wat er in het filter en in de reageerbuis zit.

Je laat het natte zand drogen en doet het in de vogelkooi. Je wilt graag controleren of er inderdaad zout in het zand zat.

- e** Welke proeven kun je doen om te controleren of er inderdaad zout in het zand zat?

- f** Teken de opstellingen van de proeven.

+ 64 V

Piepschuim heeft een kleinere dichtheid dan water. Daarom drijft piepschuim op water. Leg uit dat het bezinken van een emulsie en een suspensie volgens hetzelfde principe werkt.

Je kunt nu

- verschillen noemen tussen een suspensie en een oplossing;
- de scheidingsmethoden filtreren en indampen beschrijven;
- aangeven wat het filtraat en het residu is;
- de juiste scheidingsmethode kiezen bij een gegeven mengsel.

Discussievraag

Je ziet hier allerlei soorten suiker. De fijnste vorm van suiker is poedersuiker. Kun je suiker nog fijner maken?



Je leert • dat stoffen zijn opgebouwd uit zeer kleine deeltjes.

3.5 Moleculen

Moleculen

Om stoffen goed te kunnen begrijpen, moet je weten waaruit ze bestaan. Alle stoffen bestaan uit zeer kleine deeltjes: de **moleculen**. De moleculen waaruit een stof bestaat, bepalen de stoffeigenschappen. Moleculen hebben de volgende eigenschappen:

- moleculen zijn erg klein (ongeveer een miljoenste millimeter groot);
- moleculen zijn altijd in beweging en kunnen tegen elkaar botsen;
- moleculen bewegen sneller als de temperatuur hoger is;
- moleculen trekken elkaar aan als ze dicht bij elkaar zitten;
- er zit niets tussen moleculen (er is zelfs geen lucht).

Moleculen kun je niet kleiner maken zonder de stof te veranderen. Als je een suikermolecuul kleiner probeert te maken, gaat dat suikermolecuul stuk en heb je geen suiker meer. Er heeft dan een scheikundige reactie plaatsgevonden.

De theorie over moleculen noem je het **molecuulmodel**. Hiermee kun je de fasen en de faseovergangen van een stof beter begrijpen. Zie figuur 3.19.

Moleculen en fasen

Gas

Een gas zoals lucht heeft geen eigen volume, maar verspreidt zich over de hele ruimte waarin het zit. De dichtheid van gas is klein en je kunt een ballon met gas indrukken. Je kunt deze eigenschappen van een gas begrijpen als je je het gas voorstelt als een verzameling moleculen die kriskras door elkaar bewegen. De moleculen trekken elkaar nauwelijks aan omdat tussen de moleculen veel lege ruimte zit.

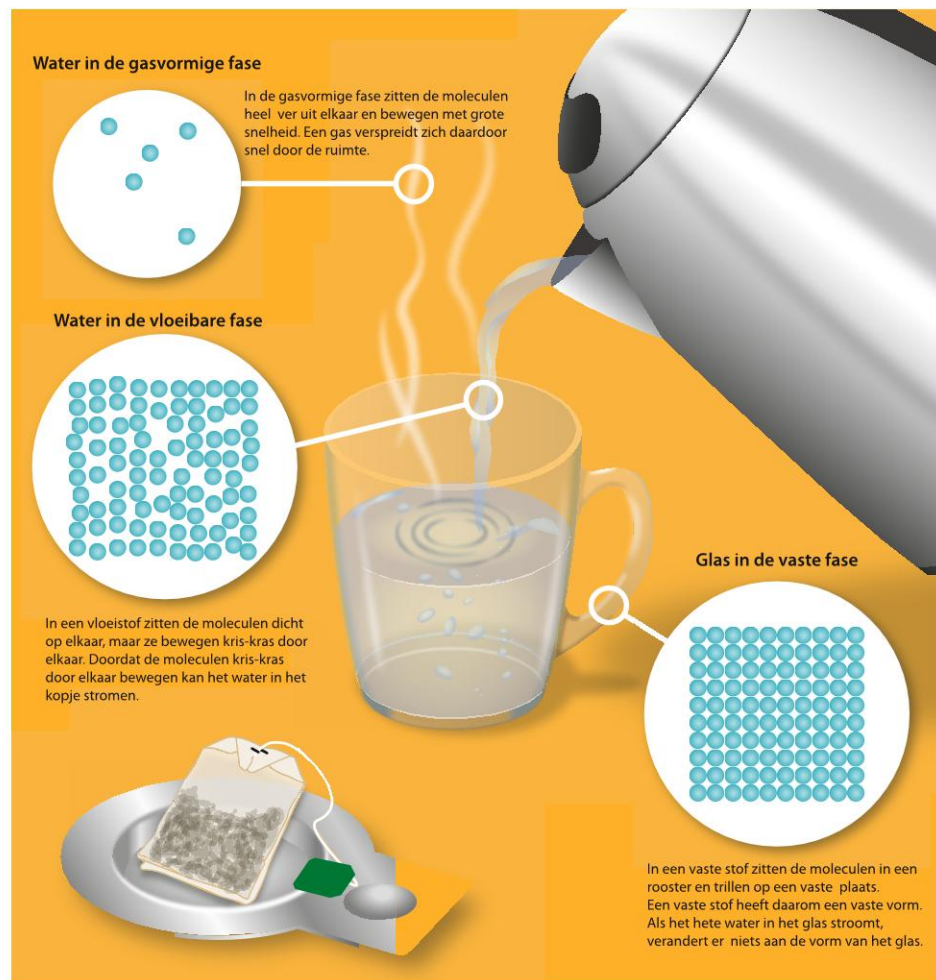
Vloeistof

Een vloeistof zoals water heeft een eigen volume, maar geen eigen vorm. Als je een vloeistof overgiet, neemt het de vorm van het vat aan. Het volume verandert dan niet. Een vloeistof kun je moeilijk samendrukken. Vloeistoffen kunnen druppels vormen. De dichtheid van een vloeistof is veel groter dan van een gas.

Je kunt deze eigenschappen van een vloeistof begrijpen als je je de vloeistof voorstelt als een verzameling moleculen die kriskras door elkaar bewegen, dicht langs elkaar. Er zit weinig tussenruimte tussen de moleculen en de moleculen trekken elkaar aan.

Vaste stof

Voorwerpen die van een vaste stof zoals staal zijn gemaakt hebben een eigen vorm. Een vaste stof kun je moeilijk samendrukken of vervormen. De dichtheid is bij bijna alle stoffen iets groter dan bij vloeistoffen. Je kunt deze eigenschappen van een vaste stof begrijpen als je je de vaste stof voorstelt als een verzameling gestapelde moleculen die rond een vaste plaats trillen. Er is weinig tussenruimte. De onderlinge aantrekkingskracht is groot.



3.19 Met het molecuulmodel kun je fasen en faseovergangen beter begrijpen.

Moleculen en faseovergangen

Verdampen en condenseren

Als de temperatuur stijgt, gaat een vloeistof zoals water steeds sterker verdampen. De vloeistof wordt dan een gas of een damp. Als de temperatuur daalt, condenseert het gas of de damp en wordt weer een vloeistof. De stof verandert niet, maar de fase van de stof wel. Je kunt dit begrijpen met de beweging van de moleculen. Als de temperatuur stijgt, gaan de moleculen sneller bewegen. De moleculen kunnen ontsnappen uit de vloeistof. De moleculen zijn niet veranderd, maar de fase wel.

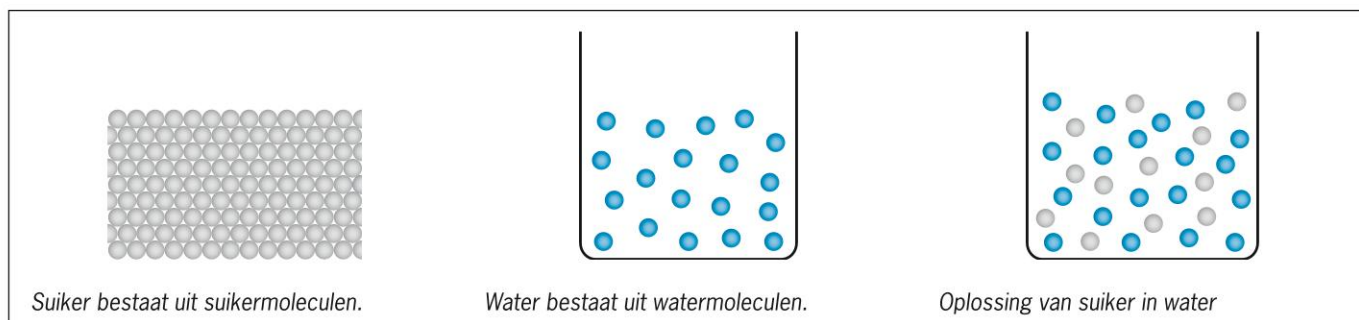
Smelten en stollen

► Practicum 5

Als de temperatuur boven het smeltpunt stijgt, gaat een vaste stof zoals boter smelten. De vaste stof wordt vloeistof. Als de temperatuur daalt, wordt de vloeistof weer vaste stof. Ook dit kun je begrijpen met de beweging van de moleculen. Als de temperatuur stijgt, gaan de moleculen sneller bewegen en blijven ze niet meer op hun vaste plaats. De moleculen bewegen nu langs elkaar. De moleculen in de vloeistof en in de vaste stof zijn dezelfde soort moleculen. De moleculen zijn niet veranderd, maar de fase wel.

Moleculen, zuivere stof en mengsel

Met moleculen kun je ook het verschil tussen een zuivere stof en een mengsel beschrijven. Een zuivere stof bestaat uit één soort moleculen. Zuiver water bestaat alleen uit watermoleculen. Je kunt ze daarom niet verder scheiden. De meeste stoffen zijn echter mengsels. Suikerwater is een voorbeeld van een mengsel. De suiker is opgelost in het water. Bij een oplossing zitten de moleculen volledig door elkaar. Zie figuur 3.20.

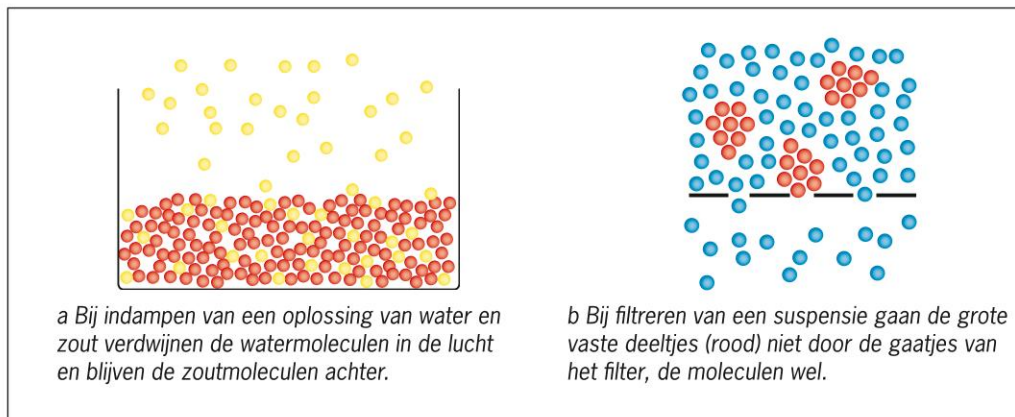


3.20 De molecuulvoorstelling van het oplossen van suiker in water

Moleculen en scheidingsmethoden

Met moleculen kun je ook beschrijven wat er bij indampen en filtreren gebeurt. Een oplossing kun je scheiden door verdampen. Bij het indampen van zoutwater verdwijnen de watermoleculen in de lucht en blijven de zoutmoleculen achter op het indampschaaftje. Zie figuur 3.21a.

In een suspensie zweven deeltjes die bestaan uit een groot aantal moleculen en die veel groter zijn dan een molecuul. Bij filtreren gaan deze deeltjes niet door de gaatjes in het filter en blijven achter op het filter. Zie figuur 3.21b.



3.21 De molecuulvoorstelling van indampen en filtreren

Samengevat

Alle stoffen bestaan uit zeer kleine deeltjes: de moleculen. Zuivere stoffen bestaan uit één soort moleculen en mengsels uit meer soorten moleculen. Bij een hogere temperatuur bewegen de moleculen sneller.

Met het molecuulmodel kun je de eigenschappen van de fasen beter begrijpen. In de vaste fase trillen de moleculen op hun plaats. In de vloeibare fase bewegen de moleculen dicht langs elkaar. In de gasfase bewegen de moleculen ver uit elkaar. Moleculen trekken elkaar aan. In de vaste fase en in de vloeibare fase, waar de moleculen dicht bij elkaar zitten, is de aantrekkingskracht het grootst.

Je kunt met moleculen ook beschrijven hoe faseovergangen verlopen, hoe mengsels opgebouwd zijn en wat er gebeurt als je mengsels scheidt.

3.5 Opdrachten

A 65

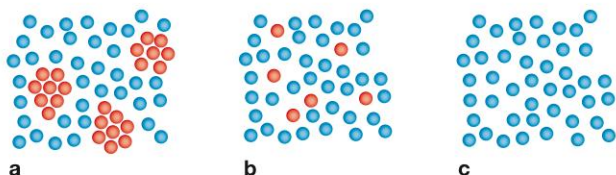
- a Wat zijn moleculen?
b Leg uit of er verschillende stoffen bestaan die dezelfde moleculen hebben.

A 66 H

Leg met behulp van moleculen het verschil uit tussen een zuivere stof en een mengsel.

A 67

Hieronder zie je drie molecuulvoorstellingen. Geef aan wat er bij hoort. Kies uit: *zuivere stof*, – *oplossing* – *suspensie*



A 68 H

- a In welke fase zitten de moleculen het dichtst bij elkaar?
b In welke fase bewegen de moleculen helemaal vrij?
c Hoe verandert de snelheid van moleculen bij afkoelen?

B 69

Hieronder vind je eigenschappen van moleculen. Geef aan of ze bij een vaste stof, een vloeistof en/of een gas horen. Neem de tabel over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Zet kruisjes in de juiste hokjes. Er kunnen meer kruisjes per regel komen.

	vaste stof	vloeistof	gas
Moleculen trillen op hun plaats.			
Moleculen bewegen sneller als de temperatuur stijgt.			
Moleculen bewegen dicht langs elkaar.			
Moleculen bewegen ver van elkaar.			
De moleculen trekken elkaar niet aan.			
De moleculen trekken elkaar aan.			

B 70

- a Leg uit of watermoleculen veranderen als water gasvormig wordt.
b Leg met behulp van het molecuulmodel uit waarom ijs hard is en water niet.

B 71 H

Geef de namen van de volgende faseovergangen.

a



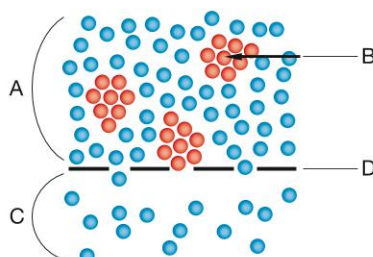
b



B 72 H

In de figuur staat een molecuultekening van een scheidingsmethode.

- a Welke scheidingsmethode is hieronder getekend?

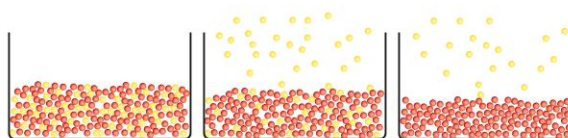


- b Noteer de begrippen die horen bij de letters in de figuur hierboven.

B 73 H

Je ziet hier een scheidingsmethode voor een oplossing van zout in water met een molecuultekening.

- a Welke scheidingsmethode is hieronder getekend?



- b Wat stellen de gele bolletjes voor?
c Wat stellen de bruine bolletjes voor?

C 74

Na de oogst wordt een akker opnieuw bemest. Als het waait, kun je dat direct ruiken.

a Leg uit hoe je dat met het molecuulmodel kunt begrijpen.

Als het niet waait, ruik je het ook, maar dan duurt het langer.

b Geef ook daarvoor een verklaring.

C 75 V

Leg met behulp van het molecuulmodel uit waarom water ook bij kamertemperatuur kan verdampen.

C 76

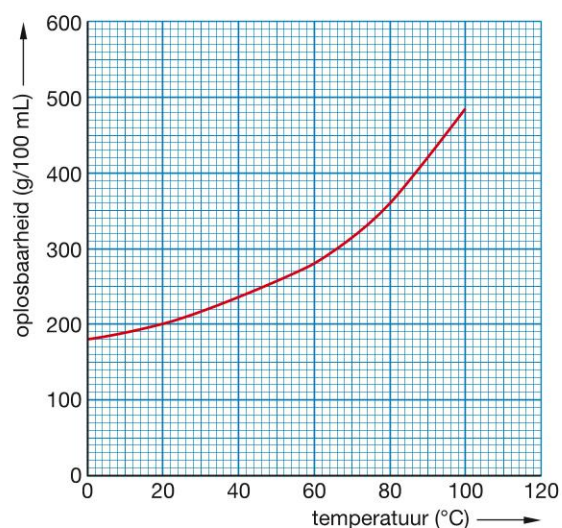
Suiker is een stof die uitstekend in water op kan lossen. Toch kun je niet een onbeperkte hoeveelheid suiker in water oplossen. Hieronder zie je een diagram. Op de verticale as staat de oplosbaarheid uitgezet in g per 100 mL. Op de horizontale as staat de temperatuur in °C. In warm water kan meer suiker oplossen dan in koud water. Ook lost suiker sneller op in warm water dan in koud water.

a Verklaar dit met het molecuulmodel.

b Leg uit waarom de lijn ophoudt bij 100 °C.

Je wilt 600 g suiker oplossen in 200 mL water.

c Leg uit vanaf welke temperatuur dit mogelijk zal zijn.



Zuurstof lost juist minder goed op in warm water dan in koud water. Dit zie je ook als je water verwarmt: voor het koken ontstaan tegen de wanden van de pan kleine belletjes.

d Verklaar met behulp van het molecuulmodel waarom zuurstof juist minder goed oplost in heet water.

C 77 V

Verklaar met behulp van het molecuulmodel de volgende waarnemingen.

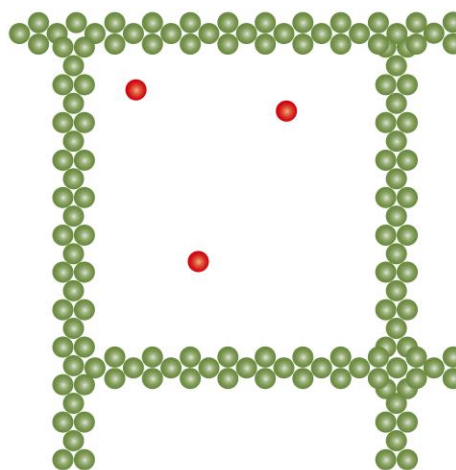
a Een gas kun je samenpersen en een vloeistof niet.

b Wanneer je een gas heel ver samenperst, wordt het een vloeistof.

+ 78 V

De aerogel van de hoofdstukopening is een vaste stof met een zeer kleine dichtheid.

In de figuur zie je een schets van de bouw van de aerogel. De gel bestaat uit cellen. Eén zo'n cel is getekend. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.



a Een groot deel van de aerogel bestaat uit een gas. Kleur het gedeelte van de stof dat gasvormig is.

Er zitten maar weinig moleculen in de cel (de rode bolletjes in de tekening). Toch kan het niet zonder. De moleculen in de cel zorgen ervoor dat de cel niet in elkaar stort.

b Beschrijf hoe de moleculen ervoor zorgen dat de cellen niet in elkaar storten.

Je kunt nu

- uitleggen wat de eigenschappen van moleculen zijn;
- het verschil tussen een zuivere stof en een mengsel uitleggen met het molecuulmodel;
- fasen en faseovergangen beschrijven met het molecuulmodel.

Discussievraag

Op de foto zie je een militaire parade in Pyongyang in Noord-Korea. Je ziet grote roze vlakken met in het midden een rood vlak met een gele ster en een witte lauwerkrans.

Uit welke bouwstenen zijn de vlakken opgebouwd?



Je leert • hoe je meer verschijnselen kunt verklaren met het molecuulmodel.

+ 3.6 Macro en micro

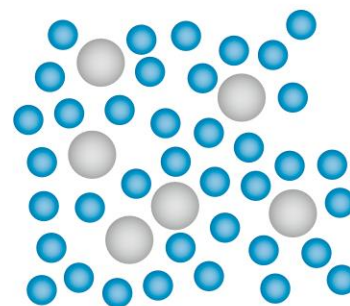
Verschijnselen verklaren

In de vorige paragraaf heb je geleerd dat al het zichtbare is opgebouwd uit minuscule bouwsteentjes die voor het oog niet zichtbaar zijn. Zo is een beeld op een monitor opgebouwd uit pixels. De eigenschappen van de bouwsteentjes bepalen de eigenschappen van de wereld die je waarneemt. De zichtbare wereld noem je de **macrowereld**. De voor het oog onzichtbare moleculen bevinden zich in de **microwereld**. In deze paragraaf leer je dat je met de microwereld nog meer verschijnselen uit de macrowereld kunt verklaren.

Diffusie

Hoe is te verklaren dat inkt in een glas zich uit zichzelf door de hele vloeistof verspreidt? Hoe kun je verklaren dat de suiker in een suikerklontje zonder te roeren kan oplossen in een glas thee? Het spontaan mengen van stoffen noem je **diffusie**. Een glas water bestaat uit miljarden maal miljarden watermoleculen die door elkaar heen bewegen, ook de druppel inkt bestaat uit miljarden maal miljarden inktmoleculen. Al deze moleculen bewegen en botsen met elkaar. Hierdoor verspreiden de inktmoleculen zich door het water.

Als je lang genoeg wacht, zijn de inktmoleculen en de watermoleculen volledig gemengd. Het



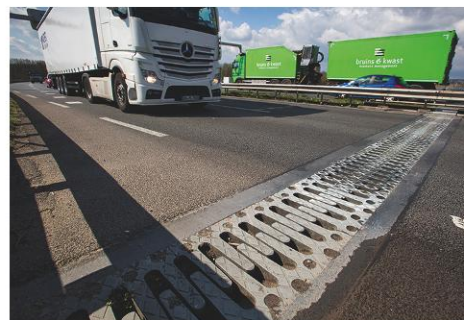
3.22 De grote suikermoleculen en de kleine watermoleculen zijn gemengd.

spontane mengen van de zichtbare druppel inkt (de macrowereld) kun je dus verklaren met het gedrag van de onzichtbare moleculen (microwereld).

Oplossen kun je je ook zo voorstellen. De suikermoleculen die eerst in de vaste stof aan elkaar vastzaten, laten elkaar los en verspreiden zich door het water. Na een tijdje zijn de suikermoleculen en de watermoleculen volledig gemengd. Zie figuur 3.22.

Uitzetten en krimpen

Als een brugdek warm wordt, zet het uit. Deze waarneming in de macrowereld is te verklaren met de microwereld. Als het warmer wordt, gaan de moleculen in het brugdek harder bewegen. Ze hebben dan meer ruimte nodig en gaan verder uit elkaar. De stof zet uit. Hierbij treden grote krachten op. In constructies zoals in wegen en bruggen (figuur 3.23) zitten tussenruimtes om de stof de gelegenheid te geven uit te zetten zonder dat de constructie kapotgaat.

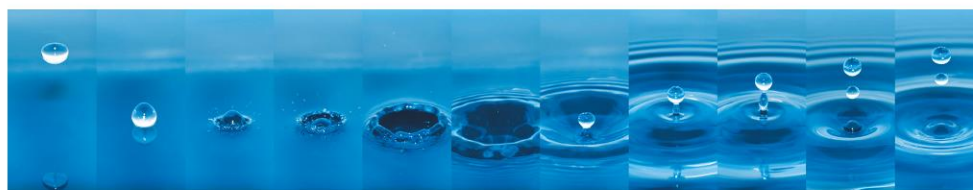


3.23 Als het warm wordt, zet het brugdek uit. Met deze constructie heeft het wegdek daarvoor de ruimte.

Cohesie en adhesie

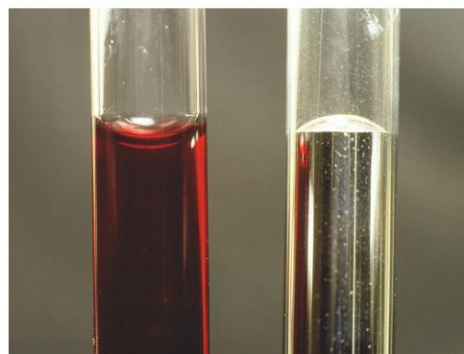
In figuur 3.24 zie je een waterdruppel in water vallen en even later weer omhoogkomen. Het is verrassend dat de waterdruppel één geheel blijft. Dit verschijnsel kun je verklaren met het molecuulmodel. Als je op hele kleine schaal kijkt (de microwereld), zie je dat alle moleculen elkaar aantrekken. Ze blijven dus zo dicht mogelijk bij elkaar. Als je op macroschaal kijkt, zie je dat deze moleculen samen een bol vormen, dit is de druppel die je ziet. Aantrekking tussen moleculen van dezelfde soort heet **cohesie**.

Je hebt vast weleens gezien dat een regendruppel op een ruit blijft hangen, of dat de druppel langzaam naar beneden glijdt en een streep water achterlaat. Dit kun je ook verklaren vanuit de microwereld. Watermoleculen en glasmoleculen trekken elkaar ook aan. Aantrekking tussen moleculen van verschillende soort heet **adhesie**.



3.24 Watermoleculen trekken elkaar aan en zorgen ervoor dat de druppel bij elkaar blijft.

In figuur 3.25 zie je links water in een reageerbuis en rechts kwik in een reageerbuis. Het water kruipt tegen de wand van de reageerbuis omhoog en krijgt een hol oppervlak. De adhesie is hier sterker dan de cohesie. Het kwik gaat juist naar beneden bij de wand en krijgt een bol oppervlak. Daar zijn de krachten tussen de kwikmoleculen en de glasmoleculen klein ten opzichte van de krachten tussen de kwikmoleculen onderling. Bij kwik wint de cohesie het van de adhesie. Hier vertelt een waarneming uit de macrowereld ons iets over de microwereld.

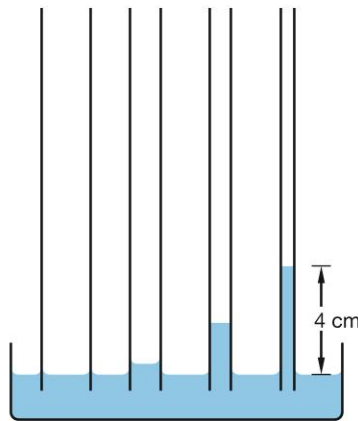


3.25 Het oppervlak van het water (links) is hol en het oppervlak van kwik (rechts) is bol.

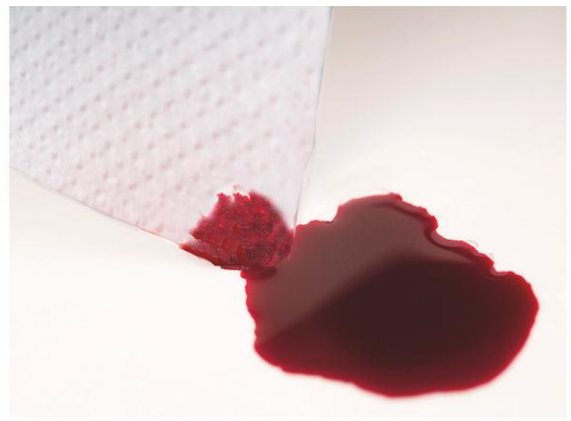
Capillaire werking

Een boom heeft water nodig om te kunnen groeien. De boom moet het water vanuit de wortels omhoog verplaatsen. Hoe kan een boom grondwater naar boven vervoeren? Een boom maakt gebruik van **capillaire werking**. Dit is het verschijnsel dat vloeistoffen in een dunne buis hoger dan het omringende vloeistofniveau kunnen stijgen. De capillaire werking is een samenspel tussen cohesie en adhesie. In figuur 3.25 zag je dat het water omhoog staat tegen het glas. De adhesie is sterker dan de cohesie. Wat gebeurt er nu als je dat buisje smaller maakt? Dan is de adhesie sterk genoeg om te zorgen dat het water omhoogkruipt door het dunne buisje. Zie figuur 3.26.

Dat gebeurt niet alleen bij glas, maar ook bij andere stoffen. Als je een velletje keukenpapier in water hangt, kruipt het water omhoog. Zie figuur 3.27. Dat komt omdat er dunne kanaaltjes in het papier zitten. Eén van de redenen dat water van de wortels in een boom of plant omhooggaat, is dat de wortelkanaaltjes zo dun zijn dat het water vanzelf omhoog stroomt.



3.26 Hoe smaller het buisje, hoe hoger het water kan komen.



3.27 De rode vloeistof kruipt in het keukenpapier door de capillaire werking omhoog.

Samengevat

Verschuinselen uit de macrowereld kun je vaak verklaren met behulp van de microwereld. Diffusie, uitzetten en krimpen kun je verklaren met de beweging van moleculen. Cohesie en adhesie kun je verklaren met de aantrekking van moleculen. Een samenspel van adhesie en cohesie veroorzaakt een capillaire werking. Bij een capillair is de adhesie zo sterk dat het water omhooggaat.

3.6 Opdrachten

A 79

Verklaar met de begrippen cohesie en adhesie de volgende verschijnselen.

- a** Water heeft een holle vloeistofspiegel (zie figuur 3.25).
- b** Kwik heeft een bolle vloeistofspiegel.
- c** Keukenpapier zuigt water op.
- d** Water stijgt op in de stengel van een plant.

A 80

- a** Wat is diffusie?
- b** Met welke eigenschap van moleculen kun je diffusie begrijpen?

A 81

- a** Leg uit wat de macrowereld is.
- b** Leg uit wat de microwereld is.

B 82

- a** Leg uit wat het verschil is tussen cohesie en adhesie.
- b** Leg met de begrippen cohesie en adhesie uit waarom een waterdruppel aan de kraan blijft hangen.
- c** Als je docent op het whiteboard schrijft met een stift, blijft de inkt op het bord zitten. Leg dat uit met behulp van de begrippen cohesie en adhesie.

B 83

In het molecuulmodel hebben de moleculen zes eigenschappen. Hieronder staan enkele verschijnselen. Geef bij elk verschijnsel aan met welke eigenschap(pen) van de moleculen je dit kunt begrijpen.

- a** Suiker lost op in water.
- b** Stoffen zetten bij verwarming uit.
- c** Iemand steekt een sigaret op. Ook als het niet waait, ruik je het meters verderop.
- d** Water en alcohol zijn heel verschillende stoffen.
- e** IJzer is vast en water is vloeibaar.

B 84

Als je een suikerklontje een klein stukje onderdompelt in je thee zie je dat de thee heel snel het klontje intrekt. Verklaar dit.

B 85

Leg uit wat de onderstaande situaties hebben te maken met krimpen en uitzetten.

- a** Bij een rij huizen zie je na vier of vijf huizen een spleet tussen de woningen. Die spleet is met een elastische kit dichtgemaakt.
- b** Bij bruggen zie je tussenruimtes tussen de weg en de brug.
- c** In de cv-installatie zit een expansievat (zie de figuur hieronder). Expansie betekent uitzetten.



B 86

Als het heeft geregend, ligt er een dun laagje water op de auto. Maar bij een auto die net uit een autowasininstallatie komt, is dat anders. Op die auto blijft het water als kleine druppeltjes op de auto liggen. Dat komt door de bescherm-laag die de wasinstallatie op de lak van de auto spuit. Verklaar dat verschil met de begrippen cohesie en adhesie.

C 87

Verklaar met de begrippen cohesie en adhesie de volgende verschijnselen.

- a** Twee stukken papier zijn aan elkaar geplakt.
- b** Een waterdruppel blijft aan een ruit hangen.

C 88

Gassen mengen door diffusie. Vloeistoffen ook. Dat gaat langzamer dan bij gassen. Geef daarvoor een verklaring met het molecuulmodel.

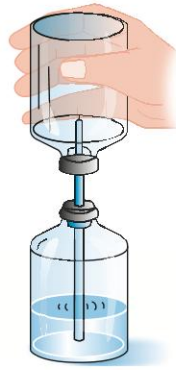
C 89

Als je het flesje van de figuur hier-naast in je handen neemt, zie je een tijdje later luchtbelletjes uit het pijpje komen.

- a** Leg uit dat de proef bewijst dat stoffen bij verwarmen uitzetten.

Dimitri zegt: 'Dat is wel waar, maar het flesje zet ook uit.'

- b** Heeft hij gelijk?
c Wat zet het meest uit: de lucht of het glas van het flesje?



Dan laat je het flesje weer los en je wacht een tijdje.

- d** Wat zie je dan gebeuren?
e Geef daarvoor een verklaring.

C 90

Geef voor elk van de volgende verschijnselen aan welke veronderstellingen van het molecuulmodel je nodig hebt om de verschijnselen te verklaren.

- a** Een waterdruppel blijft eerst aan de kraan hangen voordat hij valt.
b De lucht in je fietspomp kun je samenpersen.
c Een zeepbel blijft bestaan.
d Aardgas verspreidt zich snel door de lucht.

C 91

De Nederlander 's Gravesande (1688–1742) bedacht een opstelling om de uitzetting van een vaste stof te demonstreren. Zie de figuur hieronder. Eerst past de bol gemakkelijk door de ring. Nadat de bol is verwarmd, wordt hij op de ring gezet. En dan past de bol niet meer. Na een tijdje valt de bol door de ring.



- a** Leg uit waarom de bol na een tijdje weer door de ring valt. Merk daarbij iets op over de bol en over de ring.

Uitzetting kun je soms handig gebruiken.

- b** Leg uit hoe het komt dat je een schroefdop die erg vast zit op een colafles los kunt krijgen met heet water.
c Leg ook uit wat er kan gebeuren als je de dop te lang onder de hete kraan houdt.

+ 92

Een vloeistof wordt verwarmd en zet daardoor uit.

- a** Leg uit wat er gebeurt met de afstand tussen de moleculen.

Bij een hogere temperatuur gaat de vloeistof makkelijker verdampen. Wat zegt dat over de aantrekkingskracht tussen de moleculen?

- b** Kies de juiste formulering van de volgende veronderstelling over die aantrekkingskracht:

De aantrekkingskracht tussen moleculen *is groter / is kleiner / blijft gelijk* als de ruimte tussen de moleculen groter wordt.

- c** Leg uit hoe je het uitzetten van een vloeistof kunt gebruiken om een thermometer te maken.

Als water bevroert, krijgt het een kleinere dichtheid.

- d** Leg uit wat er gebeurt met de ruimte tussen de moleculen bij de faseovergang van water naar ijs.
e Leg uit wat er gebeurt als je een flesje water in het vriesvak legt.

+ 93

Je hebt het nu gehad over het idee dat materie is opgebouwd uit kleine deeltjes. In de Griekse oudheid waren er twee verschillende ideeën over de opbouw van de materie. De een ging over de vier elementen en de ander over kleine deeltjes.

- a** Zoek van beide uit welke ideeën daar achter zitten.

Ook John Dalton (1766–1844) had zo zijn ideeën over de materie.

- b** Zoek uit welke dat waren.
c Zoek uit waarom de Nederlander J.H. van 't Hoff de Nobelprijs kreeg.

Je kunt nu

- aangeven wat diffusie is en daarvoor een verklaring geven;
- verschijnselen verklaren met behulp van het molecuulmodel;
- met cohesie en adhesie enkele verschijnselen verklaren;
- uitleggen wat er wordt bedoeld met de term capillaire werking.

Practica

1 Stoffen herkennen

► 30 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Heb je weleens per ongeluk zout in je thee gedaan in plaats van suiker? Sommige stoffen zijn moeilijk uit elkaar te houden. Je krijgt acht potjes met daarin verschillende stoffen. Je bepaalt welke stoffen er in de potjes zitten.

Onderzoeksvraag

Welke stoffen zitten er in de potjes?

Voorspelling

Bekijk de stoffen die in de potjes zitten. Noteer welke stof je verwacht dat er in elk potje zit.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- acht doorzichtige potjes met daarin:
 - ammonia
 - zwavel
 - lucht
 - alcohol
 - melk
 - poedersuiker
 - water
 - meel



- 1 Maak een tabel zoals hieronder met voor ieder potje een rij.
- 2 Noteer in de tabel voor ieder potje of er een vaste stof, een vloeistof of een gas in zit.
- 3 Noteer in de tabel de kleur van de stof in ieder potje. Als een stof geen kleur heeft, noem je dat kleurloos.
- 4 Doe nu elk potje even open en ruik voorzichtig. Noteer in de tabel hoe de stof ruikt.

potje	vast, vloeistof of gas	kleur	geur	stof	conclusie
A					
B					
...					

Vragen

- a Geef de conclusie. Noteer deze in de laatste kolom. Laat controleren welke stoffen je goed hebt herkend.
- b Van welke stof klopte je voorspelling?
- c Leg uit of je de onderzoeksvraag ook kunt beantwoorden als je één eigenschap minder had bepaald.
- d Noem een andere stof die dezelfde kleur, geur en fase (vast, vloeibaar of gas) heeft als één van de acht stoffen.
- e Noteer een manier om die twee stoffen alsnog van elkaar te onderscheiden.
- f Waarom is het niet verstandig om een onbekende stof te proeven om te bepalen welke stof het is?

2 Dichtheid van aluminium

- 30 minuten leerlingpracticum
- Vaardigheid 2
- Vaardigheid 6

Inleiding

Een vliegtuig mag niet te zwaar zijn. Een vliegtuigbouwer kiest daarom een licht materiaal. Aluminium is geschikt omdat het een kleine dichtheid heeft. In dit practicum bepaal je de dichtheid van aluminium. Dit doe je door de massa en het volume van een aluminium voorwerp te bepalen.

Onderzoeksvraag

Hoe groot is de dichtheid van aluminium?

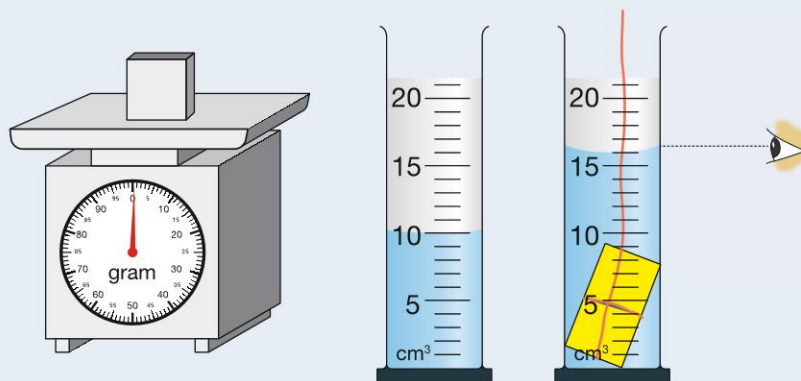
Voorspelling

Zoek de dichtheid van aluminium op en noteer die.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- één van vier verschillende aluminium voorwerpen
- weegschaal
- maatcilinder



- 1 Meet de massa van het aluminium voorwerp met de weegschaal en noteer die.
- 2 Bepaal het volume van het voorwerp met behulp van de onderdompelmethode en noteer dat.

Vragen

- a Bereken de dichtheid van aluminium met behulp van je metingen. Geef de conclusie.
- b Is je waarde precies hetzelfde als de waarde die je hebt opgezocht? Zo niet, leg uit hoe dat kan.
- c Je klasgenoten hebben een ander voorwerp gemeten: ook van aluminium, maar met een andere grootte of een andere vorm. Hebben ze dezelfde dichtheid voor aluminium gevonden?
- d De dichtheid van ijzer is $7,9 \text{ g/cm}^3$. Leg uit waarom je een vliegtuig beter van aluminium kunt maken dan van ijzer.
- e Pieter heeft de dichtheid van aluminiumfolie bepaald door het bovenstaande proefje uit te voeren met een propje aluminiumfolie. Pieter vindt een waarde van $1,2 \text{ g/cm}^3$. Leg uit hoe dat komt.

3 Thermometer ijken

- 45 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 1

Inleiding

Op je telefoon kun je een thermometer-app installeren. Is zo'n thermometer nauwkeurig? Je kunt ook zelf een thermometer maken. In dit practicum maak je zelf de schaalverdeling van een thermometer. Dit heet ijken. Je test je thermometer door de temperatuur van je oksel te meten.

Onderzoeksvraag

Hoe hoog is de temperatuur van je oksel?

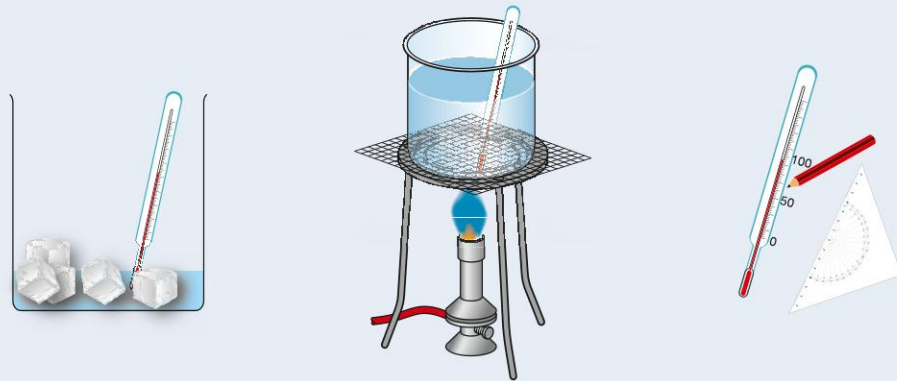
Voorspelling

Noteer de normale lichaamstemperatuur van een mens.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- bekglas
- stukjes ijs
- water
- thermometer zonder schaalverdeling
- brander
- driepoot
- gaasje
- lucifers
- stift



- 1 Doe de thermometer in een bekglas met ijs en wacht ongeveer vijf minuten (tot de vloeistof in de thermometer niet meer daalt). Roer zo nu en dan.
- 2 Zet op je thermometer een streepje bij het niveau van de vloeistof.
- 3 Verwarm het smeltende ijs langzaam boven een brander (zie practicum 1.1 als je niet meer weet hoe een brander werkt). Roer regelmatig tot het ijs is gesmolten. Houd de thermometer in het water tot het water kookt. De vloeistof in de thermometer stijgt dan niet meer.
- 4 Zet een streepje bij het vloeistofniveau van je thermometer.
- 5 Zet de brander uit en haal de thermometer uit het water.
- 6 Zet het cijfer nul bij het onderste en het cijfer honderd bij het bovenste streepje. Maak nu een schaalverdeling tussen de 0 en de 100.
- 7 Meet de temperatuur van je oksel met je zelfgemaakte thermometer. Noteer deze temperatuur.

Vragen

- a Geef de conclusie en leg uit of de conclusie overeenkomt met je voorspelling.
- b Waarom kloppen de aanduidingen 0 °C en 100 °C bij je zelfgemaakte thermometer precies?
- c Noem ten minste drie dingen die je anders had kunnen doen of aan je thermometer had kunnen veranderen om een nauwkeuriger schaalverdeling te krijgen.
- d Kun je de schaalverdeling ook boven de 100 °C en onder de 0 °C uitbreiden? Waarom wel of niet?
- e Leg uit of het meetbereik en het schaaldeel van de thermometer die je nu hebt gemaakt handig zijn om je lichaamstemperatuur te meten.

4 Mengen en scheiden

- 45 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 1

Inleiding

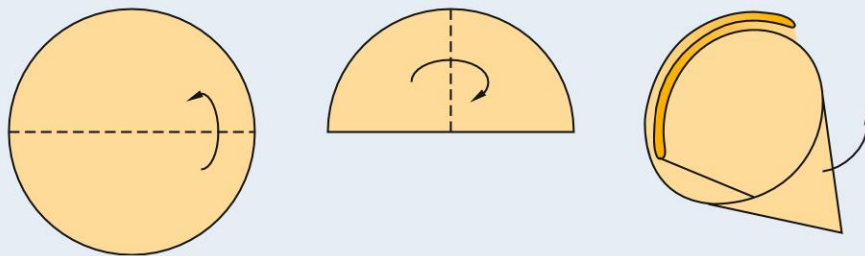
Er zijn veel verschillende scheidingsmethodes. Vaak moet je om een mengsel te scheiden meerdere methodes achter elkaar toepassen. In dit practicum scheid je een mengsel van zout en zand dat je docent heeft gemaakt.

Onderzoeksvraag

Uit hoeveel procent zout bestaat het mengsel van zout en zand?

Voorspelling

Vergelijk het mengsel, het zout en het zand. Schat hoeveel procent zout er in het mengsel zit. Noteer je schatting.



Je hebt nodig:

- warm water
- zand-zoutmengsel
- spatel
- bekglas
- trechter
- filtreerpapier
- erlenmeyer
- indampschalpje
- brander
- gaasje
- driepoot
- lucifers
- bak zand om te vergelijken
- bak zout om te vergelijken

Opstelling en werkwijze

- 1 Weeg je bekglas en je indampschalpje en noteer de massa's.
- 2 Doe een theelepel van het mengsel in het bekglas.
- 3 Weeg het bekglas met het mengsel en noteer de massa.
- 4 Voeg ongeveer 50 mL warm water toe en roer goed.
- 5 Vouw het filterpapier twee keer dubbel. Plaats het als een zakje in de trechter. Zie de figuur.
- 6 Filtreer het mengsel in een erlenmeyer.
- 7 Weeg het residu en noteer de massa.
- 8 Giet het filtraat in een indampschalpje en plaats het indampschalpje op een gaasje op een driepoot.
- 9 Steek de brander aan. Schuif de brander onder de driepoot.
- 10 Als het begint te spetteren, schuif je de brander onder de driepoot vandaan.
- 11 Zet de brander uit.
- 12 Weeg het indampschalpje met het zout en noteer de massa.

Vragen

- a Bereken de massa van het mengsel dat je had. Gebruik de massa's van stap 1 en 3.
- b Bereken de massa van het zout uit het mengsel. Gebruik de massa's van stap 1 en 12.
- c Bereken het percentage zout in het mengsel. Gebruik de antwoorden op vraag a en b.
- d Geef de conclusie.
- e Bereken het percentage zand in het mengsel. Gebruik de massa van stap 6.
- f Zijn de antwoorden van vraag c en e samen 100%? Zo nee, leg uit of je de bepaling van het massapercentage van het zand of van het zout betrouwbaarder vindt.
- g Leg uit of je het mengsel dat je bij stap 4 maakt een suspensie of een oplossing zou noemen.
- h Leg uit waarom je niet eerst kunt indampen en daarna kunt filtreren.
- i Leg uit of je deze methode ook kunt gebruiken om een mengsel van suiker en zout te scheiden.

5 Moleculen

► 30 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

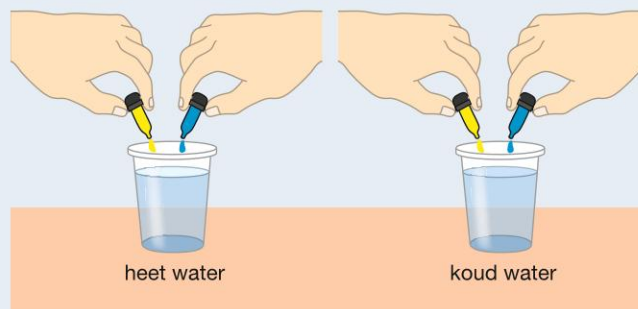
In een druppel water zitten ontzettend veel moleculen. Die moleculen zijn zo klein dat je ze met het blote oog en zelfs met een microscoop niet kunt zien. Hoe weet je dan dat ze er zijn? In dit practicum bestudeer je de beweging van moleculen.

Onderzoeksvraag

Verspreidt kleurstof zich sneller in warm of in koud water?

Voorspelling

Noteer welk verschil je verwacht tussen de verspreiding van de kleurstof in warm en in koud water.



Je hebt nodig:

- bekglas met ijskoud water
- bekglas met warm water
- gele kleurstof in een druppelflesje
- blauwe kleurstof in een druppelflesje
- filmcamera (op je telefoon)

Opstelling en werkwijze

- 1 Neem het bekglas met ijskoud water.
- 2 Doe links in het bekglas een druppel gele kleurstof en rechts een druppel blauwe kleurstof. Begin met filmen tot er niets meer verandert.
- 3 Herhaal stap 1 en 2 voor het warme water.

Vragen

Kijk zo nodig je filmpjes terug om de vragen te beantwoorden.

- a Welke kleur krijgt het water uiteindelijk?
- b Waar in het bekglas ontstaat deze kleur het eerst?
- c In welk bekglas ontstaat deze kleur het eerst?
- d Geef de conclusie.
- e Leg uit hoe moleculen in het water de verspreiding van de inkt veroorzaken.
- f Leg uit waarom de temperatuur invloed heeft op de verspreiding van de inkt.

Oefentoets

Juist of onjuist?

- 1 Materie bestaat uit stof.
- 2 De eenheid van dichtheid is gram.
- 3 Een suspensie is troebel.
- 4 De dosis is het aantal mg van een stof dat je binnen krijgt.
- 5 Alle eigenschappen zijn stofeigenschappen.

Pictogrammen

- 6 Geef de betekenis van de volgende veiligheidspictogrammen:

a



b



c



Onbekende vloeistof

Geef aan of onderstaande eigenschappen stofeigenschappen zijn of niet.

- 7 Een stof is bij 20 °C vloeibaar.
- 8 De stof zit in een rond flesje.
- 9 De stof heeft een bruine kleur.
- 10 In het flesje zit 200 mL.
- 11 De stof smaakt zoet.
- 12 In de vloeistof zie je belletjes.

Gif

- 13 De dodelijke dosis van het insectenbestrijdingsmiddel Undeen is 4,2 g. Wat geldt voor Undeen?
- A Als je meer dan 4,2 g binnenkrijgt, ga je dood.
 - B Het kan geen kwaad als je meer dan 4,2 g binnenkrijgt.
 - C Het kan geen kwaad als je minder dan 4,2 g binnenkrijgt.
 - D Om insecten te bestrijden, heb je 4,2 g nodig.

Dauwdruppels op het gras

Na een koude nacht kan het gras nat zijn. Er zitten dan dauwdruppels op de grassprietten.

- 14** Waar komt dit water vandaan?
15 Van welke faseovergang is er sprake bij het ontstaan van dauw?

Gft

- 16** Waar staan de letters gft voor?
17 Van gft kun je compost maken. Hoe heet dit hergebruik ook wel?

Spijkers

Je koopt bij de ijzerhandel een doosje met 395 g spijkers. De dichtheid van ijzer is $7,9 \text{ g/cm}^3$.

- 18** Bereken het volume van de spijkers.

Je wilt graag weten hoeveel spijkers je nu gekocht hebt. Daarom weeg je één spijker op de weegschaal. De weegschaal geeft 5 g aan.

- 19** Bereken hoeveel spijkers je hebt gekocht.

Fase

Een belangrijk bestanddeel van azijn is azijnzuur. Zuiver azijnzuur heeft een smeltpunt van 17°C en een kookpunt van 118°C .

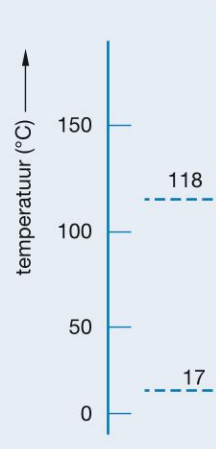
- 20** Hoe is het mogelijk dat je azijn ook al goed kunt ruiken beneden de 118°C ?
21 Bekijk het fasediagram van azijnzuur. Wat is de fase van zuiver azijnzuur bij 10°C ?

Als je zuiver azijnzuur mengt met water ontstaat er een kleurloze, heldere vloeistof.

- 22** Leg uit of er hier sprake is van een oplossing, een emulsie of een suspensie.

Als je azijnzuur en water probeert te scheiden, lukt dat niet met indampen of filtreren.

- 23** Waarom lukt het niet met filtreren?
24 Waarom lukt het ook niet met indampen?

**Molecuulmodel**

Welke eigenschappen van moleculen heb je nodig om het volgende te verklaren?

- 25** Water vormt druppels.
26 In warm water verspreidt een druppel inkt zich sneller dan in koud water.
27 Aardgas verspreidt zich snel door de lucht.
28 Een fietsband kun je steeds harder oppompen. Er gaat dan steeds meer gas in.
+29 Welke uitspraak is juist?
 A Diffusie treedt alleen maar op bij gassen.
 B Diffusie treedt alleen maar op bij vloeistoffen.
 C Diffusie is het verschijnsel dat twee of meer stoffen spontaan mengen.
 D Diffusie is het verschijnsel dat twee of meer stoffen na roeren gemengd zijn.

Om een metalen busje muurvast in een gat in een metalen plaat te bevestigen, koel je het busje eerst flink af.

- +30** Leg uit waarom je dat doet.
+31 Moet het busje bij normale temperatuur groter of kleiner zijn dan het gat, of precies passend? Licht je antwoord toe.



4 Beweging



Op de foto zie je bewegende auto's. Je ziet dat ze bewegen omdat het licht van de koplampen op de foto strepen vormt. De fotocamera staat stil. Dat zie je aan de straatlantaarns. Hun licht vormt geen strepen op de foto.

De foto is gemaakt met een lange sluitertijd. Dit betekent dat het fototoestel een langere tijd licht opvangt. Omdat de auto's bewegen, veranderen de koplampen van plaats, terwijl de foto wordt gemaakt. Hierdoor zie je een koplamp als een streep van licht. Kun je met zo'n foto de snelheid van de auto's bepalen?

Paragraaf

Practica



Overall online

	Opening	
4.1	Snelheid	1 Ontwerp je eigen waterklok
4.2	Snelheid berekenen	2 Snelheid meten
4.3	Afstand, tijd-diagrammen	3 Jouw snelheid
4.4	Snelheid, tijd-diagrammen	4 Bel in de buis
4.5	Remmen	5 Reactietijd
+4.6	Relatieve snelheid	
	Oefentoets	

Alle teksten en opdrachten uit dit boek vind je terug op Overall online. Hier vind je ook filmpjes, animaties, extra uitleg en oefening, oefentoetsen en extra practica.

Discussievraag

Een cheeta kan 120 km per uur rennen. Betekent dit dat een cheeta veilig op een snelweg zou kunnen rennen als hij dat zou willen?



Je leert • wat snelheid is en hoe je snelheid berekent.

4.1 Snelheid

► Vaardigheid 6

Gemiddelde snelheid

Als je beweegt, verander je van plaats. Snelheid is het tempo waarin je je verplaatst. Snelheid heeft een grootte en een richting. De grootte van de snelheid geeft aan hoe hard je gaat, de richting geeft aan welke kant je op gaat.

De **gemiddelde snelheid** reken je uit door de afgelegde afstand te delen door de tijd die daarvoor nodig was. De meest gebruikte eenheden voor snelheid zijn kilometer per uur (km/h) en meter per seconde (m/s). De h in km/h komt van het Engelse woord voor uur: hour.

Als een auto een gemiddelde snelheid heeft van 50 km/h, dan betekent dit dat deze auto in een uur 50 km aflegt en in een halfuur $50 / 2 = 25$ km. Als je op de fiets in een halfuur 9 km aflegt, dan is je gemiddelde snelheid $9 \text{ km} / 0,5 \text{ h} = 18 \text{ km/h}$.

De gemiddelde snelheid kun je berekenen. Hiervoor gebruik je een verhoudingstabel. Zie voorbeeld 1.



4.1 De winnende schaatser heeft de afstand in de kortste tijd afgelegd. Hij had de grootste gemiddelde snelheid tijdens de wedstrijd.

Voorbeeld 1: De snelheid van een schaatsster

In 2014 legt schaatsster Ireen Wüst een ronde van 400 meter af in een tijd van 32 seconden. Bereken de gemiddelde snelheid van de schaatsster. Gebruik de eenheid m/s, het aantal meter dat ze per seconde aflegt.

Gegeven: afstand = 400 m

tijd = 32 s

Gevraagd: gemiddelde snelheid = ?

Berekenen: Maak gebruik van een verhoudingstabel. Je moet door 32 delen om uit te komen op een tijd van 1,0 seconde. Dan moet je de afstand dus ook delen door 32. Je komt dan uit op 12,5 m.

		: 32
afstand	400 m	12,5 m
tijd	32 s	1,0 s
		: 32

Antwoord: De schaatsster legt in 1,0 s een afstand af van 12,5 m.
Haar gemiddelde snelheid is dan 12,5 m/s.

Constate snelheid

In figuur 4.2 zie je reizigers die op een loopband staan. De reizigers bewegen met een **constante snelheid**: op elk moment heeft hun snelheid dezelfde grootte en richting. Een beweging waarbij de snelheid steeds dezelfde grootte en richting heeft, heet een **eenparige beweging**. De schaatsster uit het voorbeeld heeft een ronde geschaatst met een gemiddelde snelheid van 12,5 m/s. Haar snelheid is niet de hele ronde gelijk aan dit gemiddelde, soms gaat ze wat sneller, soms gaat ze wat langzamer. De beweging van de schaatsster is dus geen eenparige beweging.



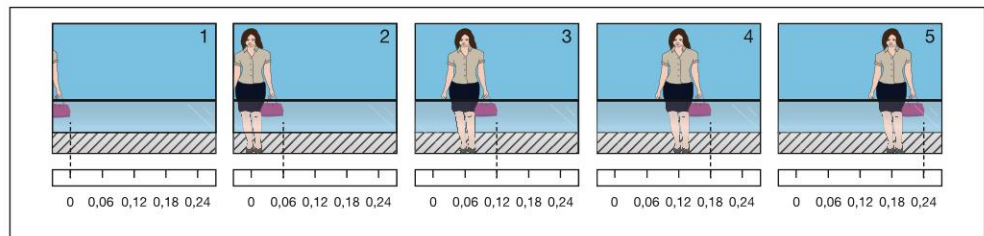
4.2 Reizigers op een loopband op Schiphol bewegen eenparig, dus met een constante snelheid.

Constate snelheid in beeld► **Vaardigheid 4**

Je kunt bewegingen weergeven met een **afstand,tijd-diagram** (een **(s,t)-diagram**). Een afstand,tijd-diagram is een grafiek met op de verticale as de afstand en op de horizontale as de tijd.

Met een videofilm van de beweging kun je een afstand,tijd-diagram van de beweging maken. In het voorbeeld van een reiziger op de rolband werkt dit als volgt: de beweging van de reiziger op de rolband is met een videocamera vastgelegd, enkele filmbeeldjes zijn in figuur 4.3 nagetekend.

Tussen twee beeldjes is steeds dezelfde tijd verstreken. De reiziger beweegt omdat haar plaats (positie) verandert: ze legt tussen twee beeldjes een bepaalde afstand af. Onder de filmbeeldjes is aangegeven wat haar positie is. Je kunt aflezen dat de reiziger op ieder volgend beeldje 0,06 m is opgeschoven. Kijk daarvoor wel steeds naar hetzelfde punt van de reiziger, bijvoorbeeld haar handtas (eerlijk vergelijken!). Tussen twee beeldjes is steeds dezelfde tijd verstreken. Bij deze film worden elke seconde twintig beeldjes gemaakt. Dat betekent dat de tijdsduur tussen twee opeenvolgende beeldjes $1/20$ s is. Dat is 0,05 s (= 50 milliseconde).



4.3 De filmbeeldjes die de videocamera heeft vastgelegd, zijn schematisch nagetekend.

Je maakt vervolgens een tabel van de afstand tegen de tijd. Op het eerste beeldje is nog geen afstand afgelegd, de afstand is hier dus 0 m. Op het tweede beeldje is de afstand 0,06 m, en zo verder. Deze afstanden zet je onder elkaar in een tabel. Zie figuur 4.4.

De tijd die bij elk beeldje hoort, bereken je zo: het tijdstip van het eerste beeldje noem je 0 s. Je weet dan dat elk volgend beeldje 0,05 s later is gemaakt. Beeldje 3 is dus 0,10 s later dan beeldje 1, enzovoort. Alle meetpunten uit de tabel kun je nu in het diagram tekenen. Je tekent de grafiek door een lijn door de meetpunten in het afstand,tijd-diagram te trekken. Zie figuur 4.5.

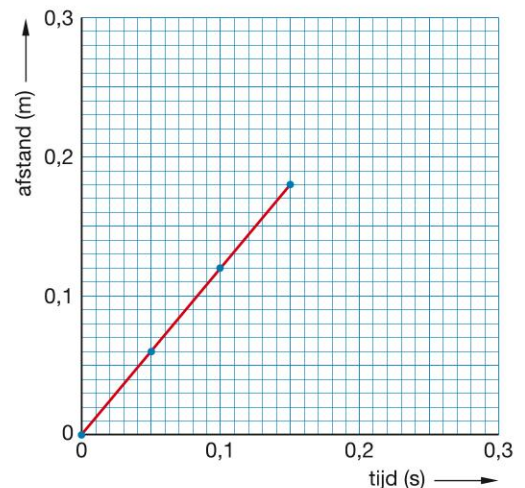
tijd (s)	afstand (m)
0	0
0,05	0,06
0,10	0,12
0,15	0,18
...	...

4.4 Afstand die de reiziger op verschillende tijdstippen heeft afgelegd

► Practicum 1

Recht evenredig

Aan de grafiek is te zien dat de reiziger een constante snelheid heeft: de grafiek is een rechte lijn. Wanneer de tijd twee keer zo groot wordt, wordt de afgelegde afstand ook twee keer zo groot. Je zegt dat afstand en tijd **recht evenredig** zijn. Een verband tussen twee grootheden waarbij een tweemaal zo grote verandering van de één zorgt voor een tweemaal zo grote verandering bij de ander heet een **recht evenredig verband**. De grafiek van een recht evenredig verband is altijd een rechte lijn die door de oorsprong gaat. Zie figuur 4.5.



4.5 Grafiek van de bewegende reiziger in een afstand,tijd-diagram

Samengevat

De gemiddelde snelheid is de afgelegde afstand gedeeld door de tijd. De meest gebruikte eenheden voor snelheid zijn kilometer per uur (km/h) en meter per seconde (m/s). Er is een constante snelheid als je in dezelfde tijd steeds evenveel afstand aflegt. Een beweging met constante snelheid heet een eenparige beweging. Bewegingen kun je weergeven in een afstand,tijd-diagram. Bij grootheden die recht evenredig zijn, geldt: als de ene grootheid twee keer zo groot wordt, dan wordt de andere grootheid ook twee keer zo groot. Bij een recht evenredig verband is de grafiek een schuine, rechte lijn door de oorsprong.

4.1 Opdrachten

A 1

Juist of onjuist?

- a In een afstand,tijd-diagram staat de afstand op de verticale as.
- b m/s is een eenheid van snelheid.
- c Een rechte lijn in een afstand,tijd-diagram geeft altijd een recht evenredig verband weer.

A 2

Niels beweert dat een recht evenredig verband betekent dat wanneer de afstand twee keer zo groot wordt, de tijd ook twee keer zo groot wordt. Maaïke zegt hierover: 'Dat kan niet waar zijn. Als je er twee keer zo lang over doet, dan wordt de afstand toch twee keer zo klein?' Leg uit wie er gelijk heeft.

- A Maaïke
- B Niels
- C allebei
- D geen van beiden

A 3 H

Tijdens een zeilrace heeft het zeilschip 'Ernest Wind' een constante snelheid van 9,0 km/h.

- a Schrijf de eenheid km/h uit.
- b Leg uit welke afstand het schip in één uur tijd aflegt.

Een tegenstander van de 'Ernest Wind' heeft een snelheid van 2,7 m/s.

- c Leg uit in welke tijd dit schip een afstand van 2,7 m aflegt.
- d Schrijf de eenheid m/s uit.

B 4 H

Je fietst met een constante snelheid over een recht stuk weg van 73 m. Je doet er 17 s over. Neem de verhoudingstabel over en vul deze in. Bereken zo je snelheid in m/s. Rond af op een geheel getal.

tijd	
afstand	

B 5

Enrico fietst van huis naar zijn voetbalvereniging. Over deze afstand van 5 km doet hij 20 minuten.

- a Bereken met een verhoudingstabel dat zijn gemiddelde snelheid dan 15 km/h is.

Met dezelfde gemiddelde snelheid fietst Enrico de volgende dag naar school. Hij fietst dan 8 km.

- b Bereken met een verhoudingstabel hoeveel minuten de fietsrit naar school duurt.

B 6

Selim is een snelwandelaar. Ze doet mee aan een Kennedy-mars, een langeafstandswandeling van 80 km. Ze loopt die mars met een constante snelheid van 8,9 km/h.

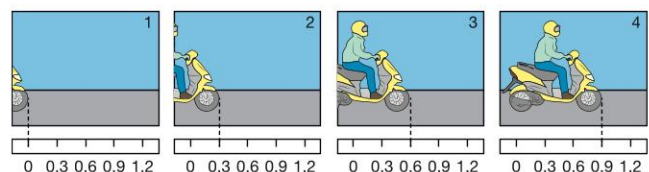
- a Bereken hoe groot de afstand is die Selim in één uur aflegt. Neem de tabel over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul deze afstand in die tabel in.
- b Zet in de tabel ook de andere afstanden.
- c Bereken hoelang Selim over de 80 km doet. Rond af op één decimaal.
- d Selim vertrekt 's morgens om 06:30 uur. Bereken hoe laat zij over de finish komt.

tijd (uur)	afstand (km)
1,0	
2,0	
3,0	
4,0	
5,0	
6,0	
7,0	
8,0	
9,0	
10,0	

B 7 H

De beweging van een scooter is met een videocamera vastgelegd. De videocamera maakte 25 beeldjes per seconde. Op de liniaal is te zien op welke positie de scooter op elke foto is, uitgedrukt in m.

- a Bereken de tijd tussen twee foto's.
- b Maak een tabel met afstanden en tijdstippen.
- c Teken het afstand,tijd-diagram van de beweging van de scooter.



Neem aan dat de scooter met dezelfde snelheid door blijft rijden.

- d** Leg uit waar de scooter dan op de zesde foto zou moeten zijn.
- e** Leg uit dat de scooter met een constante snelheid rijdt.

B 8

Jens is op weg naar zijn vertrekhal op Schiphol. Hij staat op een loopband. Zie figuur 4.2. Hij beweegt 45 s met een snelheid van 1,2 m/s.

- a** Bereken de afstand die Jens gedurende die 45 s aflegt.
- b** Teken het afstand,tijd-diagram van Jens voor het geval hij 60 s op de band staat.

C 9 V

Een veerboot tussen Den Helder en Texel bereikt kort na vertrek een constante snelheid van 5,5 m/s.

- a** Bereken de afstand in km die de boot in de eerste vijf minuten aflegt.
- b** Leg uit hoe groot de afstand is die de boot de volgende vijf minuten aflegt.

De hele oversteek van Den Helder naar Texel duurt 20 minuten.

- c** Kies het juiste antwoord. De afstand tussen Den Helder en Texel is *meer dan / minder dan / gelijk aan* 6,6 km.

C 10 V

Het water in een aquarium weegt 60 kg ($m = 60$ kg). Er zit dan 60 L water in, dus $V = 60$ L.

- a** Schrijf de grootheden in deze twee zinnen voluit.

Als je de helft van het water eruit haalt, veranderen de massa en het volume.

- b** Noem de nieuwe waarden van m en V .
- c** Benoem het verband tussen m en V .
- d** Teken de begin- en eindsituatie in een (m, V) -diagram.

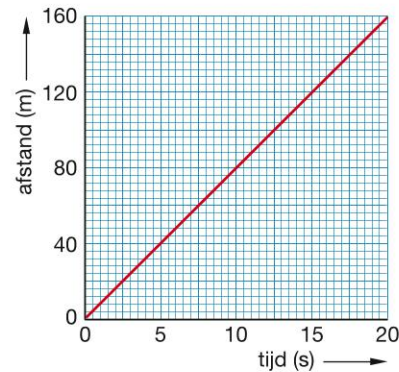
C 11

Een olietanker vaart eenparig met 25,5 km/h. Maak een verhoudingstabel voor de volgende opdrachten.

- a** Bereken de afstand die de tanker na 11 uur en 12 minuten heeft afgelegd.
- b** Bereken de tijd in h waarin de tanker 660 km heeft afgelegd.

Een loodsboot haalt in de buurt van de haven de olietanker in. Het afstand,tijd-diagram van de beweging van de loodsboot staat hieronder.

- c** Toon met de grafiek aan dat de loodsboot sneller gaat dan de olietanker.



+ 12 V

Een auto rijdt 120 km/h over de snelweg. De benzinemeter geeft aan dat de tank bijna leeg is. Op een bord langs de weg leest de bestuurder dat het volgende tankstation nog 60 km rijden is.

- a** Bereken hoeveel minuten de auto over deze afstand zal doen.

De auto rijdt 1:12 (spreek uit: 'één op twaalf'). Dit betekent dat de auto 12 km kan rijden op 1 liter benzine.

- b** Bereken hoeveel liter benzine er ten minste in de tank moet zitten om het volgende benzinestation te halen.

+ 13 V

De winnende schaatser in figuur 4.1 had een eindtijd van 34,67 s. De andere schaatser had een eindtijd van 34,84 s. In het laatste stuk hadden beide schaatsers vrijwel dezelfde snelheid. Schat de grootte van deze snelheid. De blauwe lijnen op de foto hebben een onderlinge afstand van 1,0 m.

Je kunt nu

- de gemiddelde snelheid berekenen in km/h en m/s;
- bepalen of iemand met een constante snelheid rijdt;
- met een verhoudingstabel de gemiddelde snelheid, de afstand en de tijd berekenen;
- een afstand,tijd-diagram tekenen;
- bepalen of twee grootheden recht evenredig zijn.

**Discussievraag**

IJsland bevindt zich op de rand van twee continenten die langzaam uit elkaar drijven.

Hoe bereken je hoe snel dit gaat?

Je leert • wat het verband tussen snelheid, afstand en tijd is.

4.2 Snelheid berekenen

- **Practicum 2**
- **Vaardigheid 7**

Gemiddelde snelheid berekenen

Hoe kun je berekenen wat de gemiddelde snelheid van een schaatser in een rondje was? In de vorige paragraaf heb je geleerd dat je dat met een verhoudingstabel kunt doen. Je kunt de gemiddelde snelheid van een schaatser ook berekenen met een formule:

$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$$

met v_{gem} de gemiddelde snelheid in meter per seconde (m/s)
 s de totale afstand in meter (m)
 t de totale tijdsduur in seconden (s)

Je kunt nu met deze formule de gemiddelde snelheid van de schaatser in figuur 4.6 berekenen. Je weet de afstand (400 m) en de coach geeft de tijd aan. Zie voorbeeld 2.



4.6 Met de rondetijd kun je de gemiddelde snelheid van een schaatser tijdens een rondje berekenen.

Voorbeeld 2: Rondetijden bij het schaatsen

Tijdens een schaatswedstrijd schaatst Sven een 400 m lange ronde in een tijd van 29,8 s. Bereken de gemiddelde snelheid tijdens deze ronde in m/s. Gebruik de formule en rond af op drie cijfers.

Gegeven: tijd $t = 29,8$ s
afstand $s = 400$ m

Gevraagd: snelheid $v_{\text{gem}} = ?$

Formule: $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$

Berekenen: $v_{\text{gem}} = \frac{400}{29,8} = 13,43$ m/s

Antwoord: De gemiddelde snelheid is 13,4 m/s.

Eenheden voor snelheid

De grootheid snelheid heeft meerdere eenheden. Als je gewoon loopt, leg je elke seconde ongeveer één meter af. Dit is als de standaardeenheid voor snelheid genomen: de meter per seconde (m/s). Voertuigen zijn vaak uren onderweg en leggen veel kilometers af. Je gebruikt daarom meestal km/h als eenheid voor de snelheid van voertuigen. IJsland bevindt zich op twee continenten die langzaam uit elkaar drijven (zie de openingsfoto). Elk jaar wordt de afstand ongeveer 2,5 cm groter. De snelheid kun je dan het beste aangeven in centimeter per jaar (cm/y). De y in cm/y komt van het Engelse woord voor jaar: year. Snelheden kun je eenvoudig omrekenen. Zie voorbeeld 3.

Voorbeeld 3: Snelheden omrekenen

Bereken:

a 72 km/h = ... m/s

b 12 m/s = ... km/h

Uitwerking:

a 72 km = 72 000 m en 1 h = 3600 s

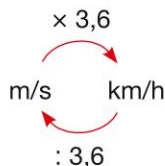
Dan is 72 km/h dus gelijk aan $\frac{72000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20$ m/s.

Om te onthouden: om van km/h naar m/s te gaan, deel je door 3,6.

$$\frac{72}{3,6} = 20$$

b Als je van km/h naar m/s moet delen door 3,6 dan moet je andersom dus vermenigvuldigen met 3,6.

Dus 12 m/s = $12 \times 3,6 = 43,2$ km/h.



4.7 Omrekenen van m/s naar km/h en omgekeerd

Snelheid, afstand en tijd

Met de formule voor de gemiddelde snelheid kun je ook de afstand berekenen. Je moet de formule dan herschrijven, met de afstand s voorop.

$s = v_{\text{gem}} \times t$	met	v_{gem}	de gemiddelde snelheid in meter per seconde (m/s)
		s	de totale afstand in meter (m)
		t	de totale tijdsduur in seconden (s)

Je kunt met deze formule de afstand uitrekenen als de gemiddelde snelheid en de tijd bekend zijn. Zie voorbeeld 4. Met de formule kun je ook de tijdsduur berekenen als je de gemiddelde snelheid en de afstand weet.

Voorbeeld 4: Trajectcontrole

Een auto rijdt 108 km/u op een snelweg met trajectcontrole. De tijd tussen het passeren van de twee camera's is 40 s. Bereken de afstand tussen de twee camera's.

Gegeven: snelheid $v_{\text{gem}} = 108 \text{ km/h}$

tijd $t = 40 \text{ s}$

Gevraagd: afstand $s = ?$

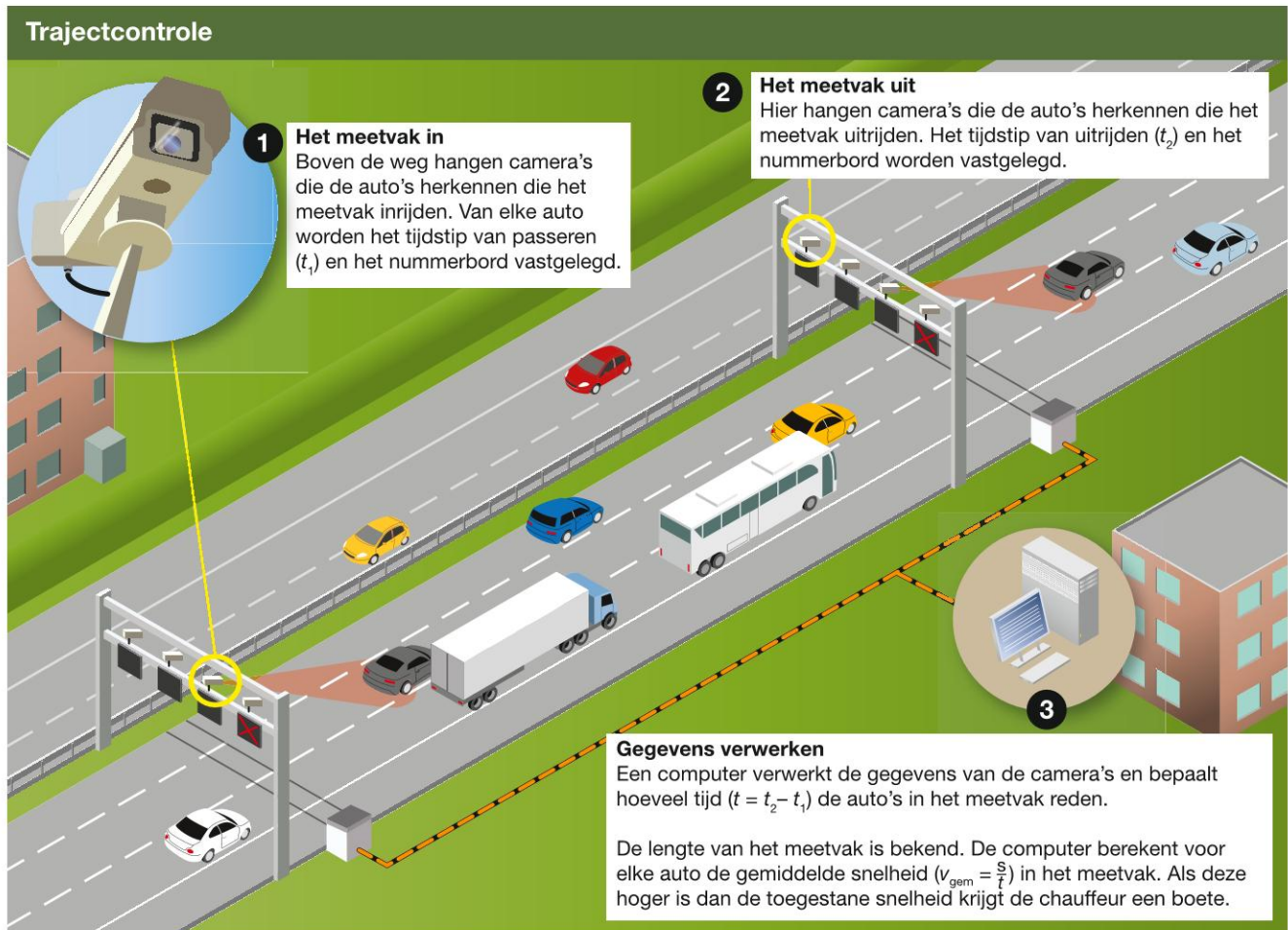
Formule: $s = v_{\text{gem}} \times t$

Berekenen: Reken eerst de snelheid om naar m/s.

$$v_{\text{gem}} = \frac{108}{3,6} = 30 \text{ m/s}$$

$$s = v_{\text{gem}} \times t = 30 \times 40 = 1200$$

Antwoord: De afstand is 1200 m.



4.8 Berekening van de gemiddelde snelheid tijdens een trajectcontrole

Samengevat

De gemiddelde snelheid bereken je met de formule $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$.

De afstand bereken je met de formule $s = v_{\text{gem}} \times t$.

Hierbij is s de afstand, v_{gem} de gemiddelde snelheid en t de tijd.

Als je de snelheid in km/h deelt door 3,6 krijg je de snelheid in m/s.

Als je de snelheid in m/s vermenigvuldigt met 3,6 krijg je de snelheid in km/h.

4.2 Opdrachten

A 14

In hoofdstuk 1 heb je geleerd wat grootheden en eenheden zijn. Neem de tabel over in je schrift en vul hem in.

grootheid	symbool	eenheid	afkorting
snelheid	t		m

A 15 H

Schrijf de formule voor de gemiddelde snelheid op. Geef de betekenis van elke letter.

A 16 H

Er zijn grootheden en eenheden, elk met eigen symbolen. Schrijf met symbolen en afkortingen:

- a De tijd is 4,3 seconden.
- b De afstand is 12 kilometer.
- c De snelheid is 36 meter per seconde.

B 17 H

Erben heeft een rondje van 400 m geschaatst in een tijd van 28,7 s.

- a Bereken zijn gemiddelde snelheid in m/s.
- b Reken je antwoord om naar km/h.

B 18 H

Tijdens een tijdrit rijdt een wielrenner een afstand van 54 km in 1 uur, 6 minuten en 21 seconden. Bereken de gemiddelde snelheid in m/s. Tip: reken eerst de tijd naar seconden om en de afstand naar meter.

B 19

Reken om:

- a 90 s = ... min = ... h
- b 4260 s = ... min = ... h
- c 15,33 m/s = ... km/h
- d 1,19 m/s = ... km/h
- e 36,0 km/h = ... m/s
- f 25,8 km/h = ... m/s

B 20

- a $s = 2500$ m, $t = 3$ min. Bereken v_{gem} in m/s.
- b $s = 4,25$ km, $t = 4,5$ min. Bereken v_{gem} in m/s.
- c $t = 90$ s, $v_{\text{gem}} = 12$ m/s. Bereken s in m.
- d $t = 15$ min, $v_{\text{gem}} = 7$ m/s. Bereken s in m.

B 21 H

Een Fiat Punto rijdt met constante snelheid en legt 16 km af in 0,32 uur.

- a Bereken met de formule de snelheid van de Fiat.

Een Mercedes rijdt met een constante snelheid die 1,5 keer zo groot is als die van de Fiat Punto.

- b Bereken de afstand in een geheel aantal km die de Mercedes in 90 minuten aflegt.
- c Bereken hoelang de Mercedes over 165 km doet.

C 22

In 2014 vestigde de Keniaan Dennis Kimetto een nieuw wereldrecord bij de marathon van Berlijn. Hij legde het 42,195 km lange parcours in een tijd van 2 h 02 min 57 s af.

- a Toon aan dat 2 h 02 min 57 s gelijk is aan 7377 s.
- b Bereken de gemiddelde snelheid in km/h.
- c Leg uit of je die afstand in die tijd kunt afleggen op de fiets.
- d Zoek op of de tijd van Kimetto nog steeds het wereldrecord is. Zo niet, wat is het nieuwe wereldrecord?

C 23 V

Je vergelijkt de gemiddelde snelheid van een honkbal, een wedstrijdzwemmer, een wandelaar en een schaatser met elkaar.

- a Zet ze op volgorde van snel naar langzaam door de snelheid te schatten.

Bereken bij de vragen b t/m e steeds de gemiddelde snelheid in km/h. Gebruik hiervoor de formule voor de gemiddelde snelheid.

- b Een honkbal legt een afstand van 18,4 m af in 1,2 s.
- c Een wedstrijdzwemmer zwemt tien baantjes van 50 m in precies 7,00 minuten. (Tip: reken eerst de tijd om naar seconden.)
- d Een wandelaar loopt tijdens de vierdaagse een afstand van 50 km in 11 uur.
- e Bij de Elfstedentocht legt een schaatser een afstand af van 199,6 km. Hij doet daar precies 7,75 uur over.
- f Zet de gegevens op volgorde van snel naar langzaam volgens je berekening. Klopte je voorspelling?

C 24 V

Je staat op de kade en ziet op 4 km afstand een veerboot aankomen. Je moet nog snel wat ophalen uit je hotel, dat

op 20 minuten lopen van de haven ligt. Je wilt de veerboot halen. Lukt dat?

- a** Welk gegeven heb je nog meer nodig om dit probleem op te lossen?

Je schat de snelheid van de veerboot op 6 km/h.

- b** Bereken de tijd in minuten die de veerboot over die 4 km doet.
c Leg uit of je nog de tijd hebt om van je hotelkamer iets op te halen voordat de boot aanlegt.

C 25 V

Op internet staat de reisplanner van de Nederlandse Spoorwegen. Daarmee kun je uitzoeken welke trein(en) je moet nemen om op een bepaalde tijd ergens aan te komen. Je zoekt een treinreis per intercity van Eindhoven via Den Bosch naar Nijmegen. Je moet overstappen. Beide treinen rijden tussen twee stations met een gemiddelde snelheid van 100 km/h.

- a** Zoek op hoelang de totale reis per intercity duurt tussen Eindhoven en Den Bosch en tussen Den Bosch en Nijmegen.
b Bereken daarmee de afstand in hele km tussen Eindhoven en Den Bosch.
c Bereken de afstand in km tussen Den Bosch en Nijmegen.
d Bereken welke afstand je in totaal aflegt.
e Leg uit of de totale afstand tussen Eindhoven en Nijmegen via Den Bosch groter of kleiner is dan het antwoord op vraag d.

+ 26 V

Nick fietst tegen een helling omhoog. De helling heeft een percentage van 10%. Dit betekent dat elke 100 m over de weg, de weg 10 m omhooggaat. Nick legt in totaal 1500 m over de weg af.

- a** Bereken hoeveel meter Nick omhoog is gegaan.
b Nick deed 7,5 min over de klim. Laat zien dat zijn gemiddelde snelheid tijdens de klim gelijk is aan 12 km/h.



De verticale snelheid geeft aan hoe groot de snelheid in de verticale richting is.

- c** Bereken de verticale snelheid van Nick.

Als Nick boven is, keert hij direct om. Hij fietst naar beneden met een gemiddelde snelheid van 48 km/h. Nick beweert dat zijn gemiddelde snelheid tijdens de hele rit nu gelijk is aan 30 km/h. Maartje is het niet met hem eens. Ze zegt dat zijn gemiddelde snelheid lager is dan 30 km/h.

- d** Leg uit wie er volgens jou gelijk heeft.
e Bereken hoelang Nick over de afdaling heeft gedaan.

De gemiddelde snelheid over de hele route kun je berekenen door de totale afstand te delen door de totale tijd.

- f** Bereken deze gemiddelde snelheid.
g Controleer met het antwoord bij f je antwoord bij vraag d. Klopte je antwoord bij vraag d?

+ 27 V

Bij een snelheidscontrole zijn twee detectieslangen over de weg gespannen. Deze registreren de tijd waarin een auto de afstand tussen die slangen passeert. Door de afstand klein te nemen (15 cm) is de gemiddelde snelheid tussen die slangen gelijk aan de snelheid ter plekke. De maximumsnelheid is 70 km/h. Een automobilist in een Alfa Romeo legt de afstand tussen de twee slangen af in 7,2 ms (milliseconden, 1 ms = 0,001 s).

- a** Ga na of de auto te hard heeft gereden.

Als de chauffeur de slangen ziet, kan hij even vaart minderen om vervolgens weer te snel te gaan. Daarom gaat de politie ertoe over om 'echte' gemiddelde snelheden te controleren over een lang traject (20 km).

- b** Leg uit dat je bij een gemiddelde snelheid over het traject van 70 km/h af en toe harder kunt rijden.
c Bereken hoeveel hele minuten je over die 20 km doet bij $v_{\text{gem}} = 70 \text{ km/h}$.

Een automobilist in een Porsche doet 12 minuten over dit traject.

- d** Bereken zijn gemiddelde snelheid.

Midden op het traject ligt een wegrestaurant.

- e** Bereken hoelang de Porscherijder daar koffie kan drinken zodat zijn gemiddelde snelheid over het traject 60 km/h is.

Je kunt nu

- van m/s naar km/h omrekenen en omgekeerd;
- met een formule de gemiddelde snelheid, de afstand en de tijd berekenen.

Discussievraag

Hoe kun je aan deze foto zien dat de snowboarder steeds sneller naar beneden gaat?



Je leert • hoe je een beweging in beeld brengt en hoe je kunt zien hoe de snelheid verandert.

4.3 Afstand,tijd-diagrammen

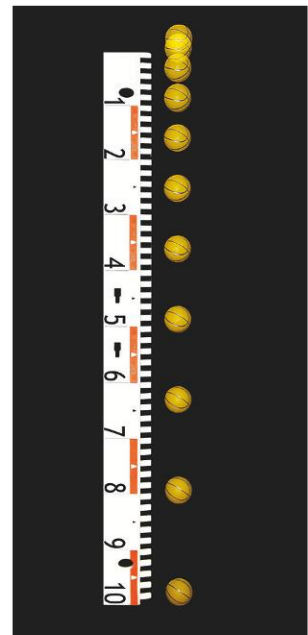
► Vaardigheid 4

Beweging in beeld brengen

Discolampen gaan vaak op het ritme van de muziek aan en uit. Je ziet de mensen om je heen dan niet meer vloeiend bewegen, maar je ziet ze van de ene houding naar de andere springen. Met een snel flitsende lamp kun je een beweging bestuderen. Een snel flitsende lamp heet een **stroboscoop**.

Je kunt de tijd tussen twee flitsen instellen, bijvoorbeeld op 20 flitsen per seconde. Tussen twee opeenvolgende flitsen zit dan $1/20 = 0,05$ s. Vanaf de eerste tot aan de tiende flits zijn $9 \times 0,05 = 0,45$ s verstreken. Als je in het donker met deze stroboscoop een vallende bal belicht, dan krijg je een foto zoals in figuur 4.9. Je moet dan een langere sluitertijd gebruiken. Met een liniaal naast de bal kun je de afstand die de bal heeft afgelegd bepalen. De beweging van de bal is uitgewerkt in voorbeeld 5.

Je kunt een beweging ook filmen. Door de filmopname van de beweging vertraagd af te spelen, kun je zien hoe de beweging verloopt. Deze manier van bewegingen in beeld brengen, heet **videometen**. Je kunt dan bijvoorbeeld zien hoe de afgelegde afstand elke 0,05 s verandert.



4.9 Met een stroboscoopfoto kun je de beweging van een vallende bal in beeld brengen.

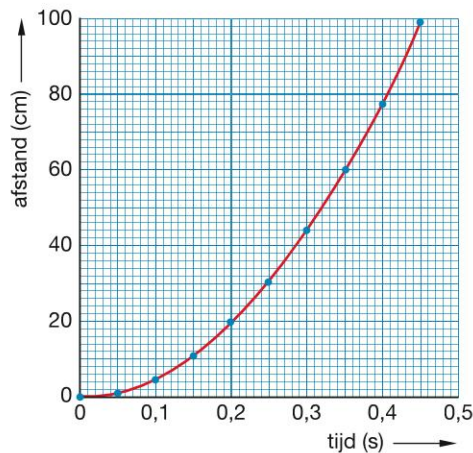
tijd (s)	afstand (cm)
0	0
0,05	1
0,10	5
0,15	11
0,20	20
0,25	31
0,30	44
0,35	60
0,40	78
0,45	99

Voorbeeld 5: Een vallende bal

In figuur 4.9 zie je een vallende bal. Deze bal is gefotografeerd met een stroboscoop die 20 flitsen per seconde gaf. Maak met deze foto een afstand,tijd-diagram van de beweging van de bal.

Uitwerking:

20 flitsen per seconde betekent dat er tussen elke flits $1/20 = 0,05$ s zit. Met de liniaal naast de bal kun je nu een tabel maken van de afstand en de tijd. Het tijdstip van de eerste flits noem je $t = 0$ s. Met de gegevens uit de tabel kun je een afstand,tijd-diagram maken. Zie figuur 4.10.



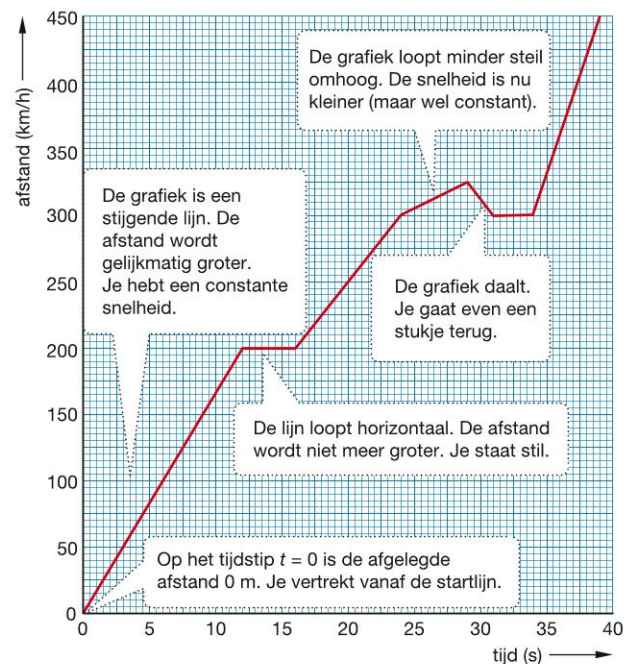
4.10 Met het afstand,tijd-diagram van de beweging van de vallende bal kun je vaststellen dat de bal steeds sneller valt.

► Practicum 3

Afstand,tijd-diagram

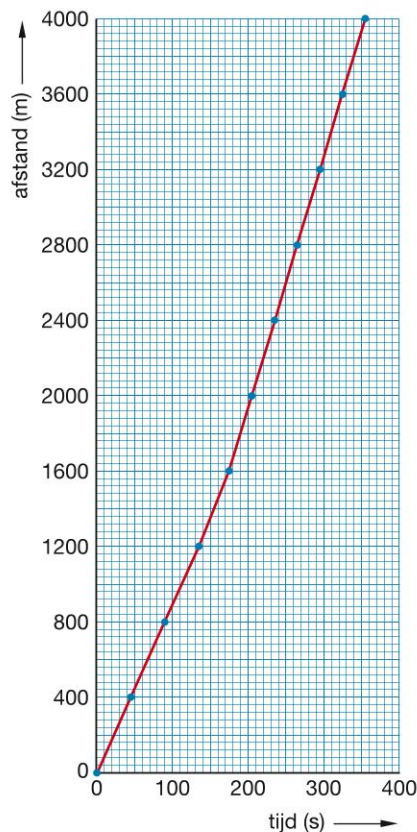
Uit een afstand,tijd-diagram kun je afstanden aflezen, maar je kunt er ook snelheidsveranderingen aan zien en snelheden mee bepalen. Zie figuur 4.11.

- De afstand neemt toe als de grafiek naar boven loopt.
- Als de grafiek horizontaal loopt, dan verandert de afstand niet. De snelheid is dan gelijk aan nul.
- Als de grafiek naar beneden gaat, dan beweeg je de andere kant op!
- Hoe steiler de grafiek loopt, hoe groter de snelheid is. Zo is de snelheid na 33,5 s het grootst, want de grafiek is daar steiler dan in alle overige delen.





4.12 Baanwielrennen op de Olympische Spelen van Londen



4.13 In het (s,t)-diagram van baanwielrenner Teun is te zien wanneer hij gaat versnellen.

Voorbeeld 6: (s,t)-diagram van een baanwielrenner

Teun doet aan baanwielrennen. Zie figuur 4.12.

Hij traint op een baan van 400 m. In figuur 4.13 zie je het (s,t)-diagram van zijn trainingsrondes.

- Uit hoeveel rondes van 400 m bestaat de training van Teun?
- De eerste rondes gebruikt Teun om warm te rijden. Leg uit hoe je dat aan de grafiek kunt zien.
- Op welk tijdstip heeft Teun voor het eerst een volle ronde van 400 m op volle snelheid gereden?
- Bepaal uit de grafiek de gemiddelde snelheid in km/h van de laatste drie rondes.

Uitwerking:

- De totale afstand is 4000 m. Dat zijn dus 10 rondes van 400 m.
- De grafiek loopt daar minder steil en dus is Teuns snelheid nog niet zo groot. De rondetijden zijn daar groter.
- Tijdens de vierde ronde loopt de grafiek al steiler. Na de vijfde ronde heeft Teun voor het eerst een volle ronde op volle snelheid gereden. Dat is op $t = 205$ s.

- d Gegeven: tijd $t = 355 - 265 = 90$ s
afstand $s = 3 \times 400 = 1200$ m

Gevraagd: gemiddelde snelheid $v_{\text{gem}} = ?$

Formule: $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$

Berekenen: $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t} = \frac{1200}{90} = 13,3$ m/s

Omrekenen naar km/h: $13,3 \times 3,6 = 48$ km/h

Antwoord: De gemiddelde snelheid in de laatste drie rondes is 48 km/h.

Samengevat

Met een stroboscopische foto of een videometing kun je bewegingen bestuderen.

In een afstand,tijd-diagram (ook wel een (s,t)-diagram genoemd) geldt: hoe steiler de grafiek, hoe hoger de snelheid. Bij een stijgende lijn is er een snelheid vooruit. Een horizontale lijn hoort bij stilstand. Bij een dalende lijn is er een snelheid achteruit.

4.3 Opdrachten

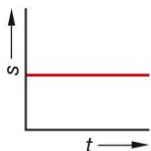
A 28 H

Kies het juiste antwoord.

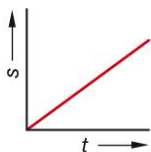
- a Als een voorwerp stilstaat, dan loopt de grafiek in het afstand,tijd-diagram *omhoog / horizontaal / naar beneden*.
- b Als de grafiek in een afstand,tijd-diagram naar beneden loopt, dan is er een beweging *naar voren / naar achteren*.
- c Een afstand,tijd-diagram noem je ook wel een *(t,s)-diagram / (s,t)-diagram*.
- d Er geldt: hoe steiler de grafiek in een afstand,tijd-diagram, hoe *sneller / langzamer* de beweging.

A 29

- a Wat voor beweging beschrijft de figuur hieronder?



- b Wat voor beweging beschrijft de figuur hieronder?



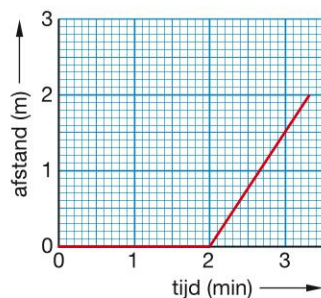
A 30 H

Soms moet je metingen doen aan heel snelle bewegingen.

- a Leg uit hoe je deze snelle bewegingen in een langzamer tempo kunt bekijken om eraan te meten.
- b Noem de naam van een meetmethode waarmee je snelle bewegingen kunt bestuderen.

B 31 H

Hieronder is een afstand,tijd-diagram van een slak getekend. Beschrijf de beweging van deze slak.



B 32

Inge traint voor een zwemwedstrijd. Ze zwemt tien baantjes van 25 m. In de tabel hieronder zie je haar resultaat.

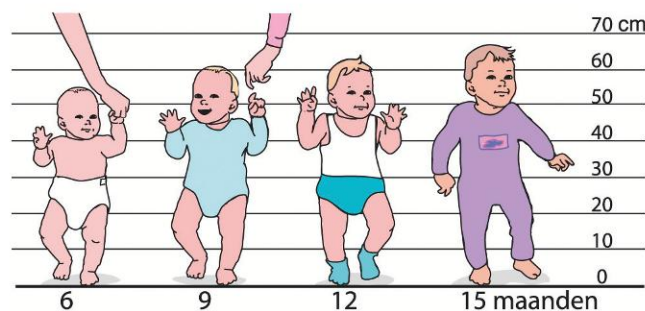
- a Teken een (s,t)-diagram van de training van Inge. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.
- b Leg uit hoe je aan het diagram kunt zien dat Inge bij de laatste baantjes vermoeid raakt.
- c Bepaal de gemiddelde snelheid over de eerste vier baantjes.
- d Bepaal de gemiddelde snelheid over de laatste vier baantjes.

baan	tijd (s)
1	13
2	27
3	41
4	53
5	66
6	80
7	97
8	113
9	134
10	160

C 33 V

Bekijk de figuur over de groei van een kind.

- a Lees af hoe lang het kind is op zijn eerste verjaardag.
- b Bereken hoeveel het kind is gegroeid tussen 6 en 15 maanden.
- c Bepaal de gemiddelde groeisnelheid in cm per maand. Maak daarvoor gebruik van een verhoudingstabel en van het antwoord op vraag b.
- d Bereken hoe groot het kind op zijn tiende verjaardag is als het zo door blijft groeien.

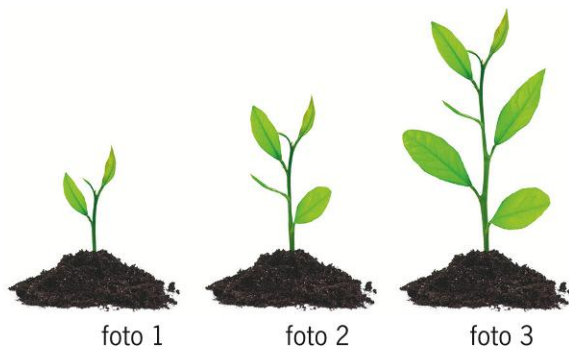


C 34 V

In de figuur zie je drie foto's van de groei van een plantje. Ze zijn op dezelfde dag genomen; foto 1 om 9h 's ochtends, foto 2 om 12h 's middags en foto 3 om 15h 's middags.

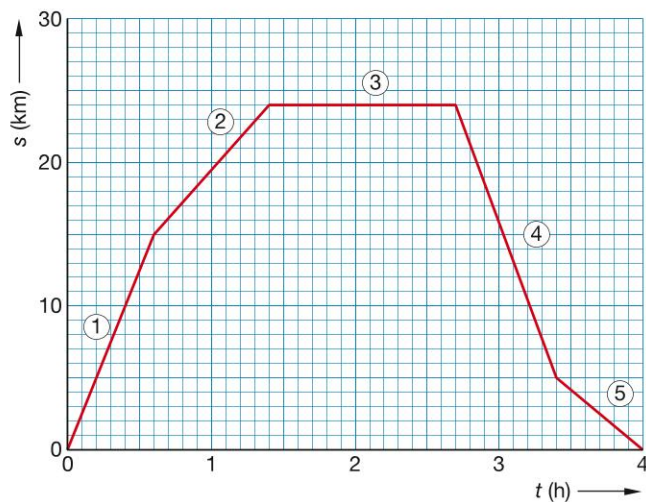
Op de foto is 1,0 cm gelijk aan 2,5 cm in werkelijkheid.

- Bereken hoeveel tijd er tussen foto 1 en foto 3 zit.
- Meet de groei van de plant tussen 9h en 15h in mm.
- Bereken met hoeveel mm dit in werkelijkheid overeenkomt.
- Bereken de gemiddelde groeisnelheid van de plant in mm/dag. Gebruik een verhoudingstabel. Ga ervan uit dat de plant dag en nacht met dezelfde snelheid groeit.

**C 35**

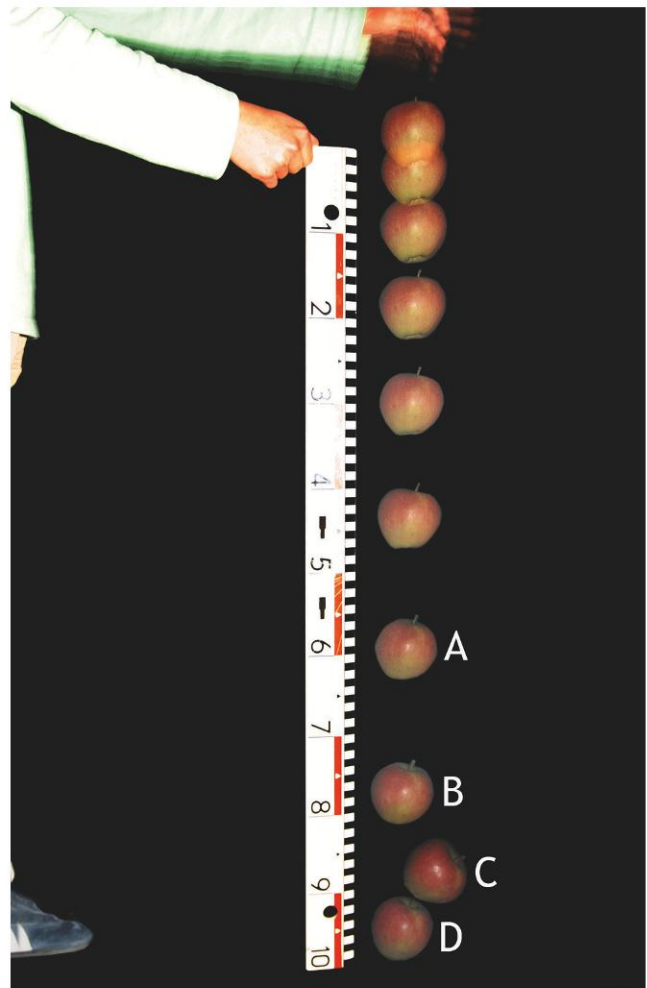
Bekijk het diagram van een fietser hieronder.

- Leg uit hoe je ziet dat dit een afstand,tijd-diagram is.
- Geef aan in welk deel van de grafiek de snelheid 0 km/h is.
- Geef aan in welke delen de snelheid constant is.
- Geef aan in welke delen de snelheid het grootst is.
- Geef aan in welke delen de fietser terug gaat.

**C 36**

Deze vraag gaat over de vallende appel in de figuur hieronder. De stroboscoop geeft 20 flitsen per seconde.

- Bereken de tijdsduur tussen twee flitsen.
- Met hoeveel cm komt 1 cm op de foto overeen?
- Leg uit waarom tijdens het vallen de afstand tussen de afbeeldingen steeds groter wordt.

**+ 37 V**

Je wilt de snelheid bepalen vlak voordat de appel de grond raakt.

- Leg uit waarom je voor het bepalen van de snelheid vlak voordat de appel de grond raakt positie C en D niet kunt gebruiken.
- Bepaal de afstand tussen positie A en B van de appel.
- Bereken deze afstand in werkelijkheid.
- Bereken de gemiddelde snelheid over deze afstand.

Je kunt nu

- met een afstand,tijd-diagram het verloop van de snelheid van een beweging beschrijven;
- met een stroboscopische foto een beweging beschrijven.



Discussievraag

Om bij een estafeteloop de beste tijd te halen, moet het stokje tijdens de wissels zo min mogelijk snelheid verliezen. Hoe kunnen de sporters bij de training met een grafiek zien of hun wissels optimaal zijn?

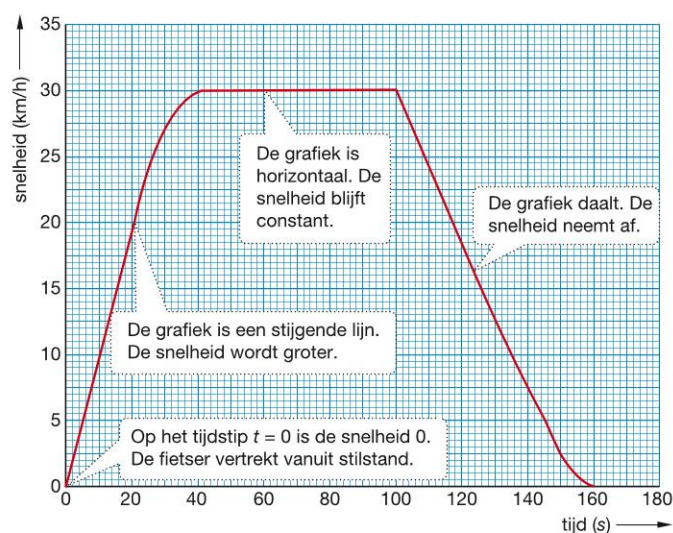
Je leert • hoe je snelheid kunt weergeven in een diagram.

4.4 Snelheid,tijd-diagrammen

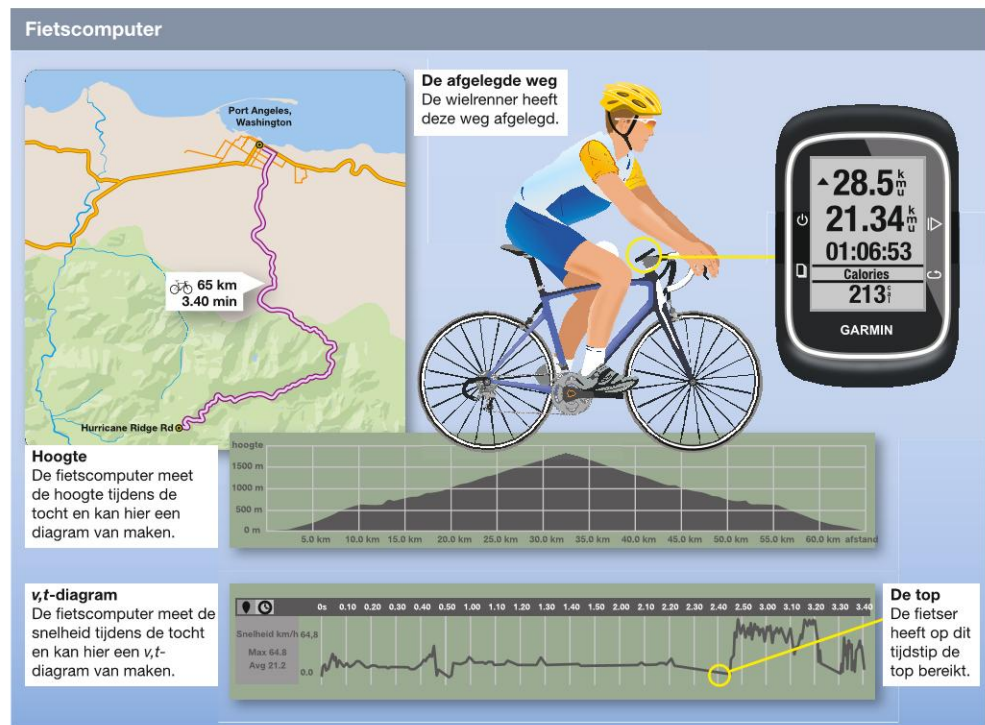
► Practicum 4

Snelheid,tijd-diagram

Met een fietscomputer (zie figuur 4.15) kun je zien hoe snel je fietst. Veel fietscomputers kunnen je snelheid ook opslaan. Zo kun je later bekijken hoe snel je op welk tijdstip hebt gefietst. Sommige fietscomputers geven het verloop van je snelheid weer in een **snelheid,tijd-diagram** (een **(v,t)-diagram**). In een snelheid,tijd-diagram staat de snelheid op de verticale as en de tijd op de horizontale as. In figuur 4.14 zie je een (v,t)-diagram van een fietser.



4.14 Een (v,t)-diagram bevat veel informatie over het verloop van de snelheid.



4.15 Met de gereden afstand en de hiervoor benodigde tijd berekent de fietscomputer de snelheid. Zo wordt een (v,t) -diagram van de rit gemaakt.

Versnellen en vertragen

In paragraaf 1 heb je geleerd dat een eenparige beweging een beweging is waarbij de grootte en de richting van de snelheid constant zijn. Als je een helling affietst, blijft je snelheid niet constant. Je gaat steeds harder, je versnelt. Je spreekt van **versnelling** als de snelheid toeneemt. Als de snelheid elke seconde met dezelfde hoeveelheid toeneemt, dan heet de beweging **eenparig versneld**.

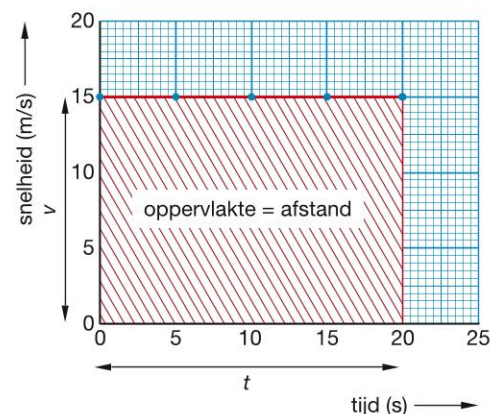
Je snelheid kan ook afnemen, bijvoorbeeld als je remt. Je gaat steeds langzamer, je vertraagt. Je spreekt van **vertraging** als de snelheid afneemt. Als de snelheid elke seconde met dezelfde hoeveelheid afneemt, dan heet de beweging **eenparig vertraagd**.

In het diagram van figuur 4.14 zie je dat de snelheid in het begin toeneemt, de grafiek is een stijgende lijn. Je versnelt dan. Hoe steiler de lijn loopt, hoe groter de versnelling is. Je kunt zien dat de versnelling direct na de start het grootst is, de lijn loopt daar het steilste. Als de grafiek horizontaal loopt, dan is de snelheid constant. Zodra de grafiek in figuur 4.14 gaat dalen (na 100 s), dan neemt de snelheid af. Je vertraagt dan. Hoe steiler de grafiek naar beneden loopt, hoe groter de vertraging is.

► Vaardigheid 4

Van snelheid naar afstand

Hoe kun je uit het (v,t) -diagram van de fietser (figuur 4.14) bepalen welke afstand hij heeft gefietst? De **oppervlakte** onder de grafiek geeft aan hoeveel afstand hij heeft afgelegd. Als je een constante snelheid hebt (zie figuur 4.16), dan kun je de afstand simpel bepalen: de afstand die is afgelegd, is gelijk aan $s = v \times t = 15 \times 20 = 300$ m. Dit is hetzelfde als de oppervlakte onder de grafiek: de basis (20) vermenigvuldigd je met de hoogte (15): $15 \times 20 = 300$.

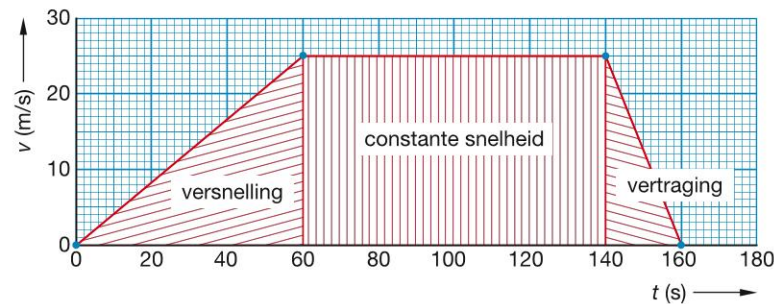


4.16 De oppervlakte onder de grafiek is gelijk aan de afstand.

Je vermenigvuldigt de waarde op de ene as dus met de waarde op de andere. Dit klopt ook met de eenheden: de snelheid in m/s vermenigvuldigt je met de tijd in s. De eenheid van de oppervlakte is dan de meter: $\frac{m}{s} \times s = m$.
Ook als de snelheid toeneemt of afneemt, kun je de afstand met de oppervlakte bepalen. Zie voorbeeld 7.

Voorbeeld 7: De afstand bepalen uit een (v,t)-diagram

Een auto versnelt eenparig vanuit stilstand. Daarna blijft de snelheid even constant. Hierna vertraagt de auto eenparig en komt hij tot stilstand. Zie figuur 4.17. Bepaal de afstand die de auto in totaal heeft afgelegd.



4.17 In het (v,t)-diagram van de auto zie je dat de auto eerst versnelt, dan een tijdje met een constante snelheid rijdt en dan vertraagt tot hij stilstaat.

Uitwerking:

De beweging bestaat uit drie delen: versnelling, constante snelheid en vertraging. Om de afstand te bepalen, moet je de oppervlakte van elk deel bepalen.

Versnelling: De oppervlakte van een driehoek is gelijk aan $\frac{1}{2} \times b \times h$. Hierbij is b de basis. In het diagram is dat de tijd, 60 s. De hoogte h is hier de snelheid. Dit is gelijk aan 25 m/s. De oppervlakte is dan: $\frac{1}{2} \times 60 \times 25 = 750$ m (de helft vanwege de driehoek).

Constante snelheid: De oppervlakte is hier gelijk aan de oppervlakte van de rechthoek. De rechthoek is 80 s breed en 25 m/s hoog.
De oppervlakte is: $80 \times 25 = 2000$ m.

Vertraging: De oppervlakte van deze driehoek is: $\frac{1}{2} \times 20 \times 25 = 250$ m.

De totale oppervlakte is gelijk aan $750 + 2000 + 250 = 3000$ m.

De auto heeft dus in totaal 3000 m afgelegd.

Samengevat

Een snelheid,tijd-diagram heet ook wel een (v,t)-diagram. Hierin staat de tijd op de horizontale as en de snelheid op de verticale as.

Een toename van de snelheid heet versnelling, een afname heet vertraging. Als de snelheid elke seconde met dezelfde waarde toeneemt, is er sprake van een eenparig versnelde beweging. Bij een eenparig vertraagde beweging neemt de snelheid elke seconde met dezelfde waarde af.

Als de grafiek in een (v,t)-diagram stijgt, dan neemt de snelheid toe. Als de grafiek daalt, dan neemt de snelheid af. Hoe steiler de grafiek, hoe groter de versnelling of vertraging. Een horizontale lijn betekent een constante snelheid.

De oppervlakte onder de grafiek in een (v,t)-diagram is gelijk aan de afstand.

4.4 Opdrachten

A 38 H

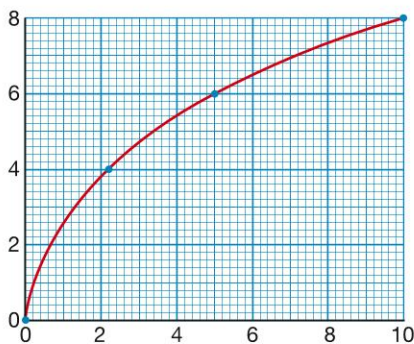
Bij een versnelde beweging is er sprake van een 'versnelling'.

- Geef aan wat wordt bedoeld met versnelling.
- Geef aan hoe je in een (v,t) -diagram kunt zien waar de versnelling het grootst of het kleinst is.

A 39

Een snelheid,tijd-diagram heet afgekort een (v,t) -diagram.

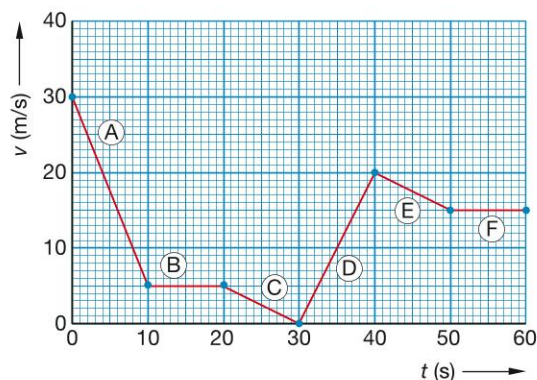
- Geef aan wat de letters v en t betekenen.
- Zet de volgende symbolen en afkortingen in het (v,t) -diagram hieronder op de juiste plaats: v , t , s , m/s , $\rightarrow$. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.
- Leg uit of je bij deze grafiek een versnelling, vertraging of eenparige beweging hebt.



A 40

Hieronder zie je het (v,t) -diagram van een auto. De beweging is verdeeld in zes even lange periodes A tot en met F. Geef aan of de volgende beweringen juist of onjuist zijn.

- De auto vertraagt bij A.
- De auto staat nooit stil.
- De auto versnelt alleen bij D.
- De vertraging bij C is net zo groot als bij E.
- De afstand die de auto aflegt is bij B groter dan bij F.

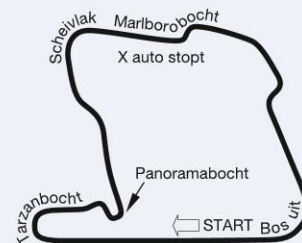


B 41

Lucas mag mee met formule 1-coureur Max Verstappen. Hij schrijft er een verslag over. Hieronder zie je zijn artikel voor de schoolkrant en het (v,t) -diagram van zijn rit.

- Leg uit hoe je aan de grafiek ziet dat Lucas de stopwatch indrukt op het moment dat de auto wegrijdt.
- Neem het diagram over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Schrijf bij de grafiek de letter S van 'sneller' bij de delen van de grafiek waar de auto versnelt.
- Schrijf op de juiste plekken de T van 'trager' als sprake is van vertragen.
- Zet de letter C van 'constante snelheid' op de juiste plekken in de grafiek.

Op het circuit van Zandvoort

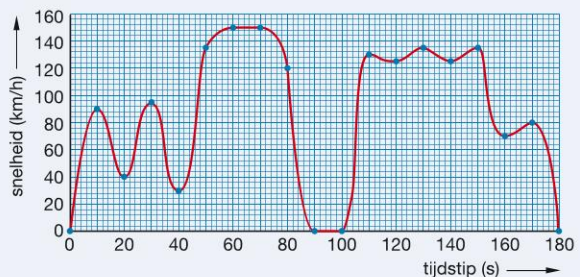


Om te kunnen bijhouden hoe snel we rijden, lees ik om de tien seconden de snelheid op de snelheidsmeter af. Op het moment dat we wegrijden, druk ik

de stopwatch in om de tijd bij te houden. De snelheid loopt hard op. Maar de Tarzanbocht nadert.

Max schakelt terug en met 40 km/h 'kruipen' we hier doorheen. Ook de volgende haarspeldbocht wordt vrij langzaam genomen. De flauwe bocht die volgt, zorgt ervoor dat de snelheid flink kan oplopen. Die is al gauw bijna 150 km/h. Bij het 'scheivlak' remmen we weer af. Dan lijkt het of de auto begint te haperen.

Max stopt even, maar besluit dan toch weer door te gaan. Een paar minder scherpe bochten verder (met een snelheid van 80 km/h genomen) komen we het bos uit. Even later zijn we weer terug bij de start. Over de hele ronde van 4,2 km hebben we precies drie minuten gedaan!

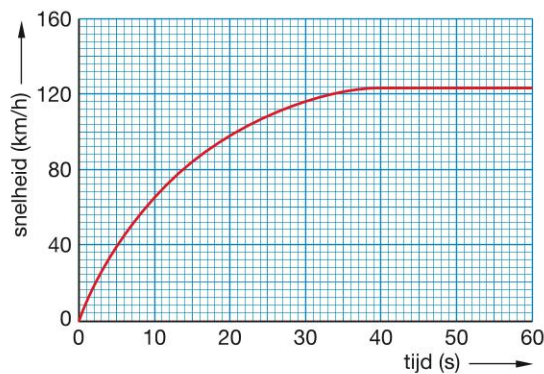


- e Geef aan op welk tijdstip de auto stilstaat en hoelang die stop duurt.
 f Geef met een letter P het punt aan waar de auto door de Panoramabocht gaat.
 g Geef aan hoe groot de snelheid in de laatste bocht is.
 h Leg uit waarom de 19 meetpunten in het diagram door een vloeiende lijn zijn verbonden.
 i Tel hoe vaak de auto versnelt en hoe vaak hij vertraagt.
 j Leg uit op welke plaats in het circuit de auto de hoogste snelheid heeft.

B 42 H

Brechtje doet aan motorcross. Hieronder zie je de grafiek van haar motor die optrekt.

- a Leg uit hoe je kunt zien dat dit een (v,t) -diagram is.
 b Beschrijf de beweging. Gebruik de woorden 'versnellen' en 'eenparige beweging'.
 c Lees af vanaf welk tijdstip de snelheid constant is.
 d Bepaal de grootte van die constante snelheid.

**B 43**

Een wielrenner rijdt met een constante snelheid van 40 km/h. Na 3,5 s remt hij eenparig af tot hij 2,0 s later stilstaat.

- a Bereken de beginsnelheid van de wielrenner in m/s.
 b Teken het (v,t) -diagram van deze beweging. Neem een ruitjesblaadje of gebruik een leeg diagram uit het hulpboek.
 c Bepaal de afstand die de wielrenner in totaal aflegt.

C 44

Angélica is wedstrijdloopster en start vanuit stilstand. Na 2,0 s bereikt ze haar topsnelheid van 8,7 m/s. Die topsnelheid kan ze niet vasthouden. Ze vertraagt eenparig tot ze uiteindelijk op $t = 5,0$ s een snelheid van 7,9 m/s heeft.

- a Schets in een (v,t) -diagram hoe de beweging van deze hardloper eruitziet. Gebruik een leeg diagram uit het hulpboek.
 b Schets met een andere kleur hoe de beweging eruitziet van Bert, een hardloper met een grotere versnelling aan het begin en een kleinere vertraging aan het einde. Gebruik dezelfde topsnelheid.
 c Leg uit wie van deze twee hardlopers als eerste over de finish gaat.

+ 45 V

Mireille traint voor het Nederlands kampioenschap veldrijden. Ze traint op een lastig fietsparcours. Haar fiets heeft een snelheidsmeter die de gegevens draadloos naar de trainer stuurt. Later maken ze samen de tabel hieronder van een geslaagde trainingsronde.

- a Teken een (v,t) -diagram van de trainingsronde van Mireille. Gebruik het tekenblad in het hulpboek.
 b Leg uit of Mireille vanuit stilstand vertrekt.
 c Leg uit waarom de grafiek op het einde niet uitkomt op de horizontale as.
 d Bereken de hoogste snelheid in m/s.

tijd (min)	snelheid (km/h)	bijzonderheden
0,0	0	start
0,5	23,2	steile klim
1,0	25,2	
2,0	20,1	
3,0	19,4	
4,0	18,5	
5,0	17,2	
6,0	13,1	rul zand, lopen
7,0	23,6	
8,0	26,2	
9,0	38,4	
10,0	47,2	
11,0	5,2	
12,0	18,4	
13,0	20,8	finish
14,0	17,5	
15,0	22,4	
16,0	36,2	
17,0	34,7	

Je kunt nu

- een snelheid,tijd-diagram maken van een beweging;
- met een snelheid,tijd-diagram bepalen of een voorwerp stilstaat of begint te bewegen;
- met een snelheid,tijd-diagram bepalen of je hebt te maken met een versnelde of vertraagde beweging of een beweging met een constante snelheid;
- met de oppervlakte onder de grafiek in een snelheid,tijd-diagram de afstand bepalen.

**Discussievraag**

Twee seconden afstand houden.
Waarom wordt deze afstand niet in het aantal meters gegeven?

2 sec. afstand.

Daar kun je mee **THUIS** komen

www.daarkunjemeethuiskomen.nl

Je leert • wat een rol speelt bij het op tijd tot stilstand komen.

4.5 Remmen

- Practicum 5
- Vaardigheid 4
- Vaardigheid 7

Reactietijd en reactieafstand

Je rijdt in een auto op de snelweg. Plotse-ling remt de auto voor je. Het duurt dan altijd nog even voordat je beseft wat er gebeurt en vooral wat je nu moet doen. De tijd tussen zien dat de auto voor je remt en zelf remmen heet de **reactietijd**. De reactietijd is ongeveer een seconde. Als je moe bent, of onder invloed van alcohol, medicijnen of drugs, dan is de reactietijd langer. Ook de afstand tussen de auto voor je en jouw auto is belangrijk. De afstand die je aflegt tussen het beseft dat de auto voor je remt en het moment dat je zelf op de rem trapt, heet de **reactieafstand**. Je moet altijd voldoende afstand houden. Houd je te weinig afstand, dan heb je een grotere kans om tegen je voorganger aan te botsen. Je berekent de reactieafstand met de reactietijd en de beginsnelheid.

$$s_{\text{reactie}} = v_{\text{begin}} \times t_{\text{reactie}}$$

met s_{reactie} de reactieafstand in meter (m)
 v_{begin} de snelheid vóór het remmen in meter per seconde (m/s)
 t_{reactie} de reactietijd in seconden (s)



4.18 Geneesmiddelen kunnen de reactietijd vergroten.

Remweg

Als je op de rem trapt, sta je niet direct stil. Je rijdt nog een stukje door. De afstand die je aflegt tijdens het remmen is de **remweg**. De remweg wordt bepaald door de snelheid die je hebt (de beginsnelheid) en de vertraging. De vertraging hangt af van:

- de massa van de auto. Een zwaar beladen auto heeft een kleinere vertraging dan een lege auto.
- de remkracht. Hoe harder je op de rem trapt, hoe groter de vertraging.
- de grip van de banden op het wegdek. Als een auto meer grip heeft op het wegdek, dan is de vertraging groter.

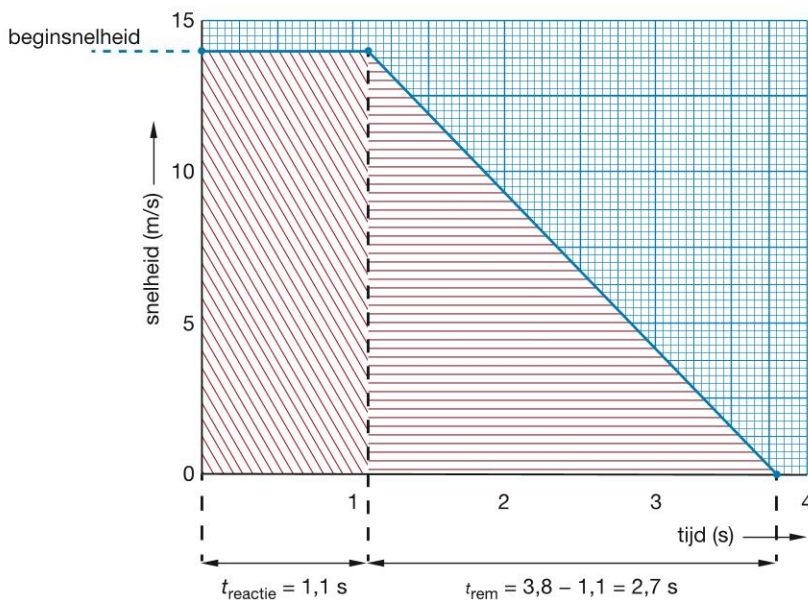


4.19 Een nieuw wegdek is in het begin nog wat gladder. De remweg is daardoor langer.

De remweg kun je bepalen met de oppervlakte onder de grafiek in een (v,t) -diagram. Zie voorbeeld 8.

Voorbeeld 8: De remweg bepalen

In figuur 4.20 zie je het (v,t) -diagram van een remmende auto. Na een reactietijd van 1,1 s begint de auto met remmen. Bepaal de remweg van deze auto.



4.20 De remweg kun je onder andere met de oppervlakte onder de grafiek in het (v,t) -diagram bepalen.

Uitwerking:

Je moet de oppervlakte onder het schuine gedeelte van de grafiek bepalen. Dit is het gedeelte waarbij de auto remt.

De oppervlakte van dit schuine gedeelte is : $\frac{1}{2} \times b \times h = \frac{1}{2} \times 2,7 \times 14 = 18,9$ m.
De remweg is dus 18,9 m.

De remweg kun je ook berekenen met een formule:

$$s_{\text{rem}} = \frac{1}{2} \times v_{\text{begin}} \times t_{\text{rem}}$$

met

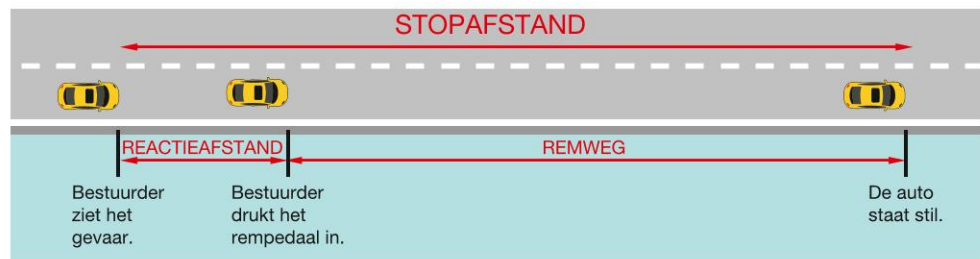
s_{rem}
 v_{begin}
 t_{rem}

de remweg in meter (m)
de beginsnelheid in meter per seconde (m/s)
de remtijd in seconden (s)

Stopafstand

De totale afstand die je aflegt tussen zien dat er wordt geremd en zelf tot stilstand komen heet de **stopafstand**. De stopafstand kun je berekenen door de reactieafstand en de remweg bij elkaar op te tellen: stopafstand = reactieafstand + remweg. In formule is dit:

$$s_{\text{stop}} = s_{\text{reactie}} + s_{\text{rem}}$$



4.21 De stopafstand is gelijk aan de reactieafstand plus de remweg.

Voorbeeld 9: De stopafstand van een auto

Bepaal de stopafstand van de auto uit voorbeeld 8.

Uitwerking:

Gegeven: snelheid voor remmen $v = 14 \text{ m/s}$

reactietijd $t_{\text{reactie}} = 1,1 \text{ s}$

remweg $s_{\text{rem}} = 18,9 \text{ m}$

Gevraagd: stopafstand $s_{\text{stop}} = ?$

Formule: $s_{\text{stop}} = s_{\text{reactie}} + s_{\text{rem}}$

$s_{\text{reactie}} = v_{\text{begin}} \times t_{\text{reactie}}$

Berekenen: $s_{\text{reactie}} = v_{\text{begin}} \times t_{\text{reactie}} = 14 \times 1,1 = 15,4 \text{ m}$

$s_{\text{stop}} = s_{\text{reactie}} + s_{\text{rem}} = 15,4 + 18,9 = 34,3 \text{ m}$

Antwoord: De stopafstand is 34,3 m.

Samengevat

De reactietijd is de tijd tussen gevaar zien en zelf remmen.

De reactieafstand is de afstand die je aflegt tussen zien en remmen: $s_{\text{reactie}} = v_{\text{begin}} \times t_{\text{reactie}}$.

De remweg is de afstand die je tijdens het remmen aflegt. Deze kun je bepalen met de oppervlakte onder de grafiek in een (v, t) -diagram of met de formule $s_{\text{rem}} = \frac{1}{2} \times v_{\text{begin}} \times t_{\text{rem}}$.

De remtijd hangt af van de beginsnelheid en de vertraging. De vertraging hangt af van de massa van de auto, de remkracht en de grip van de banden.

De stopafstand is de totale afstand die je aflegt tussen zien dat wordt geremd en zelf tot stilstand komen. De stopafstand is de reactieafstand plus de remweg: $s_{\text{stop}} = s_{\text{reactie}} + s_{\text{rem}}$.

4.5 Opdrachten

A 46 H

Juist of onjuist?

- a De reactietijd wordt korter als je alcohol hebt gedronken.
- b De reactieafstand wordt groter als je een hogere snelheid hebt.
- c De reactieafstand wordt groter als het wegdek glad is.
- d Hoe meer afstand je houdt tot je voorganger, hoe groter de reactieafstand wordt.

A 47 H

- a De vertraging bij het remmen wordt onder andere beïnvloed door de gladheid van de weg. Noem nog drie dingen die de vertraging beïnvloeden.
- b Leg uit wat het verschil is tussen de stopafstand en de remweg.

A 48

Kruis in de tabel aan of de remweg van de auto in de volgende situaties langer of korter wordt of dat er geen verschil is.

- a Een passagier is uitgestapt.
- b Het begint te sneeuwen.
- c Je gaat met een grotere snelheid rijden.
- d Je komt op een weg met een nieuw wegdek.
- e De auto heeft nieuwe remmen.
- f De bestuurder wordt moe.

situatie	langer	korter	geen verschil
a			
b			
c			
d			
e			
f			

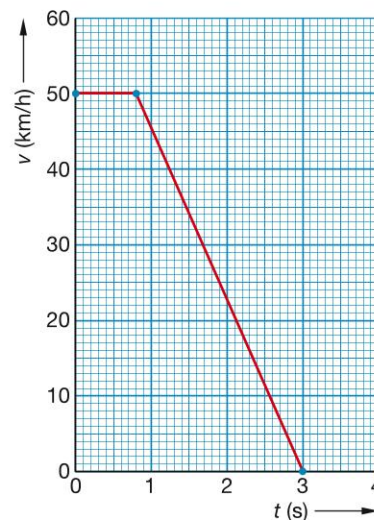
B 49

Een Opel Astra rijdt met een constante snelheid van 40 km/h. Na 2 s remt de bestuurder plotseling gelijkmatig en hij komt vervolgens 2 s later tot stilstand.

- a Teken het (v,t) -diagram van deze beweging van 0 tot 6 s.
- b Bepaal met het diagram de afstand die de auto in deze 6 s heeft afgelegd.

B 50 H

Je ziet het (v,t) -diagram van een auto die plotseling moet remmen.



- a Bepaal de reactietijd van de chauffeur.
- b Bepaal de reactieafstand. Let goed op de eenheden.
- c Bepaal de stopafstand van de auto.

C 51 V

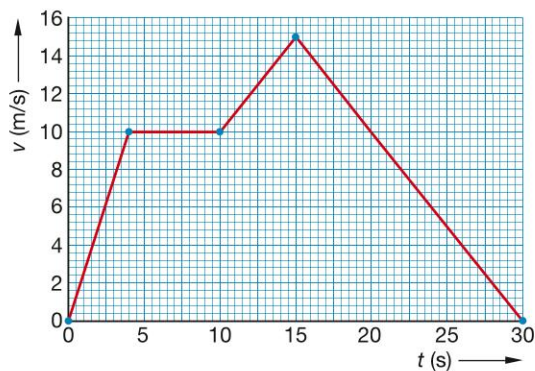
Een voetbal kan bij een hard genomen penalty naar één van de hoeken van het doel wel een snelheid van 90 km/h halen. De afstand van de penaltystip tot de middenlijn van het doel is 11 m, de breedte van het doel is 7,32 m.

- a Bereken de afstand van de penaltystip tot een hoek van het doel (tip: gebruik de stelling van Pythagoras).
- b Bereken hoelang de bal erover doet om in de hoek van het doel te komen.
- c De keeper heeft een reactietijd van 0,20 s. Ga na of hij deze bal zou kunnen tegenhouden.

C 52

Een auto vertrekt vanuit stilstand. Op de volgende pagina is het (v,t) -diagram getekend.

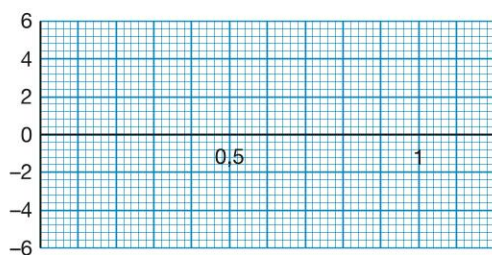
- a Beschrijf deze beweging. Geef aan waar de auto versnelt, waar de auto vertraagt en waar de auto eenparig beweegt.
- b Bepaal wat de maximale snelheid van de auto is. Geef je antwoord in km/h.
- c Bepaal de remweg van de auto.
- d Bereken de totale afstand die de auto heeft afgelegd in deze 30 s.



C 53 V

Een tennisbal wordt met een snelheid van 5 m/s omhooggegooid. De bal vertraagt eenparig, 'hangt' na 0,5 s even stil en valt dan weer terug naar de grond. De bal raakt de grond na 1,0 s met 5 m/s.

- Voor een snelheid van 5 m/s omhoog geldt: $v = 5$ m/s. Bereken hoe je een snelheid van 5 m/s omhoog kunt onderscheiden van een snelheid van 5 m/s omlaag.
- Neem de figuur hieronder over en teken het (v,t) -diagram van het eerste deel van de beweging: het omhooggaan.
- Teken in hetzelfde diagram het tweede deel van de beweging: het vallen.
- Bereken aan de hand van dit diagram de hoogte die de bal bereikt.



Je kunt ook een diagram tekenen van de hoogte van de bal in de loop van de tijd. Dat noem je een hoogte,tijd-diagram.

- Schets voor de beweging omhoog het hoogte,tijd-diagram.

+ 54 V

Als je op de snelweg rijdt, dan duurt het vaak langer dan twee seconden voor je stilstaat. Leg uit waarom de regel '2 seconden afstand houden' toch een veilige afstand geeft.

+ 55 V

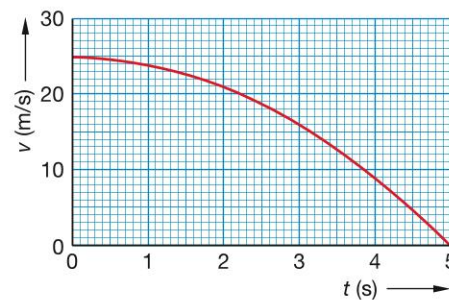
In deze paragraaf heb je twee manieren geleerd om de remweg te bepalen.

- Noem de twee manieren.
- Leg uit welke manier jouw voorkeur heeft.
- Leg uit waarom de twee verschillende manieren bij eenparig remmen altijd hetzelfde antwoord geven.

+ 56 V

Als de remkracht tijdens het remmen verandert, dan remt een auto niet eenparig vertraagd. Dit is te zien in de figuur hieronder.

- Leg uit of de remkracht tijdens het remmen groter of kleiner werd.



Om de remweg te bepalen kun je onder andere gebruikmaken van de formule $s_{\text{rem}} = \frac{1}{2} \times v_{\text{begin}} \times t_{\text{rem}}$.

- Leg uit waarom je deze formule in deze situatie niet mag gebruiken.
- Leg uit of de formule een te grote of een te kleine waarde voor de remweg geeft.

Een methode om toch de remweg te bepalen is door het aantal hokjes onder de grafiek te tellen. Om de totale oppervlakte te krijgen moet je het aantal hokjes vermenigvuldigen met de oppervlakte van één hokje.

- Bepaal het aantal hokjes onder de grafiek zo nauwkeurig mogelijk.
- Bepaal de oppervlakte van één hokje.
- Bepaal de remweg met de oppervlakte.
- Controleer je antwoord op c. Geef aan of je antwoord klopte.

Je kunt nu

- het verband aangeven tussen de reactietijd, de beginsnelheid, de reactieafstand, de remweg en de stopafstand;
- met de oppervlakte onder het (v,t) -diagram de remweg bepalen;
- drie factoren noemen waar de remweg van afhangt;
- met een formule de reactieafstand, remweg en stopafstand berekenen.



Discussievraag

Vrachtwagens mogen elkaar tijdens spitsuren op sommige wegen niet inhalen.

Waarom eigenlijk niet?

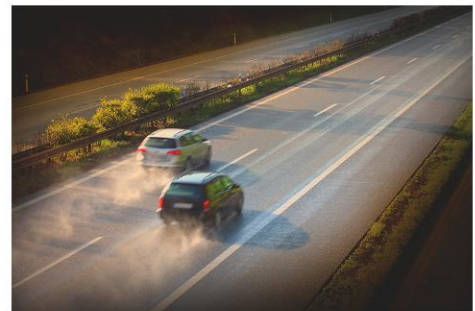
Je leert • hoe je je snelheid ten opzichte van iemand anders berekent.

+ 4.6 Relatieve snelheid

Inhalen

Je gaat iemand inhalen. Hoelang duurt het voordat je die persoon hebt ingehaald? Om dit te berekenen moet je de **relatieve snelheid** weten. Dit is het verschil in snelheid tussen twee bewegende voorwerpen.

De relatieve snelheid geeft aan hoeveel harder of langzamer je gaat dan iemand anders. Stel dat je achter een vriend aan fietst. Je vriend fietst met $8,2 \text{ m/s}$ en jij met $8,7 \text{ m/s}$. Je relatieve snelheid is dan $8,7 - 8,2 = 0,5 \text{ m/s}$. Dit betekent dat je elke seconde $0,5 \text{ m}$ dichterbij je vriend komt.



4.22 Als de relatieve snelheid groot is, duurt inhalen niet lang.

Tegemoetkomen

Een vriend loopt jouw richting op. Hoe bereken je jouw relatieve snelheid ten opzichte van je vriend? Omdat je vriend in een andere richting dan jij loopt, heeft hij een **negatieve snelheid**. Een negatieve snelheid is een snelheid in de andere richting. Als je vriend met $4,9 \text{ km/h}$ in jouw richting loopt, dan is zijn snelheid $-4,9 \text{ km/h}$. Als jij met $4,1 \text{ km/h}$ op hem afloopt, dan is jouw relatieve snelheid: $4,1 - (-4,9) = 9,0 \text{ km/h}$.

Voorbeeld 10: Relatieve snelheid

Nanda en Ellen nemen deel aan een hardloepwedstrijd. Ellen rent met een constante snelheid van 12 km/h. Nanda loopt het eerste deel van de race langzamer dan Ellen. Op 2,5 km voor de finish loopt ze 250 m achter op Ellen. Vanaf dat moment loopt Nanda met een snelheid van 13 km/h.

- a** Bereken de relatieve snelheid van Nanda over de laatste 2,5 km ten opzichte van Ellen in m/s.
b Ga na wie de wedstrijd wint. Bereken daarvoor:
- hoelang Nanda erover zou doen om Ellen in te halen;
 - hoeveel tijd Nanda nog daadwerkelijk heeft vóór ze de finish bereikt.

Uitwerking:

a De relatieve snelheid is $13 - 12 = 1$ km/h. Dit is gelijk aan $1 / 3,6 = 0,278$ m/s.

b De onderlinge afstand is 250 m. Nanda komt elke seconde 0,278 m dichterbij.

- Na $250 / 0,278 = 899$ s heeft Nanda Ellen ingehaald.
- Gegeven: afstand $s = 2,5$ km = 2500 m
snelheid $v = 13$ km/h. Dit is gelijk aan $13 / 3,6 = 3,61$ m/s.

Gevraagd: tijd $t = ?$

Formule: $s = v \times t$

Berekenen: $2500 = 3,61 \times t$

$$t = 2500 / 3,61 = 693 \text{ s}$$

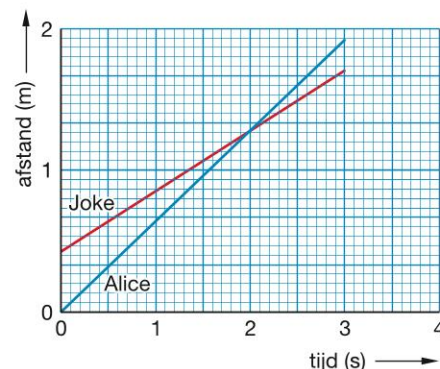
Antwoord: Nanda zou 899 s nodig hebben om Ellen in te halen, maar ze heeft vóór de finish nog maar 693 s.
Ellen wint dus de wedstrijd.

► **Vaardigheid 4**

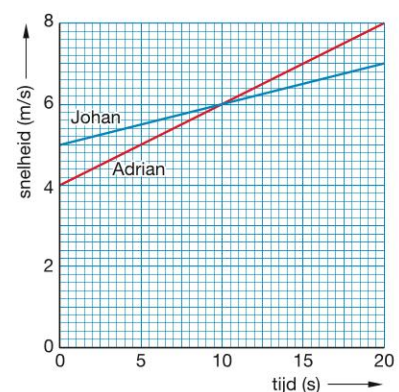
Inhalen in een diagram

Op welk tijdstip je iemand inhaalt, kun je zien in een (s,t)-diagram. Op het moment dat je iemand inhaalt, zijn de afstand en de tijd voor jullie beiden hetzelfde. In een (s,t)-diagram is dit het punt waar de twee grafieken elkaar snijden.

Het snijpunt in een (v,t)-diagram betekent iets heel anders. De snelheid is daar voor beide bewegingen gelijk. Dit betekent niet automatisch dat de plaats hetzelfde is.



4.23a Het snijpunt van de grafieken betekent dat Alice en Joke op 2 s op dezelfde positie zijn.



4.23b Het snijpunt van de grafieken betekent dat Adrian op 10 s dezelfde snelheid heeft als Johan.

Samengevat

De relatieve snelheid is het verschil tussen twee snelheden. Als het ene voorwerp een negatieve snelheid heeft en het andere een positieve, dan zijn hun snelheden tegengesteld gericht. Als twee grafieken in een (s,t)-diagram elkaar snijden, dan zijn twee voorwerpen op dat tijdstip op dezelfde positie. Als twee grafieken in een (v,t)-diagram elkaar snijden, dan zijn de snelheden op dat tijdstip gelijk.

4.6 Opdrachten

A 57

- Leg uit wat relatieve snelheid betekent.
- Geef een voorbeeld van een sportsituatie waarbij de relatieve snelheid 0 is.

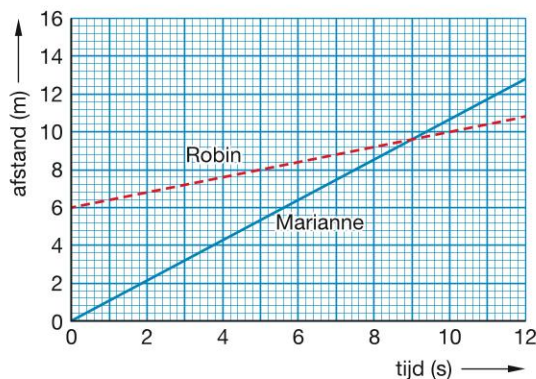
Je zit in een hogesnelheidstrein die 280 km/h rijdt. Parallel aan de spoorlijn loopt een snelweg. Een sportwagen rijdt daar 190 km/h.

- Bepaal hoe groot je relatieve snelheid is ten opzichte van de sportwagen.

B 58

Marianne loopt achter Robin aan, zie de grafiek.

- Geef aan op welk tijdstip Marianne Robin inhaalt.
- Bepaal de relatieve snelheid van Marianne ten opzichte van Robin.



C 59

Zoë gaat naar school op haar skates. De weg naar school is 8 km lang. Zoë vertrekt op het tijdstip $t = 0$ h. Haar snelheid over de hele rit is 15 km/h.

Haar zus Chantal gaat 15 minuten later van huis weg, op haar scooter. Haar snelheid is 30 km/h.

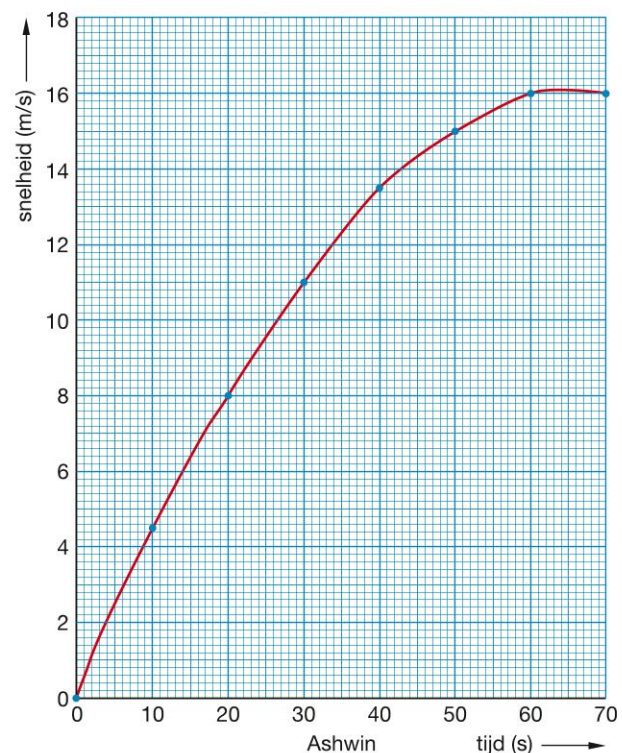
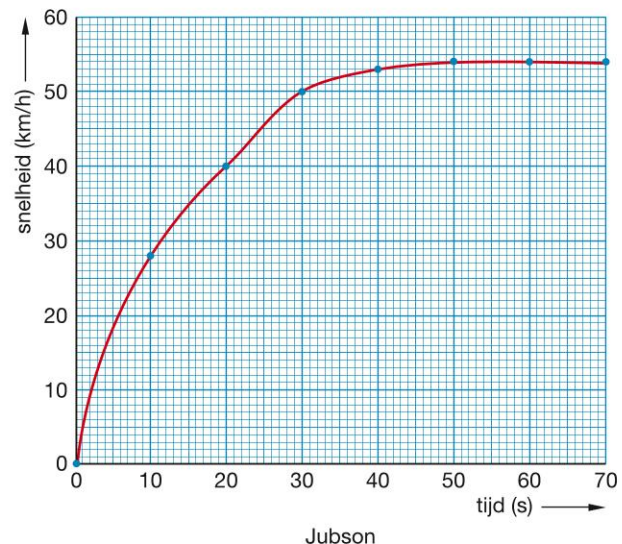
- Teken een (s,t) -diagram van beide meisjes. Laat zien dat Chantal Zoë inhaalt.
- Lees af op welk tijdstip Zoë wordt ingehaald door Chantal.

C 60

Hiernaast zie je twee (v,t) -diagrammen van de start van de 1500 m door de schaatsers Jubson en Ashwin.

- Leg uit waarom je zo niet meteen kunt zeggen welke schaatser de grootste versnelling heeft.
- Teken beide grafieken in één nieuw diagram. Gebruik het tekenblad in het hulpboek. Zet de snelheid in km/h op de verticale as.

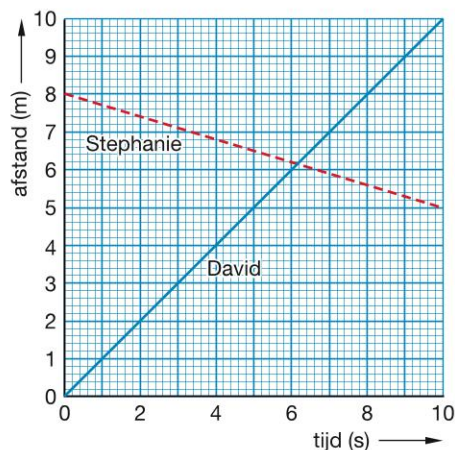
- Bepaal welke schaatser de grootste versnelling heeft.
- Geef aan welke twee andere belangrijke factoren, behalve de versnelling, bepalen wie zal winnen.



C 61

Hieronder zie je het (s,t)-diagram van David en Stephanie. Ze lopen elkaar tegemoet.

- a** Leg uit wat het snijpunt van de grafieken betekent.
b Leg zonder berekening uit wie de grootste snelheid heeft.



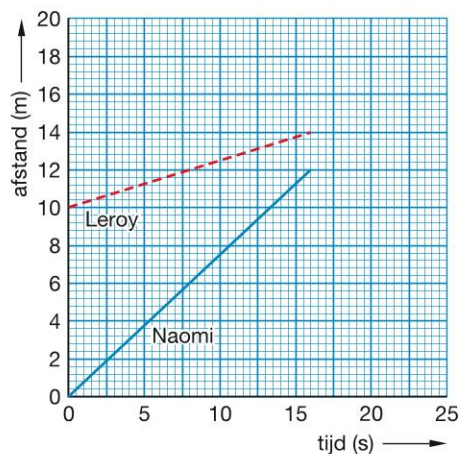
- c** Bepaal de snelheid van David en van Stephanie.
d Bereken de relatieve snelheid van David ten opzichte van Stephanie.

C 62

Figuur 4.23b laat het (v,t)-diagram zien van Johan en Adrian. Uit dit (v,t)-diagram kun je niet bepalen wanneer Johan Adrian inhaalt, of andersom. Geef aan welke informatie je nodig hebt om dit wel te kunnen bepalen.

C 63

Naomi loopt achter Leroy aan. Hieronder zie je het (s,t)-diagram van de eerste 16 s. Leroy loopt met een snelheid van 0,25 m/s en Naomi met een snelheid van 0,75 m/s.



- a** Controleer deze snelheden met het diagram.
b Bereken de relatieve snelheid van Naomi ten opzichte van Leroy.
c Bepaal na hoeveel seconden Naomi Leroy inhaalt.
d Gebruik het tekenblad in het hulpboek om je antwoord bij c te controleren.

+ 64

Tamara en Jip doen een duurtraining van 10 km. Ze starten tegelijk, maar Jips veter zit los. Tamara maakt daar gebruik van en is al 70 m onderweg als Jip begint te lopen. Tamara heeft een snelheid van 4,65 m/s en Jip een snelheid van 5,00 m/s.

- a** Bereken de relatieve snelheid van Jip ten opzichte van Tamara.
b Bereken hoelang Jip erover doet om Tamara in te halen.

Jip is boos omdat Tamara niet even heeft gewacht en loopt hard door. Pas als Jip 400 m voor ligt, gaat hij rustiger lopen met een snelheid van 2,65 m/s.

- c** Bereken hoe groot de relatieve snelheid van Tamara ten opzichte van Jip dan is.
d Bereken hoelang Tamara erover doet om Jip in te halen.

+ 65

Dit is een vervolg op opdracht B8 waarin Jens op een loopband staat. De loopband heeft een snelheid van 1,5 m/s. Asli loopt naast de loopband. Ze rent met een snelheid van 2,8 m/s en haalt Jens in. Omdat Jens niet als laatste wil aankomen, gaat hij op de loopband lopen.

- a** Reken uit hoe snel Jens op de loopband moet lopen om net zo snel als Asli te gaan.
b Leg uit hoe groot de relatieve snelheid van Jens ten opzichte van Asli is voordat hij gaat lopen.

Jens komt er achter dat hij iets in de vertrekhal heeft laten staan en wil teruglopen.

- c** Leg uit met welke snelheid Jens minimaal op de loopband moet lopen om terug te kunnen lopen.
d Leg uit hoe groot de relatieve snelheid van Jens ten opzichte van de loopband is als hij terugloopt.
e Leg uit hoe groot de relatieve snelheid dan ten opzichte van de grond is.

Je kunt nu

- de relatieve snelheid berekenen;
- uitrekenen op welk tijdstip iemand ingehaald wordt.

Practica

1 Ontwerp je eigen waterklok

- 45 minuten
ontwerpopdracht
- Vaardigheid 8

Je hebt nodig:

- water
- lege verpakkingen
- watervaste stift
- speld of punaise
- stopwatch

Inleiding

Voor het meten van de snelheid moet je ook de tijd meten. In de tijd van de Romeinen bestond er nog geen stopwatch. Zij gebruikten zonnewijzers om de tijd te meten. Maar als de zon niet schijnt, heb je daar niets aan. Daarom gebruikten ze ook waterklokken. Zo'n waterklok lijkt op een zandloper. Met verschillende waterklokken kon je verschillende tijdsduren meten. In deze opdracht maak je zelf een waterklok.

Opdracht

Ontwerp een waterklok waarmee je met behulp van een schaalverdeling de tijd kunt meten die nodig is om een zachtgekookt eitje te koken (ongeveer drie minuten). Maak de waterklok van recycle materiaal.

- 1 Stel het programma van eisen (PvE) op.
- 2 Maak een ontwerp en laat het controleren door je docent.
- 3 Bouw een prototype.
- 4 Test je prototype en evalueer of je waterklok aan het PvE voldoet.
- 5 Stel zo nodig het ontwerp bij.

Vraag

Leg uit hoe je aan de schaalverdeling kunt zien of het water van je waterklok een constante snelheid heeft.



2 Snelheid meten

- 45 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 4

Inleiding

In formule 1-races meet je de tijd elektronisch. Naast rondetijden meet je op deze manier ook de snelheid. Dat kan met behulp van een lampje en een lichtsensor. Als er licht op de sensor valt, geeft de sensor een spanning door aan de computer. Als de formule 1-bolide langsraast, wordt de lichtstraal onderbroken en is de spanning 0 V. In dit practicum meet je met de computer elektronisch de snelheid van een karretje dat een helling afrijdt.

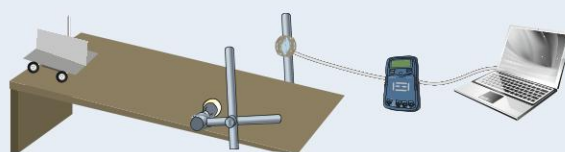
Onderzoeksvraag

Hoe groot is de snelheid van een karretje onder aan drie verschillende hellingen?

Voorspelling

Bouw de opstelling en laat het karretje de helling afrijden zonder te meten. Noteer hoe groot je denkt dat de snelheid van het karretje onder aan de helling is.

Opstelling en werkwijze



Je hebt nodig:

- lichtbron
- lichtsensor
- karretje
- stuk karton
- helling
- computer
- meetsoftware (bijvoorbeeld Coach)
- interface (bijvoorbeeld CoachLab)

- 1 Maak de opstelling. Begin met de minst steile helling.
- 2 Sluit de lichtsensor aan op de interface en sluit de interface aan op de computer.
- 3 Start de computer en meetsoftware op.
- 4 Stel op de computer het diagram in. Zet het signaal van de lichtsensor op de y-as en de tijd op de x-as.
- 5 Start de meting en test de opstelling door een paar keer met je hand tussen lamp en lichtsensor te bewegen. Controleer stap 1 t/m 5 als de opstelling niet goed werkt.
- 6 Start de meting op het moment dat je het karretje boven aan de helling loslaat. Bij een goed meetresultaat sla je de grafiek op als 'meting 1'.
- 7 Herhaal stap 6 met twee andere hellingshoeken. Sla de grafieken van deze metingen op als 'meting 2' en 'meting 3'.
- 8 Meet de lengte van het karton. Lengte = ... cm = ... m.

Vragen

- a Bekijk je grafieken en vul de onderstaande tabel in. Geef bij de snelheid v de berekening.
 l_k = lengte karton; t_1 = verduistertijd begin; t_2 = verduistertijd einde; t = tijdsduur;
 v = snelheid

meting	l_k (m)	t_1 (ms)	t_2 (ms)	t (ms)	v (m/s)	v (km/h)
1						
2						
3						

- b Geef voor alle drie de metingen de conclusie, zowel in m/s als km/h.

3 Jouw snelheid

- 45 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 4

Inleiding

Beweeg je met een constante snelheid als je wandelt, rent, zakloopt, hinkelt of skateboardt? Je maakt op het schoolplein een parcours van vijftig meter lang. Eén leerling legt het parcours af. Iedere tien meter staat er een waarnemer die de tijd meet.

Onderzoeksvraag

Bij welke bewegingen is de snelheid constant?

Voorspelling

Noteer voor iedere beweging (bijvoorbeeld wandelen, rennen, skateboarden) of je verwacht dat de snelheid constant is.

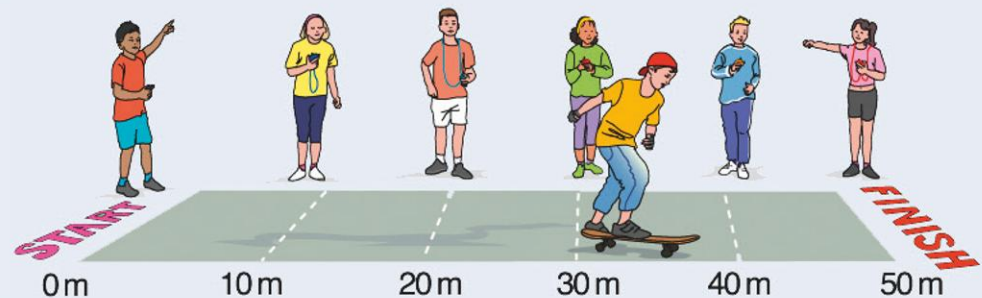
Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- meetlint
- stoepkrijt
- stopwatches

Taken

- één starter
- vijf waarnemers
- één tijdschrijver
- één tot vijf leerlingen die het parcours afleggen



- 1 Maak op het schoolplein een parcours in een rechte lijn van vijftig meter. Zet om de tien meter een markering.
- 2 Bij de start staan de starter en één leerling die het parcours gaat afleggen. Bij de andere strepen staat een tijdwaarnemer met een stopwatch.
- 3 De starter geeft een afgesproken startsignaal. Op dat moment starten alle tijdwaarnemers hun stopwatch en begint de leerling met het afleggen van het parcours.
- 4 Als de leerling een tijdwaarnemer passeert, stopt deze zijn stopwatch en schrijft de tijd op.
- 5 Herhaal stap 2 t/m 4 voor zoveel mogelijk andere soorten beweging, bijvoorbeeld rennend, hinkelend of op een skateboard.
- 6 De tijdschrijver noteert alle tijden in een tabel zoals hieronder.
- 7 Neem de tabel van de tijdschrijver over in je eigen schrift.

afstand (m)	tijd wandelend (s)	tijd rennend (s)	...
0			
10			
...			

Vragen

- a Maak voor iedere beweging een (s, t) -diagram.
- b Leg uit hoe je in een (s, t) -diagram kunt zien of een snelheid constant is.
- c Geef de conclusie.
- d Kies een beweging. Leg aan de hand van de grafiek uit of de snelheid aan het begin groter is dan, gelijk is aan of kleiner is dan de snelheid aan het eind.
- e Bereken voor elke beweging de gemiddelde snelheid.

4 Bel in de buis

- 45 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 4

Inleiding

Als je onder water uitademt, ontstaan er luchtbelletjes. Die luchtbelletjes stijgen op in het water. In dit practicum onderzoek je de snelheid van een luchtbel die opstijgt in een buis.

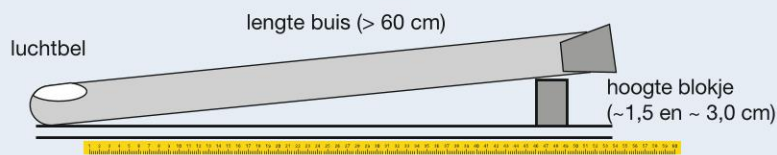
Onderzoeksvraag

Wat voor soort beweging heeft een luchtbel die opstijgt in een buis: een eenparige beweging, een eenparig versnelde beweging of een versnelde beweging?

Voorspelling

Noteer wat voor soort beweging je denkt dat een opstijgende luchtbel heeft.

Opstelling en werkwijze



Je hebt nodig:

- lange glazen buis (vanaf 60 cm)
- water
- kurk of stop
- twee kleine blokjes (ongeveer 1,5 cm hoog)
- lange liniaal
- stopwatch

- 1 Neem de onderstaande tabel over.
- 2 Vul de buis met water. Laat bovenin een klein beetje lucht zitten. Sluit de buis af met een kurk of stop.
- 3 Leg op het uiteinde van de tafel een klein blokje. Houd de buis op zijn kop zodat de luchtbel bovenin zit. Leg de buis dan bijna vlak op de tafel. Zorg ervoor dat de luchtbel op dezelfde plaats blijft.
- 4 Leg de liniaal langs de buis en zet de stopwatch klaar om te meten.
- 5 Leg de buis met de kurk of stop op het blokje en start tegelijkertijd de stopwatch. De luchtbel gaat omhoog. Lees na elke 10 cm de stopwatch af en noteer je metingen in de tabel.
- 6 Bereken voor elk stukje van 10 cm dat de bel heeft afgelegd de gemiddelde snelheid v_{gem} en zet deze waarden in de tabel.
- 7 Maak het blokje op het uiteinde van de tafel twee keer zo hoog en herhaal stap 3 t/m 5.

afstand (cm)	tijd meting 1 (s)	tijd meting 2 (s)	v_{gem} per 10 cm hoogte 1 (m/s)
0			niet van toepassing
10			
...			

Vragen

- a Maak een (s,t)-diagram waarin je afstand tegen de tijd van zowel meting 1 als meting 2 uitzet.
- b Maak een (v,t)-diagram voor meting 1. De snelheid staat op de y-as, de tijd op de x-as.
- c Geef de conclusie voor de beweging bij meting 1 en voor die bij meting 2. Hoe zie je dit aan het (s,t)-diagram en hoe zie je dit aan het (v,t)-diagram?
- d Hoe kun je aan je (s,t)-diagrammen zien bij welke meting de luchtbel sneller stijgt?
- e Hoe verwacht je dat het (v,t)-diagram van meting 2 eruitziet?

5 Reactietijd

- 45 minuten
- leerlingpracticum
- Vaardigheid 4

Inleiding

De stopafstand van een remmende auto hangt af van de reactietijd van de bestuurder. In dit practicum meet je je eigen reactietijd, zowel met de computer als met een vallende liniaal.

Onderzoeksvragen

Hoe groot is jouw reactietijd? En hoe groot is de invloed van afleiding op jouw reactietijd?

Voorspelling

Noteer hoe groot je denkt dat jouw reactietijd is als je goed geconcentreerd bent en als je wordt afgeleid.

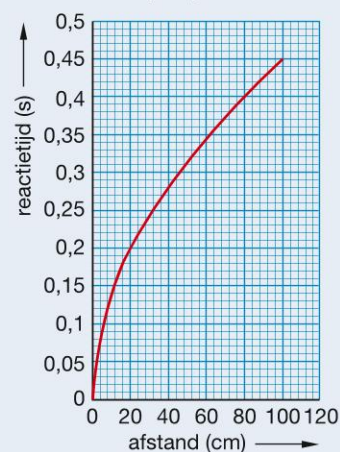
Opstelling en werkwijze

A: reactietijd meten met de computer

- 1 Je docent zet een link op het bord naar een site waarop je je reactietijd kunt meten. Ga naar de opgegeven site.
- 2 Meet vijf keer je reactietijd. Noteer deze tijden in een tabel in je schrift.
- 3 Laat je partner je afleiden en noteer nog vijf keer je reactietijd.
- 4 Draai de rollen om en herhaal stap 2 en 3.



Reactietijd bij vallende liniaal



B: reactietijd meten met een liniaal

- 5 Ga op de tafel staan met de liniaal in je hand. Je partner houdt zijn of haar hand bij de onderkant van de liniaal.
- 6 Laat op een willekeurig moment de liniaal los. Je partner probeert de liniaal zo snel mogelijk te pakken. Noteer in de tabel de lengte waarop je de liniaal hebt vastgepakt.
- 7 Lees in de grafiek 'Reactietijd bij vallende liniaal' af hoe groot de reactietijd is en noteer die in je tabel.
- 8 Herhaal de meting nog vier keer en noteer de tijden.
- 9 Draai de rollen om en herhaal stap 5 t/m 9.

Vragen

- a Bereken de gemiddelde reactietijd bij onderzoek A met en zonder afleiding. Doe hetzelfde bij onderzoek B. Noteer deze drie reactietijden in je schrift.
- b Zijn je reactietijd zonder afleiding in onderzoek A en B hetzelfde? Verklaar je antwoord.
- c Geef de conclusies.
- d Tijdens het autorijden mag je niet met je telefoon bezig zijn. Leg aan de hand van je antwoord op de tweede onderzoeksvraag uit of je het daarmee eens bent.
- e Bereken hoeveel afstand je aflegt gedurende jouw reactietijd als je 20 km/h fietst.

Oefentoets

Juist of onjuist?

- 1 De reactietijd is afhankelijk van de snelheid.
- 2 Hoe groter de remkracht, hoe groter de remweg.
- 3 Bij een eenparige beweging is de snelheid constant.
- 4 In een (s,t) -diagram geldt: hoe steiler de lijn, hoe hoger de snelheid.
- 5 De oppervlakte onder een (v,t) -grafiek is gelijk aan de versnelling.

Verslapen

Astrid heeft zich verslapen. Ze moet over vijftien minuten in de les zitten en ze moet nog 6,2 km fietsen.

- 6 Bereken welke gemiddelde snelheid Astrid moet hebben om op tijd te komen.

Cheeta en Jeep

Een jeep rijdt met een snelheid van 81 km/h over de savanne. Hij wordt ingehaald door een cheeta (jachtluipaard) die met 108 km/h rent.

- 7 Reken beide snelheden om in m/s.
- 8 Bereken de afstand die de cheeta na een minuut meer heeft afgelegd dan de jeep.

Op vakantie

Familie De Nijs uit Den Bosch gaat op vakantie. De familie wil 520 km rijden en gaat om 8:30 uur van huis. De gemiddelde snelheid is 72 km/h.

- 9 Leg uit waarom het hier om een gemiddelde snelheid gaat.
- 10 Reken uit hoe laat de familie De Nijs op het vakantieadres aankomt. Rond je antwoord af op hele minuten.

Autorit

Pascal wil een (v,t) -diagram van een autorit maken. Hij kijkt op de snelheidsmeter en noteert iedere twee minuten de snelheid. Zijn resultaten staan in de tabel hiernaast.

- 11 Teken het (v,t) -diagram van deze beweging.
- 12 Bereken hoe groot de beginsnelheid in m/s is.
- 13 Bereken de afstand (in m) die de auto in de eerste tien minuten aflegt.

tijd (min)	snelheid (km/h)
0	54
2	54
4	54
6	54
8	54
10	54
12	36
14	18

Neem aan dat de auto na veertien minuten op dezelfde manier blijft remmen.

- 14 Bepaal met het diagram op welke tijd de auto stilstaat.

Rotterdam – Leiden

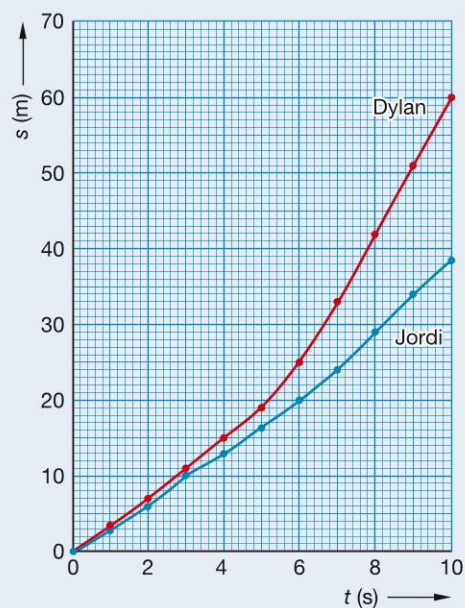
Je legt per trein het traject Rotterdam CS – Leiden (38 km) af. Vanaf het vertrek uit Rotterdam versnelt de trein twee minuten lang eenparig, totdat de snelheid 108 km/h bedraagt. Met deze snelheid rijdt de trein verder totdat hij dicht in de buurt van station Leiden is. De trein remt een minuut lang eenparig vertraagd en komt in Leiden tot stilstand.

- 15** Teken een (v,t) -diagram van het versnellen en een (v,t) -diagram van het vertragen.
- 16** Bereken de afgelegde weg tijdens het versnellen en vertragen met je grafiek.
- 17** Bereken de totale tijdsduur van de beweging.

Twee hardlopers

Hieronder zie je het (s,t) -diagram van de start van twee hardlopers op de 1000 m.

- 18** Leg met het diagram uit welke hardloper een snellere start maakt.
- 19** Bepaal de gemiddelde snelheid van beide hardlopers in de eerste tien seconden.
- 20** Leg uit waarom je aan dit diagram niet kunt zien wie de wedstrijd wint.



Tussen 8 en 10 s lopen beide hardlopers met constante snelheid.

- +21** Hoe kun je dat aan de grafiek zien?
- +22** Leg uit welke hardloper dan het snelst gaat.
- +23** Bepaal de relatieve snelheid van de twee hardlopers.



5 Warmte



IJsberen leven in en rond het noordpoolgebied. Ze jagen op zeehonden vanaf drijvende ijsschotsen. Met hun dikke vacht en speklaag kunnen ijsberen goed tegen de kou.

Doordat de aarde opwarmt, smelt er in de zomer steeds meer noordpoolijs. Zo is er steeds minder ijs beschikbaar voor deze dieren.

Als er geen drijfijis meer is, verliezen ijsberen hun natuurlijk leefgebied en kunnen ze uitsterven.

Paragraaf

Practica



Overall online

5.1 Energie en omzettingen

5.2 Verbranding

1 Brand blussen

2 Melkpoeder

5.3 Warmtetransport

3 Geleiding

5.4 Isoleren in huis

4 Ontwerpwedstrijd isolatie

5.5 Warmte op aarde

+5.6 Warmte opslaan

5 Broeikaseffect

Oefentoets

Alle teksten en opdrachten uit dit boek vind je terug op Overall online. Hier vind je ook filmpjes, animaties, extra uitleg en oefening, oefentoetsen en extra practica.

Discussievraag

In een zonnetoren wordt zonne-energie omgezet in bruikbare energie. De spiegels zorgen ervoor dat er zoveel mogelijk straling in de toren terechtkomt. Welke energie-omzettingen ken je nog meer?



Je leert • op welke manieren energie kan worden omgezet.

5.1 Energie en omzettingen

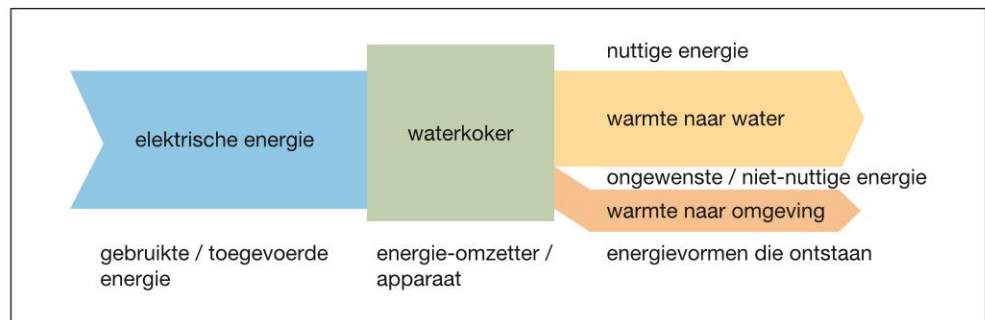
Energie

Het woord **energie** kom je in het dagelijks leven vaak tegen. Energie is nodig om dingen te doen, te verwarmen, in beweging te zetten, te veranderen. De eenheid van energie is joule (J). Er zijn verschillende soorten energie. Een aantal voorbeelden:

- elektrische energie: energie uit het stopcontact waarmee je bijvoorbeeld je telefoon oplaadt;
- bewegingsenergie: energie die een voorwerp heeft als het in beweging is;
- chemische energie: energie uit stoffen, bijvoorbeeld suiker in een energiedrankje of benzine als brandstof;
- stralingsenergie: energie afkomstig van de zon. Op je huid voelt ze warm aan en een plant kan haar gebruiken om te groeien;
- kernenergie: energie uit een kerncentrale die elektrische energie opwekt;
- warmte: energie die nodig is om de temperatuur van een stof te verhogen of de stof te laten smelten of verdampen.

Energie omzetten

Energie gaat nooit verloren; ze ontstaat niet en verdwijnt niet. Dit heet **de wet van behoud van energie**. Energie kan alleen van de ene in een andere vorm worden omgezet. Deze verandering heet **energieomzetting**. Dit geef je weer in een **energiestroomdiagram**. Daarin teken je een rechthoek voor het apparaat dat de energie omzet. De energiesoort die wordt omgezet is de gebruikte of toegevoerde energie en die teken je met de achterkant van een inkomende pijl. De ontstane energiesoorten teken je met een uitgaande pijl. Zie figuur 5.1.



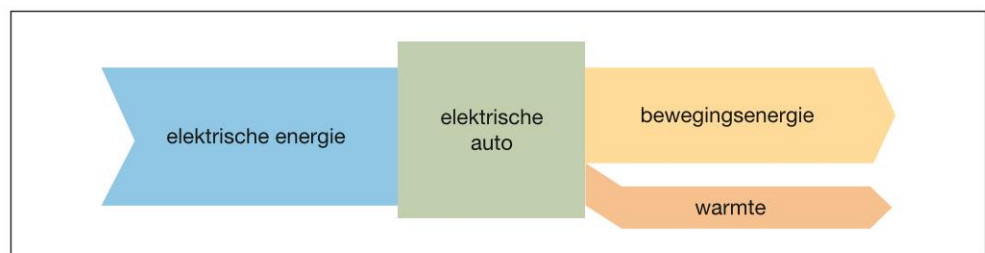
5.1 Energiestroomdiagram van de energieomzetting in een elektrische waterkoker

Je ziet in de figuur dat een deel van de warmte naar het water gaat. Dat is de nuttige energie, de energie waar de omzetting voor is bedoeld. Een ander deel van de energie gaat naar de omgeving. Deze ongewenste of niet-nuttige energie noem je vaak verloren energie. Natuurkundig gezien gaat deze energie echter niet verloren. Daarom is de breedte van de pijl vóór de omzetting gelijk aan het totaal van de breedtes van de pijlen ná de omzetting.

Warmte

De energie die nodig is om de temperatuur te verhogen of een stof te laten smelten of verdampen, noem je **warmte**. Warmte heeft ook de eenheid joule (J). Bij hogere temperatuur bewegen de moleculen sneller. Ze hebben meer bewegingsenergie. Om de temperatuur te verhogen, moet je energie toevoeren. Warmte is dus niet hetzelfde als temperatuur. De eenheid van temperatuur is namelijk graden Celsius (°C).

Bij veel energieomzettingen is warmte een vorm van niet-nuttige energie. Zie figuur 5.2. Veel elektrische apparaten, zoals een boormachine en een mixer, worden bijvoorbeeld warm zonder dat ze daarvoor zijn bedoeld.



5.2 Energiestroomdiagram van de energieomzetting in een elektrische auto

Samengevat

Energie komt voor in verschillende vormen, zoals chemische energie, elektrische energie, kernenergie en stralingsenergie. Bij energieomzettingen ontstaat er vaak warmte. Warmte is ook een vorm van energie. Om energieomzettingen weer te geven gebruik je een energiestroomdiagram. Hierin staan de toegevoerde energiesoorten, de energieomzetter en de uiteindelijke energiesoorten die ontstaan. Voor alle energieomzettingen geldt: je zet evenveel energie om als er ontstaat. Er gaat dus geen energie verloren. Dit is de wet van behoud van energie. Wel kan het zo zijn dat niet alle ontstane energie wenselijk is. Daarom onderscheid je nuttige en niet-nuttige energie.

5.1 Opdrachten

A 1 H

Juist of onjuist?

- a Aardolie is een vorm van chemische energie.
- b De energie uit het stopcontact is elektrische energie.

A 2 H

- a Geef de eenheid van energie.
- b Geef de eenheid van temperatuur.
- c Geef de eenheid van warmte.

A 3

Wat geef je weer in een energiestroomdiagram?

B 4 H

Welke energiesoorten zetten de volgende omzetters om? Kies uit: *chemische energie*, *elektrische energie* en *stralingsenergie*.

- a een plant
- b een elektrische kachel
- c een waterkoker
- d je lichaam

B 5

Als je vraagt: 'Hoe warm is het vandaag?' wil je weten wat de temperatuur is. Hoe kun je deze vraag beter stellen?

B 6

Als het warm is, kun je een ventilator gebruiken. Teken voor een ventilator een energiestroomdiagram. Gebruik de kleur groen voor de nuttige energiesoort en rood voor de niet-nuttige.

B 7

Een elektriciteitscentrale maakt warmte door brandstof te verbranden. Deze warmte wordt met een stoomgenerator voor ten hoogste 60% omgezet in elektrische energie. De resterende warmte verdwijnt in de omgeving. Teken een energiestroomdiagram voor deze situatie.

C 8 V

Als je een tijd lang spelletjes op je telefoon hebt gespeeld, is hij flink warm geworden. Teken een energiestroomdiagram voor deze situatie.

C 9 H

De accu van een elektrische auto wordt opgeladen. Teken het energiestroomdiagram van dit proces.



C 10

a Wat is het verschil tussen nuttige en niet-nuttige energie?

Bij de omzetting van kernenergie in stralingsenergie ontstaan meerdere energiesoorten.

b Teken een energiestroomdiagram voor de energieomzettingen van de zon.

C 11 V

Je trapt op de pedalen van je fiets en bereikt een flinke vaart. Je knijpt hard in je remmen, verliest snelheid en je remblokkjes worden heet. Maak een energiestroomdiagram van alle omzettingen.

+ 12 V

Wanneer je ijs wilt laten smelten, moet je warmte toevoeren. Toch neemt de temperatuur van het ijs tijdens het smelten niet toe. Leg uit waar de toegevoerde warmte voor nodig is.

Je kunt nu

- minimaal zes energiesoorten noemen;
- aangeven hoe energie kan worden omgezet in nuttige en niet-nuttige energie;
- energieomzettingen weergeven in een energiestroomdiagram;
- uitleggen dat energie niet verloren gaat;
- het verschil aangeven tussen warmte en temperatuur.



Discussievraag

Op de foto probeert de brandweer met man en macht een bosbrand te blussen. Dat is moeilijk, want de felle wind wakkert de brand aan. Bij een lucifer dooft het vlammetje juist als je blaast. Hoe kan dat?

Je leert • wat nodig is voor verbranding.

5.2 Verbranding

Reactieschema verbranding

De brandstof aardgas is een **fossiele brandstof**, een brandstof uit de grond. In figuur 5.3 zie je nog meer fossiele brandstoffen. Deze zijn ontstaan uit de resten van dode planten en dieren. Fossiele brandstoffen zijn niet duurzaam omdat ze op een gegeven moment op zijn. Energiebronnen die niet opraken, zoals windenergie en zonne-energie, noem je duurzame energie. Ze zijn elke dag weer opnieuw beschikbaar.



5.3 Steenkool, aardolie en aardgas zijn fossiele brandstoffen.

Bij de verbranding van fossiele brandstoffen zet je chemische energie om in nieuwe energiesoorten, zoals warmte en stralingsenergie. Er vindt een **chemische reactie** plaats: de **beginstoffen** verdwijnen en er komen nieuwe stoffen voor in de plaats. Die nieuwe stoffen heten **reactieproducten**. Dit geef je weer met een reactieschema:

beginstof(fen) → reactieproduct(en)

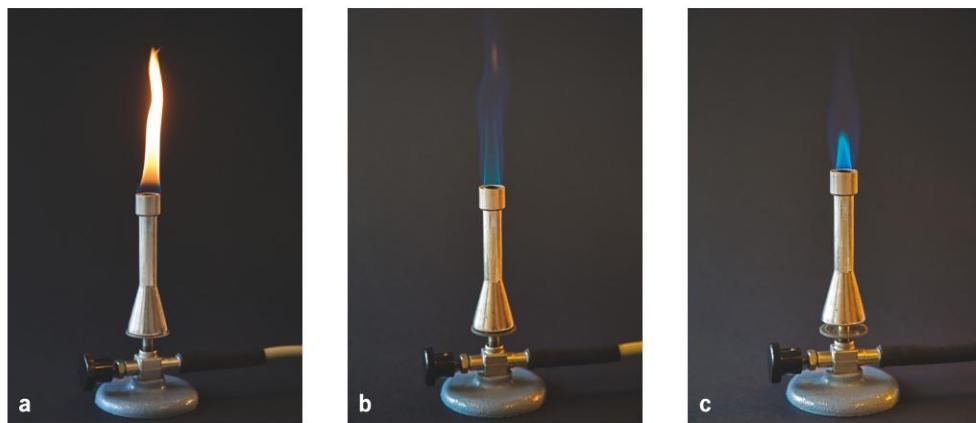
Bij een reactieschema staan voor de pijl de beginstoffen en na de pijl de reactieproducten. De pijl geeft aan dat er een chemische reactie is.

Bij een verbranding reageren de brandstoffen altijd met zuurstof. Bij de verbranding van aardgas zijn de beginstoffen dus aardgas en zuurstof. De reactieproducten zijn koolstofdioxide en water. Door de hoge temperatuur ontstaat geen vloeibaar water, maar waterdamp. Het reactieschema ziet er zo uit:

aardgas + zuurstof → koolstofdioxide + water(damp)

De brander

Als je de gasbrander van het practicum aansteekt, staat de luchtregelschijf dicht. Met een lucifer steek je het gas aan en dan ontstaat een gele (roetende) vlam. Zie figuur 5.4a. De lucifer is heet genoeg om de **ontbrandingstemperatuur** te bereiken. Dat is de temperatuur waarbij een stof ontbrandt. Het roet dat ontstaat, is koolstof en de vlam is geel doordat de koolstof gloeit. Behalve roet kan bij deze verbranding ook het giftige, kleurloze en reukloze gas koolstofmonoxide ontstaan. Als roet of koolstofmonoxide ontstaan, is er onvoldoende zuurstof aanwezig. Je noemt deze verbranding dan een **onvolledige verbranding**. Dit kan leiden tot gevaarlijke situaties. Zie figuur 5.5. De brander van een centrale verwarming of een geiser moet goed zijn afgesteld zodat er geen onvolledige verbranding plaatsvindt. Wanneer je de luchtregelschijf van de brander opendraait, ontstaat een ruisende blauwe vlam. Zie figuur 5.4b en c. Er is dan een goede verhouding van brandstof en zuurstof en er treedt een **volledige verbranding** op. Er ontstaan koolstofdioxide en water(damp) en geen andere stoffen.



5.4 Onvolledig verbranding (a) en volledig verbranding (b en c) van aardgas

Twee meisjes dood door koolmonoxide Huizen

HUIZEN – Twee meisjes van 11 en 12 jaar zijn in de nacht van donderdag op vrijdag overleden aan de gevolgen van een koolmonoxidevergiftiging (CO) in het Noord-Hollandse Huizen.

Dat heeft de politie gemeld. Een derde meisje (10) ligt nog in kritieke toestand in het ziekenhuis. Hoe de meisjes de vergiftiging hebben opgelopen, is nog onduidelijk. De drie vriendinnen waren in de badkamer van een woning aan de Nieuwe Bussumerweg toen het CO-alarm afging.

Forceren

De ouders probeerden tevergeefs de badkamerdeur open te krijgen. Uiteindelijk hebben agenten de deur moeten forceren. De meisjes waren inmiddels buiten bewustzijn. Hulpdiensten hebben de meisjes gereanimeerd waarna ze per ambulance in kritieke toestand naar verschillende academische ziekenhuizen zijn overgebracht.

Ontdekt

Koolmonoxide is een giftig gas. Doordat het geen geur en smaak heeft, wordt vrijgekomen koolmonoxide vaak pas laat ontdekt.

Bij inademing raken mensen bovendien al snel bewusteloos. Omdat het gas sneller in het bloed wordt opgenomen dan zuurstof, ontstaat er zuurstofgebrek in belangrijke organen. Zo kan er bijvoorbeeld hersenbeschadiging ontstaan. Koolmonoxide ontstaat bij onvolledige verbranding van stoffen als olie, gas en hout. Dit kan in huis bijvoorbeeld een kachel of cv-ketel zijn. De brandweer adviseert daarom om dergelijke apparatuur regelmatig te laten controleren.

5.5 Artikel over het gevaar van een onvolledige verbranding, bron www.nu.nl

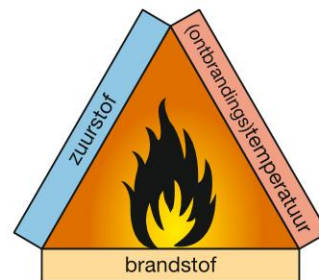
► Practicum 1
► Practicum 2

Brandvoorwaarden

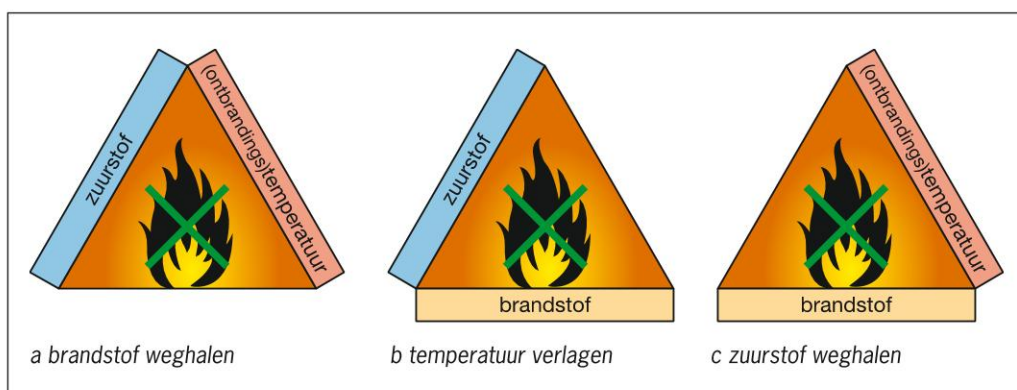
Voor verbranding zijn er drie voorwaarden nodig:

- 1 voldoende brandstof;
- 2 voldoende aanvoer van zuurstof;
- 3 temperatuur van de brandstof boven de ontbrandingstemperatuur.

De drie voorwaarden staan overzichtelijk in een branddriehoek. Zie figuur 5.6.



5.6 In de branddriehoek staan de voorwaarden voor verbranding.



5.7 Er zijn drie manieren om een brand te blussen.

Als aan één van de voorwaarden uit de branddriehoek niet is voldaan, stopt de brand. Zie figuur 5.7. Bij blussen moet je daarom altijd één of meer van de voorwaarden voor brand uitschakelen. Ook als je een brand wilt voorkomen, moet je zorgen dat aan één van de voorwaarden in de verbrandingsdriehoek niet is voldaan.

- 1 Je haalt de brandstof weg, door bijvoorbeeld de gaskraan dicht te draaien. Zie figuur 5.7a.
- 2 Je verlaagt de temperatuur tot onder de ontbrandingstemperatuur, door bijvoorbeeld met water te blussen. Water koelt de brandstof. Zie figuur 5.7b.
- 3 Je verhindert de toevoer van zuurstof, door bijvoorbeeld het vuur af te dekken met een branddeken. Of je bedekt het vuur met poeder uit een brandblusser. De zuurstof uit de lucht kan dan niet meer bij de brand komen. Zie figuur 5.7c.

Samengevat

Verbranding is een chemische reactie. Chemische reacties geef je weer met een reactieschema. Voor de pijl staan de beginstoffen en na de pijl de reactieproducten.

Bij volledige verbranding van fossiele brandstoffen ontstaan water en koolstofdioxide.

Bij onvolledige verbranding ontstaan ook koolstof of het giftige koolstofmonoxide.

Fossiele brandstoffen raken op en zijn niet duurzaam. Voorbeelden van duurzame energie zijn windenergie en zonne-energie.

Brand kan alleen ontstaan als er aan drie voorwaarden wordt voldaan: aanwezigheid van brandstof en zuurstof en een juiste ontbrandingstemperatuur. De voorwaarden kun je weer geven in een branddriehoek. Je blust of voorkomt een brand door één of meer voorwaarden uit de branddriehoek weg te nemen.

5.2 Opdrachten

A 13 H

Juist of onjuist?

- a Bij een open luchtregelschijf heb je volledige verbranding.
- b Bij volledige verbranding is de vlam geel.
- c Bij onvolledige verbranding kan koolstofmonoxide ontstaan.
- d Koolstofdioxide is een giftig, kleurloos en reukloos gas.

A 14

Geef het reactieschema voor de volledige verbranding van aardgas.

A 15 H

De vlam van de brander in het practicum is het heetst als:

- A de gasregelknop open is en de luchtregelschijf ook open;
- B de gasregelknop dicht is en de luchtregelschijf open;
- C de gasregelknop open is en de luchtregelschijf dicht;
- D de gasregelknop dicht is en de luchtregelschijf ook dicht.

B 16 H

Bekijk de afbeeldingen.

a



b



c



d



Leg uit aan de hand van wat je ziet bij welke afbeeldingen er sprake is van een:

- a onvolledige verbranding;
- b volledige verbranding.

B 17

Als je kaarsvet verbrandt, ontstaan er onder andere koolstofdioxide en water. Geef het reactieschema voor de verbranding van kaarsvet.

B 18

Om brand te voorkomen worden veel maatregelen genomen, zoals een rookverbod bij tankstations en het aanbrengen van branddeuren en rookmelders in gebouwen. Welke van onderstaande beweringen daarover zijn juist en welke onjuist?

- a Een rookverbod voorkomt een ontbrandingstemperatuur.
- b Branddeuren houden brandstof weg van de brand.
- c Een rookmelder gaat piepen bij te hoge temperatuur.

B 19

In een nieuwe batterij zitten de stoffen bruinsteen en zink. In de lege batterij zitten vooral zinkoxide en mangaanoxide.

- a Geef het reactieschema als een batterij stroom levert.
- b In welke energiesoort wordt de chemische energie bij een batterij omgezet?

B 20 H

Waarom verbrandt deze vuurspuwer zijn mond niet?



B 21 H

Als je houtskool voor de barbecue wilt aansteken, heb je aanmaakblokjes nodig. Met alleen lucifers lukt het niet.

- a Leg uit waarom je houtskool niet rechtstreeks kunt aansteken.
- b Kies het juiste antwoord. De ontbrandingstemperatuur van de aanmaakblokjes is:
 - A hoger dan de ontbrandingstemperatuur van de houtskool;
 - B lager dan de ontbrandingstemperatuur van de houtskool;
 - C even hoog als de ontbrandingstemperatuur van de houtskool.

B 22

Geef bij elke figuur aan welk van de drie voorwaarden voor een verbranding wordt weggenomen.



C 23

Bij felle branden worden vaak de huizen naast het brandende pand ook natgespoten. De brandweer laat het brandend huis vaak volledig uitbranden.

Waardoor gaat de brand uiteindelijk uit?

C 24

Geef aan welke van de drie voorwaarden voor een verbranding wordt weggenomen in de volgende gevallen.

- Bij een tankstation zit brandstof in de lucht in de vorm van benzinedamp. Daarom is er in de buurt van een benzinepomp een rookverbod.
- Kerstversiering in gebouwen waar veel mensen komen mag alleen bestaan uit stoffen die heel slecht branden.
- Bij jou op school gaan branddeuren automatisch dicht als er brand wordt gemeld.

C 25

Als je een houtvuurtje beter wilt laten branden, moet je blazen.

a Welke voorwaarde voor brand wordt dan sterker?

Als je te hard blaast, dooft het vuur juist.

b Waardoor dooft het vuur?

c Geef nu ook antwoord op de vraag bij de openingsfoto van deze paragraaf.

+ 26

Als koolstof volledig verbrandt, ontstaat alleen koolstofdioxide.

a Geef het reactieschema van deze reactie.

b Geef ook het reactieschema voor de onvolledige verbranding van koolstof.

+ 27



Bij de verbranding hierboven ontstaat niet alleen roet en koolstofmonoxide. Bij deze onvolledige verbranding ontstaan ook andere, giftige stoffen.

- Waarom onderzoekt de brandweer welke giftige stoffen zijn ontstaan?
- Welk advies geeft de brandweer aan de omwonenden om geen gevaar te lopen?

+ 28

Door de reactie van voedingsstoffen met zuurstof krijgt je lichaam de energie die nodig is om te leven. Deze verbranding kan bij lage temperatuur plaatsvinden omdat er allerlei hulpstoffen (enzymen) bij betrokken zijn. De benodigde zuurstof adem je in, en het koolstofdioxide adem je weer uit. Geef het reactieschema voor deze reactie in je lichaam.

Je kunt nu

- het reactieschema van een chemische reactie opstellen;
- het verschil tussen een volledige en onvolledige verbranding aangeven;
- de mogelijke reactieproducten bij de verbranding van fossiele brandstoffen noemen;
- de drie voorwaarden noemen die nodig zijn voor een verbranding;
- maatregelen herkennen om een brand te blussen of te voorkomen en deze in verband brengen met de drie voorwaarden.

Discussievraag

Hete lucht gaat de wensballonnen in en even later stijgen ze op. Hoe verplaatst de warmte zich zodat de ballonnen de lucht in gaan?



Je leert • hoe warmte zich verplaatst.

5.3 Warmtetransport

Warmte verplaatst zich

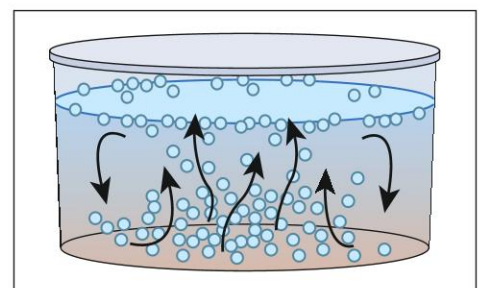
Energie kan worden overgedragen van de ene plaats naar een andere plaats. Is de energiesoort warmte, dan noem je dit **warmtetransport**. Dit spontane transport gaat altijd van een plek met een hoge temperatuur naar een plek met een lagere temperatuur. Er zijn drie mogelijkheden: warmtetransport door stroming, door straling en door geleiding. Hoe groter het temperatuurverschil is tussen twee plaatsen, hoe meer warmtetransport.

Warmtetransport door stroming

Warmtetransport door beweging van vloeistof of gas heet **stroming**.

Warmtestroming vindt plaats in vloeistoffen en gassen doordat snelle moleculen zich verplaatsen.

Een waterkoker verwarmt het water aan de onderkant. De temperatuur van het water stijgt en het water zet uit. Het warme water onderin krijgt hierdoor een kleinere dichtheid dan het koude water bovenin. Het koude water met een grotere dichtheid zakt naar beneden en het warme water met kleinere dichtheid beweegt omhoog. Zie figuur 5.8. Het bewegende water transporteert de warmte door de waterkoker via stroming van de vloeistof.



5.8 Stroming in een waterkoker

► Practicum 3

Warmtetransport door straling

De warmte die afkomstig is van een kampvuur voel je door **straling**. Je voelt deze warmte duidelijk aan de voorkant van je lichaam, je rug blijft koud. Alle voorwerpen zenden deze warmtestraling uit. De hoeveelheid warmtestraling is groter naarmate het voorwerp een hogere temperatuur heeft. De vlammen van een brand zenden zowel zichtbare warmtestraling uit (licht), als onzichtbare warmtestraling (ir-straling = infraroodstraling). Deze straling bevindt zich naast het rode licht in het spectrum. De bekendste straling is de straling die afkomstig is van de zon. Tussen de zon en de aarde zit lege ruimte, vacuüm. Straling heeft dus geen tussenstof nodig en vindt plaats doordat pakketjes stralingsenergie zich verplaatsen van een warm voorwerp naar de omgeving.

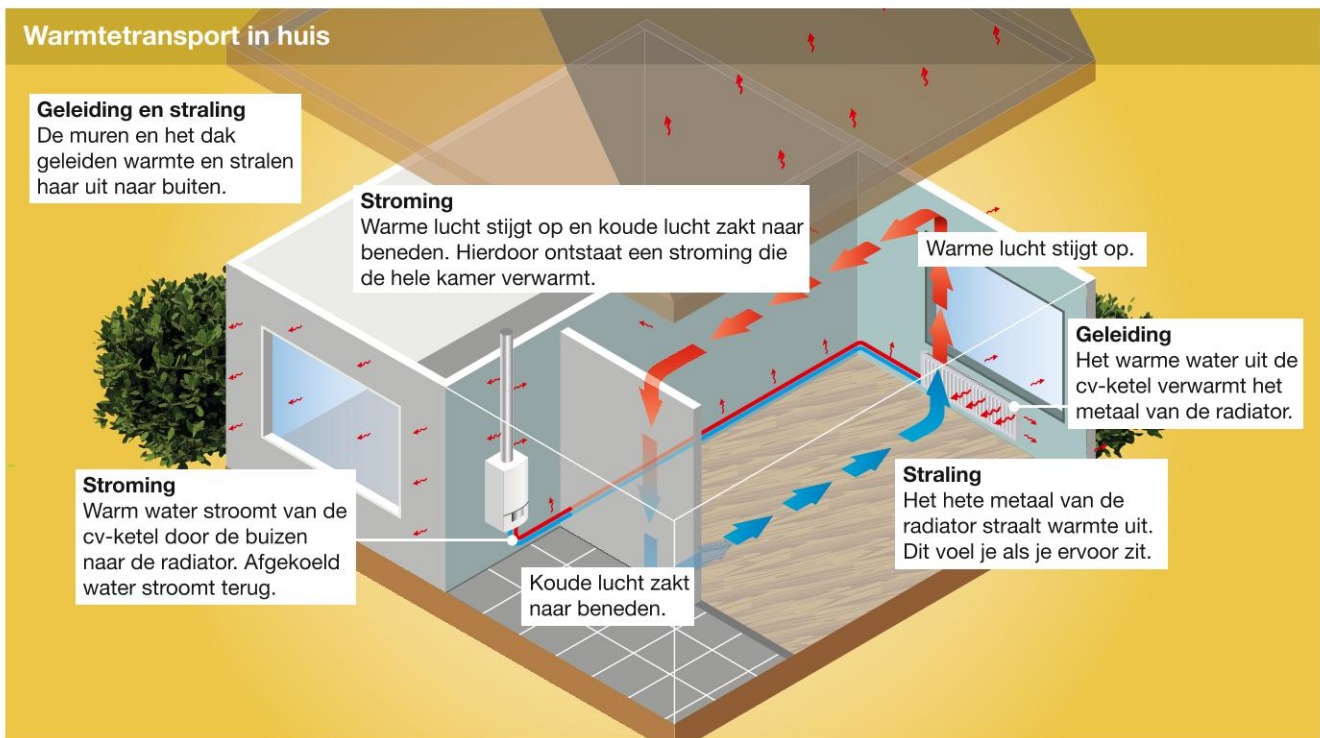
Warmtetransport door geleiding

Bij het koken kan de steel van een ijzeren pan erg heet worden. Als warmte van de ene plaats in een vaste stof wordt doorgegeven aan een andere plaats, noem je dat **geleiding**. Eigenschappen van warmtetransport door geleiding zijn:

- ze vindt voornamelijk plaats in vaste stoffen;
- de moleculen van de stof geven de warmte door, door tegen elkaar aan te trillen;
- de moleculen blijven op hun plaats.

Niet alle stoffen geleiden warmte even goed. Metaal is een goede warmtegeleider, plastic niet. Plastic is een **isolator**. Een isolator is een stof die warmte slecht geleidt. De steel van een pan is daarom vaak gemaakt van plastic.

In figuur 5.9 zie je hoe stroming, straling en geleiding een rol spelen bij de verwarming van je huis.



5.9 Warmtetransport in huis

Samengevat

Warmtetransport vindt plaats via stroming, straling of geleiding.

Stroming is warmtetransport door beweging van vloeistof of gas. Bij straling is er geen tussenstof nodig. Geleiding is warmtetransport door een vaste stof.

5.3 Opdrachten

A 29 H

Juist of onjuist?

- a Voor geleiding is contact nodig tussen een warmtebron en een ontvanger.
- b Plastic is een isolator.
- c Metalen geleiden de warmte slecht.

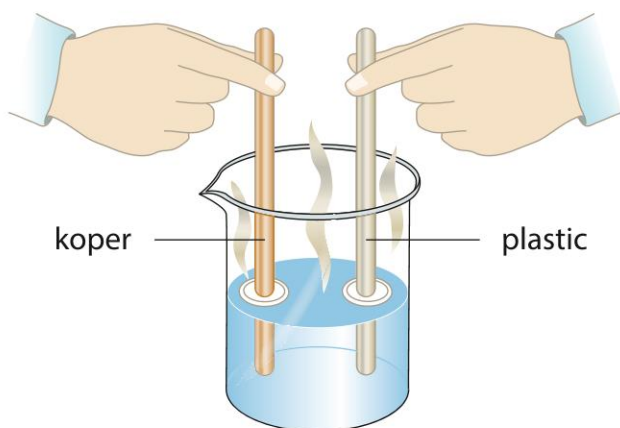
A 30

Juist of onjuist?

- a Stroming vindt plaats in een vaste stof.
- b Als de temperatuur stijgt, zet een stof uit.
- c Warmtestraling noem je ook wel infrarode straling.
- d Hoe warmer een voorwerp hoe meer energie het per seconde uitstraalt.

B 31 H

Bekijk de figuur hieronder.



Leg uit welke hand als eerste de warmte van het hete water voelt.

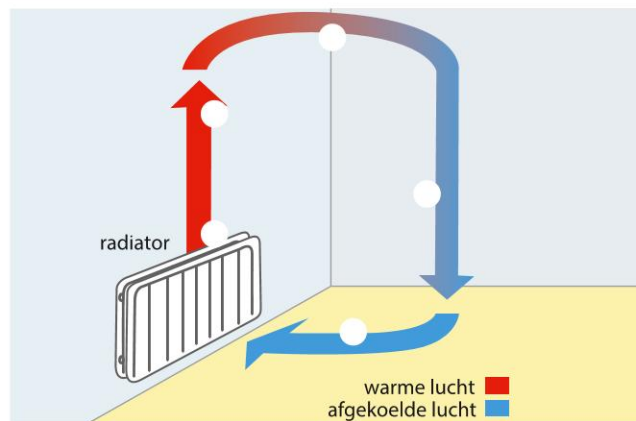
B 32 V

In de zomer wordt het water in een sloot aan de bovenkant door de zon opgewarmd. Het duurt lang voordat het water een beetje warm is.

- a Leg uit waarom het water in de sloot niet door stroming warm wordt.
- b Door welke vorm of vormen van warmtetransport wordt het water wel warm?

B 33 H

Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Zet de nummers 1 tot en met 5 op de juiste plaats.



- 1 De lucht koelt af.
- 2 Koude lucht daalt.
- 3 De lucht wordt door geleiding bij de radiator opgewarmd.
- 4 De warme lucht stijgt op.
- 5 De koude lucht stroomt terug naar de radiator.

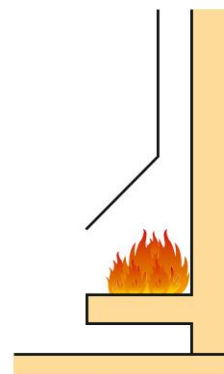
B 34

Met een open haard kun je een woonkamer verwarmen.

- a Leg uit welke vormen van warmtetransport bijdragen aan de verwarming van de kamer.
- b Leg uit welke vormen van warmtetransport niet bijdragen aan de verwarming van de kamer.

Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- c Geef in de figuur de richting van de stromende lucht aan.
- d Leg uit waarom een open haard niet zo'n handige manier is om een huis te verwarmen.



B 35

Raak een metalen tafelpoot en een houten tafelblad aan.

- a Welke voelt het koudste aan?
- b Wat veroorzaakt dit verschil?
- c Welke heeft de hoogste temperatuur?

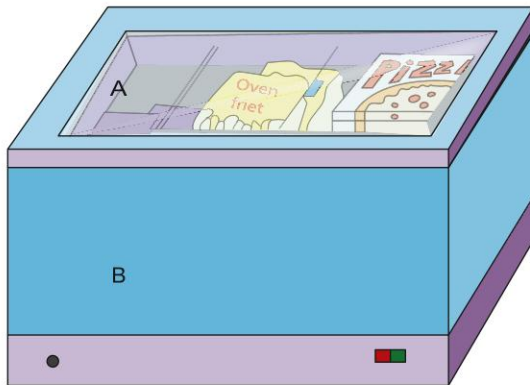
B 36 H

Welke vorm van warmtetransport wordt tegengegaan bij de volgende voorbeelden?

- a** Je trekt een winddicht jack aan.
- b** Je sluit een pan aardappelen met een deksel af.
- c** Je maakt met een tochtstrip een kier in je kamer dicht.
- d** Je gebruikt een onderzetter als je een hete pan op tafel zet.

C 37

In een diepvrieskist mogen geen al te grote temperatuurverschillen bestaan. De temperatuur moet zo veel mogelijk overal even laag zijn. Leg uit waar de koelelementen in een vrieskist zijn aangebracht: bovenin bij A of onderin bij B?



C 38 V

Een huiskamer wordt verwarmd door lucht. Lucht geleidt de warmte slecht. Leg uit hoe het komt dat de lucht toch goed de kamer verwarmt.

C 39 V

'Het dichtmaken van alle kieren en openingen in een kamer die wordt verwarmd door een kachel, is goed voor de portemonnee, maar slecht voor je gezondheid.'

Leg deze uitspraak uit.

C 40

In figuur 5.9 staat bij de radiator dat warmte via geleiding van het water naar de radiator gaat.

Leg uit op welke twee manieren die warmte zich verder door de kamer verspreidt.

+ 41 V

Als je zweet, gaat warmte je lichaam uit.

a Welke vorm van warmtetransport zorgt hiervoor?

Het vocht op je huid verdampt. Voor deze verdamping is energie nodig.

b Waar komt de benodigde energie vandaan?

c Leg uit hoe het komt dat je door zweeten afkoelt.

+ 42 V

Bekijk onderstaande afbeelding.



Vanuit het Caraïbisch gebied komt warm water in de richting van Europa. Welke vorm van warmtetransport zorgt daarvoor?

Je kunt nu

- de drie soorten warmtetransport noemen;
- voorbeelden noemen van een geleider en een isolator;
- herkennen wanneer er sprake is van stroming, straling of geleiding;
- aangeven wat infrarode straling is.

Discussievraag

Welke materialen gebruikt deze zwaan om warmte vast te houden voor haar eieren en jongen?



Je leert • hoe je warmtetransport voorkomt.

5.4 Isoleren in huis

- **Practicum 4**
- **Vaardigheid 7**

Isolatie

Als er een temperatuurverschil is tussen twee plaatsen en je wilt zo veel mogelijk warmte-transport tegengaan, dan kun je **isoleren**. Hoe beter je isoleert, hoe kleiner het warmteverlies naar buiten is. Dan hoeft de warmteproductie minder groot te zijn. Er zijn verschillende manieren om warmteverlies tegen te gaan.

Stroming tegengaan

Warmtetransport door stroming ga je tegen door ervoor te zorgen dat er geen vloeistof of gas is dat kan stromen. Je kunt de tussenstof weghalen of ervoor zorgen dat de ruimtes waar de tussenstof in zit klein genoeg zijn, zodat er nauwelijks stroming plaatsvindt. Glaswol en dubbelglas isoleren de stilstaande lucht zodat ze niet kan stromen. Ook moet je deuren en ramen goed dichthouden en spleten afdichten met een tochtstrip en kit om te voorkomen dat warme lucht naar buiten stroomt.

Straling tegengaan

Warmtetransport door straling ga je tegen door materialen die de ir-straling weerkaatsen te gebruiken, zoals folie en piepschuim. Dit zie je vaak achter de verwarming, tegen de binnenkant van het dak of tegen de onderkant van een vloer. Er is ook vensterglas dat ir-straling van de zon tegenhoudt.

Geleiding tegengaan

Warmtetransport door geleiding ga je tegen door materialen te gebruiken die niet (goed) geleiden. Je gebruikt dan bijvoorbeeld glaswol in je muren of dubbelglas bij je ramen. De stilstaande lucht in de ramen en glaswol zijn slechte warmtgeleiders en isoleren dus goed.



5.10 Thermosfles

Voorbeeld 1: Warmteverlies tegengaan

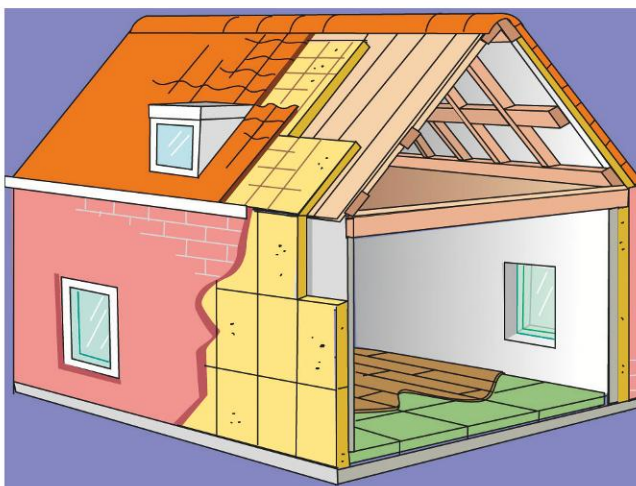
In de figuur hiernaast zie je een thermosfles. Er zijn verschillende onderdelen benoemd. Geef aan welke vormen van warmtetransport worden tegengegaan door de verschillende materialen.

Uitwerking:

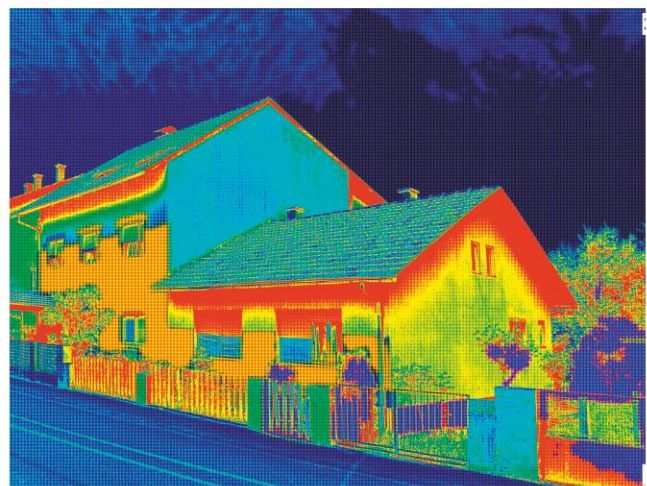
- De goed afgesloten dop gaat stroming tegen.
- Piepschuim gaat geleiding en stroming tegen.
- Er is een spiegelende laag die straling tegengaat.
- De vacuüm tussenlaag gaat stroming tegen.

Warmteverlies waarnemen

Met een warmtecamera kun je zien welke delen van een huis veel warmteverlies geven. Zie figuur 5.12. Je ziet dat de muren aan de buitenkant meer warmte uitstralen dan het dak. Blijkbaar is er meer warmtetransport van binnen naar buiten bij de muren en is daar het energieverlies het grootst. Het dak is beter geïsoleerd. Een raam met dubbel glas geeft minder warmteverlies dan een raam met enkel glas. De ramen op de begane grond zijn vaak van dubbel glas en die in de dakkapel niet. Zie figuur 5.11.



5.11 Als je muren, vloeren en dak goed isoleert, hoef je minder te stoken.



5.12 Deze foto is genomen op een vriesdag. De kleur geeft de temperatuur van de onderdelen van het huis. Rood en oranje betekent veel warmteverliezen.

Constante temperatuur

Je lichaam produceert warmte bij de verbranding van voedsel. Door straling en transpiratie verliest je lichaam warmte. Als de warmteproductie gelijk is aan het warmteverlies blijft je lichaamstemperatuur constant. Er is dan sprake van een evenwichtssituatie. Als het warmteverlies groter is dan de warmteproductie koel je af.

- Warmteproductie lichaam > warmteverlies: je lichaam warmt op.
- Warmteproductie lichaam < warmteverlies: je lichaam koelt af.
- Warmteproductie lichaam = warmteverlies: je lichaamstemperatuur is constant.

Eskimo's dragen dikke jassen om niet te veel af te koelen. Zie figuur 5.13. In de woestijn dragen mensen wollen kleding die ruim zit. Zie figuur 5.14. De wollen kleding houdt een groot deel van de warmtestraling van de zon tegen. Door de ruim zittende kleding is er veel warmteverlies door transpiratie mogelijk. Zonder deze kleding is de lichaamswarmte en de warmte die afkomstig is van zonnestralen groter dan het warmteverlies en dan stijgt je lichaamstemperatuur.



5.13 Eskimo's dragen dikke jassen om warmteverlies tegen te gaan.



5.14 Bedoeïenen dragen wollen kleding om warmte-instraling tegen te gaan.



5.15 Een manier om warmteverlies te beperken.

Voorbeeld 2: Voorkomen dat je onderkoeld raakt

Wanneer je in een noodsituatie komt waarin je wilt voorkomen dat je onderkoelt raakt, moet je ervoor zorgen dat het warmtetransport beperkt blijft. Welke maatregelen kun je dan treffen? In figuur 5.15 hiernaast zie je alvast één manier.

Uitwerking:

De belangrijkste maatregelen zijn:

- beperk dat er veel vocht verdampt: trek natte kleding uit;
- beperk het warmtetransport door stroming: ga op een plek uit de wind zitten;
- beperk het warmtetransport door straling: gebruik een aluminiumfolie-deken;
- beperk het warmtetransport door geleiding: trek een wollen trui aan.

Samengevat

Warmteverlies kun je tegengaan door te isoleren. Isolatie verhindert een of meer van de drie vormen van warmtetransport: stroming, straling en geleiding.

Als het warmteverlies gelijk is aan de warmteproductie, dan is er sprake van een evenwichtssituatie: de temperatuur blijft dan constant. Is de warmteproductie groter dan het warmteverlies, dan warmt je lichaam op. Is de warmteproductie kleiner dan het warmteverlies, dan koelt je lichaam af.

5.4 Opdrachten

A 43 H

Juist of onjuist?

- a Voor een constante temperatuur moet de warmteproductie groter zijn dan het warmteverlies.
- b Isolatie gaat warmteverlies tegen.
- c Je lichaam produceert warmte door verbranding van voedsel.
- d Door transpiratie verlies je warmte.

A 44

Juist of onjuist?

- a Glimmend isolatiemateriaal gaat warmteverlies door straling tegen.
- b Opgesloten lucht gaat warmteverlies door geleiding tegen.
- c Een groot temperatuurverschil veroorzaakt veel warmteverlies.
- d Bij isolatie spelen stroming, straling en geleiding een rol.

B 45

Om het dak te isoleren wordt een deken van glaswol met aluminiumfolie aan de binnenkant gebruikt. Dat zou je niet verwachten, want aluminium is een goede warmtegeleider. Leg uit waarvoor het aluminiumfolie dient.

B 46

Een zeehond is een warmbloedig dier met een lichaamstemperatuur van $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. In de Waddenzee kan het $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ zijn. Welke voorziening heeft de zeehond zodat hij niet onderkoeld raakt?

B 47 H

Bekijk de zwaan op de openingsfoto van deze paragraaf.

- a Wat doet deze vogel om niet af te koelen?
- b Leg uit welke vorm van warmtetransport vooral wordt tegengegaan.

B 48

Geef twee voorbeelden van voorwerpen die je in de keuken gebruikt omdat ze slecht warmte geleiden.

B 49

Hieronder wordt glas verwarmd met een brander om zo de vorm te veranderen. Hoe komt het dat je je handen in deze situatie niet brandt?



C 50 V

Als je het koud hebt, krijg je kippenvel. Dan gaan de haren van je huid rechtop staan. Tussen de haren blijft een laagje lucht om je heen.

- a Leg uit waarom dat laagje isoleert.
- b Leg uit welke gevolgen dit kippenvel heeft voor de hoeveelheid warmte die je lichaam moet produceren?

+ 51 V

De kachel van een flat produceert 2000 J warmte per seconde. Door de ramen verdwijnt $60\,000\text{ J}$ per minuut.

- a Bereken hoeveel warmte per seconde door de ramen verdwijnt.

De muren hebben een oppervlakte van 40 m^2 . Er verdwijnt 30 J warmte per seconde door 1 m^2 muur.

- b Bereken hoeveel warmte per uur door de muren verdwijnt.
- c Leg uit of de temperatuur in de flat stijgt, daalt of gelijk blijft.

Je kunt nu

- aangeven wat er met de temperatuur gebeurt als de warmteproductie groter, kleiner of gelijk is aan het warmteverlies;
- herkennen welke soort warmtetransport wordt tegengegaan door welke isolatiemaatregel;
- aangeven dat je warmteverlies kunt waarnemen met een warmtecamera;
- aan een ir-foto zien op welke plaatsen er veel warmtetransport is.

Discussievraag

Een tropisch strand?
Nee, dit is St. Ives in het
zuidwesten van Engeland.
Engeland heeft net als
Nederland een gematigd
zeeklimaat.
Hoe kan het dat
in Engeland toch
palmbomen groeien?



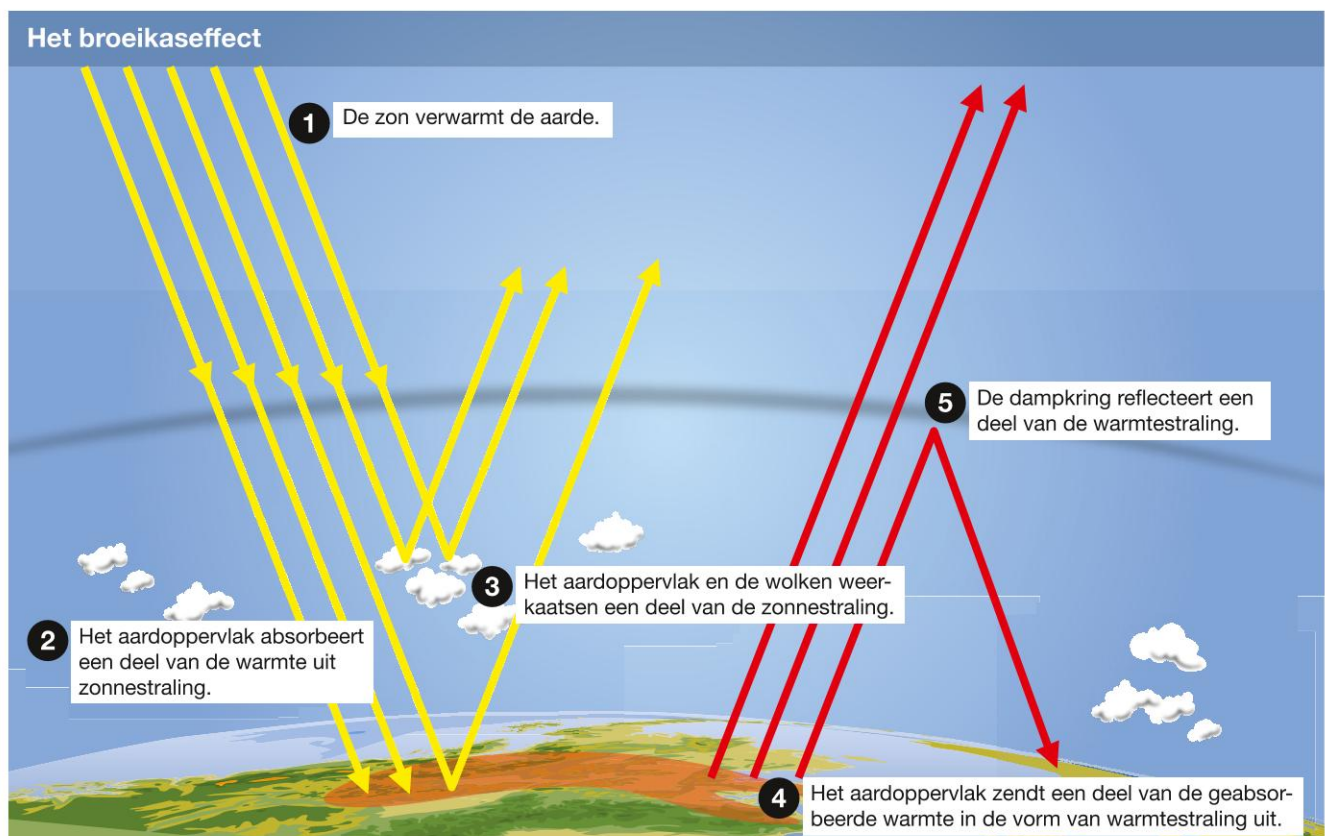
Je leert • hoe de aarde zorgt voor een leefbare omgeving.

5.5 Warmte op aarde

Broeikaseffect

De temperatuur op aarde is redelijk stabiel. Daarentegen is op Mercurius is de temperatuur overdag rond de $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 's nachts rond de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$. Geen enkele aardse levensvorm zou dit soort verschillen kunnen overleven. De aangename temperatuur op aarde komt niet alleen door de afstand tot de zon, maar ook door de luchtlaag rond de aarde, de dampkring. Het verschijnsel dat de dampkring de aarde warm houdt, heet het **broeikaseffect**. Zie figuur 5.16. De gassen die daar vooral voor zorgen zijn waterdamp en koolstofdioxide. Die noem je daarom **broeikasgassen**.

Het broeikaseffect werkt als volgt. De straling van de zon bereikt de aarde. Een derde van deze straling wordt meteen door de dampkring, de wolken en het oppervlak van de oceanen, de woestijnen en de ijsvlaktes weerkaatst. De rest van alle zonnestraling bereikt het aardoppervlak. Vooral het land en de oceanen worden hierdoor verwarmd. Het aardoppervlak straalt de warmte in de vorm van infraroodstraling weer uit. Deze infraroodstraling wordt goed door de broeikasgassen in de dampkring geabsorbeerd. Op deze manier wordt de atmosfeer warm. Uiteindelijk straalt de aarde alle zonne-energie als warmtestraling weer uit. Er komt dus evenveel straling binnen als dat er uitgaat. Dit noem je het **stralingsevenwicht**. De temperatuur op aarde blijft daardoor ongeveer gelijk.



5.16 Het broeikaseffect zorgt op aarde voor een aangename temperatuur.

De koolstofkringloop

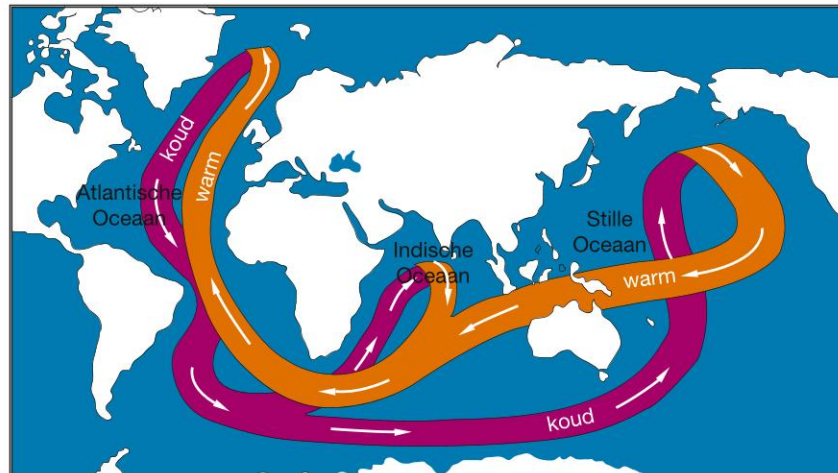
Het voortdurend omzetten en weer ontstaan van koolstofdioxide heet de **koolstofkringloop**. Planten gebruiken energie van de zon om koolstofdioxide om te zetten in biomassa (zoals hout en suiker) en zuurstof. Dieren en mensen verbranden biomassa zodat er weer koolstofdioxide ontstaat. Ook de oceanen en gesteenten nemen veel koolstofdioxide op en geven het weer af. Zo lang de hoeveelheid koolstofdioxide in de lucht ongeveer gelijk is, blijft de gemiddelde temperatuur op de aarde ongeveer gelijk.

De hoeveelheid koolstofdioxide op aarde is echter niet constant. We verbranden steeds meer fossiele brandstoffen en er is een toename van de intensieve veeteelt en van het kappen van regenwouden. Hierdoor wordt de koolstofkringloop verstoord. Er komt daardoor steeds meer koolstofdioxide bij, waardoor de hoeveelheid broeikasgassen toeneemt en de temperatuur op aarde stijgt. Door deze stijging smelten de ijskappen en wordt er ook nog eens minder van de invallende straling weerkaatst: het stralingsevenwicht raakt uit balans. Dit noemt je het **versterkte broeikaseffect**. Hittegolven, droogte, overstromingen, schade aan ecosystemen, bedreiging van de voedselproductie en schade aan de gezondheid worden hierdoor naar verwachting in de toekomst heftiger.

Warmtestromen

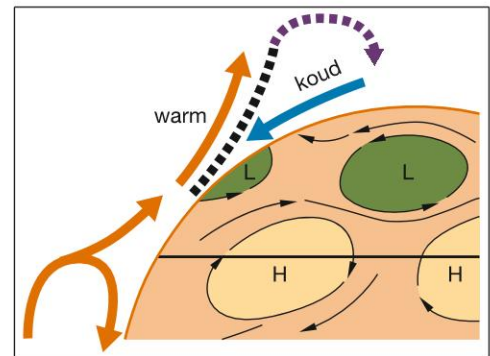
De zonnewarmte is niet eerlijk verdeeld over het aardoppervlak. Op de evenaar is de instraling veel groter dan aan de polen. De waterkringloop verdeelt deze warmte over de gehele aarde. Dit gebeurt door de **golfstromen** in de oceanen. Bij de evenaar zijn de oceanen het warmst. Dit warme water stroomt langs de continenten naar de polen en geeft zijn warmte af aan de atmosfeer door straling en verdamping. Eenmaal bij de polen aangekomen is het water afgekoeld en is de dichtheid toegenomen.

Het water zakt daar naar beneden en stroomt over de oceaanbodem weer terug naar de evenaar. Zie figuur 5.17. De warme golfstroom zorgt bijvoorbeeld in West-Europa voor een mild en vrij nat klimaat.



5.17 De warme en koude golfstroom

Ook de lucht komt in beweging door de grote temperatuurverschillen. De stroming in de lucht volgt een vast patroon: de **algemene circulatie**. Zie figuur 5.18. Bij de evenaar stijgt warme, vochtige lucht boven de oceanen op en ze stroomt dan in de richting van het land en de polen. Over het aardoppervlak wordt de opstijgende lucht bij de evenaar weer aangevuld door koelere, drogere lucht. Boven de polen gebeurt het omgekeerde. Daar daalt koele, droge lucht en ze stroomt over het aardoppervlak in de richting van de evenaar. Deze lucht wordt bovenin aangevuld door relatief warme, vochtige lucht.



5.18 De algemene circulatie verdeelt warmte en vocht en bepaalt de overheersende windrichting.

Samengevat

Via verschillende processen ontstaat koolstofdioxide en het wordt ook weer omgezet. Dit noem je de koolstofkringloop. Koolstofdioxide vormt samen met waterdamp broeikasgasen. Dit zijn gasen in de dampkring die de temperatuur op aarde op een leefbare waarde houden. Ze absorberen infrarode straling en verminderen de uitstraling van aardwarmte. Dit effect heet het broeikaseffect. Door dit broeikaseffect ontstaat er een stralingsevenwicht tussen de ingevallen straling en de uitgezonden warmte. Door toename van de broeikasgasen treedt er een versterkt broeikaseffect op waardoor het stralingsevenwicht wordt verstoord en de aarde opwarmt.

De warmte op aarde wordt vooral verspreid door de algemene circulatie van lucht en de golfstromen.

5.5 Opdrachten

A 52

Juist of onjuist?

- a Het versterkte broeikaseffect warmt de aarde op.
- b Waterdamp is geen broeikasgas.
- c Smeltend ijs draagt bij aan het versterkte broeikaseffect.
- d De warmte op aarde wordt verspreid door stroming.

A 53 H

Leg uit wat wordt bedoeld met de koolstofkringloop.

A 54

- a Leg uit wat het broeikaseffect is.
- b Wanneer is er sprake van een versterkt broeikaseffect?
- c Leg uit wat wordt verstaan onder stralingsevenwicht.

B 55 H

Tropische orkanen ontstaan boven erg warm oceaanwater rond de evenaar. Deze orkanen brengen veel regen naar land. Verklaar hoe dit werkt.

B 56 H

Leg uit waarom het 's nachts koud wordt door gebruik te maken van de straling die op de aarde valt en de warmte die de aarde uitstraalt.

B 57

Geef antwoord op de vraag bij de openingsfoto van deze paragraaf.

B 58

Bossen worden vaak gekapt om plaats te maken voor landbouw. Dit heet ontbossing. Dit wordt ook vaak gedaan door de bossen te verbranden. Geef twee redenen waarom ontbossing door verbranding voor een toename van de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer zorgt.

C 59 V

In het Westland staan veel kassen, broeikassen.

- a Leg uit wat er in zo'n broeikas gebeurt.
- b Geef de overeenkomsten tussen de kassen in het Westland en het broeikaseffect.

C 60

Leg uit of de maan een broeikaseffect heeft.

+ 61 V

Zoek op internet naar de volgende gegevens:

- a de gemiddelde temperatuur op aarde
- b de gemiddelde temperatuur op de maan.

Vergeleken met de temperatuur op andere planeten en manen in ons zonnestelsel liggen de temperaturen van de maan en de aarde redelijk dicht bij elkaar

- c Leg uit waarom deze temperaturen zo dicht bij elkaar liggen.
- d Zoek op hoeveel de gemiddelde temperatuur op aarde is gestegen sinds 1900.
- e Zoek op wat de verwachte gemiddelde temperatuur in Nederland de komende decennia wordt.
- f Waardoor wordt de temperatuurstijging veroorzaakt?

+ 62 V

Verdeel de klas in vier groepen. Elke groep zoekt feiten en argumenten voor de stelling die ze moet verdedigen. In een korte presentatie verdedigt elke groep een stelling. De stellingen zijn:

- Temperatuurverschillen op aarde zijn van alle tijden, dus dit is geen probleem.
- De mens warmt de aarde op en we moeten daar iets aan doen.
- De aarde warmt helemaal niet op; we gaan af op een nieuwe ijstijd.
- Deodorant moet verboden worden; gebruik hiervan heeft een enorme invloed op het versterkte broeikaseffect.

Je kunt nu

- beschrijven wat de koolstofkringloop, het broeikaseffect en de waterkringloop zijn;
- aangeven dat het broeikaseffect mede verantwoordelijk is voor het klimaat op aarde;
- uitleggen dat door stromingen in de oceanen en de atmosfeer een leefbare omgeving op een groot deel van de aarde ontstaat.

Discussievraag

In IJsland zit heet water in de bodem. Dat spuit er soms via geisers uit. Kun je dit water gebruiken om je huis te verwarmen?



Je leert • hoe je warmte kunt opslaan.

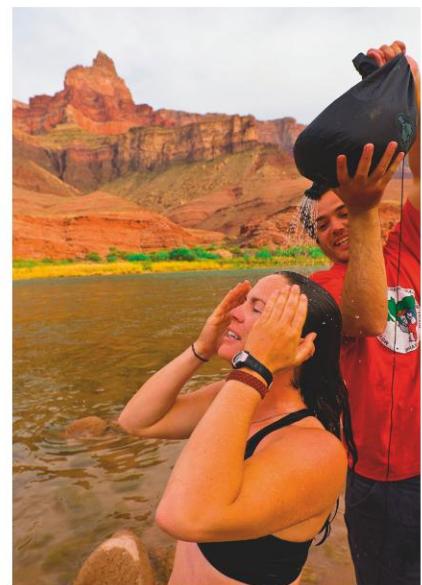
+ 5.6 Warmte opslaan

► Practicum 5

Opslag van warmte

Energie kun je in verschillende vormen opslaan. Bijvoorbeeld in accu's en batterijen. Ook zonne-energie kun je na een omzetting opslaan. Via zonnepanelen wordt de stralingsenergie omgezet in elektrische energie en als chemische energie opgeslagen in accu's. De zon kan ook een zak water verwarmen waarmee je warm kunt douchen. Zie figuur 5.19. In de zak zit een deel van de warmte van de zon opgeslagen om later te gebruiken. Dit noem je het **opslaan van warmte**. Het opslaan van warmte is lastig op het moment dat je grotere hoeveelheden langdurig wilt opslaan. Ook is er vaak veel energieverlies bij het transport.

Warm water zit ook in de bodem van de aarde opgeslagen. Via geisers komt dit water soms de bodem uit spuiten. De vele geisers op hun eiland brachten de IJslanders ertoe om een grote centrale bij Reykjavik te bouwen. Bij deze centrale wordt stoom van 380 °C vanaf een diepte van 2 km omhooggebracht. Deze stoom dient als stadsverwarming en drijft turbines aan die elektrische energie opwekken.



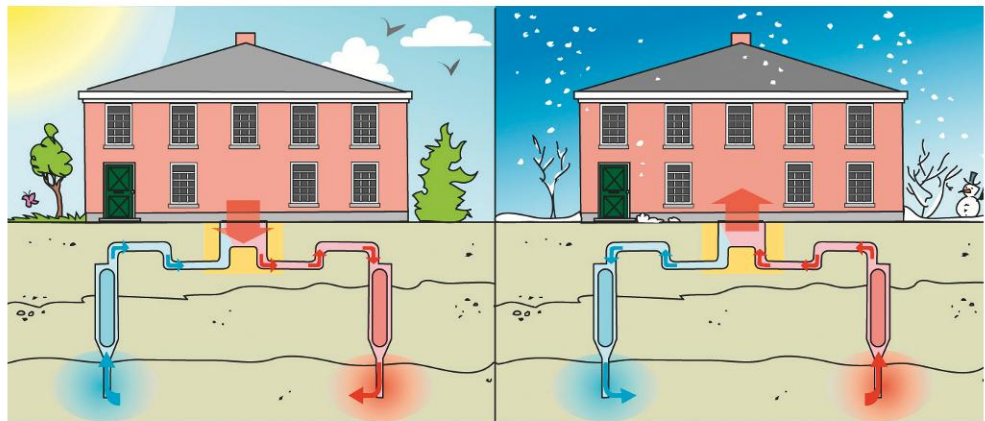
5.19 Heerlijk douchen met door de zon verwarmd water

Warmte uit de aarde met zo'n hoge temperatuur heet ook wel hoogwaardige aardwarmte. Een dergelijke toepassing vergt in Nederland grote investeringen, want op 2 km diepte is de temperatuur op de meeste plaatsen nog niet hoger dan 80 °C.

Warmtepompen

Een **warmtepomp** is een apparaat dat warmte verplaatst van een plaats met een lage temperatuur naar een plaats met een hoge temperatuur. In elke koelkast zit een warmtepomp. In een gesloten circuit laat je aan de binnenzijde van de koelkast eerst een vloeistof verdampen. De ontstane damp wordt vervolgens weggezogen en buiten de koelkast samengeperst (compressie). Daar condenseert hij weer tot de vloeistof die je eerst liet verdampen. Bij het verdampen wordt er warmte onttrokken aan de lucht binnen in de koelkast waardoor deze afkoelt. De warmte wordt meegevoerd door de damp en komt buiten de koelkast bij het condenseren weer vrij. Daar wordt ze aan de omgeving afgegeven. Dit is hetzelfde proces als het verdampen van zweet op je huid. Dit onttrekt warmte uit je lichaam, waardoor je afkoelt.

Een warmtepomp kun je ook toepassen als verwarming van je huis. Daarbij wordt de ondergrond afgekoeld en de daarbij opgenomen warmte in huis afgestaan. Wanneer je een warmtepomp in de zomer gebruikt om het huis te koelen en de ondergrond te verwarmen, bespaar je nog meer op je energiegebruik. Je haalt dan immers de gratis warmte die je in de zomer in de grond hebt gestopt in de winter weer naar boven. Met een warmtepomp maak je gebruik van zogenoemde laagwaardige aardwarmte.



5.20 De werking van een warmtepomp. In de zomer wordt warmte opgeslagen die je in de winter gebruikt om je gebouw te verwarmen.

Warmtekrachtkoppeling

Om energieverlies te verminderen, kun je energie die normaal gesproken als verloren wordt beschouwd nuttig gebruiken. Dit pas je toe bij **warmtekrachtkoppeling**. Dat is een brandstof besparende manier om warmte en elektriciteit tegelijkertijd op te wekken in één proces waarbij beide energievormen op een nuttige manier worden gebruikt. Hierdoor wordt minder brandstof verbruikt. Een voorbeeld: elektriciteitscentrales produceren naast elektriciteit ook veel warmte. Deze warmte wordt meestal via koelvloeistoffen afgevoerd. Die warmte verlies je en dat is zonde. Tuinbouwbedrijven hebben vaak een eigen elektriciteitscentrale. De restwarmte wordt daar gebruikt om de kassen mee te verwarmen.

Samengevat

Warmte kun je opslaan in bijvoorbeeld water. De opgeslagen warmte kun je gebruiken om mee te douchen, maar ook om je huis in de winter mee te verwarmen. Met een warmtepomp kun je grotere hoeveelheden energie langduriger opslaan. Warmtekrachtkoppeling is het nuttig gebruiken van energie die je normaal verliest.

5.6 Opdrachten

A 63

Warmte uit de aarde is hoogwaardig of laagwaardig.

- Wanneer spreek je van hoogwaardige aardwarmte?
- Wanneer spreek je van laagwaardige aardwarmte?
- Waarom wordt in Nederland weinig gebruikgemaakt van hoogwaardige aardwarmte?

B 64

Leg uit wat een warmtepomp doet.

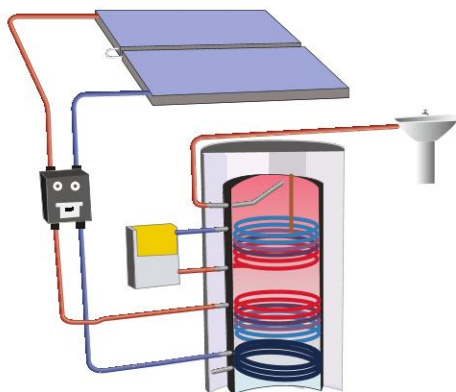
B 65

Warmtekrachtkoppeling gebruik je vaak in de tuinbouw bij de opwekking van elektrische energie.

Leg uit dat hierdoor minder niet-nuttige energie vrijkomt.

B 66

In een zonneboiler verwarm je water met behulp van de zon. Een vloeistof wordt in een gesloten circuit eerst langs een zwarte plaat op het dak geleid en dan door een spiraalbuis in de boiler gepompt. Hieronder is dat weergegeven.



- Leg uit waarom de plaat zwart is gemaakt.
- Geef de vormen van warmtetransport die hierbij optreden.
- Leg uit waarom de waterzak om je mee te douchen zwart is gemaakt.

C 67

Je kunt aardwarmte benutten voor het verwarmen van kassen in het Westland. De temperatuur op enkele tientallen meters diepte in de aarde is 8,1 °C.

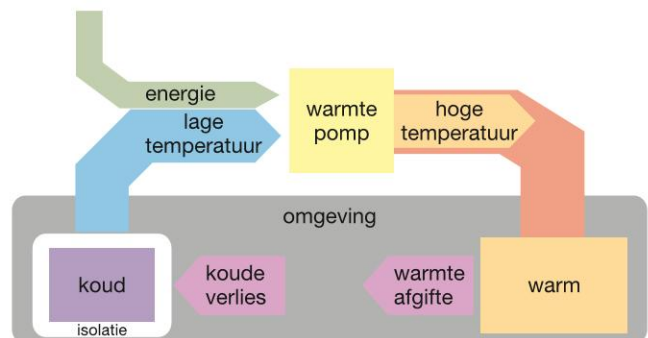
- Leg uit waarom het halen van de warmte uit de aarde niet vanzelf gaat.

Financieel gezien is aardwarmte gebruiken goedkoper dan warmte uit aardgas halen.

- Noem nog twee argumenten waarom aardwarmte de voorkeur heeft boven warmte uit aardgas.

+ 68

Je ziet hieronder een energiestroomdiagram van een koelkast.



- Geef aan welke onderdelen bij de binnenkant van de koelkast horen en welke bij de buitenzijde horen.
- Leg uit of de omgeving warmer of kouder wordt wanneer de koelkast aanstaat.

+ 69

Het mijnwaterproject in Zuid-Limburg is het eerste project in Nederland dat gebruikmaakt van geothermische energie en in het bijzonder uit de voormalige mijnen. Het gangenstelsel van de mijnen is in de jaren 1970 volgelopen met water, dat door de aarde op natuurlijke wijze werd opgewarmd. Beschrijf hoe dit mijnwater een rol speelt in de vermindering van de uitstoot van koolstofdioxide en daarnaast dienstdoet in de klimaatbeheersing in gebouwen.

Je kunt nu

- aangeven hoe een warmtepomp energie opslaat die je later kunt gebruiken;
- uitleggen hoe door gebruik van geothermische energie de productie van koolstofdioxide afneemt;
- uitleggen dat energieverlies via warmtekrachtkoppeling minder wordt.

Practica

1 Brand blussen

► 15 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Als je denkt aan branden blussen, dan denk je meteen aan water. Toch worden ook veel andere methodes gebruikt. In de rode brandblussers zit bijvoorbeeld koolstofdioxide. In dit practicum blus je een waxinelichtje met water en met koolstofdioxide.

Onderzoeksvraag

Kun je een kaars doven met niets?

Voorspelling

Noteer welke voor- en nadelen je verwacht van koolstofdioxide als blusmiddel.

Opstelling en werkwijze



Je hebt nodig:

- waxinelichtje
- lucifers
- bekeerglas
- erlenmeyer
- soda
- theelepel
- azijn

- 1 Zet het waxinelichtje in het bekeerglas.
- 2 Steek het waxinelichtje met de lucifers aan.
- 3 Doe een theelepel soda in de erlenmeyer.
- 4 Giet voorzichtig een beetje azijn in de erlenmeyer. Het gaat borrelen.
- 5 Houd de erlenmeyer met soda en azijn langzaam schuin boven het waxinelichtje (er mag geen azijn uitlopen).
- 6 Noteer wat er gebeurt.
- 7 Giet het bekeerglas in de gootsteen leeg.
- 8 Steek het waxinelichtje weer aan en zet het zonder bekeerglas op tafel neer.
- 9 Doe nogmaals een theelepel soda in de erlenmeyer.
- 10 Giet er weer azijn bij en houd de erlenmeyer weer schuin boven het waxinelichtje (er mag weer geen azijn uitlopen).
- 11 Noteer wat er gebeurt.

Vragen

- a Als je soda en azijn mengt, dan ontstaat het gas koolstofdioxide. Verklaar hiermee je waarnemingen bij stap 6.
- b Vergelijk je waarnemingen bij stap 6 en 11 en leg uit wat de functie van het bekeerglas is bij het blussen met koolstofdioxide.
- c Geef de conclusie.
- d Bij het blussen van branden in of bij elektrische apparatuur wordt geen water gebruikt, maar bijvoorbeeld koolstofdioxide. Leg uit waarom.

2 Melkpoeder

► 15 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Benzine, gas, kolen en hout zijn bekende brandstoffen. Ook minder voor de hand liggende stoffen kunnen branden. Melkpoeder bijvoorbeeld. In dit practicum laat je melkpoeder op een waxinelichtje vallen om een grote vlam te maken.

Onderzoeksvraag

Hoe krijg je een zo groot mogelijke vlam bij het verbranden van melkpoeder?

Voorspelling

Noteer of je verwacht dat je melkpoeder beter met een paar korrels of met een hele schep tegelijk over de kaars kunt laten vallen om een zo groot mogelijke vlam te krijgen.

Je hebt nodig:

- een waxinelichtje
- een vel papier
- een theelepel
- koffiemoes/melkpoeder

Opstelling en werkwijze

- 1 Plaats het waxinelichtje op het vel papier.
- 2 Steek het waxinelichtje aan.
- 3 Neem een theelepel koffiemoes.
- 4 Strooi voorzichtig vanaf ongeveer een meter boven de vlam een heel klein beetje poeder op de vlam.
- 5 Noteer wat je waarneemt.
- 6 Laat nu in één keer alle koffiemoes van de theelepel op de vlam vallen (nog steeds vanaf ongeveer een meter hoog).
- 7 Noteer wat je waarneemt.
- 8 Probeer nu de koffiemoes met verschillende snelheden op de vlam te laten vallen door de lepel op verschillende manieren schuin te houden. Probeer een zo groot mogelijke vlam te krijgen.
- 9 Gooi als je klaar bent het papier met de koffiemoes in de prullenbak.



Vragen

- a Leg uit waarom er geen (grote) vlam ontstaat als je het poeder heel langzaam over de vlam strooit.
- b Leg uit waarom er geen (grote) vlam ontstaat als je al het poeder tegelijk op de vlam laat vallen.
- c Geef de conclusie.
- d Klopte je voorspelling?

3 Geleiding

► **35 minuten**
leerlingpracticum

Inleiding

Sommige vloeren voelen koud aan, bijvoorbeeld steen, zeil en laminaat. Andere vloeren voelen warm aan, bijvoorbeeld tapijt. Dit verschil is er ook als de vloeren precies dezelfde temperatuur hebben. Hoe warm of koud een vloer aanvoelt, hangt af van hoe goed de vloer warmte geleidt. In dit practicum onderzoek je hoe snel een ijsklontje smelt op verschillende ondergronden.

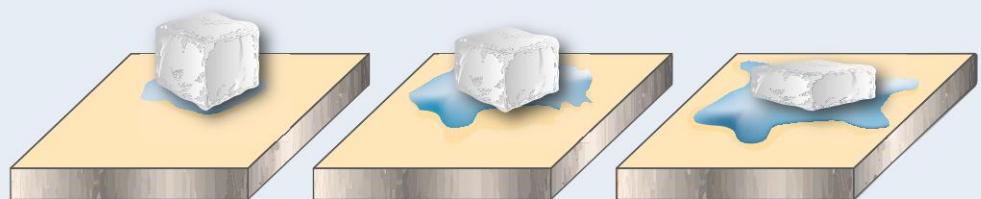
Onderzoeksvraag

Welke materialen geleiden warmte het beste?

Voorspelling

Noteer drie materialen waarvan je verwacht dat ze de warmte goed geleiden en drie materialen waarvan je verwacht dat ze de warmte slecht geleiden.

Opstelling en werkwijze



Je hebt nodig:

- drie ijsklontjes
- drie elastiekjes
- houten plankje
- metalen plaat
- tegel
- klok of stopwatch

- 1 Leg op alle drie de materialen een stukje elastiek.
- 2 Leg in alle drie de elastiekjes een ijsklontje (door het elastiek glijden de klontjes niet weg).
- 3 Neem onderstaande tabel over. Ga door tot dertig minuten.
- 4 Noteer om de vijf minuten hoeveel van het ijsklontje al gesmolten is.

tijd (min)	houten plankje	metalen plaat	tegel
0	0% gesmolten	...	
5	...		
...			

Vragen

- a Leg uit dat het ijsklontje sneller smelt op een ondergrond die beter warmte geleidt.
- b Geef de conclusie.
- c Voel aan de drie verschillende ondergronden. Welke voelt het koudst?
- d Leg uit waarom het plankje dat het beste de warmte geleidt het koudst aanvoelt.
- e Is geleiding door de ondergrond de enige manier waarop warmte het ijsklontje bereikt? Zo nee, noem de belangrijkste andere manier.

4 Ontwerpwedstrijd isolatie

► **45 + 15 minuten**
ontwerpopdracht

Je hebt nodig:

- plastic bekertje
- water van 75 °C
- materiaal om te isoleren
- thermometer
- weegschaal

Inleiding

In een goed geïsoleerde thermoskan blijft warme thee lang warm en koude cola lang koud. In dit practicum ontwerp je zelf een beker die water van 75 °C zo lang mogelijk warm houdt.

Opdracht

Ontwerp een zo goed mogelijke isolatie voor een plastic bekertje. Probeer alle drie de vormen van warmtetransport tegen te gaan. De lege, geïsoleerde beker mag in totaal niet meer dan 75 g wegen.

- 1 Stel het programma van eisen (PvE) op.
- 2 Maak een ontwerp en laat dit controleren door je docent
- 3 Bouw een prototype.
- 4 Weeg de beker. Als hij zwaarder is dan 75 g pas je de beker aan totdat hij wel 75 g weegt.

Het is het leukst als je de volgende stap tegelijk met de hele klas uitvoert.

- 5 Test je prototype door er 100 mL water van ongeveer 75 °C in te gieten. Meet direct na het inschenken de temperatuur van het water en meet na een kwartier opnieuw de temperatuur.
- 6 Bereken hoeveel het water in iedere beker is afgekoeld en bepaal welke beker het beste is geïsoleerd.
- 7 Stel zo nodig je ontwerp bij.

5 Broeikaseffect

- 45 minuten
leerlingpracticum
► Vaardigheid 4

Inleiding

De aarde wordt op temperatuur gehouden door het broeikaseffect. De naam komt van de broeikas. Dat is een glazen schuur waarin groenten, fruit of bloemen worden verbouwd. In dit practicum vergelijk je een aantal broeikassen met elkaar.

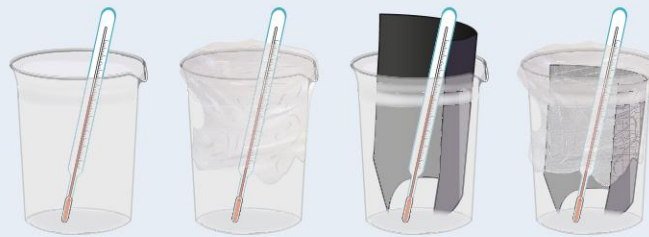
Onderzoeksvraag

In welke 'broeikas' is het broeikaseffect het grootst?

Voorspelling

Noteer welke van de vier 'broeikassen' in de figuur hieronder je verwacht dat de hoogste temperatuur bereikt.

Opstelling en werkwijze



Je hebt nodig:

- vier beker glazen
- vier thermometers
- plastic folie
- zwart papier
- een sterke lamp
- liniaal
- stopwatch/klok
- satéprikker

Je maakt nu vier verschillende 'broeikassen'. Je docent kan er ook voor kiezen om iedereen maar één broeikas te laten maken. Je vergelijkt dan je resultaten met groepjes die andere 'broeikassen' hebben gemaakt.

- 1 Plaats in twee van de beker glazen een vel zwart papier tegen de wand. Zorg dat het papier ongeveer de helft van de wand bedekt.
- 2 Dek één leeg beker glas en één beker glas met een zwart papier af met plastic folie.
- 3 Prik met de satéprikker een gaatje in het folie van de twee afgedekte beker glazen. Plaats door de gaatjes voorzichtig een thermometer. Plaats ook een thermometer in de twee niet afgedekte beker glazen.
- 4 Neem de onderstaande tabel over. Meet om de vijf minuten. Ga door tot dertig minuten.

tijd (min)	$T_{\text{beker glas 1}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{beker glas 2}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{beker glas 3}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{beker glas 4}} (^{\circ}\text{C})$
0	leeg	leeg afgedekt	zwart papier	zwart papier afgedekt
...				

- 5 Lees de temperatuur af en noteer die in de eerste rij.
- 6 Zet alle beker glazen dicht bij de lamp. Zorg dat alle beker glazen even ver van de lamp af staan. Zet de beker glazen met zwart papier met de open kant naar de lamp.
- 7 Zet de lamp aan en meet iedere vijf minuten de temperatuur en noteer deze in de tabel.

Vragen

Neem eventueel de metingen over van de groepjes met een andere broeikas.

- a Welke vorm van warmtetransport wordt tegengehouden door het folie op het beker glas?
- b Leg uit waarom de temperatuur in de potten met zwart papier sneller stijgt.
- c Geef de conclusie en vergelijk die met je voorspelling.
- d Zet je metingen uit in een grafiek met de tijd op de horizontale as. Leg uit of de temperatuur iedere vijf minuten even sterk toe neemt.

Oefentoets

Juist of onjuist?

- 1 Energie gaat nooit verloren.
- 2 De zon levert elektrische energie.
- 3 De eenheid van warmte is °C.
- 4 Reactieproducten zijn de stoffen die na een reactie ontstaan.
- 5 Bij geleiding is er geen tussenstof nodig.

Energieomzettingen

- 6 Leg uit waarom je in de natuurkunde niet spreekt van verloren energie, maar wel van niet-nuttige energie.

Een gloeilamp zet elektrische energie om in licht en warmte.

- 7 Teken een energiestroomdiagram voor een gloeilamp en teken de pijlen in ongeveer de juiste verhoudingen.

Verbranden

Bij de verbranding van papier ontstaan water en koolstofdioxide.

- 8 Geef het reactieschema van deze verbranding.

Melkpoeder is niet brandbaar. Toch kan het branden als je het verstrooit boven een brander.

- 9 Hoe komt het dat de melkpoeder dan wel brandt?

Branden blussen

Als je een vlam in de pan hebt, wil je deze zo snel mogelijk blussen.

- 10 Wat is de beste manier hiervoor?

Als je zelf tijdens een practicum vlam vat, is het niet verstandig om door het lokaal te rennen.

- 11 Waarom is dat niet verstandig? Geef minimaal twee redenen.
- 12 Neem onderstaande tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Zet een kruisje in het vak als het van toepassing is.

	volledige verbranding	onvolledige verbranding
blauwe vlam		
gele vlam		
onvoldoende zuurstof		
koolstofdioxide		
roet		
koolstofmonoxide		

Warmtetransport

Alle lucht in een kamer wordt warm, hoewel lucht slecht geleidt.

- 13 Leg dit uit.

Een hond ligt liever op een stoel dan in zijn mand.

- 14 Waarom is dat zo?

Isoleren

Een dikke wollen trui kan erg warm zijn.

- 15 Hoe komt dat?
- 16 Waarom gaan je haren recht overeind staan als je kippenvel hebt?

Warmtestraling

- 17 Hieronder zie je een foto waarbij het infrarode licht is vertaald naar zichtbare kleuren. Hoe kun je herkennen of iemand op de foto koorts heeft?



Warmtedoorlating

- 18 Je staat met één voet op een tegel en met je andere voet op een dekentje. Waarom voelt de tegel kouder aan?

Warmtehuishouding van de aarde

- 19 Hoe zorgt het broeikaseffect voor een aangename temperatuur op aarde?
Als er een versterkt broeikaseffect is, is het broeikaseffect verstoord.
- 20 Noem drie zaken die bijdragen tot die verstoring. Leg ook uit waarom deze zaken bijdragen aan de verstoring.

Warmte opslaan

- +21 Hoe zorgt warmtekrachtkoppeling voor minder versterkt broeikaseffect?
- +22 Leg uit hoe je met een warmtepomp op de energierekening van je huis kunt besparen.



6 Elektriciteit



In Nederland lopen elektriciteits- en telefoonleidingen grotendeels ondergronds. In sommige andere landen lopen veel leidingen bovengronds. Op de foto zie je Palestijnse meisjes die in de Palestijnse stad Ramallah onder de elektriciteitsleidingen door rennen. De draden lijken vanuit alle richtingen in één grote knoop samen te komen.

Voor een onderhoudsmonteur een grote uitdaging: welke draad hoort waarbij?

Paragraaf

Practica



Overall online

6.1 Spanningsbronnen

6.2 Stroomkringen

6.3 Serie- en parallelschakeling

6.4 Veiligheid

6.5 Elektrische energie

+6.6 Elektriciteit in het lichaam

Oefentoets

1 Geleiders en isolatoren

2 Stroomsterkte meten

3 Een serieschakeling

4 Een parallelschakeling

5 Onderzoek: werking van een zekering

Alle teksten en opdrachten uit dit boek vind je terug op Overall online. Hier vind je ook filmpjes, animaties, extra uitleg en oefening, oefentoetsen en extra practica.

Discussievraag

De Hubble ruimtetelescoop maakt sinds 1990 schitterende foto's van verre sterrenstelsels. Waar haalt deze telescoop zijn energie vandaan?



Je leert

- wat nodig is om een elektrisch apparaat te laten werken.

6.1 Spanningsbronnen

Elektrische energie

Electriciteit speelt een belangrijke rol in je leven. Zonder elektriciteit werkt je telefoon niet, kun je niet met je pinpas betalen, niet tv-kijken, niet onder een lamp een boek lezen. Dat is allemaal erg vervelend, maar het kan nog veel erger. Zonder elektriciteit werkt de apparatuur in een ziekenhuis niet, kan het waterbedrijf geen drinkwater produceren en kunnen de waterpompen het regenwater in Nederland niet wegpompen; Nederland zal langzaam maar zeker onder water komen te staan.

Alle apparaten die hierboven staan genoemd, hebben **elektrische energie** nodig om te werken. Energiecentrales zetten energie van gas, kolen, wind, water en zon om in elektrische energie. Het elektriciteitsnetwerk transporteert deze elektrische energie naar jouw huis. In dit hoofdstuk leer je hoe elektriciteit werkt en hoe je er thuis veilig mee om kunt gaan.



6.1 Vroeger pompten windmolens het water weg, tegenwoordig gaat dit elektrisch.

Spanningsbronnen

Elektrische apparaten kunnen alleen functioneren als ze elektrische energie krijgen. Een **spanningsbron** zorgt voor de energie die een elektrisch apparaat nodig heeft om te werken. Een fietslamp krijgt energie uit een batterij, een smartphone uit een accu en een ventilator uit een stopcontact. Zie figuur 6.2.



6.2 Een elektrisch apparaat sluit je aan op een spanningsbron.

Een spanningsbron heeft twee aansluitpunten. Dat zijn de **polen** van de spanningsbron. Bij batterijen en accu's heet de ene pool de pluspool en de andere de minpool. In figuur 6.3 zie je batterijen waarop de plus- en de minpool staan aangegeven.

In de tabel van figuur 6.4 staan veelgebruikte spanningsbronnen en de spanning die ze leveren. De **spanning** van de spanningsbron bepaalt hoeveel energie de spanningsbron kan leveren. Het symbool voor spanning is U , de eenheid van spanning is volt (V).



6.3 Iedere batterij heeft een pluspool en een minpool.

spanningsbron	spanning (V)
stopcontact (in Europa)	230
staafbatterij	1,5
blokbatterij	9
accu van een smartphone	2,4 - 4,2
accu van een auto	12

6.4 Spanningsbronnen leveren niet allemaal dezelfde spanning.

Stopcontacten in Nederland en in de meeste Europese landen leveren een spanning van 230 V. Op de blokbatterijen in figuur 6.3 staat dat deze een spanning leveren van 9 V. Een stopcontact kan dus meer energie leveren dan de batterij. Hoogspanningsmasten hebben een spanning van enkele duizenden volt. Hier is het gebruikelijk om de spanning in kV (kilovolt) te geven. 1 kV is gelijk aan 1000 V.

Je kunt apparaten niet op elke spanningsbron aansluiten.

Als je een apparaat op een te lage spanning aansluit, werkt het apparaat niet of niet goed.

Als je een apparaat op een te hoge spanning aansluit, kan het apparaat stukgaan.

De ventilator uit figuur 6.2 werkt alleen op 230 V. De smartphone werkt alleen goed als de accu een spanning heeft van 3,7 V.

Spanning meten

Je kunt spanning meten met een **voltmeter** of spanningsmeter. Zie figuur 6.5. Elke voltmeter bestaat onder andere uit een aansluitpunt 'min' (in figuur 6.5 zwart) en een aansluitpunt 'plus' (in figuur 6.5 rood). Je meet de spanning van een spanningsbron door de pluspool met een 'plus' aansluitpunt van de voltmeter te verbinden. De minpool verbind je met het 'min' aansluitpunt.



6.5a Een voltmeter. De keuze van de rode aansluiting bepaalt het meetbereik.



6.5b Een digitale voltmeter. De stand van de draaischijf bepaalt het meetbereik.

De maximale waarde die je kunt meten, is het **meetbereik**. Bij de voltmeter in figuur 6.5a geeft het getal dat bij het aansluitpunt staat aan wat het meetbereik is. Gebruik je het aansluitpunt 15 V, dan kun je maximaal een spanning meten van 15 V. Je leest dan af op de schaalverdeling die loopt tot 15 V. Bij de digitale voltmeter in figuur 6.5b bepaalt de stand van de draaischijf het meetbereik.

Samengevat

Een spanningsbron levert de energie die een elektrisch apparaat nodig heeft. De spanning U druk je uit in de eenheid volt (V). Hoe groter de spanning van de spanningsbron, hoe meer energie de spanningsbron kan leveren. Met een voltmeter kun je de grootte van de spanning meten. Het meetbereik is de maximale waarde die je kunt meten.

6.1 Opdrachten

A 1

Juist of onjuist?

- a Een accu heeft een pluspool en een minpool.
- b De eenheid van spanning is volt.
- c De spanning van een accu kun je met een voltmeter meten.
- d Het symbool voor spanning is V.

A 2 H

Geef aan op welke spanningsbronnen de volgende apparaten werken:

- a ventilator
- b fietslamp
- c smartphone

B 3 H

Stel dat de elektriciteit in jouw gemeente uitvalt. Leg uit of je de volgende activiteiten nog zonder elektriciteit kunt doen.

- a 's avonds een boek lezen
- b een warme douche nemen
- c internetten op een tablet
- d met de trein reizen
- e eten koken

B 4 H

Zet de volgende spanningsbronnen op volgorde van spanning van hoog naar laag.



stopcontact staafbatterij blokbatterij autoaccu

B 5

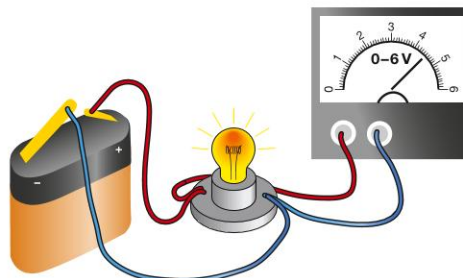
Grote spanningen kun je ook uitdrukken in kilovolt (kV), kleine spanningen in millivolt (mV). Reken om:

- a $230 \text{ V} = \dots \text{ kV}$
- b $2,5 \text{ kV} = \dots \text{ V}$
- c $0,0015 \text{ kV} = \dots \text{ V}$
- d $50 \text{ mV} = \dots \text{ V}$
- e $0,49 \text{ V} = \dots \text{ mV}$
- f $0,07 \text{ kV} = \dots \text{ mV}$

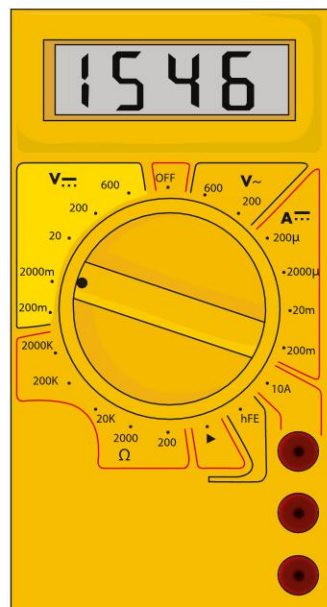
B 6

Geef aan welke spanning de meters aangeven.

a



b



c



Sven zegt dat hij de voltmeter uit opdracht c beter op een ander bereik in kan stellen.

d Leg uit of Sven gelijk heeft of niet.

B 7

Je hebt een zaklamp waar een 9 V blokbatterij in moet. Je haalt het lampje uit deze zaklamp en sluit het aan op verschillende spanningsbronnen. Geef aan wat er met het lampje gebeurt als je het aansluit op de volgende spanningsbronnen:

- a** een 1,5 V batterij
- b** een 9 V batterij
- c** een 24 V accu
- d** een stopcontact

C 8

In landen als Canada en Amerika staat op stopcontacten een spanning van 110 V. Corien neemt haar haardroger mee op vakantie naar Canada.

- a** Wat gebeurt er als ze de haardroger aansluit op een stopcontact in Canada?
 - A Het apparaat gaat stuk.
 - B Het apparaat werkt normaal.
 - C Het apparaat werkt niet of niet goed, maar gaat niet stuk.

Martijn woont in Amerika en verhuist naar Nederland. Hij wil graag zijn in Amerika gekochte stofzuiger meenemen.

- b** Wat gebeurt er als hij de stofzuiger in Nederland op het stopcontact aansluit?
 - A Het apparaat gaat stuk.
 - B Het apparaat werkt normaal in Nederland.
 - C Het apparaat werkt niet of niet goed, maar gaat niet stuk.

C 9 V

Eigenlijk is een stopcontact geen spanningsbron.

- a** Leg uit waarom dat zo is.
- b** Leg uit wat in dit geval wel de spanningsbron is.

C 10 V

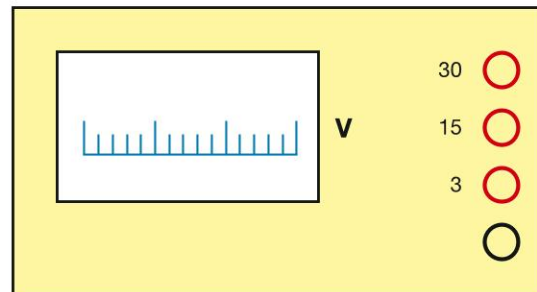
De elektrische energie die je in huis verbruikt, komt van een elektriciteitscentrale. Een elektriciteitscentrale wekt elektrische energie op met turbines. Turbines zijn heel grote dynamo's (die ken je in het klein van je fiets). In een elektriciteitscentrale drijft stoom de turbine aan. Daarvoor heb je veel brandstof nodig zoals kolen of gas.

Naast kolen en gas zijn er ook duurzame energiebronnen.

- a** Noem er twee.
- b** Waarom is het nodig te zoeken naar duurzame energiebronnen?

C 11

Hieronder zie je een spanningsmeter. Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Teken voor de volgende spanningen de snoeren en teken de wijzer.



- a** 19 V
- b** 0,75 V

+ 12 V

Hieronder zie je een laptopadapter. Deze adapter gebruik je om je laptop op te laden.

- a** Leg uit wat een adapter doet met de spanning die van het stopcontact komt.
- b** Leg uit waarom dit nodig is.



Je kunt nu

- uitleggen wat een spanningsbron is;
- aangeven of een apparaat wel of niet werkt als je het op een bepaalde spanningsbron aansluit;
- voorbeelden van spanningsbronnen geven;
- de spanning van een spanningsbron meten;
- volt gebruiken als eenheid van spanning.



Discussievraag

Het apparaat op de foto is een zenuwspiraal. Bij een zenuwspiraal moet je zo snel mogelijk een ring langs een buis bewegen zonder de buis te raken. Als je de buis raakt, dan klinkt een zoemer en ben je af.

Wat heb je nodig om een zenuwspiraal te maken?

Je leert • hoe je een stroomkring maakt.

6.2 Stroomkringen

► Practicum 1

Elektrische stroom

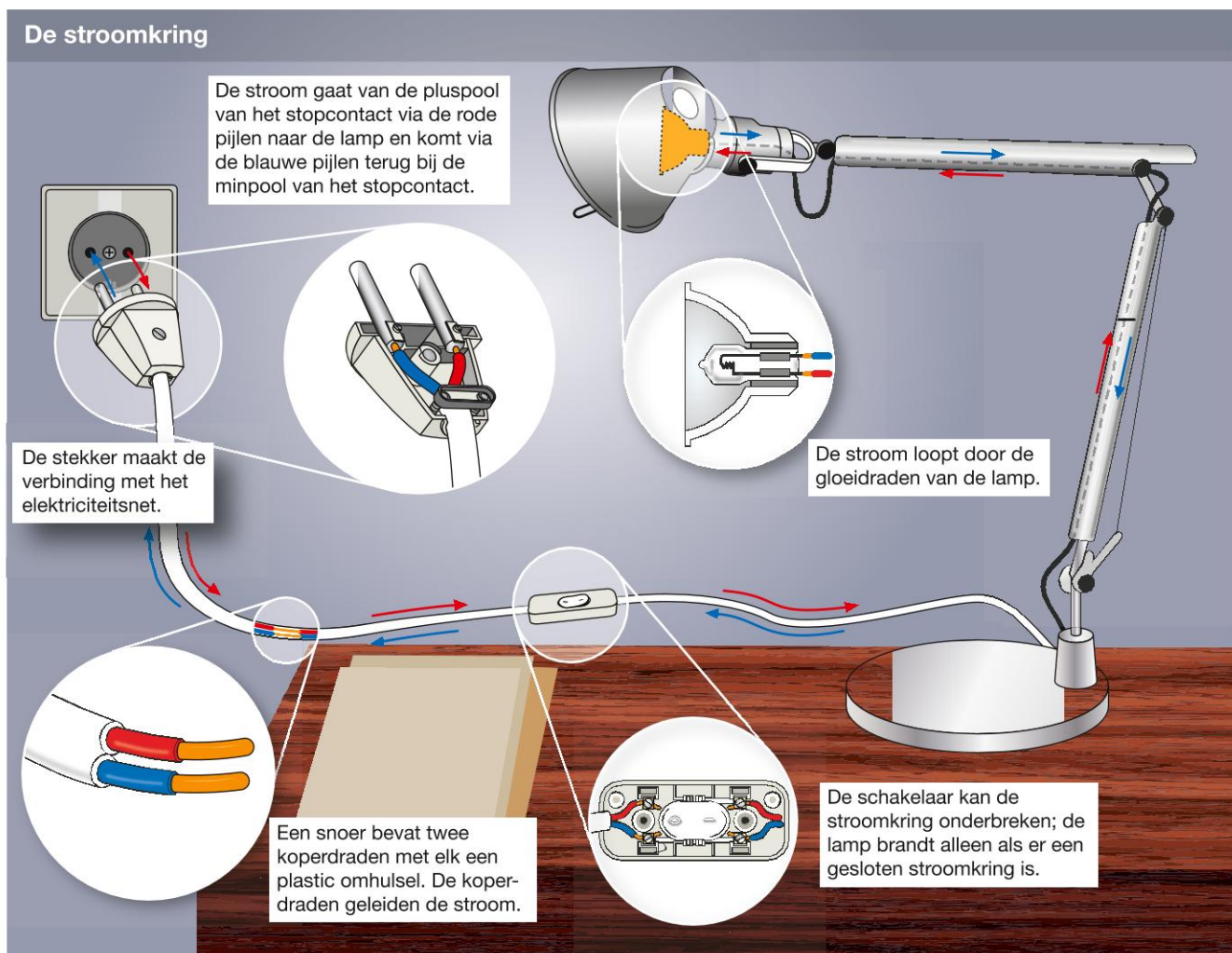
Om een elektrisch apparaat te laten werken, sluit je het met een snoer aan op een spanningsbron. De spanningsbron zorgt ervoor dat er **elektrische stroom** gaat lopen. De elektrische stroom transporteert de elektrische energie naar het apparaat.

De stroomdraden in het snoer geleiden de elektrische stroom. Een **geleider** is een stof waar een elektrische stroom gemakkelijk doorheen gaat. Voorbeelden van geleiders zijn: metalen (bijvoorbeeld ijzer, aluminium, koper, goud, zilver), brons, drinkwater en koolstof. Een **isolator** is een stof waar een elektrische stroom niet of heel moeilijk doorheen gaat. Voorbeelden van isolatoren zijn: plastic, glas, hout en lucht.

Een elektriciteits snoer bestaat vanbinnen uit koperdraden (geleider) met een buitenkant van kunststof (isolator). Zie figuur 6.6. Door het koper kan de elektrische stroom gemakkelijk door de draad lopen. Om de koperdraad zit een isolator om te zorgen dat de stroom niet naar je lichaam loopt als je het snoer vastpakt.

Stroomkring

In figuur 6.6 zie je een lampje dat is aangesloten op een stopcontact. Eén pin van de stekker is op de pluspool aangesloten. De elektrische stroom gaat van deze pluspool via de draden, naar de schakelaar, naar het lampje, en uiteindelijk naar de minpool van de stekker. Lampje, schakelaar, snoeren en stopcontact vormen samen een **stroomkring**. Een elektrische stroom kan alleen lopen als de stroomkring niet onderbroken is. Je hebt dan een **gesloten stroomkring**. Als je in figuur 6.6 de stroomkring ergens onderbreekt, bijvoorbeeld door de schakelaar te openen, dan kan er geen stroom meer lopen en gaat het lampje uit. Je noemt dit een onderbroken of open stroomkring.



6.6 Het lampje brandt als de stroomkring gesloten is.

De elektrische stroom is een gevolg van de spanning van de bron. De grootte van de elektrische stroom noem je de **stroomsterkte**. Het symbool voor stroomsterkte is I , de eenheid van stroomsterkte is ampère (A). De stroomsterkte is afhankelijk van de spanning. Er geldt: hoe hoger de spanning van de batterij is, hoe groter de stroomsterkte. De stroomsterkte hangt ook af van het apparaat dat je op de spanningsbron aansluit. Het ene apparaat laat de elektrische stroom gemakkelijker door dan het andere.

Bij het opladen van je telefoon is de stroomsterkte ongeveer 1 A. Als een auto start, dan loopt een elektrische stroom met een stroomsterkte van enkele tientallen ampères van de accu naar de startmotor en terug. De stroomsterkte in de lampen thuis is kleiner dan 1 A. Bij zulke kleine stroomsterktes is het handiger om de stroomsterkte in milliampère (mA) te schrijven. 1 mA is gelijk aan 0,001 A.

Je kunt de stroomsterkte met een stroommeter of **ampèremeter** meten. Een ampèremeter sluit je aan door de stroomkring te onderbreken en de ampèremeter in de kring op te nemen. Hiermee sluit je de stroomkring weer. De ampèremeter kun je in de stroomkring voor of achter het lampje aansluiten. Net als de voltmeter (figuur 6.5) heeft een ampèremeter een aansluitpunt 'min' en een aansluitpunt 'plus'. Het getal bij het aansluitpunt of de waarde bij de draaischijf bepaalt het meetbereik.

► Practicum 2

Schakelschema

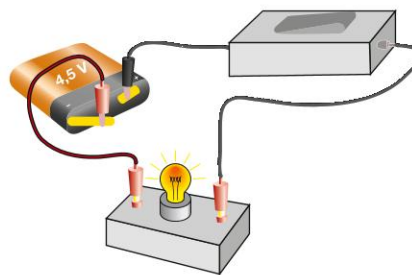
Een **schakeling** bestaat uit elektrische onderdelen die met elkaar zijn verbonden. Elektrische onderdelen zijn bijvoorbeeld een spanningsbron, een lampje of een schakelaar. De draden verbinden deze onderdelen. Om een tekening van een schakeling te maken gebruik je symbolen voor de verschillende onderdelen in de schakeling. De symbolen uit figuur 6.7 zijn wereldwijd afgesproken. Een **schakelschema** is een eenvoudige tekening van een schakeling waarin je symbolen gebruikt. In een schakelschema zie je duidelijk hoe een schakeling in elkaar zit. Zie figuur 6.8.

onderdeel	symbool
spanningsbron	
schakelaar	
lamp	
led-lamp	
snoer	
voltmeter	
ampèremeter	

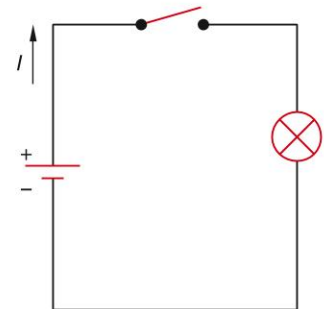
6.7 Elektrische symbolen



a Een lamp is via een schakelaar met een spanningsbron verbonden.



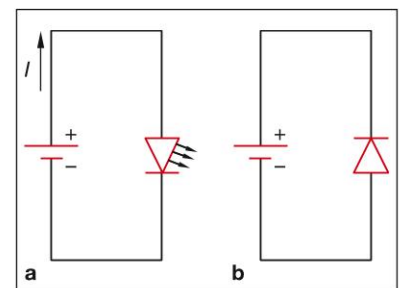
b Als de stroomkring gesloten is, brandt het lampje.



c Het schakelschema bevat alleen symbolen.

6.8 Een schakelschema

In figuur 6.7 zie je ook het symbool van een bijzondere lamp; de led. Het bijzondere aan deze lamp is dat de stroom er maar in één richting doorheen kan. In de doorlaatrichting (figuur 6.9a) kan de stroom door de led en geeft ze licht. In de sperrichting (6.9b) loopt er geen stroom en geeft de led geen licht. Het symbool van de led lijkt een beetje op een pijl; als de stroom in dezelfde richting loopt als waar de pijl naar wijst, dan staat de led in de doorlaatrichting.



6.9 Een led in de doorlaatrichting (a) en de sperrichting (b)

Samengevat

Een elektrisch apparaat werkt alleen in een gesloten stroomkring met daarin een spanningsbron. Geleiders zijn stoffen waar de elektrische stroom gemakkelijk doorheen loopt. Door een isolator loopt geen elektrische stroom. De stroomsterkte is de grootte van de elektrische stroom. Stroomsterkte druk je uit in de eenheid ampère (A) en meet je met een ampèremeter. Een stroomkring teken je overzichtelijk met een schakelschema. Een led kan de stroom maar in één richting doorlaten.

6.2 Opdrachten

A 13

Juist of onjuist?

- a Elektrische stroom is hetzelfde als spanning.
- b Voor een elektrische stroom heb je een geleider nodig.
- c De symbolen in schakelschema's zijn overal ter wereld hetzelfde.
- d In een open stroomkring kan elektrische stroom lopen.
- e De eenheid van stroomsterkte is ampère.
- f Een led laat maar in één richting stroom door.

A 14 H

- a Geef drie voorbeelden van isolerende stoffen.
- b Geef drie voorbeelden van geleidende stoffen.

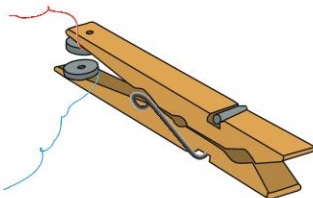
A 15 H

Een fietslamp werkt op een batterij. Hoe loopt de elektrische stroom als de lamp brandt?

- A De stroom loopt dan van de pluspool via de lamp naar de minpool.
- B De stroom loopt dan van de minpool via de lamp naar de pluspool.
- C Dat kan allebei.

B 16 H

Van een houten wasknijper en twee punaises kun je een schakelaar maken.



- a Leg uit welke onderdelen van deze schakelaar geleiders zijn.
- b Leg uit welke onderdelen isolatoren zijn.

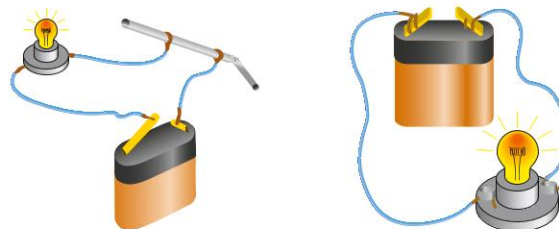
B 17

Een kleine elektrische stroom kun je ook uitdrukken in milliampère (mA). $1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$. Reken om.

- a $230 \text{ mA} = \dots \text{ A}$
- b $2,5 \text{ A} = \dots \text{ mA}$
- c $400 \text{ mA} = \dots \text{ A}$
- d $0,0015 \text{ A} = \dots \text{ mA}$

B 18 H

Leg uit of de volgende stroomkringen onderbroken of gesloten zijn.

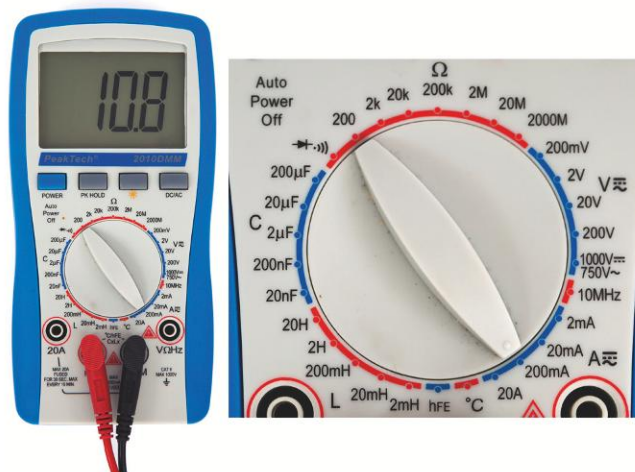


B 19

Lees de ampèremeters af.

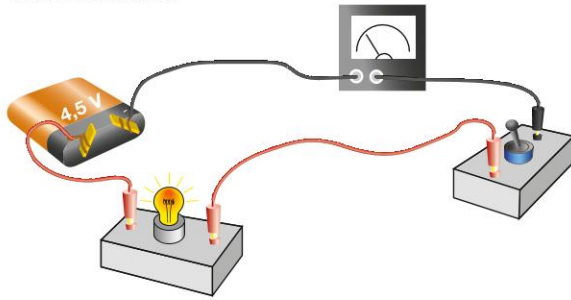


b



B 20

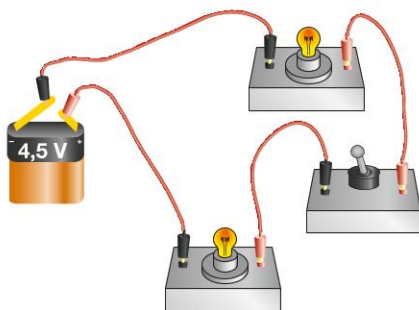
In de figuur zie je een schakeling met een batterij, een lampje, een ampèremeter en een schakelaar. Teken het schakelschema.

**C 21 V**

In het snoer van een krultang zitten twee draden. Leg uit waarom één draad niet voldoende is.

C 22

a Teken het schakelschema van de volgende schakeling.



Je sluit de schakelaar, beide lampjes gaan branden.

b Geef in het schakelschema de richting van de elektrische stroom aan.

c Leg uit wat er gebeurt met het onderste lampje als je alleen het bovenste lampje losdraait.

Je wilt de stroomsterkte door het onderste lampje meten.

d Teken een schakelschema waarmee je dit kunt doen.

Je vervangt het onderste lampje door een led. Je sluit de schakelaar en de led brandt.

e Teken het schakelschema van deze stroomkring.

C 23 V

Leg uit of lucht een geleider is of een isolator.

C 24

Bij schrikdraad is de geleidende draad verbonden met één pool van een spanningsbron. Als je tegen schrikdraad aan plast, kun je een behoorlijke schok krijgen.

Leg uit hoe er een gesloten stroomkring ontstaat als je tegen schrikdraad aan plast.

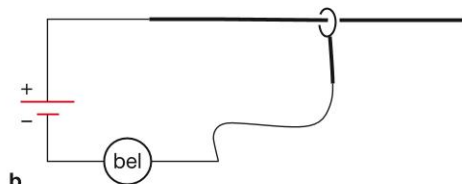
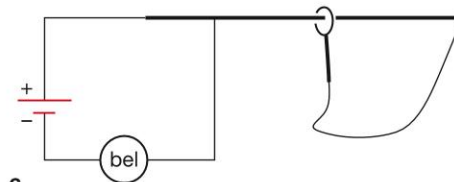
+ 25 V

De batterijen in Lili's computermuis hebben gelekt. Ze vervangt de batterijen, maar de muis doet het nog steeds niet. Als ze de restjes groene smurrie uit het batterijvakje wegpoetst, doet de muis het wel. Leg uit hoe dat kan.

+ 26 V

Kijk nog eens naar de foto van de zenuwspiraal aan het begin van deze paragraaf. Bij een zenuwspiraal moet je zo snel mogelijk een ring langs een buis bewegen zonder de buis te raken. Als je de buis raakt, dan klinkt een bel en dan ben je af.

Leg uit welk schakelschema het schakelschema van een zenuwspiraal is.

**a****b****c**

Je kunt nu

- het verschil tussen geleiders en isolatoren noemen;
- voorbeelden van geleiders en isolatoren noemen;
- nagaan of een stroomkring gesloten is;
- een schakelschema tekenen;
- ampère en milliampère in elkaar omrekenen.

Discussievraag

Bij een outdoor LAN-party zijn vele honderden computers via een netwerk met elkaar verbonden.

Zijn alle computers in serie of parallel op het elektriciteitsnet aangesloten?



Je leert • hoe je meerdere apparaten op één spanningsbron kunt aansluiten.

6.3 Serie- en parallelschakeling

► Practicum 3

Serieschakeling

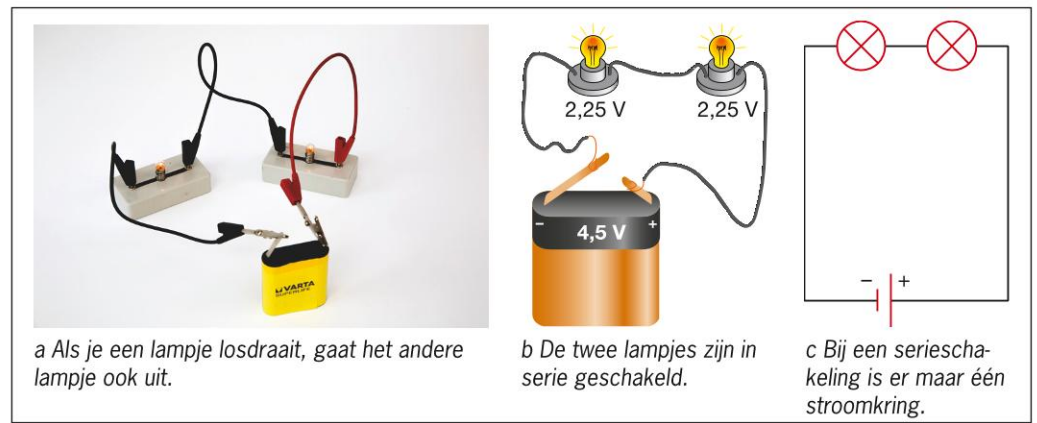
In figuur 6.10a zie je twee lampjes die op een batterij zijn aangesloten. De lampjes zitten in dezelfde stroomkring. In een **serieschakeling** zitten alle lampjes achter elkaar in dezelfde stroomkring. Er is maar één route voor de elektrische stroom.

De stroom loopt van de pluspool van de spanningsbron door alle lampjes van de serieschakeling naar de minpool van de spanningsbron. Zie figuur 6.10.

Een serieschakeling heeft drie belangrijke eigenschappen:

- Alle lampjes zitten in dezelfde stroomkring. Als één lampje stukgaat, dan is de stroomkring niet meer gesloten. Het andere lampje gaat dan ook uit.
- De spanning van de spanningsbron verdeelt zich gelijk over gelijke apparaten. In figuur 6.10b staat over beide lampjes een spanning van 2,25 V. De spanning van de batterij is 4,5 V.
- De stroomsterkte is door elk lampje even groot.

Omdat in een serieschakeling de stroomsterkte overal even groot is, plaats je een ampèremeter altijd in serie.

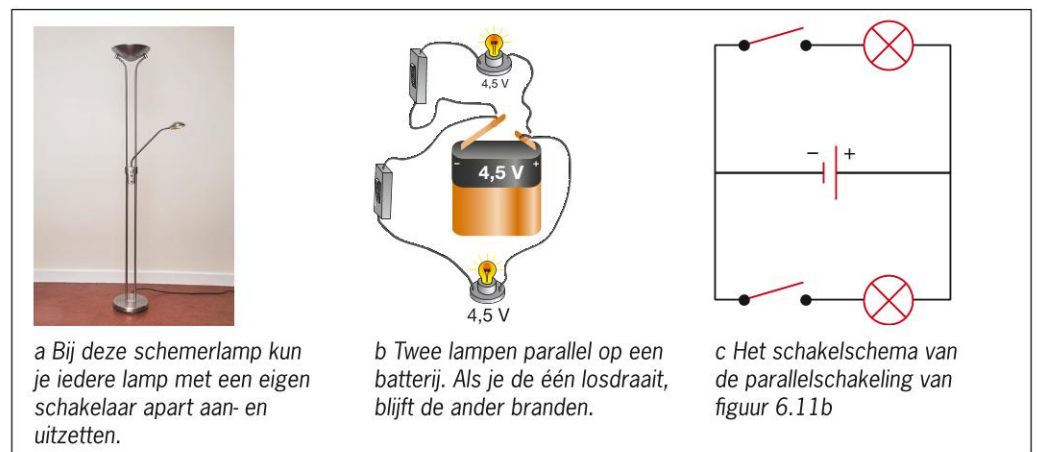


6.10 In een serieschakeling zitten lampjes achter elkaar in dezelfde stroomkring.

► Practicum 4

Parallelschakeling

De twee lampen in figuur 6.11a zijn parallel geschakeld. In een **parallelschakeling** zit ieder apparaat in een aparte stroomkring. In de parallelschakeling van figuur 6.11b heeft de elektrische stroom twee mogelijke routes. De eerste route loopt van de pluspool van de batterij via de bovenste lamp naar de minpool van de batterij. Bij de tweede route loopt de elektrische stroom via de onderste lamp.

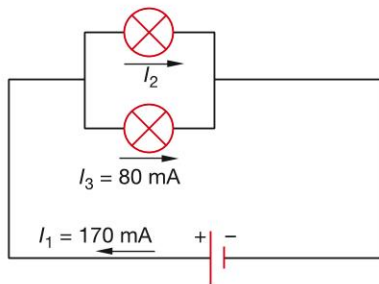


6.11 In een parallelschakeling zit ieder apparaat in een aparte stroomkring.

Een parallelschakeling heeft andere eigenschappen dan een serieschakeling:

- Elk lampje of apparaat zit in een aparte stroomkring. Als één lampje in figuur 6.11b stukgaat, dan blijven de andere lampjes gewoon branden.
- Over elk apparaat staat de spanning van de spanningsbron. Dat komt omdat elk apparaat rechtstreeks is verbonden met de beide kanten van de spanningsbron. Zo staat over beide lampen van figuur 6.11b een spanning van 4,5 V.
- De elektrische stroom heeft meerdere routes. De stroomsterktes in alle routes zijn opgeteld net zo groot als de hoofdstroomsterkte. Zie voorbeeld 1.

Omdat in een parallelschakeling de spanning in elke stroomkring gelijk is, sluit je een voltmeter altijd parallel aan.



6.12 Een parallelschakeling met twee lampjes

Voorbeeld 1: Stroomsterktes in een parallelschakeling

In figuur 6.12 zie je een parallelschakeling met twee lampjes. In de schakeling staan de stroomsterktes I_1 en I_3 aangegeven. Bereken de stroomsterkte I_2 .

Gegeven: $I_1 = 170 \text{ mA}$

$I_3 = 80 \text{ mA}$

Gevraagd: $I_2 = ?$

Berekenen: De som van de deelstromen I_2 en I_3 moeten gelijk zijn aan de hoofdstroom. Er geldt dus: $I_1 = I_2 + I_3$. Ofwel: $I_2 = I_1 - I_3$.

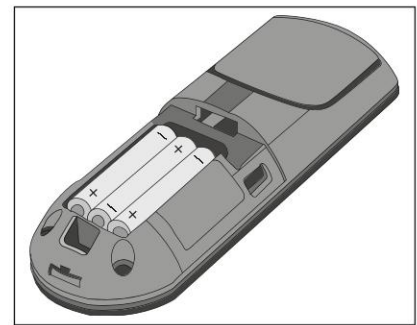
Antwoord: $I_2 = 170 - 80 = 90 \text{ mA}$.

Batterijen schakelen

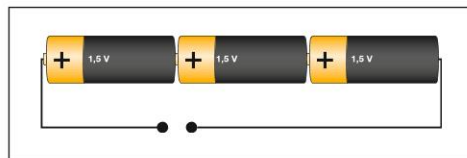
Ook batterijen kun je serie of parallel schakelen. Vaak moet je in een apparaat meerdere batterijen stoppen, bijvoorbeeld in een afstandsbediening. Het apparaat is zo ontworpen dat de batterijen samen de juiste spanning geven.

Zet je batterijen in serie, dan sluit je de plus van de ene batterij aan op de min van de andere batterij. Zie figuur 6.14a. De totale spanning vind je door de spanningen van de afzonderlijke batterijen op te tellen. Het effect van in serie schakelen van batterijen is dus een hogere spanning. Sluit je een lampje op twee in serie geschakelde batterijen aan, dan brandt het feller dan wanneer je het op één batterij aansluit.

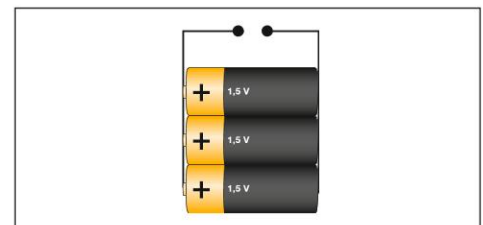
Bij parallel schakelen verbind je de pluspolen met elkaar en de minpolen met elkaar. Zie figuur 6.14b. De spanning blijft nu gelijk. Je hoeft de batterijen nu minder snel te vervangen omdat iedere batterij maar een deel van de benodigde stroom hoeft te leveren. Sluit je een lampje op twee parallel geschakelde batterijen aan, dan kan het lampje langer met dezelfde lichtsterkte branden dan wanneer je het op één batterij aansluit.



6.13 Batterijen in een afstandsbediening



6.14a Drie batterijen van 1,5 V in serie geschakeld leveren samen een spanning van 4,5 V.



6.14b Drie batterijen van 1,5 V parallel geschakeld leveren samen een spanning van 1,5 V.

Samengevat

Bij een serieschakeling zitten de apparaten achter elkaar in dezelfde stroomkring. De spanning van de spanningsbron verdeelt zich over de apparaten in de schakeling. Door elk apparaat gaat dezelfde stroomsterkte. Een ampèremeter sluit je in serie aan. Bij een parallelschakeling zitten de apparaten naast elkaar en heeft ieder apparaat zijn eigen stroomkring. Over ieder apparaat staat de spanning van de spanningsbron. De hoofdstroom verdeelt zich over de parallelle takken. Een voltmeter sluit je parallel aan. Spanningsbronnen kun je in serie schakelen voor een grotere spanning of parallel voor een langer gebruik.

6.3 Opdrachten

A 27

Juist of onjuist?

- a In een serieschakeling zitten alle apparaten in dezelfde stroomkring.
- b In een parallelschakeling kun je ieder apparaat apart uitzetten.
- c Drie batterijen van 1,5 V parallel geven een spanning van 4,5 V.
- d Serie schakelen van batterijen is nutteloos.
- e Een voltmeter schakel je in serie.

A 28 H

- a Noem twee belangrijke eigenschappen van een serieschakeling.
- b Noem twee belangrijke eigenschappen van een parallelschakeling.

A 29 H

Jolande heeft een schakeling met een lamp en een bel gemaakt. Ze werken allebei en als Jolande het lampje losdraait, blijft de bel rinkelen.

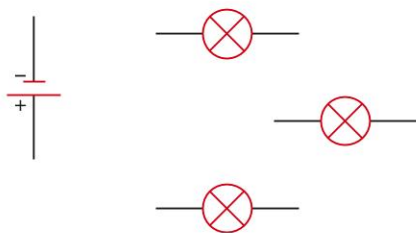
- a Leg uit dat Jolande een parallelschakeling heeft gemaakt.

Jolande draait het lampje weer vast.

- b Leg uit of het lampje blijft branden als de bel stukgaat.

B 30

Je ziet hieronder drie identieke lampjes en een spanningsbron.



- a Maak het schakelschema af zodat een serieschakeling ontstaat. Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.
- b Maak het schakelschema af zodat een parallelschakeling ontstaat. Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

De spanningsbron heeft een spanning van 9,0 V.

- c Geef voor beide schakelingen aan hoe groot de spanning over elk lampje is.

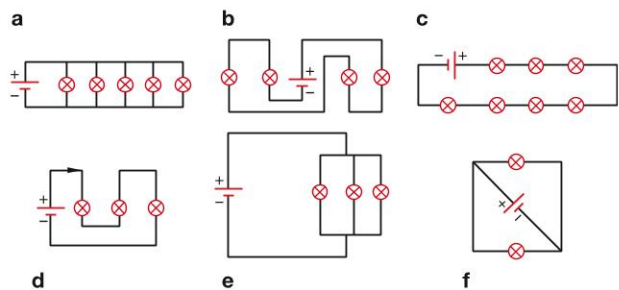
Je wilt de spanning over één lampje meten.

- d Geef in beide schakelschema's aan hoe je een voltmeter aansluit zodat je de spanning over één lampje kunt meten.

B 31 H

Hieronder zie je zes schakelschema's.

- a Geef aan welke schema's bij serieschakelingen horen.
- b Geef aan welke schema's bij parallelschakelingen horen.



B 32

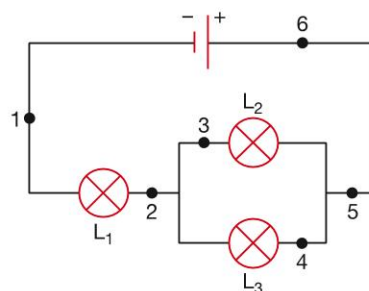
Op een batterij zijn drie dezelfde lampjes aangesloten. De lampjes zijn parallel geschakeld.

- a Bereken de stroomsterkte door elk lampje als de hoofdstroom 1,86 A is.
- b Bereken de hoofdstroom als door één lampje een stroom van 1,86 A gaat.

C 33

Hieronder is een schakelschema met drie dezelfde lampjes getekend. Geef bij elke bewering aan of ze juist is of niet.

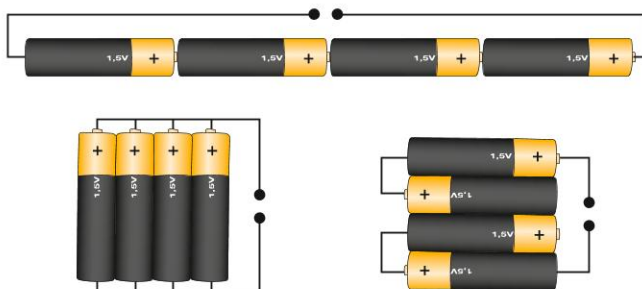
- a De stroomsterkte door lampje L_2 is groter dan door L_3 .
- b De stroomsterkte door L_1 is even groot als door L_2 .
- c De stroomsterkte bij punt 2 is kleiner dan bij punt 3.
- d De stroomsterkte bij punt 6 is kleiner dan bij punt 1.
- e De stroomsterkte bij de punten 2, 3, 4 en 5 is even groot.



C 34

Hieronder zie je drie verschillende schakelingen. Elke batterij heeft een spanning van 1,5 V.

Bepaal de totale spanning voor elke schakeling.

**C 35 V**

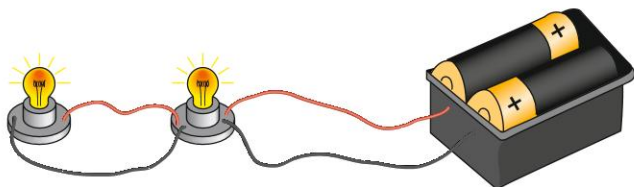
Teken een schakeling met drie dezelfde lampjes. De schakeling moet voldoen aan de volgende eisen.

- 1 Er is een schakelaar waarmee je twee lampjes tegelijk aan en uit kunt zetten.
- 2 Er is een tweede schakelaar waarmee je alleen het derde lampje aan en uit kunt zetten.

C 36

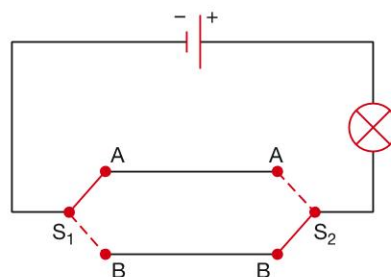
Twee batterijen zijn in serie geschakeld en aangesloten op twee lampjes, zie de tekening hieronder. Elke batterij heeft een spanning van 1,2 V.

- a Wat is het effect van het in serie schakelen van de batterijen?
- b Teken het schakelschema dat bij deze schakeling hoort.
- c Teken in het schakelschema hoe je de spanning over elk lampje kunt meten.
- d Bereken de spanning over elk lampje.

**+ 37 V**

Bekijk het schakelschema. De schakelaars S_1 en S_2 kunnen ieder in twee standen staan: A of B. Dit schema gebruik je als je één lamp wilt bedienen met twee schakelaars die ver weg van elkaar staan. In de tabel staan de vier mogelijkheden van de combinatie van de twee schakelaars.

- a Neem de tabel over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Geef aan of het lampje aan of uit is. Vul de tabel verder in.
- b Leg uit waarom installateurs dit een hotelschakeling noemen.



stand schakelaar 1	stand schakelaar 2	lampje aan/uit
A	A	
A	B	
B	A	
B	B	

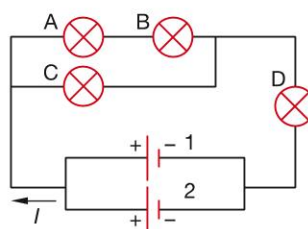
+ 38 V

Hieronder zie je een schakeling met vier lampjes en twee identieke batterijen van 1,5 V.

- a Neem het schakelschema over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Zet er twee ampèremeters bij: één om de stroom door lampje D te meten en één om de stroom door batterij 2 te meten.

De stroomsterkte door lampje A is 0,30 A, de stroomsterkte door lampje D is 0,90 A. De spanning over lampje A en over lampje B is 0,25 V.

- b Leg uit hoe groot de stroomsterkte is door lampje B, door lampje C en door batterij 2.
- c Bereken de spanning over de lampjes C en D.

**Je kunt nu**

- een serieschakeling herkennen en eigenschappen van een serieschakeling noemen;
- een parallelschakeling herkennen en eigenschappen van een parallelschakeling noemen;
- batterijen op de juiste manier in serie of parallel schakelen;
- het effect van serie- of parallelschakeling van batterijen noemen.



Discussievraag

Op de foto zie je een schakelkast ergens in Brazilië. Een wirwar van schakelaars en draden. Met de schakelaars kun je verschillende elektriciteitsleidingen bedienen.

Waarom zijn er zo veel verschillende schakelaars?

Je leert • hoe je in huis veilig met elektriciteit omgaat.

6.4 Veiligheid

Huisinstallatie

Het aanraken van een draad of een apparaat waar 230 V op staat, kan gevaarlijk zijn. Door je lichaam kan een stroom gaan lopen. Je kunt een schok voelen. Je kunt er zelfs aan overlijden. In huis zijn veel maatregelen genomen om dat te voorkomen. De elektrische installatie in huis heet ook wel de **huisinstallatie**.

Het energiebedrijf levert de elektrische energie. Via de hoofdkabel in de meterkast komt de elektrische energie het huis binnen. In figuur 6.15 zie je een voorbeeld van de installatie in een meterkast, met daarin de belangrijke onderdelen van de huisinstallatie. De **energiemeter** of **kWh-meter** is het meetinstrument dat het energiegebruik meet. Je moet betalen voor het aantal kilowattuur (kWh) energie dat je gebruikt. Een gemiddeld huishouden gebruikt per jaar ruim 3000 kWh elektrische energie en betaalt daarvoor ruim € 600,- per jaar.

De huisinstallatie is opgedeeld in verschillende groepen. Een **groep** is een verzameling stopcontacten en lichtpunten voor een deel van het huis. Zo heb je een aparte groep voor de badkamer, verschillende groepen voor de keuken en een groep voor de slaapkamers.

De huisinstallatie

Groep

Deel van de installatie

Een aantal stopcontacten en lichtpunten zit samen op één groep. Vanuit de meterkast loopt een aparte leiding voor elke groep.

Zekering

Beveiliging

Er zijn acht groepen. Elke groep is beveiligd met een zekering. De zekering schakelt de stroom uit bij overbelasting en bij kortsluiting.

Aardlekschakelaar

Beveiliging

Er zijn twee aardlekschakelaars: één voor groep 1 t/m 4 en één voor groep 5 t/m 8. De aardlekschakelaar schakelt de stroom uit bij een lekstroom.

Testknop

Controle

Met deze knop test je of de installatie naar behoren werkt.

Energimeter of kWh-meter

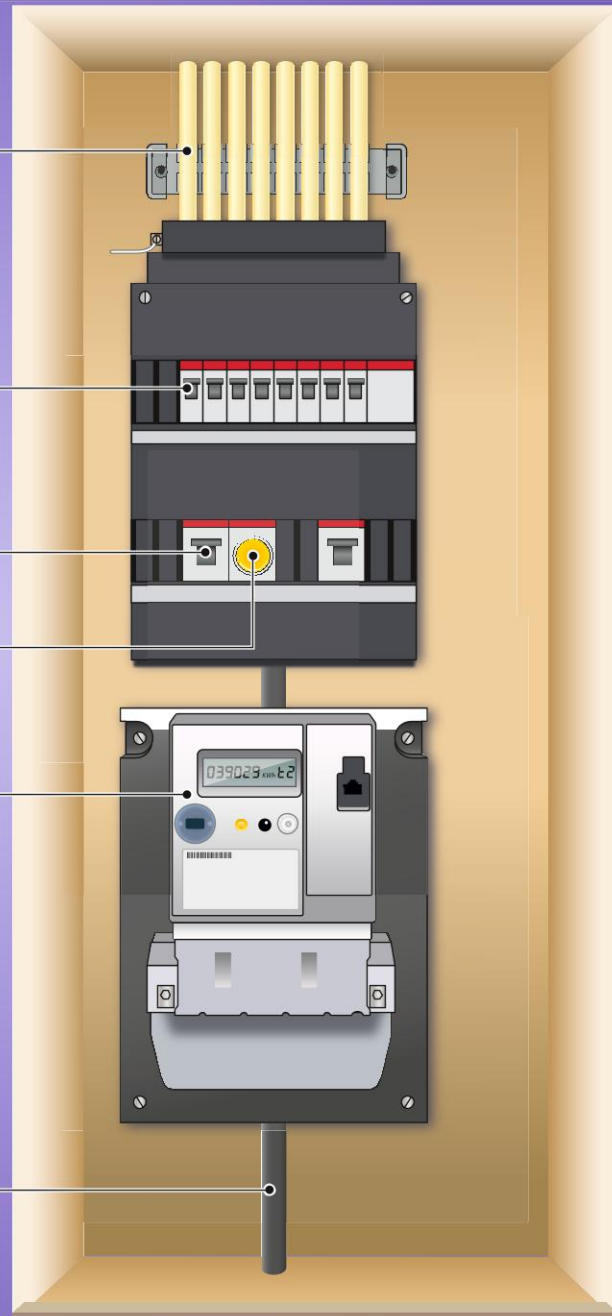
Meet het energiegebruik

Een slimme energiemeter geeft het aantal gebruikte kWh automatisch door aan het energiebedrijf.

Hoofdkabel

Verbinding met het energiebedrijf

Hier komt de elektrische stroom het huis binnen.



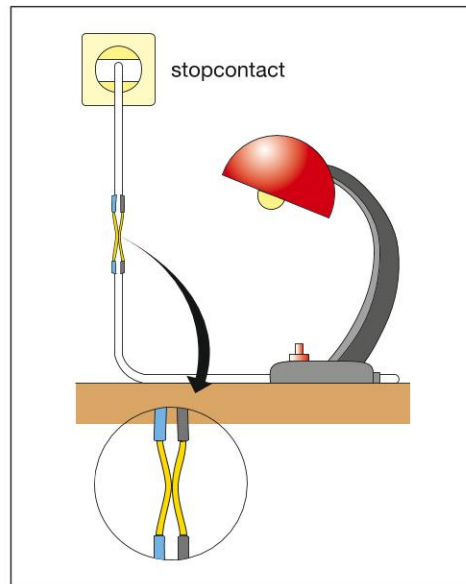
6.15 Elk huis heeft een meterkast die de elektriciteit verdeelt in een aantal groepen en zorgt voor veilig gebruik van elektriciteit.

► Practicum 5

Overbelasting, kortsluiting en zekeringen

De huisinstallatie is zo ontworpen dat er door iedere groep een stroomsterkte van maximaal 16 A kan lopen. Als je te veel apparaten aansluit op een groep, dan wordt de stroomsterkte groter dan 16 A. De groep is dan overbelast. Overbelasting treedt op als er te veel stroom door een groep gaat. De draden kunnen dan zo heet worden dat er brandgevaar optreedt.

Iedere groep is beveiligd met een **zekering**. Dat is een beveiliging die de stroomkring onderbreekt bij een stroomsterkte groter dan 16 A. Alle apparaten in die groep gaan dan uit. Op iedere zekering staat de maximale stroomsterkte aangegeven die door de stroomdraden van die groep mag lopen. In huis is dat 16 A.



6.16 Een beschadiging van een snoer kan kortsluiting veroorzaken.

In bedrijven, scholen en kantoren kom je ook zekeringen van 24 A of 32 A tegen. De stroomdraden in de installatie zijn daar dan op aangepast. In scooters en auto's zitten zekeringen van 1 A tot 30 A.

Bij **kortsluiting** loopt de stroom van de spanningsbron direct terug naar de spanningsbron, dus niet via een lamp of een ander apparaat. Ook bij kortsluiting wordt de stroomsterkte te groot. Kortsluiting kan bijvoorbeeld ontstaan als de koperdraden in een beschadigd snoer elkaar raken. Zie figuur 6.16. Bij kortsluiting in een groep schakelt de zekering de groep uit.

Lekstroom, aardlekschakelaar en randaarde

Het kan voorkomen dat je een snoer of een apparaat aanraakt dat onder spanning staat. Je krijgt dan een schok. De stroom loopt via jou naar de grond. Stroom die op deze manier de stroomkring verlaat noem je **lekstroom**. Ook als de stroom via een ander voorwerp (bijvoorbeeld via een verwarming of via een waterleiding) loopt, spreek je van een lekstroom. Om te voorkomen dat je een koperdraad die onder spanning staat aanraakt, hebben alle elektriciteits snoeren **dubbele isolatie**: zowel ieder afzonderlijke draad in het snoer als het snoer zelf heeft een isolerend plastic omhulsel.

De **aardlekschakelaar** in de meterkast onderbreekt bij een lekstroom direct de stroomkring. De aardlekschakelaar merkt dat de terugkomende hoofdstroom kleiner is dan de heengaande hoofdstroom. Als het verschil tussen beide stroomsterktes groot genoeg is, onderbreekt de aardlekschakelaar de hoofdstroom. Bij een moderne elektrische installatie zijn op een aardlekschakelaar maximaal vier groepen aangesloten. Als in één van die groepen een lekstroom optreedt, schakelt de aardlekschakelaar alle vier de groepen uit.

Sommige elektrische apparaten hebben nog een extra beveiliging tegen lekstroom, een extra draad die de metalen buitenkant rechtstreeks verbindt met de aarde. Deze draad heet de **aardleiding** of **randaarde** (omdat de draad met de rand van het apparaat is verbonden). De randaarde zorgt ervoor dat een lekstroom via de aardleiding de aarde in loopt in plaats van door een persoon die het apparaat aanraakt.

Samengevat

In de meterkast vind je een hoofdkabel, energiemeter en een aantal groepen die zijn beveiligd met een zekering en een aardlekschakelaar. Als er te veel apparaten op dezelfde groep zijn aangesloten, raakt de groep overbelast. Bij kortsluiting loopt de stroom direct terug naar de spanningsbron. Een zekering beveiligt bij kortsluiting en bij overbelasting. Bij een lekstroom verbreekt de aardlekschakelaar direct de stroomkring. Dubbele isolatie voorkomt dat je een elektriciteitsdraad aanraakt die onder spanning staat. Een aardleiding verbindt de metalen buitenkant van een apparaat met de aarde.

6.4 Opdrachten

A 39

Juist of onjuist?

- a De huisinstallatie bestaat altijd uit één groep.
- b Een kWh-meter is hetzelfde als een ampèremeter.
- c Een zekering thuis heeft een maximale stroomsterkte van 16 A.
- d Het is gevaarlijk als je zelf onder een spanning van 230 V staat.
- e Een aardleiding beschermt tegen een lekstroom.

A 40

- a Leg uit tegen welke twee gevaarlijke situaties een zekering je beschermt.
- b In welke situatie schakelt de aardlekschakelaar de stroom uit?
- c Leg uit waar een aardleiding toe dient.

A 41 H

Noem vijf onderdelen van een meterkast en leg uit waar ze voor dienen.

B 42 H

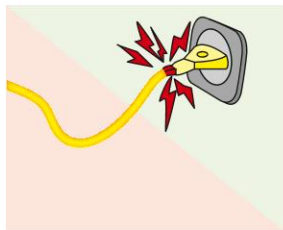
Een elektrische oven gebruikt een elektrische stroom van 12,5 A. Welke van de onderstaande apparaten mag je niet samen met de oven op dezelfde groep van de huisinstallatie aansluiten? (Er zijn meerdere antwoorden mogelijk.)

- A elektrische kachel (11,0 A)
- B stofzuiger (5,4 A)
- C televisie (547 mA)
- D schemerlamp (65 mA)
- E vaatwasser (10,7 A)

B 43

Het snoer van de schemerlamp is beschadigd, er ontstaat kortsluiting.

Kleur de route van de elektrische stroom. Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.



B 44

Leg voor de volgende situaties uit welke veiligheidsvoorziening in werking treedt.

- a Kleine Lotje stopt een ijzeren breinaald in het stopcontact.
- b De kapper sluit drie stijltangen aan op één groep. Iedere stijltang werkt op 5,7 A.
- c De cavia heeft aan het snoer van de televisie geknaagd. Er is geen lekstroom, wel kortsluiting.
- d De metalen kast van je computer maakt direct contact met een elektriciteitsdraad.

B 45 H

David gebruikt in de keuken de waterkoker, het koffiezetapparaat en de elektrische oven. Plotseling valt de stroom uit; een zekering is doorgeslagen. David zet de schakelaar van de zekering om en direct slaat de zekering weer door. Leg uit wat David eerst had moeten doen.

C 46

- a Leg uit waarom kortsluiting gevaarlijk is.
- b Leg uit wat de overeenkomst is tussen overbelasting en kortsluiting.
- c Leg uit wat het verschil is tussen overbelasting en kortsluiting.

Bij een defect apparaat loopt de stroom via een aardleiding naar de aarde.

- d Leg uit waarom zowel de aardlekschakelaar als de zekering kan reageren.

C 47

Sommige huizen hebben naast stopcontacten met een spanning van 230 V ook stopcontacten waar een spanning op staat van 400 V. Deze aansluiting noem je ook wel een krachtstroomaansluiting. Hier kun je krachtigere apparaten op aansluiten.

Leg uit waarom de term 'krachtstroom' eigenlijk niet juist is.

C 48

In huis kan de stroom uitvallen doordat de zekering haar werk doet of doordat de aardlekschakelaar een verschil in stroomsterkte meet.

Leg uit waarin een zekering en een aardlekschakelaar van elkaar verschillen.

C 49 V

In een oplader op zonne-energie zit ook een zekering.

a Leg uit waarom.

De maximale laadstroom van de meeste telefoons is ongeveer 2,0 A.

b Leg uit waarom het geen zin heeft om een zekering van 16 A in de oplader te plaatsen.



C 50

In bedrijven, scholen en kantoren kom je ook zekeringen van 32 A tegen.

a Wat is het voordeel van zekeringen van 32 A?

De stroomdraden in de installatie zijn dan ook aangepast.

b Leg uit wat het verschil is met de stroomdraden van 16 A.

+ 51 V

In zogenaamde 'natte ruimtes' (keuken, wc, badkamer) moeten alle stopcontacten zijn voorzien van een aardleiding. Ook 'natte apparaten' (waterkoker, koffiezetapparaat) moeten een aardleiding hebben.

Leg uit waarom dit belangrijk is.

+ 52 V

Op de oudere kWh-meters met een draaischijf staat soms aangegeven hoeveel rondjes de schijf draait als er 1 kWh aan energie is gebruikt. Op de kWh-meter staat dat de schijf voor 1 kWh 375 rondjes draait.

a Bereken hoeveel energie na een rondje is gebruikt.

b Bereken hoeveel rondjes de meter draait bij een gebruik van 2,5 kWh.

c Bereken hoeveel energie is gebruikt na vierhonderd rondjes.

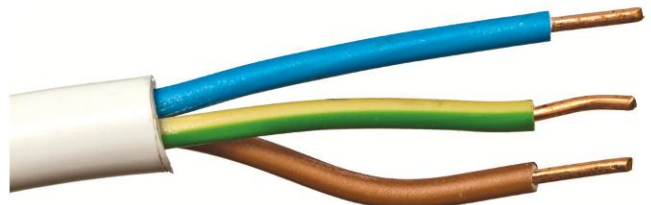


+ 53 V

Sommige stroomsnoeren zijn voorzien van drie kabels, een bruine of zwarte, een blauwe en een groengele.

a Zoek op waar de groengele draad voor dient.

b Zoek op wanneer er een bruine draad in het snoer zit en wanneer een zwarte draad.



Je kunt nu

- onderdelen van de meterkast noemen en uitleggen waar ze voor dienen;
- uitleggen hoe kortsluiting en overbelasting ontstaan;
- uitleggen wat een lekstroom is;
- uitleggen waar een aardleiding toe dient.

Discussievraag

Op sommige fitnessapparaten kun je stroom opwekken door te fietsen. Het apparaat zet jouw bewegingsenergie om in elektrische energie. Hoeveel energie denk jij in een uur op te kunnen wekken?



Je leert • hoe je berekent hoeveel energie een elektrisch apparaat gebruikt.

6.5 Elektrische energie

Energiegebruik van elektrische apparaten

Elektrische apparaten gebruiken energie als ze aanstaan: een lamp brandt, uit een luidspreker komt geluid, een waterkoker verwarmt water en een elektrische auto rijdt.

De hoeveelheid energie die een apparaat per seconde gebruikt, noem je het **vermogen** van dat apparaat. De eenheid van vermogen is watt (W). Het symbool voor vermogen is P , dit komt van het Engelse woord *power*.

Energie druk je uit in joule: 1 watt is gelijk aan 1 joule per seconde ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$). In figuur 6.17 zie je dat een stofzuiger 1400 joule energie per seconde gebruikt, terwijl een schemerlamp maar 15 joule energie per seconde gebruikt.

elektrische auto	110 000 W
elektrische oven	3500 W
stofzuiger	1400 W
elektrische fiets	250 W
televisie	30 W
schemerlamp	15 W
tablet	10 W

6.17 Vermogens van elektrische apparaten verschillen.

Soms is het handiger om kilowatt (kW) te gebruiken in plaats van watt (W). Eén kilowatt is gelijk aan 1000 watt. De stofzuiger heeft een vermogen van 1400 W; dit is dus 1,4 kW.



6.18 Op het typeplaatje staat het vermogen van een apparaat.

Fabrikanten zetten het vermogen van een elektrisch apparaat op de verpakking en in advertenties. Klanten vinden dat belangrijk, omdat hetzelfde type apparaat met een groter vermogen krachtiger is, of omdat ze een apparaat willen kopen dat juist weinig energie gebruikt. Op het apparaat zelf zit een typeplaatje. In figuur 6.18 zie je een voorbeeld van een typeplaatje. In deze figuur zie je dat dit apparaat een vermogen heeft van 2200 W.

► Vaardigheid 7

Energiegebruik berekenen

Hoeveel energie een apparaat gebruikt, hangt niet alleen af van het vermogen van het apparaat. Hoelang een apparaat aanstaat, speelt ook een rol. Zo kan een hele avond televisiekijken meer energie kosten dan een kwartier stofzuigen, ook al is het vermogen van een televisie een stuk lager dan het vermogen van een stofzuiger. Hoeveel energie een apparaat gebruikt, bereken je door het vermogen van het apparaat te vermenigvuldigen met de tijd die het apparaat aanstaat.

$$E = P \times t$$

met E de energie in joule (J)
 P het vermogen in watt (W)
 t de tijd in seconde (s)



6.19 Een televisie gebruikt energie.

Voorbeeld 2: Energiegebruik berekenen

Een televisie met een vermogen van 30 W staat 20 minuten aan. Bereken hoeveel joule energie de televisie gebruikt.

Gegeven: vermogen $P = 30 \text{ W}$
 tijd $t = 20 \text{ min}$
 Gevraagd: energie $E = ?$
 Formule: $E = P \times t$
 Berekenen: Je moet eerst de tijd in seconden omrekenen.
 $t = 20 \text{ min} = 20 \times 60 = 1200 \text{ s}$
 $E = 30 \times 1200 = 36\,000 \text{ J}$
 Antwoord: De televisie gebruikt 36 000 J energie.

Rekenen in kilowattuur

In het voorbeeld hierboven zie je dat alleen een televisie in 20 minuten al 36 000 J energie gebruikt. Als je het totale jaarlijkse energieverbruik thuis wilt berekenen, dan krijg je te maken met heel grote getallen. Dat is niet handig. Daarom staat op de energiemeter in huis en op de rekening van het energiebedrijf de gebruikte energie in een andere eenheid: het kilowattuur (kWh). Een kilowattuur is de hoeveelheid energie die je gebruikt als een apparaat van 1000 W (= 1 kW) 1 uur lang aanstaat. Om de energie in kWh te berekenen, vul je in de formule voor de energie het vermogen in kilowatt in en de tijd in uur.

Je kunt ook de energie in joule omrekenen naar kWh. Er geldt: 1 kWh = 3 600 000 J. Als je wilt omrekenen van joule naar kWh moet je dus delen door 3 600 000. Een energiegebruik

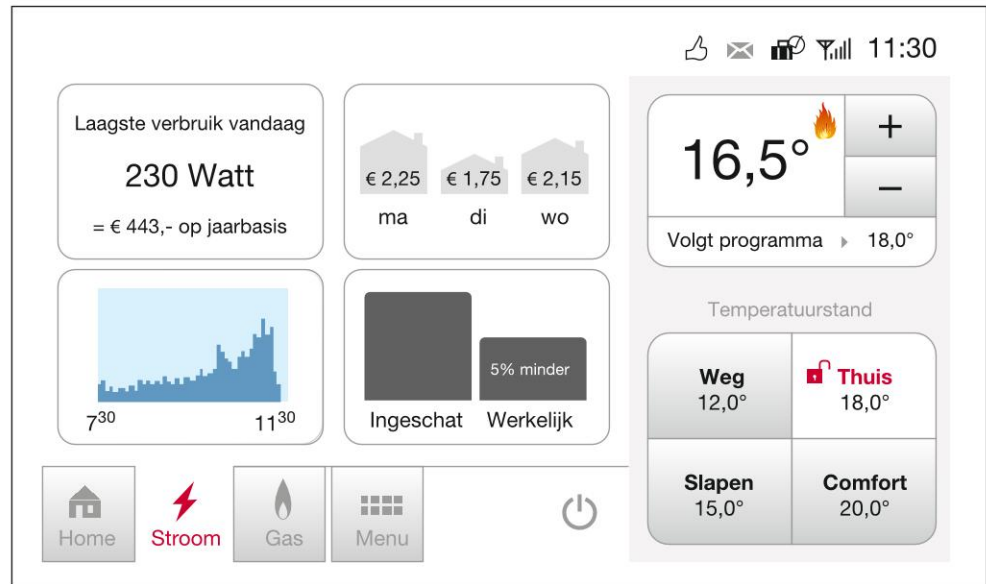
van 9 000 000 J komt dus overeen met $\frac{9\,000\,000}{3\,600\,000} = 2,5 \text{ kWh}$.

Energiekosten berekenen

Eén kilowattuur elektriciteit kost ongeveer € 0,22. De energiekosten vind je door het aantal kWh energie te vermenigvuldigen met de prijs van één kWh:

$$\text{energiekosten} = \text{energie (in kWh)} \times \text{prijs van één kWh}$$

Met een speciale thermostaat en een app op je telefoon kun je de energiekosten thuis in de gaten houden. Zie figuur 6.20.



6.20 Met moderne techniek kun je de energiekosten in de gaten houden.

Voorbeeld 3: Energiekosten berekenen

Bereken hoeveel 1,5 uur stofzuigen kost met een stofzuiger van 1200 W.
Voor 1 kWh betaal je € 0,22.

Gegeven: vermogen $P = 1200 \text{ W} = 1,2 \text{ kW}$
 tijd $t = 1,5 \text{ h}$
 Gevraagd: $E = ?$
 Formules: $E = P \times t$
 energiekosten = energie $\times$ prijs van één kWh
 Berekenen: $E = 1,2 \times 1,5 = 1,8 \text{ kWh}$
 energiekosten = $1,8 \times € 0,22 = € 0,40$
 Antwoord: Het stofzuigen kost 40 eurocent.

Samengevat

Vermogen is de hoeveelheid energie die een apparaat per seconde gebruikt. Er geldt $E = P \times t$. De eenheid van vermogen is watt (W) of kilowatt (kW). De eenheid van energie is joule (J) of kilowattuur (kWh). $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$.
 Voor de energiekosten geldt: energiekosten = energie $\times$ prijs van één kWh.

6.5 Opdrachten

A 54

Juist of onjuist?

- a Ieder apparaat heeft hetzelfde vermogen.
- b De eenheid van energie is watt.
- c Energiegebruik bereken je door het vermogen te delen door de tijd.
- d Eén kilowattuur energie kost een paar euro.
- e Energiekosten = energie $\times$ prijs van één kWh.

A 55

Vul de lege plekken in de tabel in. Neem de tabel over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

grootheid	symbool	eenheid	afkorting
energie	t P	kilowattuur	kWh h J

A 56 H

- a Wat geef je aan met het vermogen van een apparaat?
- b Wat is de eenheid van vermogen?
- c Met welke formule kun je de gebruikte elektrische energie berekenen?

A 57 H

Leg uit waarom het energiebedrijf de gebruikte energie weergeeft in kWh en niet in joule.

B 58

Reken om:

- a 1200 W = ... kW
- b 180 W = ... kW
- c 2,5 kW = ... W
- d 0,039 kW = ... W
- e 26 000 J = ... kJ
- f 5 400 000 J = ... kWh
- g 3,8 kWh = ... J

B 59

Een robotgrasmaaier van 0,4 kW is vijf uur per week in gebruik. Bereken de gebruikte energie in kWh.

B 60 H

Je fietst 50 s op een elektrische fiets. De fiets levert een vermogen van 250 W. Bereken de gebruikte energie in J.

B 61

Een wifi-ontvanger van 3 W staat een heel jaar aan.

- a Bereken de gebruikte energie in kWh.

Voor 1 kWh betaal je € 0,22.

- b Bereken de energiekosten per jaar voor de wifi-ontvanger.

B 62 H

Hieronder zie je drie typeplaatjes van elektrische apparaten.

- a Noteer het vermogen van elk apparaat.
- b Noteer de spanning waarop elk apparaat kan werken.



C 63

Een oven van 1,25 kW heeft in totaal 3,0 kWh energie gebruikt.

- a Reken de energie in kWh om naar joule.
- b Bereken hoelang de oven aan heeft gestaan. Geef je antwoord in het aantal uren plus het aantal minuten.

C 64 V

Een mp3-speler heeft een vermogen van maar enkele watts terwijl een stofzuiger meer dan 1000 W aan vermogen heeft. Leg uit hoe een mp3-speler jaarlijks meer energie kan gebruiken dan een stofzuiger.

C 65

Een energie van 1 kWh komt overeen met 3 600 000 J.
Toon dit aan met een berekening.

C 66

Hieronder zie je een deel van de afrekening van het energiebedrijf. Het gaat om 180 dagen. Je hebt een hoog tarief en een laag tarief. Het tarief is de prijs voor 1 kWh.

- a** Bereken de energiekosten voor het hoge tarief.
b Leg uit waarom er twee verschillende tarieven zijn.

Groene stroom	Beginstand 08-12-2010	Eindstand 07-06-2011	Verbruik	Tarief + belasting
Hoog tarief (piek)	16 008	16 538	530 kWh	0,2285
Laag tarief (dal)	25 109	25 309	200 kWh	0,1809

C 67

Lees het volgende artikel en leg uit welke natuurkundige fouten het bevat.

Energie opwekken met fitnessapparaten

Sinds kort kan men zelf energie opwekken tijdens het fitnessen in een sportschool in Delft. De sportschool aan de Industriestraat heeft 18 fitnessapparaten waarmee de mensen duurzame en goedkope energie kunnen opwekken. De opgewekte energie wordt gebruikt voor de sportschool zelf.

De fitnessapparaten hebben bij het opwekken van energie een rendement van 70%. Als een persoon 10 uur één fitnessapparaat gebruikt, wekt hij zo'n 4000 watt aan energie op. Hiermee kun je ruim 40 tv's of 50 koelkasten van stroom voorzien.

Alle opgewekte energie door de fitnessapparaten gaat naar een verzamelkast die de energie weer omzet naar stroom. Deze manier van groene energie opwekken was nog niet bekend in Europa.

Bron: Energiefeities.nl

C 68 V

Een led-zaklamp heeft een lampje met een vermogen van 3 W. Het lampje werkt op een spanning van 3,0 V. Volgens de fabrikant gaat de zaklamp op twee batterijen van 1,5 V 5,0 h lang mee.



- a** Leg uit of de batterijen in de zaklamp in serie of parallel zijn geschakeld.
b Bereken het totale energiegebruik gedurende de 5,0 h.

Een pakje met vier batterijen van 1,5 V kost € 2,89.

- c** Bereken de energiekosten per kWh voor de energie uit de batterijen.

+ 69 V

De ouders van Heidi willen alle oude gloeilampen in huis vervangen door zuinigere lampen. Ze denken dat in totaal tien lampen van 60 W elk gemiddeld 12 uur per week branden. De vraag is hoeveel geld ze per jaar besparen door zuinige lampen aan te schaffen. Hun dochter Heidi heeft op school geleerd hoe je dat uitrekent. Ga ervan uit dat 1,0 kWh € 0,22 kost.

- a** Bereken de kosten van de verlichting met gloeilampen per jaar.

Een spaarlamp van 14 W geeft evenveel licht als een gloeilamp van 60 W.

- b** Bereken de kosten van het elektriciteitsgebruik met de spaarlampen.
c Bereken hoeveel het gezin dan elk jaar bespaart.

De ouders van Heidi kunnen ook kiezen voor een ledlamp van 9,5 W. Deze geeft evenveel licht als de gloeilamp en de spaarlamp. Een ledlamp kost bij aanschaf ongeveer € 14,99; de spaarlamp kost € 2,89. De ledlamp gaat wel langer mee. Hij houdt het gemiddeld 15 000 h vol, de spaarlamp maar 10 000 h.

- d** Leg uit welke lamp jij zou willen aanraden. Onderbouw je advies met een berekening.

Vaak spelen niet alleen de kosten een rol bij de keuze tussen twee lampen.

- e** Leg uit welke overweging ook een rol kan spelen.

Je kunt nu

- uitleggen wat het vermogen van een apparaat te maken heeft met energiegebruik;
- rekenen met $E = P \times t$;
- berekenen hoeveel je moet betalen voor je energiegebruik.



Discussievraag

Een arts kan een defibrillator gebruiken om het hart van een patiënt weer aan de praat te krijgen.

Waarom moeten zijn collega's er op dat moment voor zorgen dat ze het bed en de patiënt niet aanraken?

Je leert • welke rol elektriciteit in je lichaam speelt.



6.6 Elektriciteit in het lichaam

Elektriciteit in je lichaam

Elektriciteit speelt in je lichaam een belangrijke rol. Elektrische signalen zorgen ervoor dat je hart klopt en dat je spieren samentrekken; je zenuwen geven met behulp van elektrische signalen zintuigprikkelers door en elektrische signalen spelen een grote rol in je hersenen.

De Italiaan Luigi Galvani was één van de eersten die zich de grote rol van elektriciteit in het lichaam realiseerde. Hij deed proeven met een kikker en kwam erachter dat de spieren van een dode kikker samentrokken op het moment dat er een stroom door de spieren ging.

De elektrische energie die je lichaam nodig heeft, wek je zelf op.



6.21 Met elektroden kun je elektrische signalen uit de hersenen meten.

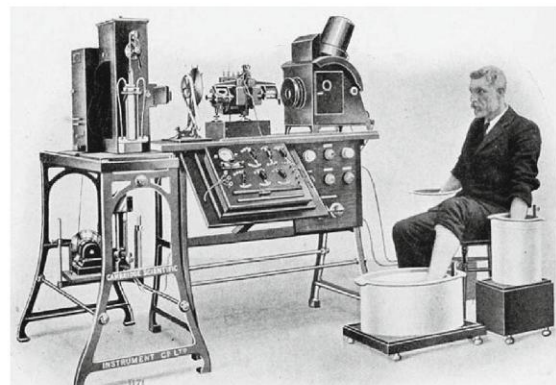
Een manier om de elektriciteit in je lichaam te meten is met behulp van elektroden. Door elektroden op je hoofd te plakken is het mogelijk de elektrische activiteit van je hersenen te meten. Deze elektroden meten de spanning die de zenuwcellen in je hersenen produceren. Het resultaat van deze metingen heet een **elektro-encefalogram (eeg)**. Een eeg is van belang voor het onderzoeken van patiënten die last hebben van bijvoorbeeld epilepsie of hersengezwellen.

De spanningen die de elektroden registreren, zijn erg klein. Deze spanning druk je uit in microvolt, μV ($1 \mu\text{V} = 0,000\,001 \text{ V}$). Om een spanning in microvolt te kunnen registreren, moet de spanning eerst enkele miljoenen malen worden versterkt. Een nadeel van het meten met elektroden is dat de elektroden alleen de hersenactiviteit dicht bij de schedel kunnen meten. Ze geven niet een volledig beeld van de hersenactiviteit.

Met behulp van elektroden rond het hart is het mogelijk om de elektrische activiteit van de hartspier te meten. Het hartfilmpje dat zo ontstaat, heet ook wel een **elektrocardiogram (ecg)**. Zie figuur 6.22. Een hartfilmpje levert veel informatie over het werken van de hartspier op. Vooral bij ritmestoornissen is dit erg waardevol. De eerste ecg is ontwikkeld door de Nederlander Willem Einthoven. Zie figuur 6.23. Hij kreeg hiervoor in 1924 de Nobelprijs.



6.22 In een elektrocardiogram is de elektrische activiteit van de hartspier zichtbaar gemaakt.



6.23 Een van de eerste commerciële ecg-toestellen

Elektriciteit van buitenaf

In de 18e eeuw denkt de Amerikaan Benjamin Franklin dat bliksem iets met elektriciteit heeft te maken. Hij voert zijn beroemde experiment uit door een vlieger in een onweerswolk op te laten. Zie figuur 6.24. Hij wil de bliksem via het touw naar de aarde laten gaan. Hij wist toen nog niet dat bliksem heel grote stromen veroorzaakt. Een collega van Franklin overlijdt doordat hij het vliegertouw vasthoudt.



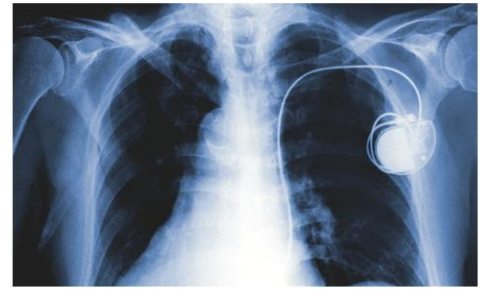
6.24 Benjamin Franklin deed experimenten met bliksem; het vliegertouw geleidt de stroom.

Een elektrische stroom van buiten kan het elektrische systeem van je lichaam ontregelen. Door een 'elektrische schok van buiten' trekken al je spieren samen en kan je hart stoppen met kloppen. Grote elektrische spanningen kunnen dodelijke stromen door het lichaam veroorzaken. De spanning die op een stopcontact staat, kan al dodelijk zijn.

Elektrische spanningen kunnen je hart niet alleen stilzetten. Een **defibrillator** kan een stilstaand hart ook weer opstarten. Elektrische spanningen kun je ook gebruiken om je hartritme te sturen. Een pacemaker kan een te hoog of een te laag hartritme

bijsturen. Zie figuur 6.25. De spanningsbron van de pacemaker geeft indien nodig elektrische signalen af die het hart weer regelmatig laten kloppen.

Elektriciteit kun je ook voor pijnbestrijding gebruiken. De zenuwen geleiden pijnprikkels als elektrische signalen naar de hersenen. Elektroden op de huid kunnen stroompjes afgeven die het elektrische signaal door de zenuwen verstoren. Dit kan de pijn verminderen. Soms worden bij patiënten met de ziekte van Parkinson elektroden in de hersenen geplaatst. Het elektrische signaal dat de elektroden afgeven, legt een deel van de hersenen stil. Zo verminderen enkele verschijnselen van deze ziekte.

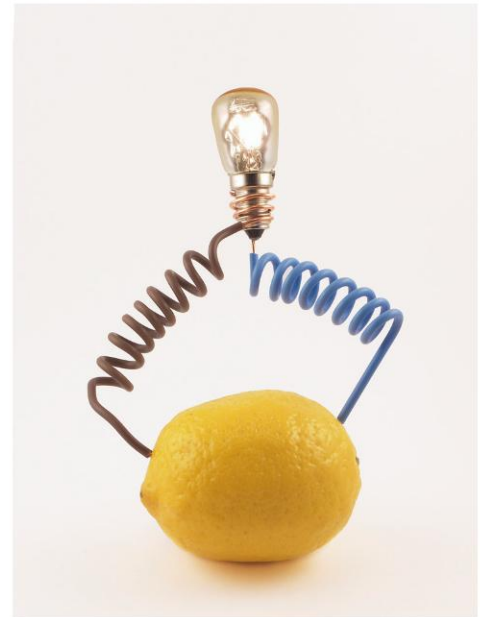


6.25 Een pacemaker geeft elektrische prikkels om het hart in het goede ritme te laten slaan.

Natuurlijke elektriciteit

Je kunt een lampje laten branden als je het met een stuk ijzer en een koperdraad met een citroen verbindt. Zie figuur 6.26. Het citroenzuur in de citroen laat een elektrische stroom van de ijzeren spijker naar het koper lopen. Cellen in je lichaam (bijvoorbeeld in je zenuwen) kunnen op eenzelfde manier elektriciteit maken. De verschillende stoffen in de cellen produceren samen een spanning. Deze spanning heeft een waarde van enkele millivolt.

Sommige vissen maken gebruik van in hun lichaam opgewekte elektriciteit. Zo kunnen sidderroggen een spanning produceren van wel 200 V. Ze gebruiken deze spanning voor zelfverdediging en om prooivissen te verdoven. Andere vissen gebruiken elektriciteit ook om te kunnen communiceren of te navigeren. Deze vissen wekken niet alleen elektriciteit op, ze kunnen elektriciteit ook goed waarnemen.



6.26 Het lampje brandt dankzij de spanning die de citroen produceert.

Samengevat

Elektrische stromen spelen een belangrijke rol in je lichaam.

Met behulp van een eeg kun je spanningen in je hersenen waarnemen. Een eeg meet de elektrische activiteit van je hartspier.

Met behulp van elektrodes kun je je hersenen ook beïnvloeden. Een stilstaand hart kun je met een defibrillator weer opstarten.

Zenuwcellen kunnen spanning produceren.

6.6 Opdrachten

A 70

Juist of onjuist?

- a** Met een ecg kun je hersenactiviteit meten.
- b** Een microvolt is een duizendste volt.
- c** Met een pacemaker kun je een stilstaand hart weer opstarten.
- d** Een sidderrog kan een spanning van meerdere kilovolts produceren.
- e** Een eeg heet ook wel een hartfilmpje.

A 71

- a** Leg uit waarom een elektrische schok gevaarlijk is voor je hart.
- b** Je pakt een stroomdraad tussen duim en wijsvinger vast omdat je denkt dat er geen spanning op staat. Je hebt je vergist. Door de spanning kun je de stroomdraad niet meer loslaten. Hoe komt dat?

B 72

Reken om:

- a** $5,7 \mu\text{V} = \dots \text{V}$
- b** $200 \mu\text{V} = \dots \text{V}$
- c** $0,00037 \text{ V} = \dots \mu\text{V}$
- d** $45 \text{ mV} = \dots \mu\text{V}$

B 73

Een defibrillator kan levensreddend zijn. Toch kan een defibrillator ook erg gevaarlijk zijn.

- a** Leg uit waarom een defibrillator voor een gezond persoon gevaarlijk kan zijn.

Een defibrillator kan in een tijd van 10 ms een energie van wel 360 J afgeven.

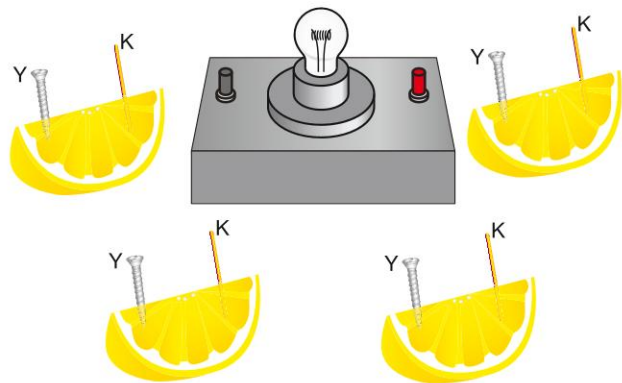
- b** Bereken het vermogen van een defibrillator.

C 74

Het vliegertouw dat Benjamin Franklin gebruikte was door de onweersbui erg nat geworden. Leg uit waarom een nat touw gevaarlijker is dan een droog vliegertouw.

C 75

Ook als je batterijen leeg zijn, kun je een lampje laten branden. Je steekt een stuk koperdraad K en een ijzeren spijker Y in een citroen. Je meet de spanning: 0,25 V, maar je hebt een lamp die bij 1,0 V brandt. Je besluit de citroen in vier delen te snijden. Zie de figuur hieronder. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Teken de aansluitingen zodat het lampje normaal brandt. Ga ervan uit dat elk deel een spanningsbron van 0,25 V is.



C 76

Met een elektrocardiogram kun je een hartritme bepalen. Een pacemaker stuurt het hartritme. Bernadette beweert dat een pacemaker daarom eigenlijk ook een ecg moet maken. Leg uit of je het met haar eens bent of niet.

+ 77

Een pacemaker geeft elektrische signalen (pulsen) af om het hartritme te sturen. Op een gegeven moment geeft de pacemaker 80 pulsen per minuut.

- a** Bereken hoeveel tijd er zit tussen het begin van een puls en het begin van de volgende puls.

De spanningsbron van een pacemaker is een batterij.

- b** Leg uit wat het nadeel is van het gebruik van een batterij in een pacemaker.

Je kunt nu

- uitleggen dat elektriciteit een belangrijke rol in je lichaam speelt;
- uitleggen waar je een pacemaker en een defibrillator voor gebruikt;
- uitleggen wat een eeg en een ecg weergeven.

Practica

1 Geleiders en isolatoren

► 45 minuten
leerlingpracticum

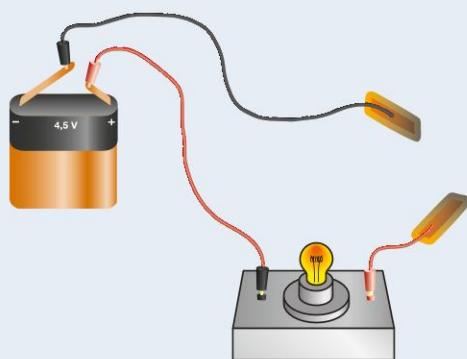
Inleiding

Van een schemerlamp steek je de stekker in het stopcontact. De lamp gaat branden. Er gaat dan stroom door de lamp. Toch kun je het snoer aanraken zonder een schok te krijgen. Blijkbaar is de buitenkant van het snoer gemaakt van een stof die de stroom niet doorlaat.

Onderzoeksvraag

Welke stoffen geleiden de stroom goed en welke juist niet?

Opstelling en werkwijze



Je hebt nodig:

- krokodillenklemmen
- batterij
- lampje
- drie snoeren
- voorwerpen van verschillende stoffen:
 - koffiekopje
 - euromunt
 - pen
 - limonadeglas
 - potlood
 - vulling potlood
 - theelichtje
 - vier eigen voorwerpen

- 1 Bouw de schakeling volgens de tekening hierboven en laat deze controleren door je docent.
- 2 Kies acht voorwerpen die van verschillende stoffen zijn gemaakt. Zet deze voorwerpen in de onderstaande tabel. Vul bij elk voorwerp in van welke stof het is gemaakt.
- 3 Vul bij elk voorwerp in de tabel je voorspelling in: wat verwacht je, is de stof een geleider of een isolator?
- 4 Onderzoek voor elk voorwerp of het lampje brandt als je het voorwerp tussen de krokodillenklemmen houdt. Noteer dit in de tabel.
- 5 Vul in of de stof waarvan het voorwerp is gemaakt een geleider of een isolator is.

voorwerp	stof	voorspelling	brandt het lampje?	geleider of isolator?

Vragen

- a Bij welke stof brandt het lampje het felst? Wat zegt dit over deze stof?
- b Leg met behulp van de resultaten van je proef uit waarom een stroomdraad van binnen is gemaakt van koper en van buiten van plastic.

2 Stroomsterkte meten

► 45 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Niet alle lampen in huis branden even fel, toch heeft het stopcontact overal dezelfde spanning. Dit komt omdat lampen verschillend zijn. Hoe fel een lampje brandt wordt uitgedrukt in watt (W). In dit practicum onderzoek je de stroom door lampjes die met verschillende felheid branden.

Onderzoeksvragen

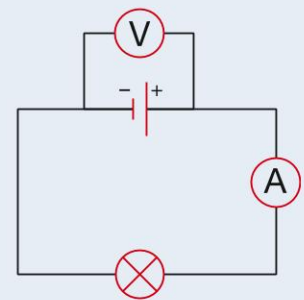
Wat is het verband tussen de felheid van een lampje en de stroom die erdoorheen gaat? Wat heeft dit te maken met de hoeveelheid watt van het lampje?

Voorspelling

Noteer welk lampje volgens jou het felste zal branden.

Opstelling en werkwijze

- 1 Bouw de opstelling hiernaast na en laat deze controleren door je docent.
- 2 Stel de spanningsbron in op 6,0 V.
- 3 Neem de tabel over.
- 4 Draai een lampje in de fitting. Lees de stroomsterkte door het lampje af op de ampèremeter en noteer dit in de tabel.
- 5 Kijk hoe fel het lampje brandt en noteer dit in de tabel.
- 6 Herhaal deze stappen voor de andere lampjes.



Je hebt nodig:

- spanningsbron
- voltmeter
- ampèremeter
- diverse fietslampjes
 - 0,3 W
 - 0,6 W
 - 2,4 W
 - 3,0 W
 - 10,0 W
- fitting
- snoertjes

type lampje (aantal watt)	stroomsterkte (A)	felheid (1-5)

Vragen

- a Teken een diagram waarin je de stroomsterkte uitzet tegen het aantal watt.
- b Rangschik de lampjes op felheid van branden.
- c Geef de conclusie.

3 Een serieschakeling

► **45 minuten**
leerlingpracticum

Inleiding

In ouderwetse kerstboomverlichtingen gaan alle lampjes uit wanneer er één lampje stuk is. Deze kerstboomverlichtingen zijn serieschakelingen. Wanneer je het kapotte lampje verwijderd en een stukje aluminiumfolie in de fitting stopt, gaan de lampjes weer aan. Hiermee moet je wel oppassen. Wanneer je te veel lampjes vervangt door aluminiumfolie brandt het hele snoer door. In dit practicum onderzoek je de eigenschappen van een serieschakeling.

Onderzoeksvragen

Hoe verandert in een serieschakeling de stroomsterkte door de lampjes wanneer je meer lampjes toevoegt? En de spanning over de lampjes?

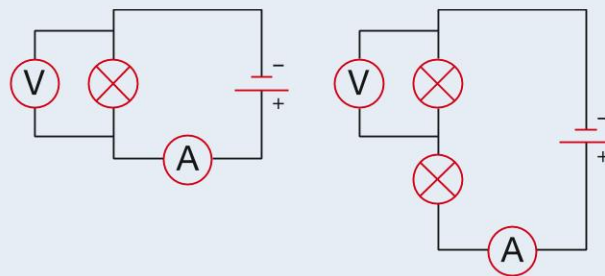
Voorspelling

Noteer je verwachting.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- drie gelijke lampjes (6 V)
- ampèremeter
- voltmeter
- spanningsbron
- snoertjes



- 1 Bouw de schakeling met één lampje zoals hierboven is te zien.
- 2 Laat je docent de schakeling controleren.
- 3 Stel de spanningsbron in op 6,0 V.
- 4 Neem de tabel over.
- 5 Meet de stroomsterkte door en de spanning over het lampje en noteer dit in je tabel.
- 6 Herhaal de bovenstaande stappen voor een schakeling met twee lampjes en daarna voor een schakeling met drie lampjes. Meet steeds de spanning over en de stroom door hetzelfde lampje.
- 7 Onderzoek bij de schakeling met drie lampjes of de stroomsterkte voor elk lampje hetzelfde is. En of de spanning over alle lampjes gelijk is.
- 8 Draai één van de drie lampjes los.

aantal lampjes	stroomsterkte (A)	spanning over het lampje (V)

Vragen

- a Is de stroomsterkte overal in de schakeling gelijk? En de spanning over de lampjes?
- b Gebeurt er iets als je één van de drie lampjes losdraait? Geef hiervoor een verklaring.
- c Geef de conclusie.
- d Wat zou je moeten veranderen om bij meer lampjes de lampjes toch voluit te laten branden?
- e Teken het schakelschema van de schakeling met drie lampjes.

4 Een parallelschakeling

► 45 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Het zou thuis vervelend zijn als alle verlichting bij een kapotte lamp uitvalt. Gelukkig is dat niet zo omdat de lampen parallel zijn geschakeld. Waar je wel voor op moet passen is dat als je te veel apparaten tegelijkertijd aanzet, de stoppen eruit vliegen. In dit practicum onderzoek je de eigenschappen van een parallelschakeling.

Onderzoeksvragen

Hoe verandert in een parallelschakeling de stroomsterkte door de lampjes wanneer je meer lampjes toevoegt? En de spanning over de lampjes?

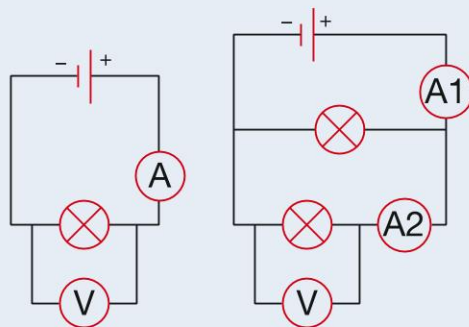
Voorspelling

Noteer je verwachting.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- drie gelijke lampjes (6 V)
- twee ampèremeters
- voltmeter
- spanningsbron
- snoertjes



- 1 Bouw de schakeling met één lampje zoals hierboven is te zien.
- 2 Laat je docent de schakeling controleren.
- 3 Stel de spanningsbron in op 6,0 V.
- 4 Neem de tabel over.
- 5 Meet de stroomsterkte door en de spanning over het lampje en noteer dit in je tabel.
- 6 Herhaal de bovenstaande stappen voor een schakeling met twee lampjes en daarna voor een schakeling met drie lampjes. Gebruik bij deze schakelingen steeds twee ampèremeters.
- 7 Onderzoek bij de schakeling met drie lampjes of de stroomsterkte voor elk lampje hetzelfde is. En of de spanning over alle lampjes gelijk is.
- 8 Draai één van de drie lampjes los.

aantal lampjes	stroomsterkte (A) Ampèremeter 1	stroomsterkte (A) Ampèremeter 2	spanning over het lampje (V)

Vragen

- a Is de stroomsterkte overal in de schakeling gelijk? Wat valt je op?
- b Is de spanning over alle lampjes gelijk? Wat valt je op?
- c Gebeurt er iets als je één van de drie lampjes losdraait? Geef hiervoor een verklaring.
- d Geef de conclusie.
- e Teken het schakelschema van de schakeling met drie lampjes.
- f Geef in dit schakelschema aan waar je een schakelaar plaatst die alleen het bovenste lampje uitschakelt.
- g Geef in dit schakelschema aan waar je een schakelaar plaatst die alle lampjes tegelijk uitschakelt.

5 Onderzoek: werking van een zekering

► 45 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

In elk huis zijn in de meterkast meerdere zekeringen aangebracht. Elke zekering beveiligt een ander deel van het huis door de stroomkring te onderbreken als er te veel stroom door de draden gaat. Je maakt bij dit practicum zelf een zekering met behulp van een ballon. Vervolgens test je deze zekering.

Onderzoeksvragen

Kun je met een ballon in een doos een zekering maken? Bij welke stroomsterkte verbreekt de zekering de stroomkring?

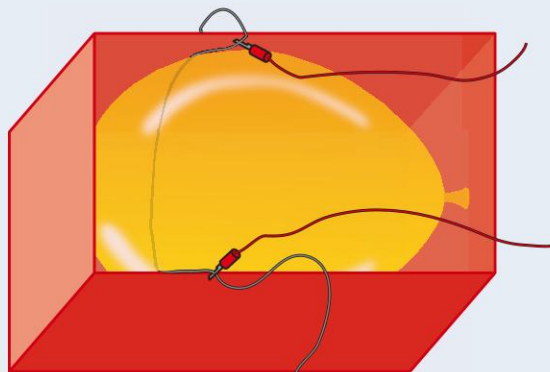
Voorspelling

Hoe denk je dat de zekering de stroomkring verbreekt? Noteer je verwachting.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- lampjes
- fittingen
- spanningsbron van 6 V
- ampèremeter
- voltmeter
- ballon
- 50 cm ijzerdraad met een diameter van 0,2 mm
- schoendoos
- snoertjes met stekkertjes



Maak eerst de zekering met behulp van de volgende stappen.

- 1 Blaas de ballon op. Deze moet zo groot zijn dat je hem stevig in de doos kunt vastklemmen. Knoop de ballon dicht.
- 2 Buig het stuk ijzerdraad om de ballon. Plaats de ballon, met het ijzerdraad eromheen, in de doos.
- 3 Klem in de doos een snoertje, aan beide zijken van de ballon. Doe dit zo dat het metaal van het stekkertje stevig tegen het ijzerdraad aan zit. Dit is je zekering.
- 4 Maak nu een werkplan om te onderzoeken bij welke stroomsterkte de zekering doorbrandt. Maak gebruik van een schakeling met de zekering, de ampèremeter en zo veel lampjes als nodig (maar minimaal één). Gebruik een spanningsbron van 6 V.
Tip: in practicum 3 en 4 heb je geleerd wat de eigenschappen van verschillende schakelingen zijn. Gebruik wat je hebt geleerd.
- 5 Laat je werkplan door je docent controleren.
- 6 Voer je onderzoek uit.

Vragen

- a Maak een schakelschema van je opstelling
- b Geef de conclusie.
- c Leg uit hoe de zekering werkt.

Oefentoets

Juist of onjuist?

- 1 De eenheid van elektrische stroomsterkte is volt.
- 2 Een spanningsmeter sluit je parallel aan.
- 3 $15 \text{ W} = 0,015 \text{ kW}$
- 4 Bij overbelasting kan brand ontstaan.
- 5 In een parallelschakeling zijn de deelstroomsterktes gelijk aan de hoofdstroomsterkte.

Symbolen in een schakelschema

Teken het symbool van:

- 6 een lampje
- 7 een schakelaar
- 8 een batterij
- 9 een voltmeter

Voltmeter

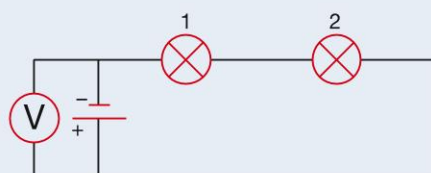
- 10 Lees de spanning van de voltmeter af.

Je wilt de spanning van een batterij meten.

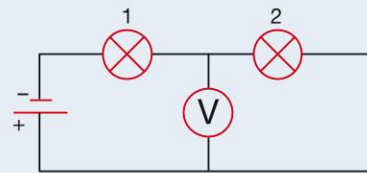
- 11 In welk schema is de spanningsmeter goed aangesloten?



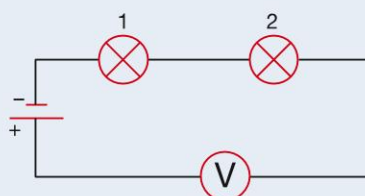
a



b



c



Schakelingen

Een scooter heeft een voorlicht en een achterlicht. De lampjes branden onafhankelijk van elkaar; zelfs als het achterlicht kapot is, kan het voorlicht nog branden.

- 12 Hoe noem je deze schakeling?
- 13 Teken een schakelschema van deze schakeling.

Reken om:

- 14 $435 \text{ mA} = \dots \text{ A}$
- 15 $1,3 \text{ W} = \dots \text{ mW}$
- 16 $5,2 \text{ kV} = \dots \text{ V}$
- 17 $4,5 \text{ kWh} = \dots \text{ J}$

Huisinstallatie

In de meterkast vind je onder andere een zekering en een aardlekschakelaar.

- 18 Leg uit in welke situatie een zekering de stroom uitschakelt.
- 19 Leg uit in welke situatie een aardlekschakelaar de stroom uitschakelt.

Elektrisch vermogen

Een elektrisch kacheltje heeft een vermogen van 2,4 kW.

- 20 Leg uit wat hiermee wordt bedoeld.
- 21 Bereken hoeveel energie (in kWh) het kacheltje gebruikt als het 1,5 uur brandt.

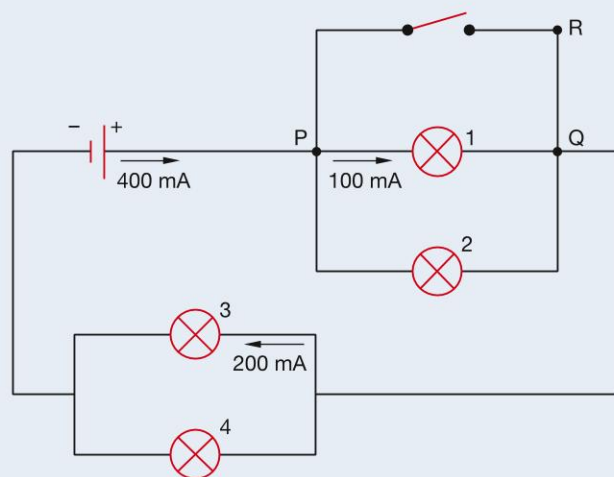
Stroomsterkte en spanning in serie en parallel

Hieronder zie je een schakeling.

- 22 Neem de tekening over. Teken op drie plaatsen een ampèremeter die de sterkte van de hoofdstroom meet.
- 23 Teken een voltmeter die de spanning over lampje 4 meet.

De spanningsbron levert een spanning van 4,5 V. De spanning over lampje 2 is 2,5 V.

- 24 Leg uit hoe groot de spanning over lampje 1 is.
- 25 Bereken de stroomsterkte door lampje 2 en door lampje 4.
- 26 Waarom loopt er wel een stroom van P naar Q, maar niet van P naar R?



Elektriciteit in je lichaam

- +27 Leg uit wat het verschil tussen een defibrillator en een pacemaker is.



7 Krachten



De Riviera Maya is een toeristisch gebied in Mexico. Daar vind je Xplor, een outdoor adventurepark. Dit stel heeft z'n angsten overwonnen en denderd naar beneden. Met flinke snelheid gaan ze dwars door een waterval. Gelukkig hebben ze een helm op en landen ze in het water. Krachten spelen hierbij een belangrijke rol. Weet jij welke krachten hier allemaal een rol spelen?

Paragraaf

Practica



Overal online

7.1 Krachten herkennen	1 Herken krachten
7.2 Kracht meten en tekenen	2 Meet je eigen spierkracht
7.3 Zwaartekracht	3 Zwaartepunt
7.4 Veerkracht	4 Ontwerp je eigen keukenweegschaal
7.5 Kracht en beweging	5 Weerstandskracht meten
+7.6 Krachten optellen	
Oefentoets	

Alle teksten en opdrachten uit dit boek vind je terug op Overal online. Hier vind je ook filmpjes, animaties, extra uitleg en oefening, oefentoetsen en extra practica.

Discussievraag

De mensen in dit dorpje zijn diep geschokt. Er is een enorm gat ontstaan waar een deel van de grond in verdwenen is. Waardoor is de vervorming zoals die is te zien veroorzaakt?



Je leert • hoe je herkent of er een kracht werkt.

7.1 Krachten herkennen

► Practicum 1

Gevolgen van krachten

Een deur gaat open als je ertegen duwt of eraan trekt. Je oefent dan een **kracht** op de deur uit. Zonder deze kracht beweegt de deur niet. Kracht is een natuurkundige grootheid. Het symbool van kracht is de hoofdletter F (van het Engelse *force*). Een kracht kun je niet zien. Je ziet, hoort of voelt alleen het gevolg ervan. Een kracht kan zorgen voor:

- **vervorming;**
Je kraakt een walnoot en de noot breekt in stukjes. De vorm van de noot verandert door de kracht die je op de noot uitoefent.
- **verandering van de grootte van de snelheid;**
Een open deur die je een duw geeft, gaat bewegen. De snelheid van de deur verandert door de kracht die je op de deur uitoefent.
- **verandering van de richting van de snelheid;**
Een tennisser slaat een tennisbal terug naar zijn tegenstander. De richting van de snelheid van de bal verandert door de kracht die het racket op de bal uitoefent.

Vervorming

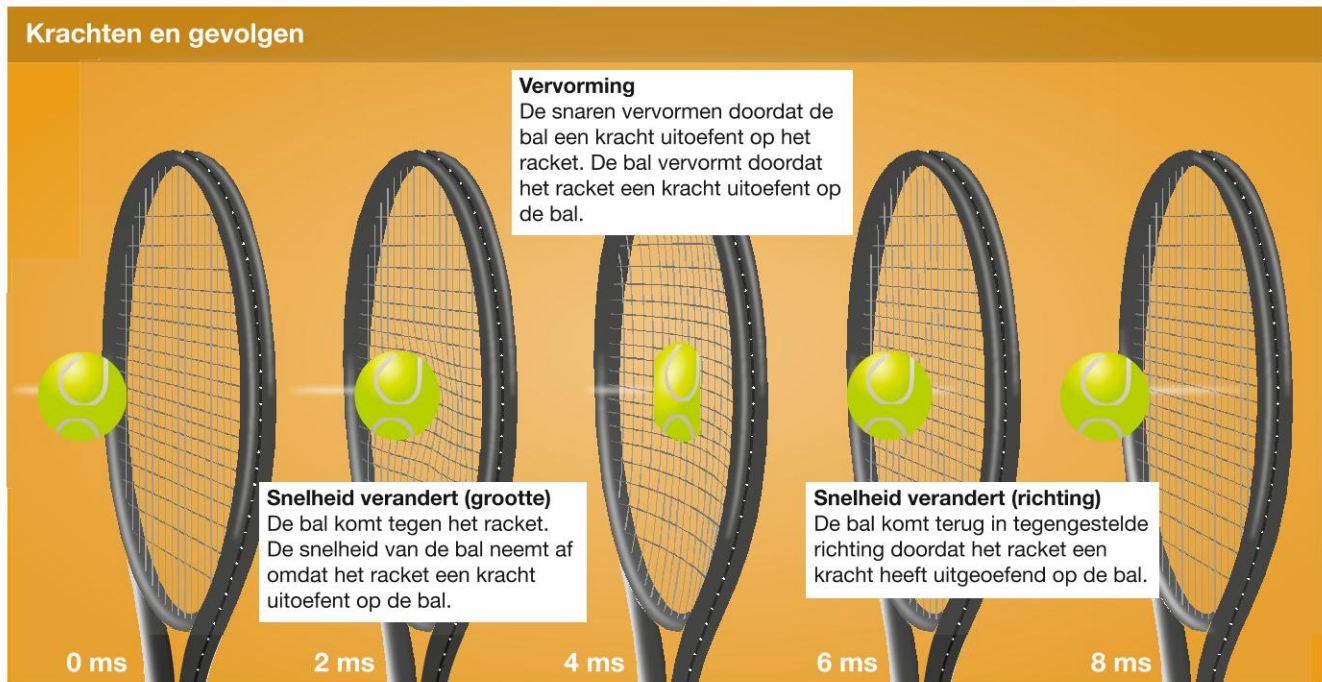
Kracht kan de vorm van een voorwerp veranderen. Deze vervorming is blijvend of tijdelijk. Een blijvende vervorming heet **plastische vervorming**. Een tijdelijke vervorming heet **elastische vervorming**; wanneer de kracht niet meer werkt, verdwijnt ook de vervorming. De vervorming in de openingsfoto is een voorbeeld van een plastische vervorming. Het gat in de grond is blijvend zonder ingrijpen van mensen. Een voorbeeld van een elastische vervorming is een handboog die je spant om een pijl mee weg te schieten. Laat je de pijl los, dan veert de boog terug naar zijn oorspronkelijke vorm.

Verandering van de grootte van de snelheid

Kracht kan een verandering van de grootte van de snelheid veroorzaken. Dit zie je bijvoorbeeld wanneer je wegfietst. Je duwt daarvoor op je pedalen. Je kracht zorgt ervoor dat je snelheid krijgt. Als je wilt stoppen, knijp je de remmen in. Je kracht zorgt er dan voor dat je snelheid afneemt.

Verandering van de richting van de snelheid

Kracht kan een verandering van de richting van de snelheid veroorzaken. In figuur 7.1 zie je hier een voorbeeld van: de bal stuitert terug van het racket. Hierbij verandert de richting van de snelheid van de bal. Dat komt door de kracht die het racket op de bal uitoefent. Een ander voorbeeld waarbij de snelheid van richting verandert, is wanneer je met je fiets een bocht maakt. Je gaat namelijk niet meer rechtdoor. Ook hier werkt een kracht, maar die is moeilijk te herkennen. Deze kracht heet de weerstandskracht. Bedenk maar eens wat er op glad ijs zou gebeuren. Daar is deze kracht veel kleiner en kun je geen bocht maken.



7.1 Krachten kun je niet zien, de gevolgen van krachten wel.



7.2 Mooie redding van een keeper

Voorbeeld 1: Krachtwerking herkennen

Geef van elk van onderstaande voorbeelden aan hoe je ziet dat er een kracht werkt.

- Je docent geeft het startsein voor de 60 m sprint en je begint te rennen.
- Een keeper stompt een bal terug het veld in. Zie figuur 7.2.
- Je verfrommelt een stuk papier.
- Een sjoelschijf beweegt in de richting van een gat en komt tot stilstand.

Uitwerking:

- Er werkt een kracht, want je snelheid verandert van grootte.
- Er werkt een kracht, want de snelheid van de bal verandert van richting (en misschien ook van grootte).
- Er werkt een kracht, want het stuk papier vervormt.
- Er werkt een kracht, want de snelheid neemt af.

Soorten krachten

Alle krachten noteer je kort met de letter F . Daar schrijf je in het klein de soort kracht bij. De kracht die ervoor zorgt dat magneten elkaar aantrekken of afstoten, heet bijvoorbeeld magnetische kracht. Het symbool hiervoor is F_{magn} . Er zijn nog meer krachten met een eigen naam en symbool. Zie figuur 7.3.

Een kracht is geen eigenschap van een voorwerp. Een voorwerp oefent een kracht op een ander voorwerp uit. Enkele voorbeelden (zie figuur 7.3):

- Een keeper oefent een spierkracht uit op een bal om de richting en de grootte van de snelheid van de bal te veranderen. Zie figuur 7.2.
- De veer van een wipkip oefent een veerkracht uit op degene die erop zit. Zie figuur 7.4a.
- Door elektrische krachten gaan je haren rechtop staan. Zie figuur 7.4b.
- In de bergsport neem je het op tegen de zwaartekracht. Zie figuur 7.4c. Als je valt, zorgt de spankracht in het touw ervoor dat je afremt en je snelheid verandert. De klimmer oefent een spierkracht uit op de wand om omhoog te komen.

naam van de kracht	symbool
spierkracht	F_{spier}
veerkracht	F_v, F_{veer}
zwaartekracht	F_z
spankracht	F_s, F_{span}
weerstandskracht	$F_w, F_{\text{weerstand}}$
elektrische kracht	F_{el}
magnetische kracht	F_{magn}

7.3 Krachten en hun symbolen



a De veerkracht bij een wipkip oefent een kracht uit op degene die erop zit.



b Geladen voorwerpen oefenen een elektrische kracht uit.



c De klimmer gebruikt zijn spierkracht om omhoog te klimmen.

7.4 Verschillende krachten in beeld

Samengevat

Krachten kun je niet zien. Je kunt wel de werking ervan zien, horen of voelen. Als de snelheid van grootte of van richting verandert of een voorwerp vervormt, werkt er een kracht. Elastische vervorming is tijdelijk en verdwijnt weer als de kracht wordt weggenomen. Plastische vervorming is blijvend.

Kracht heeft als symbool F . Een kracht werkt altijd op een voorwerp.

Er zijn verschillende krachten, elk met een eigen symbool: $F_z, F_{\text{span}}, F_{\text{weerstand}},$ enzovoort.

7.1 Opdrachten

A 1

Juist of onjuist?

- a Krachten kun je zien.
- b Als de bewegingsrichting van een voorwerp verandert, weet je zeker dat er een kracht werkt.
- c De snelheid van een voorwerp kan veranderen zonder dat er een kracht werkt.
- d Voor het vervormen van een voorwerp is een kracht nodig.

A 2 H

Schrijf in symbolen: spierkracht, zwaartekracht, elektrische kracht.

A 3 H

- a Leg aan de hand van een voorbeeld uit wat een plastische vervorming is.
- b Leg aan de hand van een voorbeeld uit wat een elastische vervorming is.

B 4 H

In de tekst staan drie gevolgen van krachten. Noem die drie gevolgen en laat zien dat je ze alle drie bij een botsing tussen auto's kunt herkennen.

B 5

Schrijf voor de volgende voorbeelden op waarom je weet dat er een kracht werkt op het vetgedrukte woord. Geef een naam aan de kracht die er werkt.

- a Een **tennisbal** komt tegen een racket aan.
- b Je drukt de aan- en uit**knop** van je computer in.
- c Je remt met je **fiets** voor een rood verkeerslicht.
- d Je slaat een **mug** dood.
- e Je vangt een **bal**.

B 6 H

Er zijn veel meer soorten krachten dan de krachten die in deze paragraaf zijn genoemd. Bedenk zelf een naam voor de krachten in de volgende situaties.

- a Een windmolen draait doordat de wind er een kracht op uitoefent.
- b Je plakt een poster met plakband tegen de muur.
- c Je vader wil harder rijden. De motor zorgt ervoor dat de auto sneller gaat rijden.
- d Je vader remt weer af.

B 7 H

- a Welke kracht zorgt ervoor dat de snelheid van een bungeejumper meteen na de afsprong verandert?
- b Welke kracht zorgt ervoor dat de snelheid na een tijd afneemt?

B 8 H

Je zegt in de natuurkunde dat je een kracht op een voorwerp uitoefent. Verander de onderstaande uitspraken zoals je ze in de natuurkunde zegt.

- a Hilde gooit een bal.
- b Een bergbeklimmer trekt zich omhoog aan een touw.
- c Een boogschutter schiet een pijl weg.
- d Een motorcoureur geeft gas door aan zijn gashendel te draaien.

B 9

Schrijf voor de volgende situaties op of de vervorming plastisch of elastisch is.

- a Kajel drukt de knop van haar deospray in.
- b Je zakt weg in een modderpoel.
- c De loodgieter buigt je waterleiding.
- d Een kat zorgt voor de doorbuiging van een tak.

C 10

Je legt een steentje in een katapult en trekt het met het elastiek naar achteren. Benoem de drie krachten die er op dat moment op het steentje werken.

C 11

In de figuur zie je de betekenis van het woord 'kracht' zoals die in het woordenboek *Van Dale* staat.

- a Welke zin past het beste bij wat je in deze paragraaf hebt geleerd?
- b Geef je eigen natuurkundige omschrijving van het woord kracht.

Betekenis 'kracht'

Je hebt gezocht op het woord: kracht.

kracht (meervoud: krachten)

- 1 (de; v(m)) sterkte, vermogen (ook van abstracte begrippen)
- 2 (de; v(m)) lichaamskracht: de kracht van een paard
- 3 (de; v(m)) deugdelijkheid, werking: dat is niet meer van kracht geldig
- 4 (de; m,v) werkend persoon: administratieve kracht; leerkracht, uitzendkracht

C 12

Je hebt geleerd dat een kracht drie gevolgen kan hebben. Geef bij de volgende situaties aan welke kracht werkt en welk(e) gevolg(en) die kracht heeft.

- a Een volleyballer slaat een bal terug naar de andere helft.
- b Een bergbeklimmer valt naar beneden.
- c Even later vangt het touw zijn val op.
- d Een handboogschutter spant zijn handboog.
- e Een motorcoureur gaat met een constante snelheid door een bocht.
- f Een karateka slaat een plankje doormidden.
- g Een gewichtheffer tilt een halter op.

C 13 V

Als er een kracht werkt, oefent een voorwerp een kracht uit op een ander voorwerp. Tegelijkertijd oefent het andere voorwerp ook een kracht uit op het eerste. Beide voorwerpen ondervinden dus gevolgen van de krachtwerking. Noem voor onderstaande voorbeelden **voor beide voorwerpen** welke gevolgen ze ondervinden.

- a Een formule 1-wagen crasht tegen een strobaal.
- b Een duikplank veert naar beneden, veert weer terug en lanceert een duiker.
- c Een voetballer kopt een bal weg.

+ 14 V

- a Zoek op wat plastische chirurgie is. Is het de bedoeling dat de vervorming blijvend is?

Als je een veer uitrekt, veert deze weer terug.

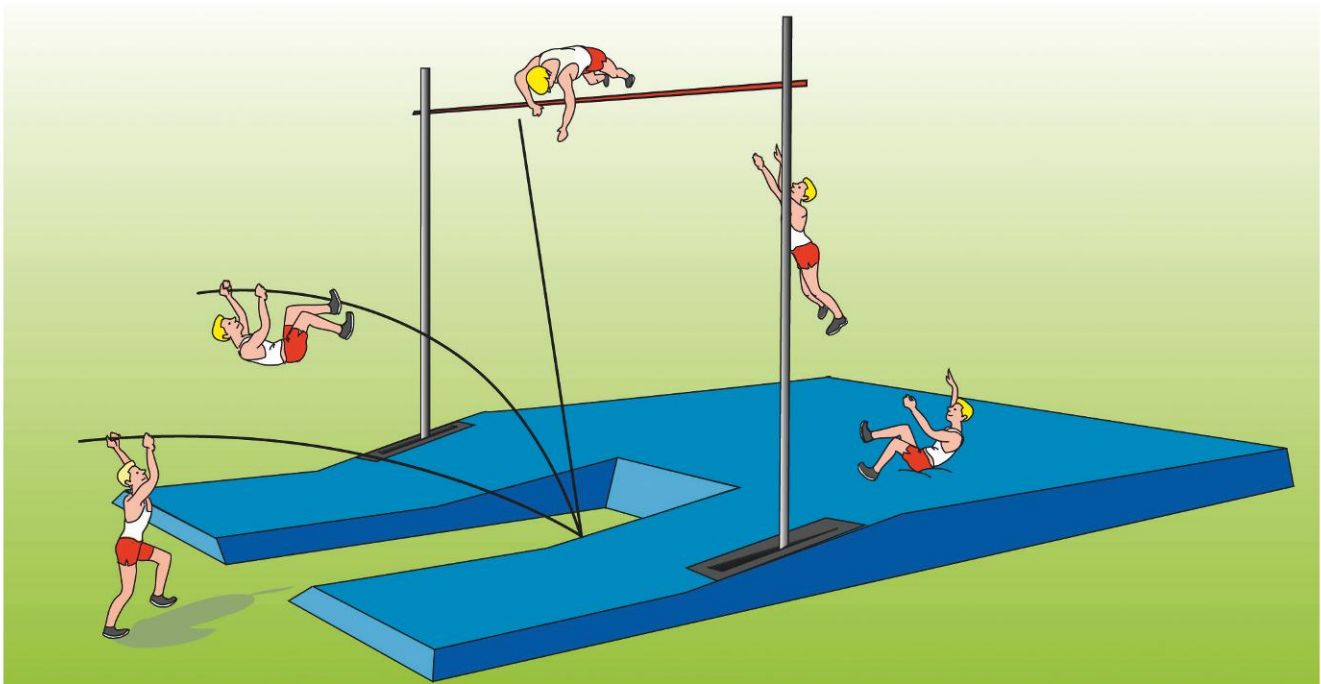
- b Kan een veer ook plastisch vervormen?
- c Wat vindt de TOA ervan als een veer plastisch vervormt?

+ 15 V

Bij het polsstokhoogspringen doorloopt Rens een aantal fasen (zie de figuur):

- vanuit stilstand rent hij naar het matras;
- bij het matras steekt hij de stok in een bak, waarna de stok buigt;
- Rens maakt gebruik van de stok om zo hoog mogelijk te komen;
- Rens gaat in een boog over de lat;
- Rens valt naar beneden;
- Rens landt op het matras.

Geef voor deze zes situaties aan welke krachten er werken en wat het gevolg is van deze krachten.



Je kunt nu

- verschillende soorten krachten noemen en met een symbool weergeven;
- drie soorten gevolgen van de werking van krachten noemen en herkennen;
- aangeven dat een kracht altijd op een voorwerp werkt;
- aangeven wat het verschil is tussen plastische en elastische vervorming.



Discussievraag

Elk jaar zijn er roeiwedstrijden tussen verschillende Thaise roeiteams, een ware krachtmeting. Hoe zou je de spierkracht van de roeiers kunnen meten?

Je leert • hoe je krachten meet en tekent.

7.2 Kracht meten en tekenen

Eigenschappen van een kracht

Wanneer je tegen een boom duwt, heeft dat minder gevolgen dan wanneer een olifant dit doet. Het effect dat een kracht heeft, hangt af van de eigenschappen van die kracht:

- de grootte; hoe groter de kracht is, hoe groter het effect;
- de richting; werkt de kracht naar links, rechts, boven of onder?;
- het **aangrijpingspunt**; dat is de plek waar de kracht werkt.

► Practicum 2

Een kracht meten

Sommige koffers hebben een meter die laat zien hoe zwaar hij is. Die heet een **krachtmeter** of **veeurunster**. Krachtmeters heb je in verschillende soorten en maten. Een krachtmeter bestaat uit een doorzichtige buis waarin een veer is bevestigd. Zie figuur 7.5. Aan de veer zit een haakje om voorwerpen aan te hangen. Hoe groter de kracht op het haakje, hoe meer de veer wordt ingedrukt of uitgerekt. Er zijn ook krachtmeters om grote krachten te meten, zoals bij een weegbrug voor vrachtwagens.

De eenheid van kracht is newton, met symbool N. Deze eenheid is vernoemd naar Isaac Newton, een van de grootste natuurkundigen uit de 17de eeuw. Hij hield zich onder andere bezig met krachten en hun gevolgen.



7.5 Veurunsters met verschillend meetbereik met een doorzichtige buis.

Krachtsmeters kunnen een heel verschillend meetbereik hebben. Als je een kracht wilt meten is het belangrijk dat je een krachtmeter met een geschikt meetbereik kiest. Zo zijn er krachtmeters waarmee je kleine krachten meet (tot 5 N), maar er bestaan ook krachtmeters waarmee je de kracht van een koffer kunt meten (tot 500 N) of waarmee je kunt meten hoe zwaar een vrachtwagen is (tot wel 400 000 N). Is de kracht te groot om met een bepaalde unster te meten, dan neem je een krachtmeter met een groter meetbereik. Hoe groter de kracht is die een voorwerp uitoefent op de veer, hoe meer de veer uitrekt of indrukt.

Een kracht tekenen

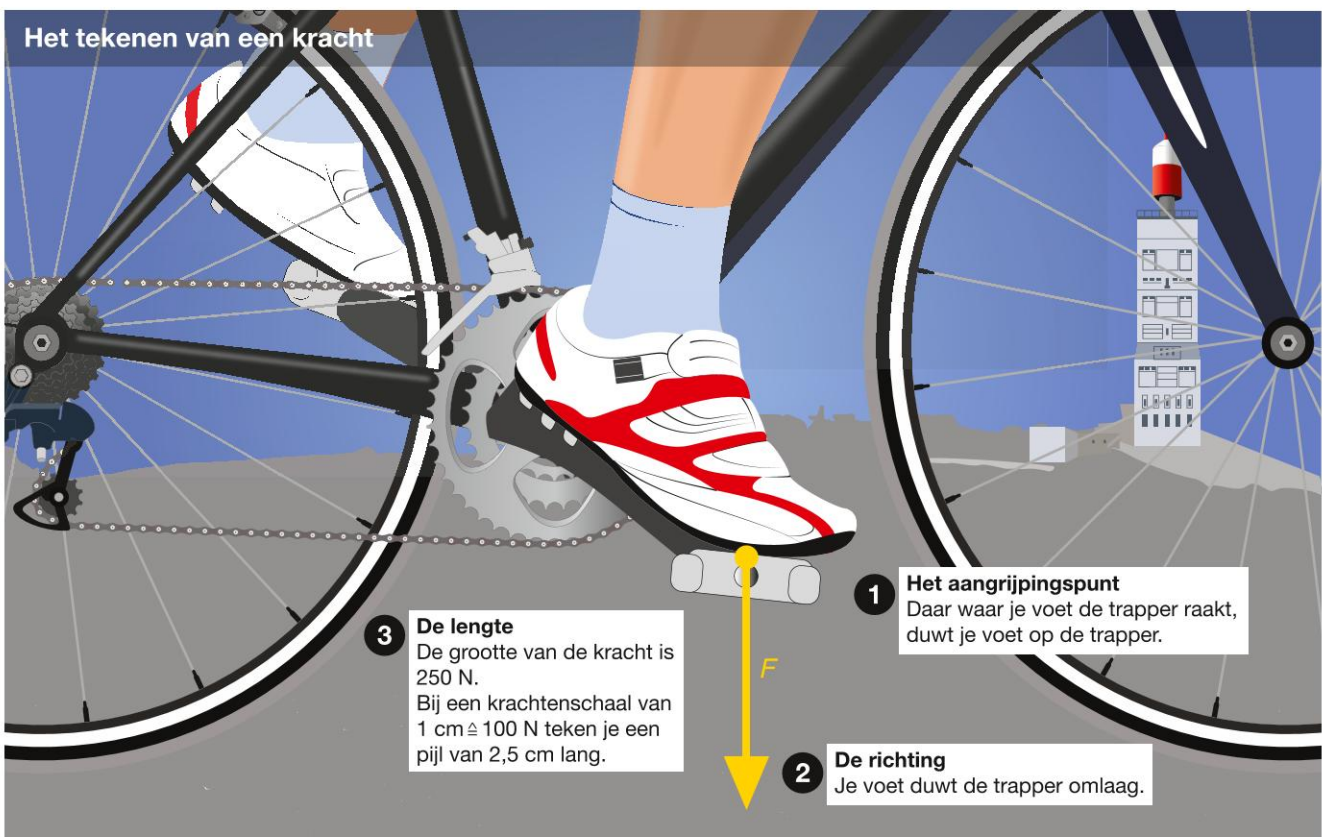
Een kracht die wordt uitgeoefend op een voorwerp teken je als een pijl. Met een pijl kun je een grootte, een richting en een aangrijpingspunt aangeven. Zie figuur 7.6. Als je een kracht tekent, gelden de volgende drie afspraken.

- De staart van de krachtpijl begint op het aangrijpingspunt.
- De richting van de krachtpijl geeft aan in welke richting de kracht werkt.
- De lengte van de krachtpijl geeft de grootte van de kracht aan. Bij de pijl schrijf je de letter F .

Krachtschaal

► Vaardigheid 6

De lengte van een pijl zegt iets over de grootte van de kracht. Je kunt bijvoorbeeld een kracht van 10 N tekenen met een pijl die 5 cm lang is. Dat betekent dat 1 cm dan 2 N voorstelt. Je zegt: de **krachtschaal** is $1 \text{ cm} \triangleq 2 \text{ N}$. Het $\triangleq$ -teken spreek je uit als 'komt overeen met'. De krachtschaal geeft de verhouding tussen de getekende lengte en de grootte. Zie figuur 7.6.



7.6 Een kracht die wordt uitgeoefend op een voorwerp teken je als een pijl.

Voorbeeld 2: Werken met een krachtenschaal

Stel een krachtenschaal is $1 \text{ cm} \triangleq 200 \text{ N}$. Hoe weet je dan welke kracht er hoort bij een pijl van 2,3 cm lang?

Uitwerking:

- 1 Maak een verhoudingstabel met daarin de kracht en de lengte zoals in de krachtenschaal staat vermeld.

lengte pijl	1,0 cm	
kracht	200 N	

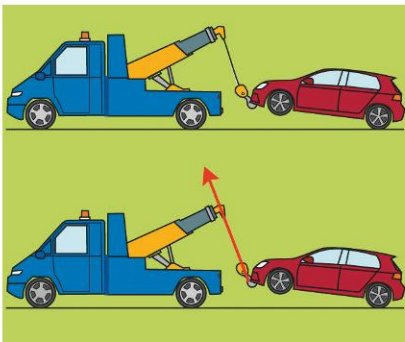
- 2 Bedenk welke rekenstap je moet maken om van 1,0 cm naar 2,3 cm te komen.

	$\times 2,3$	
lengte pijl	1,0 cm	2,3 cm
kracht	200 N	

- 3 De rekenstap die je in de bovenste rij maakt, maak je ook in de onderste rij.

	$\times 2,3$	
lengte pijl	1,0 cm	2,3 cm
kracht	200 N	460 N
	$\times 2,3$	

- 4 Antwoord: De kracht is $F = 460 \text{ N}$.



7.7a Situatieschets
b Uitwerking

Voorbeeld 3: Een kracht tekenen

Wanneer een auto verkeerd staat geparkeerd, wordt hij soms weggesleept. Zie figuur 7.7a. De sleepkabel oefent een kracht uit van 3400 N. Teken deze kracht in het pictogram en gebruik een krachtenschaal van $1 \text{ cm} \triangleq 2000 \text{ N}$.

Uitwerking:

- 1 De kabel trekt aan de voorkant van de auto. Daar zit het aangrijpingspunt van de kracht.
- 2 De kracht werkt in de kabel, dus de kabel geeft de richting van de kracht aan.
- 3 De lengte van de pijl bereken je met de krachtenschaal. Je tekent hier een pijl van 1,7 cm. Zie figuur 7.7b.

Samengevat

Een kracht meet je met een krachtmeter of veerunster. In een unster zit een veer. Een kracht zorgt voor de uitrekking of indrukking van de veer. Hoe groter de kracht, hoe meer de veer wordt ingedrukt of uitgerekt. De eenheid van kracht is newton (N).

Een kracht teken je als een pijl met een aangrijpingspunt, een richting en een lengte. De lengte van de pijl zegt iets over de grootte van de kracht. Voor de lengte van de pijl gebruik je een krachtenschaal.

7.2 Opdrachten

A 16

- Geef de drie eigenschappen die van belang zijn als je een kracht tekent.
- Wat is het nut van een krachtschaal?
- Waar teken je het aangrijpingspunt van een kracht?

A 17 H

Kracht is een grootheid en heeft dus een eenheid.

- Geef de afkorting voor de eenheid van kracht. Waar staat deze afkorting voor?
- Geef het symbool voor de grootheid kracht.
- Schrijf op in woorden: $F_{\text{spier}} = 4 \text{ N}$.

Je tekent een kracht van 4 N als een pijl van 4 cm lang.

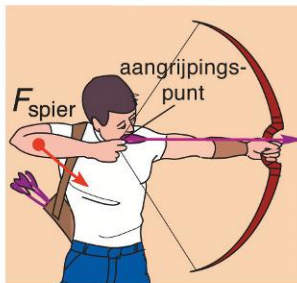
- Geef de bijbehorende krachtschaal.

A 18 H

- Welk meetinstrument gebruik je om de grootte van een kracht te meten?
- Hoe noem je de waarden die je met een krachtmeter meet?

B 19

Bekijk de tekeningen hieronder. Geef bij elke tekening aan welke fout er is gemaakt is bij het tekenen van de krachten.



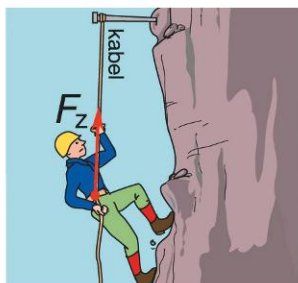
a De boogschutter oefent spierkracht uit op de handboog



b De gewichtheffer oefent spierkracht uit op de halter.



c Het tennisracket oefent kracht uit op de bal.



d De zwaartekracht werkt op de bergbeklimmer.

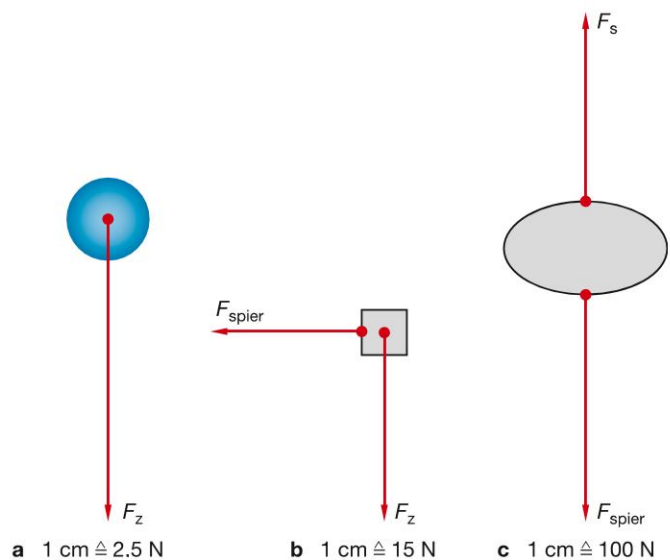
B 20 H

Teken de volgende krachten. Gebruik de gegeven schaal.

- Een kracht van 30 N naar rechts ($1,0 \text{ cm} \triangleq 10 \text{ N}$).
- Een kracht van 70 N omhoog ($1,0 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$).
- Een kracht van 60 N omlaag ($1,0 \text{ mm} \triangleq 2 \text{ N}$).
- Een kracht van 100 N naar links ($1,0 \text{ cm} \triangleq 50 \text{ N}$).
- Een kracht van 500 N schuin naar rechts omhoog ($1,0 \text{ cm} \triangleq 1000 \text{ N}$).

B 21

Bekijk de tekeningen van de krachtpijlen hieronder. Bepaal bij iedere krachtpijl de grootte van de kracht.



B 22 H

Je hebt twee even lange krachtmeters. Eén met een meetbereik van 5 N en een van 10 N. Je trekt aan de ene totdat deze 1,0 N aanwijst. Dit doe je ook met de andere krachtmeter. Je spieren oefenen dan een kracht van 1,0 N op de veer uit.

- Is dat een grote of een kleine spierkracht als je dit vergelijkt met de kracht die je nodig hebt om je schooltas op te tillen?
- Welke van de twee veren rekt bij het trekken het meest uit?

Je trekt de krachtmeters uit tot hun grootste waarde.

- Leg uit bij welke veer je daar de grootste kracht voor nodig hebt.

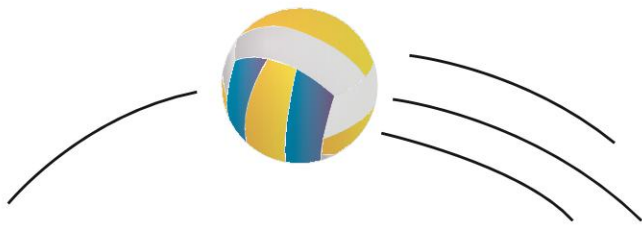
B 23

Hieronder staan drie situaties. Maak eerst een schets van elke situatie. Teken daarna de gevraagde kracht met de gegeven krachtenschaal.

- Bij karate slaat een sporter een plankje doormidden. De kracht op het plankje is 750 N ($1,0 \text{ cm} \triangleq 500 \text{ N}$).
- Een wielrenner trapt op zijn pedalen. De voet van de wielrenner oefent een kracht van 560 N uit op het pedaal ($1,0 \text{ cm} \triangleq 200 \text{ N}$).
- Een boogschutter spant zijn boog. Dan laat hij zijn pijl los. De veerkracht op de pijl is 360 N ($1,0 \text{ cm} \triangleq 200 \text{ N}$).

B 24

Na een opslag beschrijft een volleybal een kromme baan naar links zoals hieronder.



Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Teken in de figuur de kracht(en) op de bal als hij in het hoogste punt van die baan is.
- Geef de kracht(en) een naam.

C 25

Freek werpt een zware bal met een kracht van 250 N naar rechts. De zwaartekracht op de bal is 180 N ($1,0 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$).

Maak een schets van deze situatie. Teken de gevraagde krachten met de gegeven krachtenschaal.

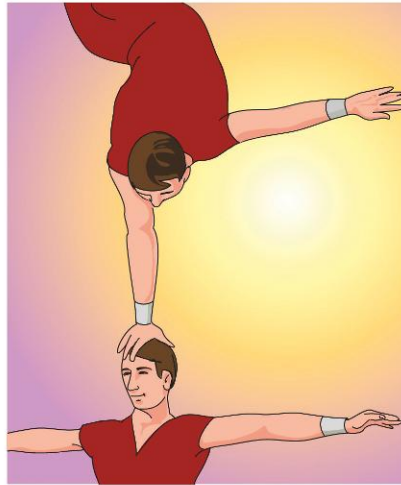
C 26 V

Gewichtheffer Hendrik ($m = 75 \text{ kg}$) tilt in zijn rechterhand een halter van 25 kg. In zijn linkerhand heeft hij een 15 kg zware kogel vast. Zijn dochtertje (45 kg) kijkt toe.

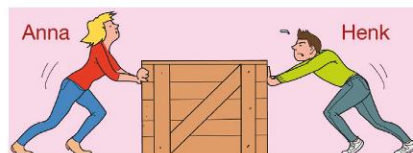
- Maak een schets van de situatie.
- Teken in de schets de vier zwaartekrachten. Neem voor de zwaartekracht op 20 kg een pijl van 1 cm.

C 27

In het circus worden vaak halsbrekende kunsten vertoond. Hier steunt iemand op het hoofd van een ander en oefent daarbij een kracht van 780 N uit. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Teken deze kracht. ($1,0 \text{ cm} \triangleq 250 \text{ N}$)

**+ 28 V**

In de figuur zie je Anna en Henk die tegen een kist duwen.



Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Teken de spierkracht F_{Anna} als een pijl van 3 cm. Zet het juiste symbool er bij.
- Bepaal de schaal voor de kracht in de figuur als de kracht 60 N is.
- Teken in dezelfde figuur de kracht van Henk die tegelijkertijd met 90 N naar links duwt.
- Leg uit wat er met de kist zal gebeuren.

Peter beweert dat het totale resultaat van de twee krachten 150 N is. Nienke denkt dat het 30 N is.

- Leg uit wie volgens jou gelijk heeft.

Je kunt nu

- een kracht tekenen als een pijl met grootte, richting en aangrijpingspunt;
- een krachtenschaal toepassen en een kracht weergeven in newton (N).

Discussievraag

Deze mensen maken een bijzondere vliegtuigvlucht waarbij het lijkt alsof ze voor een paar seconden in de ruimte zitten. De vlucht simuleert dat er geen zwaartekracht is. Is dat ook zo?



Je leert • hoe je de aantrekkingskracht van de aarde op een voorwerp berekent.

7.3 Zwaartekracht

► Vaardigheid 7

Massa en zwaartekracht

In hoofdstuk 1 heb je geleerd dat massa aangeeft hoe zwaar iets is. Je meet massa in gram (g) of kilogram (kg).

De **zwaartekracht** is de aantrekkingskracht van de aarde op een voorwerp. Hoe groter de massa van het voorwerp, hoe groter de zwaartekracht. Op een voorwerp met een massa van 1,00 kg werkt in Nederland een zwaartekracht van 9,81 N. In formulevorm geldt:

$$F_z = m \times g$$

met	F_z	de zwaartekracht in newton (N)
	m	de massa in kilogram (kg)
	g	9,81 newton per kilogram (N/kg) (in Nederland)

Voorbeeld 4: Zwaartekracht op je etui

Bereken de zwaartekracht op een etui van 250 g. Rond af op twee decimalen.

Uitwerking:

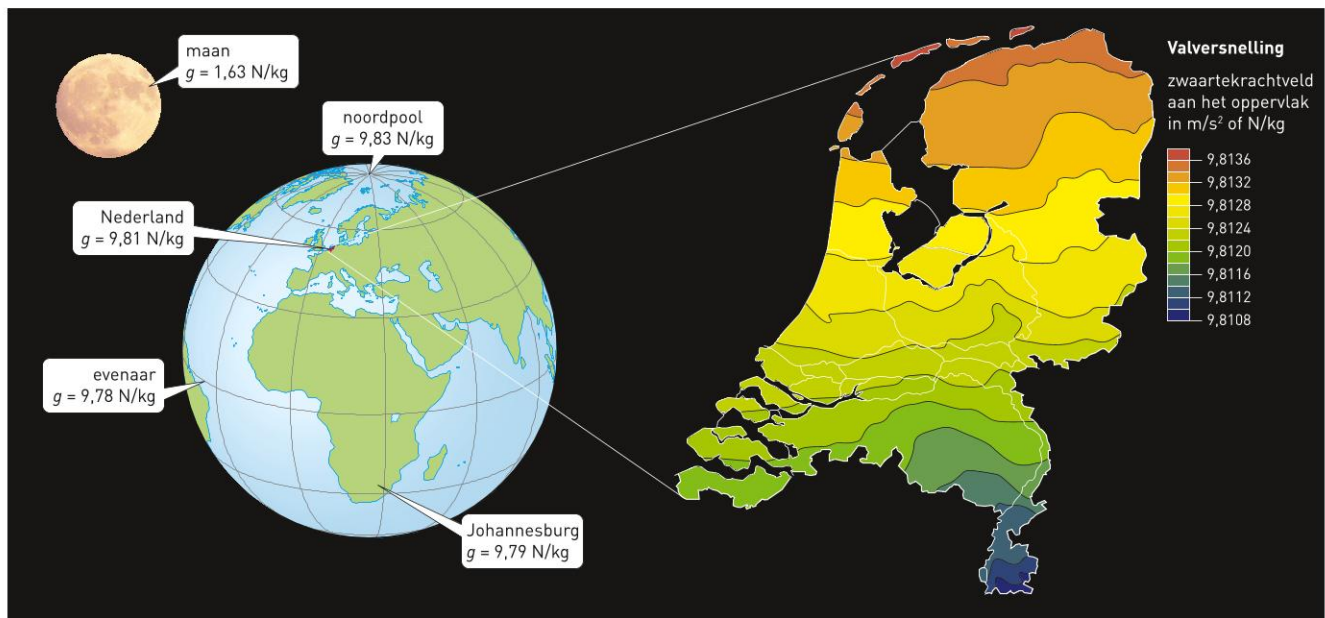
Gegevens: massa $m = 250 \text{ g} = 0,250 \text{ kg}$ en $g = 9,81 \text{ N/kg}$

Gevraagd: zwaartekracht $F_z = ?$

Formule: $F_z = m \times g$

Berekenen: $F_z = 0,250 \times 9,81 = 2,45 \text{ N}$

Antwoord: De zwaartekracht is 2,45 N.



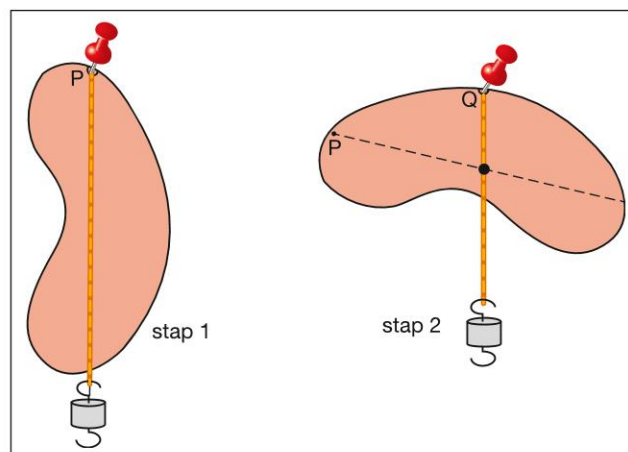
7.8 De aantrekkingskracht

Op andere plaatsen op aarde kan de zwaartekracht wat groter of kleiner zijn. Zie figuur 7.8. Niet alleen de aarde, maar elk hemellichaam (ster, planeet, maan) oefent een aantrekkende kracht uit. Hoe groter de massa van het hemellichaam, hoe groter de zwaartekracht. Hoe verder je weggaat van een hemellichaam, des te kleiner de zwaartekracht is. De zwaartekracht wijst naar het midden van een hemellichaam.

Het zwaartepunt

► Practicum 3

Elk voorwerp heeft een **zwaartepunt**. Het zwaartepunt is het aangrijpingspunt van de zwaartekracht. Het zwaartepunt zit vaak in het midden van een voorwerp. Zolang het voorwerp regelmatig is, klopt dit. Bij onregelmatigere vormen is het lastiger in te schatten. Je kunt het wel vinden met een simpel experiment. Zie figuur 7.9.



7.9 Experiment om het zwaartepunt te bepalen:

- 1 Hang het voorwerp op in punt P met een touwtje en een gewichtje. Laat het geheel tot evenwicht komen. Teken een lijn langs het touw.
- 2 Herhaal stap 1 voor een ander ophangpunt. Het snijpunt van de getrokken lijnen is het zwaartepunt.

Samengevat

De hoeveelheid stof bepaalt de massa van een voorwerp. Massa is een eigenschap van het voorwerp. Zwaartekracht is de aantrekkingskracht die de aarde of een ander hemellichaam op een voorwerp uitoefent. De grootte bereken je met $F_z = m \times g$. Het aangrijpingspunt van de zwaartekracht is het zwaartepunt.

7.3 Opdrachten

A 29 H

Geef de naam van de kracht die op aarde altijd op een voorwerp werkt.

A 30

- a** Geef de omschrijving van het begrip zwaartekracht.
- b** Op welke plaats op aarde is de zwaartekracht op een voorwerp het grootst?

B 31

Een kopje valt door de werking van de zwaartekracht.

- a** Welk voorwerp oefent die kracht uit?
- b** Hoe weet je dat de zwaartekracht op elk voorwerp werkt?
- c** Hoe weet je dat de zwaartekracht overal in de richting van het zwaartepunt van de aarde werkt?

B 32 H

Een kist heeft een massa van 55 kg en staat op de grond. Bereken de zwaartekracht op de kist. Rond af op een geheel getal.

B 33 H

Bereken de zwaartekracht op de volgende voorwerpen in Nederland. Schrijf de berekeningen op en rond af op één decimaal.

- a** een halter van 60 kg
- b** een basketbal van 0,625 kg
- c** een softbal van 358 g
- d** een zonnebril van 34 g

Je reist met deze voorwerpen naar de Noordpool.

- e** Leg uit wat er met de massa van deze voorwerpen gebeurt.
- f** Leg uit wat er met de zwaartekracht op deze voorwerpen gebeurt.

B 34

Leg uit of je een zak cement van 25 kg kunt optillen als je maximale spierkracht 200 N is.

B 35

Bereken de massa in kg van de volgende voorwerpen en rond af op één decimaal. Gebruik hierbij figuur 7.8.

- a** De zwaartekracht op een halter is in Nederland 490,5 N.
- b** De zwaartekracht op een stootkussen is in Nederland 637,6 N.
- c** De zwaartekracht op een tennisbal is op de evenaar 2,9 N.

B 36

Rangschik de zwaartekracht op een voorwerp in de volgende plaatsen van groot naar klein: Noordpool, evenaar, maan, Johannesburg, Nederland.

C 37

Je ziet hier een foto van Mars.



Mars oefent op een massa van 1,0 kg een aantrekkingskracht uit van 3,74 N. Bereken de zwaartekracht die Mars op de volgende voorwerpen uitoefent en rond af op één decimaal.

- a** een halter van 60 kg
- b** een basketbal van 0,625 kg
- c** een softbal van 358 g
- d** een zonnebril van 34 g

Mars heeft zijn eigen g .

- e** Hoe groot is de waarde van g op Mars?

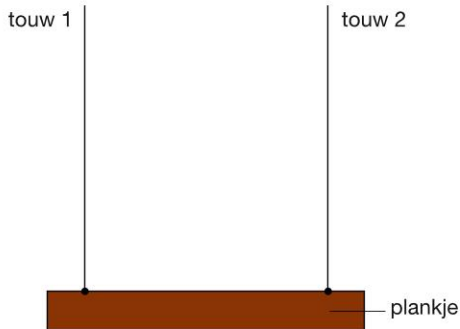
C 38

Kijk nog eens naar de openingsfoto van deze paragraaf. De foto is genomen in een vliegtuig dat naar beneden valt.

- Ondervindt de man op de foto een zwaartekracht?
- Zo ja, is deze groter of kleiner dan als hij op aarde zou staan?
- Heeft de man een massa?

+ 39 V

Een schommel met een plankje hangt aan twee touwen. Op de schommel werkt een zwaartekracht van 40 N. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.



- Teken de krachten. Ga ervan uit dat de krachten in de touwen zich gelijk over de twee touwen verdelen.
- Geef de krachterschaal die je hebt gebruikt.
- Zet bij elke kracht een naam.

+ 40 V

Je reist naar Jupiter. Deze planeet oefent aan het oppervlak een ongeveer driemaal zo grote aantrekkingskracht uit als de aarde. Je brengt een voorwerp van 2,5 kg naar de planeet.

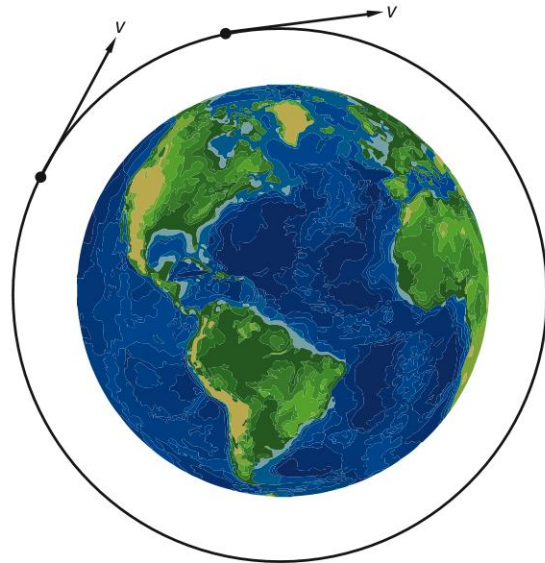
- Geef de massa van dit voorwerp op Jupiter.
- Bereken de grootte van de zwaartekracht op het voorwerp op Jupiter.

Je reist vervolgens naar een andere planeet. Daar is de zwaartekracht op hetzelfde voorwerp 33 N.

- Geef de massa van het voorwerp op die planeet.
- Bepaal de grootte van g op deze planeet.

+ 41 V

André Kuipers ($m = 75 \text{ kg}$) bevindt zich in het ISS (International Space Station). Het station draait met een snelheid van 27 648 km/h rond de aarde. De zwaartekracht is zo hoog boven de aarde 40% minder dan aan het aardoppervlak. In de figuur hieronder zie je de baan van het ruimtestation en op twee plaatsen de snelheid.



- Bereken de zwaartekracht op André Kuipers in twee cijfers nauwkeurig.
- Leg uit wat het gevolg is van deze kracht.
- Kan André met een krachtmeter de zwaartekracht op een bekende massa meten?

Je kunt nu

- de waarde van g in Nederland noemen;
- met een formule de zwaartekracht op een voorwerp berekenen;
- uitleggen hoe je het zwaartepunt bepaalt.

Discussievraag

Dit meisje is aan het revalideren. Welke krachten zorgen ervoor dat ze rechtop kan blijven staan?



Je leert • wat veerkracht is.

7.4 Veerkracht

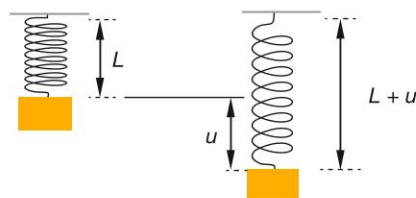
Uitrekking en veerkracht

Een bungeejumper laat zich vanaf grote hoogte aan een lang elastiek naar beneden vallen. Zie figuur 10a. Vanaf het moment dat het elastiek strak komt te staan, oefent hij een **veerkracht** op de springer uit. Door de veerkracht remt de springer af en gaat hij uiteindelijk weer omhoog.

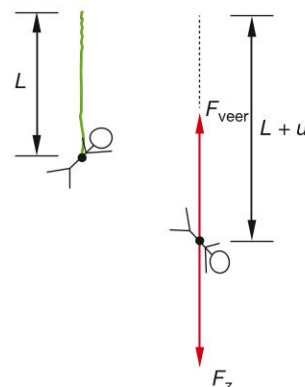
Het elastiek heeft in onbelaste toestand lengte L . Als hij uitrekt, neemt zijn lengte toe met de uitrekking u . Zie figuur 10b. Hoe groter de u , hoe meer veerkracht het elastiek uitoefent. De springer heeft de grootste snelheid als de veerkracht even groot is als de zwaartekracht. Zie figuur 10c.



a Een bungeejump in het echt



b Theoretisch bekeken in de klas



c In het snelste punt

7.10 Bungeejumpen

- Practicum 4
- Vaardigheid 4
- Vaardigheid 6
- Vaardigheid 7

Veerconstante

Hoe groter de kracht is die op de veer werkt, hoe verder hij uitrekt. Dit verband is recht evenredig: de grafiek van de veerkracht tegen de uitrekking is een rechte lijn door de oorsprong. Zie figuur 7.15. Met zo'n grafiek kun je een schaalverdeling voor een krachtmeter maken. Voor het verband tussen veerkracht en uitrekking geldt:

$$F = C \times u$$

met **F** de kracht in newton (N)

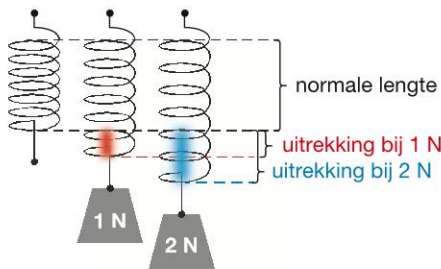
C de veerconstante in newton per centimeter of meter (N/cm of N/m)

u de uitrekking in centimeter of meter (cm of m)

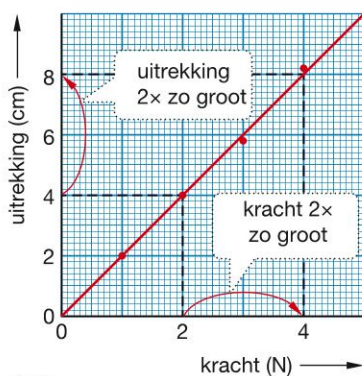
De veerconstante geeft aan hoeveel kracht nodig is om de veer 1,0 cm of 1,0 m uit te rekken. Als de veerconstante groot is, is de veer stug. Er is dan veel kracht nodig voor een kleine uitrekking.



7.11 De opstelling



7.12 Het meten van de lengte en uitrekking



7.15

Voorbeeld 5: De uitrekking van een veer in een krachtmeter

Je hangt gewichtjes aan een krachtmeter en meet steeds de lengte van de veer. Zie figuur 7.11 en 7.12. In 7.13 staan de meetresultaten.

kracht (N)	lengte (cm)
0,0	18,0
1,0	20,0
2,0	22,0
3,0	23,9
4,0	26,1

7.13 De meetresultaten

- Bereken bij elk gewicht de uitrekking van de veer.
- Bereken bij elke meting de veerconstante van de veer.
- Maak een diagram waarin je de uitrekking uitzet tegen de kracht.
- Hoe noem je een verband zoals je in de grafiek ziet?

Uitwerking:

- De uitrekking is de nieuwe lengte min de beginlengte (18,0 cm). Zie de derde kolom in figuur 7.14.
- De veerconstante C is F gedeeld door u . In figuur 7.14 is dit weergegeven in de vierde kolom.
- In het diagram worden de meetpunten gezet. Zie figuur 7.15.
- Door de meetpunten loopt een rechte lijn door de oorsprong. Dit is een recht evenredig verband.

kracht (N)	lengte (cm)	uitrekking (cm)	veerconstante (N/cm)
0,0	18,0	0,0	—
1,0	20,0	2,0	0,50
2,0	22,0	4,0	0,50
3,0	23,9	5,9	0,51
4,0	26,1	8,1	0,49

7.14 Berekening van de uitrekking en veerconstante



7.16 Expander

Voorbeeld 6: De uitrekking van een expander

Petra oefent een spierkracht van 8,4 N op een expander uit. Zie figuur 7.16. Die rekt daardoor 4,8 cm uit.

- a** Bereken hoeveel kracht er nodig is om de expander 7,2 cm uit te rekken.
b Bereken hoe ver de expander uitrekt als Petra eraan trekt met een kracht van 5,6 N.

Gegeven: spierkracht = 8,4 N

uitrekking = 4,8 cm

Berekenen: Je kunt de gevraagde antwoorden op drie manieren berekenen.

Methode 1:

- a** Maak gebruik van een verhoudingstabel. Reken als tussenstap uit welke kracht er nodig is voor een uitrekking van 1,0 cm.

		$\div 4,8$	$\times 7,2$
kracht	8,4 N	1,75 N	12,6 N
uitrekking	4,8 cm	1,0 cm	7,2 cm
		$\div 4,8$	$\times 7,2$

Antwoord: $F = 12,6 \text{ N}$

- b** Maak gebruik van een verhoudingstabel. Reken als tussenstap uit welke uitrekking er hoort bij een kracht van 1,0 N.

		$\div 8,4$	$\times 5,6$
kracht	8,4 N	1,0 N	5,6 N
uitrekking	4,8 cm	0,571 cm	3,2 cm
		$\div 8,4$	$\times 5,6$

Antwoord: De uitrekking is 3,2 cm.

Methode 2:

- a** Werk met de formule. De veerconstante is $C = \frac{F}{u}$.

Invullen geeft $C = \frac{8,4}{4,8} = 1,75 \text{ N/cm}$.

$$F = C \times u = 1,75 \times 7,2 = 12,6 \text{ N}$$

Antwoord: $F = 12,6 \text{ N}$

- b** Werk met de formule. De uitrekking $u = \frac{F}{C} = \frac{5,6}{1,75} = 3,2 \text{ cm}$.

Antwoord: De uitrekking is 3,2 cm.

Samengevat

De uitrekking u van een veer is hoeveel de veer langer wordt. Hoe groter de uitgeoefende kracht F is, hoe groter de uitrekking van de veer. De uitrekking is recht evenredig met de kracht. In formulevorm: $F = C \times u$.

De verhouding tussen F en u is constant en heet de veerconstante. Deze geeft aan hoeveel kracht er nodig is om een veer 1 cm of 1 m uit te rekken.

Een veer is stug als de veerconstante groot is en slap als de veerconstante klein is.

7.4 Opdrachten

A 42 H

Je voert een experiment uit waarbij je gewichtjes aan een veer hangt. Je meet voor verschillende massa's de lengte van de veer.

- Leg uit hoe je F berekent.
- Leg uit hoe je de uitrekking van de veer berekent.

Je zet de gegevens in een diagram.

- Leg uit hoe het uitrekking,kracht-diagram eruitziet.
- Hoe heet het verband tussen uitrekking en kracht?

A 43

Leg uit of een stugge veer een grotere of een kleinere veerconstante heeft dan een slappe veer.

A 44 H

Neem de tabel over en vul de ontbrekende gegevens in.

grootheid	symbool	eenheid	afkorting
veerkracht	F_z u		N/kg

B 45

Hassan traint met een expander. Bij een spierkracht van 50 N rekt de expander 3,2 cm uit.

- Bereken hoe groot de kracht is als de expander 9,6 cm uitrekt. Gebruik een verhoudingstabel.
- Bereken de kracht die nodig is voor 4,2 cm uitrekking.

Als je de expander meer dan 30 cm uitrekt, is de vervorming niet meer elastisch, maar plastisch.

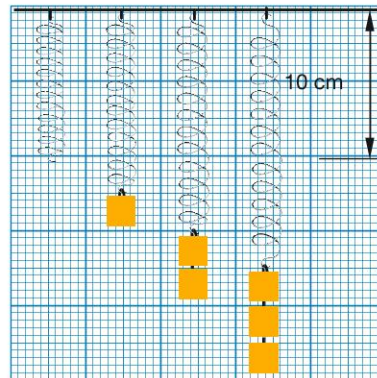
- Bereken of de veer plastisch of elastisch vervormt als je er met een kracht van 425 N aan trekt.
- Wat vindt de eigenaar van de sportschool ervan als een veer plastisch vervormt?

B 46

Leg uit waar een veer meer uitrekt als je er een blokje van 50 g aanhangt. Op de aarde of op de maan?

B 47 H

Je hangt blokjes aan een veer. Zie de figuur hieronder.



- Bepaal de uitrekking als je één blokje aan de veer hangt.
- Bepaal de uitrekking als je twee blokjes aan de veer hangt.
- Bepaal de uitrekking als je drie blokjes aan de veer hangt.

Elk blokje heeft een massa van 25 g.

- Bereken de veerconstante.

B 48

Sander en Hugo doen een wedstrijdje op het sprintkussen dat hieronder is afgebeeld.

De elastieken hebben een veerconstante van 500 N/m.

Sander weet het elastiek 2,25 m uit te rekken.

- Bereken de kracht die Sander op het elastiek heeft uitgeoefend.

Hugo oefent een kracht uit van 975 N.

- Bereken de uitrekking die Hugo veroorzaakt en leg uit wie het verste komt.



B 49

Je hebt vier verschillende veren. De metingen staan in de tabel hieronder.

- a** Neem de tabel over en vul de ontbrekende gegevens in.
b Rangschik de veren van slap naar stug.

	kracht	uitrekking	veerconstante
veer 1	10 N	7,0 cm	60 N/cm 125 N/m ... N/m
veer 2		0,12 m	
veer 3	7,5 N		
veer 4	0,8 N	0,5 cm	

C 50 V

In een weegschaal zit een stugge veer. Pim gaat erop staan en de weegschaal geeft 56 kg aan. De veer drukt 0,5 cm in.

- a** Bereken de veerconstante van de veer.

Pim gaat met deze weegschaal naar de maan.

- b** Bereken hoe ver de veer dan indrukt als hij erop gaat staan.

C 51

Een veer met een lengte van 63 cm rekt 4,0 cm uit als je er met een kracht van 12 N aan trekt.

- a** Neem de tabel over en vul de ontbrekende gegevens in.
b Maak een grafiek waarin je de kracht horizontaal uitzet tegen de uitrekking verticaal.
c Leg uit of de uitrekking van de veer en de kracht op de veer recht evenredig zijn met elkaar.

kracht (N)	lengte (cm)	uitrekking (cm)
0	63,0	4,0
3,0		
6,0		
12,0		
15,0		
		8,0
		12,0
		15,0
		20,0

C 52

Een veer heeft een veerconstante van 75 N/m. Teken het uittrekkingskracht-diagram voor u tussen 0 en 1,5 m.

C 53

Je hebt een veer ($C = 24 \text{ N/cm}$) met een lengte van 12 cm. Je trekt aan de veer waardoor deze 15 cm lang wordt.

- a** Bereken de grootte van de kracht die je op de veer uitoefent.

Je oefent vervolgens een kracht van 180 N op de veer uit.

- b** Bereken hoe lang de veer daardoor wordt.

C 54 V

Je hebt drie verschillende veren. Veer A rekt 4,0 cm uit bij een kracht van 20 N. De 17 cm lange veer B wordt 20 cm lang als er een kracht van 30 N op werkt. Veer C heeft 36 N nodig om 6,0 cm langer te worden. Bepaal welke veer het slapst is en welke het stugst.

+ 55 V

Een veer heeft een lengte van 25 cm. Aan de veer wordt een gewichtje gehangen van 50 g. De veerconstante van de veer is 7,0 N/m.

- a** Bereken de lengte die de veer heeft met de massa van 50 g.

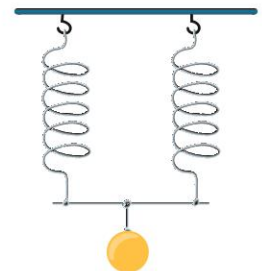
Robert neemt nog eenzelfde veer en hangt de massa aan de twee veren zoals in de figuur hiernaast.

- b** Bereken de lengte die de veren samen hebben met de massa van 50 g.
c Bereken de veerconstante van dit systeem van twee veren.



Robert hangt de veren nu naast elkaar en hangt er vervolgens het gewichtje van 50 g aan.

- d** Bereken de lengte die de veren hebben met deze massa.
e Bereken de veerconstante van dit systeem van twee veren.



Je kunt nu

- met een verhoudingstabel de kracht en uitrekking bij een veer berekenen;
- rekenen met $F = C \times u$;
- vanuit de veerconstante een uittrekkingskracht-diagram maken;
- uitleggen dat de uitrekking recht evenredig is met de veerkracht;
- aan de hand van de veerconstante aangeven hoe stug of slap een veer is.

**Discussievraag**

Deze zanger wordt op handen gedragen. Wie oefent hier de grootste kracht uit?

Je leert • hoe je krachten bij elkaar optelt en hoe krachten elkaar kunnen tegenwerken.

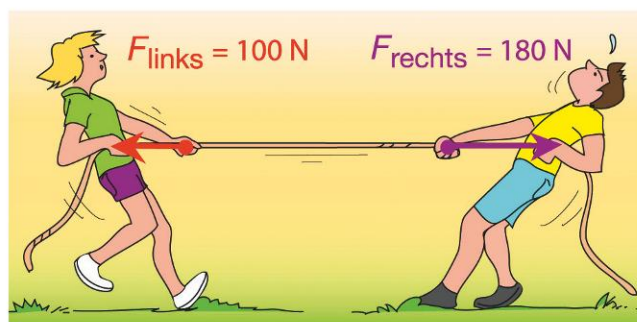
7.5 Kracht en beweging

Somkracht

Twee mensen proberen samen een auto weg te duwen. Zie figuur 7.17. Als twee krachten dezelfde kant op werken, kun je ze bij elkaar optellen. Het resultaat van deze krachten is de **somkracht**. Deze (denkbeeldige) kracht heeft hetzelfde gevolg als de twee afzonderlijke krachten samen. De somkracht noem je ook wel de resultante of resulterende kracht. De man en de vrouw in figuur 7.17 oefenen allebei een kracht uit van 300 N. Samen oefenen ze een kracht uit van 600 N. Als twee krachten in tegengestelde richting werken, vind je de somkracht door de ene met de andere te verminderen. Een voorbeeld: Henk en Anna trekken allebei aan een touw. Zie figuur 7.18. Anna trekt met een kracht van 100 N naar links terwijl Henk een kracht uitoefent van 180 N naar rechts. De somkracht is hier 80 N en naar rechts gericht.



7.17 Twee mensen proberen samen deze auto weg te duwen.



7.18 Henk en Anna trekken aan een touw. De somkracht is 80 N naar rechts.



7.19 Cees en Inez trekken naar rechts en Hilde trekt naar links.

Voorbeeld 7: Winkelen

Cees en Inez trekken het winkelwagentje van Hilde naar rechts. Zie figuur 7.19. Cees oefent een spierkracht uit van 63 N en Inez trekt met 59 N. Hilde wil haar kar terug en trekt met 73 N de andere kant op. Bereken de somkracht.

Uitwerking:

Er werkt dus een kracht van $63 + 59 = 122$ N naar rechts en een kracht van 73 N naar links. Dat is hetzelfde als er één persoon met een kracht van $122 - 73 = 49$ N naar rechts zou trekken.

Antwoord: De somkracht is 49 N naar rechts.

Somkracht in rust

Je hebt een etui in je hand. De somkracht op het etui is nul als het stilligt. Dat komt omdat de zwaartekracht op het etui precies even groot is als de kracht die jij met je spieren op het etui uitoefent. Je zegt: 'Het voorwerp is in rust.' De snelheid van het voorwerp verandert niet en is gelijk aan nul.

Somkracht bij beweging

Op een rijdende auto werken in horizontale richting twee krachten: de motorkracht en de weerstandskracht. Er zijn drie mogelijkheden.

- De motorkracht is groter dan de weerstandskracht (figuur 7.20a). Er is een somkracht naar voren. De snelheid neemt toe. De auto versnelt.
- De motorkracht is kleiner dan de weerstandskracht (figuur 7.20b). Er is een somkracht tegen de bewegingsrichting in. De snelheid neemt af. De auto vertraagt.
- De motorkracht en de weerstandskracht zijn even groot (figuur 7.20c). De somkracht is nul en er is dan geen verandering van de snelheid. De auto beweegt met een constante snelheid. Net zoals bij een voorwerp in rust is de somkracht in deze situatie nul.



a De auto versnelt.



b De auto vertraagt.



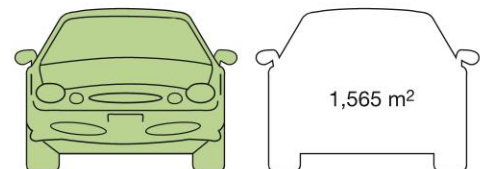
c De auto beweegt met een constante snelheid of staat stil.

7.20 Horizontale krachten op een auto

Tegenwerkende krachten

Als je op de fiets tegenwind hebt, ondervind je een tegenwerkende kracht. Dit is de luchtweerstand. De luchtweerstand ontstaat doordat lucht beweegt of doordat je de stilstaande lucht opzij duwt. De luchtweerstand is kleiner bij een:

- betere stroomlijn;
- lagere snelheid;
- kleinere frontale oppervlakte (figuur 7.21).



7.21 Frontale oppervlakte

► **Practicum 5**

Er zijn nog meer tegenwerkende krachten. Zo rollen de banden over de weg. Dat zorgt voor een tegenwerkende kracht: rolweerstand. De rolweerstand is kleiner bij:

- hardere banden en een harder wegdek;
- gladdere banden en een gladder wegdek;
- een kleinere contactoppervlakte tussen de banden en de weg.

Voorbeeld 8: Krachten in rust en in beweging

In figuur 7.22 zie je een parachutesprong, zoals die er in het dagelijks leven uitziet, in een practicumopstelling en in de theorie.

Wanneer de parachutist uit het vliegtuig springt, werkt alleen de zwaartekracht.

a Wat gebeurt er met de snelheid?

Tijdens het vallen neemt de weerstandskracht toe. Op een gegeven moment is de snelheid constant geworden.

b Hoe groot is nu de weerstandskracht?

De parachutist opent de parachute. Hierdoor neemt zijn snelheid af.

c Wat weet je over de somkracht?

Uitwerking:

- a** Er is alleen maar zwaartekracht. De somkracht is naar beneden gericht, dus de snelheid neemt naar beneden toe.
- b** De somkracht is nul als de snelheid constant is. De weerstandskracht is dus gelijk aan de zwaartekracht.
- c** De snelheid neemt af. De somkracht werkt tegen de bewegingsrichting in en is dus omhoog gericht.



a Parachutist in de lucht



b Model van een parachutist in de klas



c Schematische weergave parachutist

Figuur 7.22 Een parachutesprong

Samengevat

Het resultaat van krachten die je optelt is de somkracht. Deze kracht heeft hetzelfde effect als de afzonderlijke krachten samen. Werkt de somkracht op een voorwerp naar voren, dan versnelt het. Bij een voorwerp in rust is de somkracht gelijk aan nul. Werkt de somkracht naar achteren, dan vertraagt het voorwerp. Als de snelheid van een voorwerp constant is, dan is de somkracht ook gelijk aan nul. Voorbeelden van krachten die een beweging tegenwerken, zijn luchtweerstand en rolweerstand.

7.5 Opdrachten

A 56 H

Op een voorwerp werken twee krachten.

- a Hoe bepaal je de somkracht als de krachten in dezelfde richting werken?
- b Hoe bepaal je de somkracht als de krachten elkaar tegenwerken?

A 57

Je zit op de fiets.

- a Hoe verandert de snelheid als de somkracht naar voren (met de snelheid mee) werkt?
- b Hoe verandert de snelheid als de somkracht naar achteren (tegen de snelheid in) werkt?
- c Hoe groot is de somkracht als je een constante snelheid hebt?

B 58 H

Een raceauto rijdt op een circuit.

- a Benoem de tegenwerkende kracht bij de banden.
- b Noem twee zaken die deze kracht groter of kleiner maken.
- c Geef de naam van de tegenwerkende kracht door de stroming van de lucht langs de auto.
- d Noem drie manieren om die tegenwerkende kracht van de lucht kleiner te maken.

B 59 H

Op een voorwerp werken twee krachten:

$$F_1 = 25 \text{ N en } F_2 = 35 \text{ N.}$$

- a Bereken de somkracht als beide krachten naar links wijzen.
- b Bereken de somkracht als beide krachten naar rechts wijzen.
- c Bereken de somkracht als F_1 naar links wijst en F_2 naar rechts.
- d Teken de drie situaties met een schaal van $1 \text{ cm} \triangleq 10 \text{ N}$ in je schrift, waarbij je steeds F_1 en F_2 tekent.
- e Teken in de drie situaties ook de somkracht. Geef deze een andere kleur dan F_1 en F_2 .

B 60

Een schaatser levert een voortstuwende kracht van 120 N. De tegenwerkende kracht is 100 N.

- a Bereken de grootte van de somkracht.
- b Leg uit of de somkracht vooruit of achteruit werkt.
- c Leg uit of de schaatser versnelt of vertraagt.

B 61 H

Neem de tabel over en vul de ontbrekende gegevens in.

voortstuwende kracht (N)	tegenwerkende kracht (N)	somkracht (N) en richting
240		120 vooruit 120 achteruit
2800	120	
50	2900	30 vooruit 120 achteruit
300	340	
	230	

B 62

Op een voorwerp werken drie krachten: $F_1 = 200 \text{ N}$, $F_2 = 300 \text{ N}$, $F_3 = 450 \text{ N}$.

Bereken de grootte en richting van de somkracht als de krachten de volgende richtingen hebben.

- a F_1 en F_2 zijn naar rechts gericht en F_3 naar links.
- b F_2 is naar beneden gericht, F_3 en F_1 naar boven.
- c F_1 is naar voren gericht en F_2 en F_3 naar achteren.

C 63

Met je buurjongen heb je een enorme sneeuwbal gemaakt. Jullie rollen hem met een constante snelheid naar de tuin. Jij duwt met een kracht van 400 N en je buurjongen levert 350 N in dezelfde richting.

- a Bereken de grootte van de somkracht.
- b Leg uit hoe groot de tegenwerkende kracht is.

De buurjongen van de andere kant wil die bal ook wel hebben en duwt precies de andere kant uit met een kracht van 200 N. De bal ligt nu stil.

- c Bereken nu de grootte van de somkracht.
- d Leg uit hoe groot de tegenwerkende kracht nu is.

C 64 V

Een auto rijdt met een constante snelheid van 60 km/h. De zwaartekracht is 8000 N en de voorwaartse kracht is 1600 N. De rolweerstandskracht bedraagt 400 N.

- Maak een schematische tekening van een auto.
- Teken de drie genoemde krachten vanuit het zwaartepunt van de auto. Kies zelf een krachterschaal.

Er werken drie krachten in horizontale richting. De derde kracht is de luchtweerstandskracht.

- Teken de luchtweerstandskracht met dezelfde krachterschaal.

Ook in verticale richting moeten de krachten in evenwicht zijn.

- Teken de kracht die nog ontbreekt met dezelfde krachterschaal.
- Geef deze kracht een naam.

C 65

Vincent en Hassan willen een auto wegduwen. Ze oefenen allebei een spierkracht uit van 200 N. De auto beweegt niet.

- Teken een zijaanzicht van de auto en geef daarin alle krachten aan die horizontaal op de auto werken.
- Leg uit hoe groot de tegenwerkende kracht is.

Vriendin Zelda helpt mee met 150 N spierkracht waardoor de auto in beweging komt en even later weer met een constante snelheid beweegt.

- Teken een nieuw zijaanzicht van de auto en geef daarin alle horizontale krachten weer.
- Leg uit hoe groot de tegenwerkende kracht is.

Vincent struikelt en duwt niet meer.

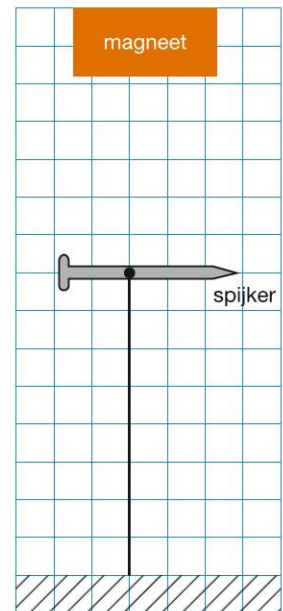
- Bereken de somkracht op de auto.
- Leg uit hoe de auto verder beweegt.

+ 66 V

Je houdt een magneet boven een spijker. De spijker wordt aangetrokken. Om te voorkomen dat hij tegen de magneet aan komt, bind je de spijker vast op tafel. Als je de magneet op de juiste plek houdt, lijkt de spijker te zweven. De spankracht in het touwtje is dan de helft van de zwaartekracht. De massa van de spijker is 2,3 g.

Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Noem de drie krachten die werken en geef aan in welke richting ze werken.
- Leg uit hoe groot de somkracht is.
- Bereken de drie krachten.
- Teken de krachten in de juiste verhouding ten opzichte van elkaar. Kies daarbij zelf een handige krachterschaal.
- Leg uit wat er gebeurt als je de magneet naar boven verplaatst.



Je kunt nu

- de somkracht van twee krachten berekenen;
- uitleggen dat bij bewegende voorwerpen de somkracht zorgt voor een verandering van de snelheid;
- uitleggen dat de somkracht nul is als er geen verandering van snelheid is. Het voorwerp staat dan stil of beweegt met een constante snelheid;
- uitleggen wat rolweerstand en luchtweerstand is en wat van invloed op de grootte hiervan is.

Discussievraag

Deze man loopt over een koord van het ene gebouw naar het andere. Welke krachten houden deze waaghals in evenwicht?



Je leert • wat het resultaat is van krachten in verschillende richtingen.

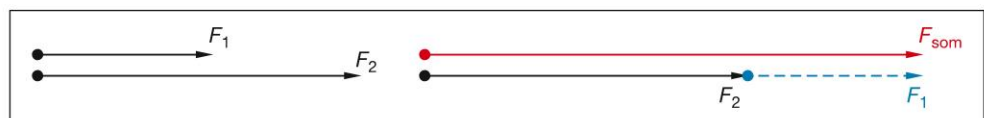
+ 7.6 Krachten optellen

Krachten samenstellen met de kop-staartmethode

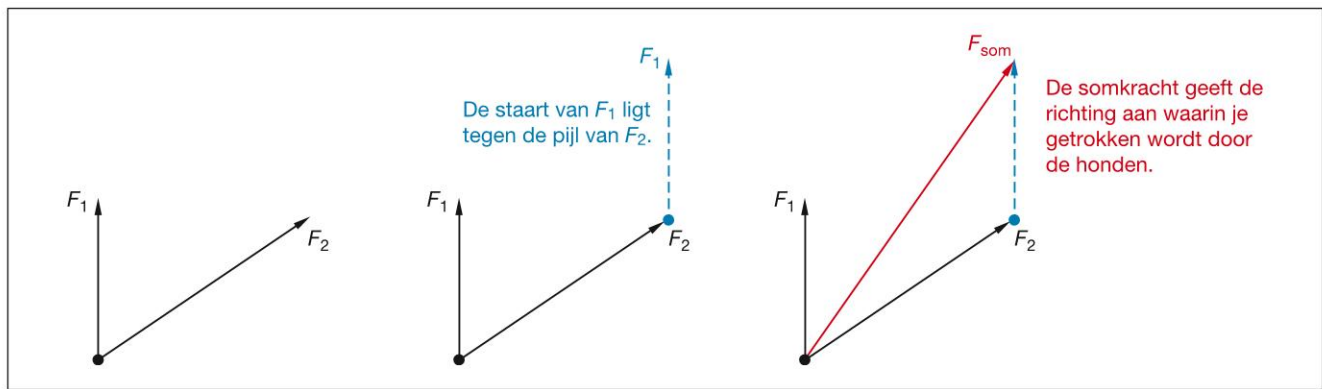
Je laat twee honden uit. Beide honden trekken flink aan de riem waardoor je een bepaalde richting uitgetrokken wordt. Zie figuur 7.23. De richting waar je naartoe gaat, wordt bepaald door de somkracht. In de vorige paragraaf heb je geleerd dat je de somkracht van krachten langs één lijn vindt door het optellen of aftrekken van de krachten. Je vindt deze somkracht ook door de staart van de ene pijl tegen de kop van de andere pijl te leggen. Zie figuur 7.24. Vervolgens teken je de verbindinglijn vanaf de staart van je eerste pijl tot aan de pijlpunt van de tweede pijl. Dit heet de **kop-staartmethode**. Dat werkt ook goed als de twee krachten niet dezelfde richting hebben, zoals in figuur 7.23 bij de honden. Als krachten niet op één lijn liggen, mag je deze namelijk niet zo maar getalsmatig optellen. Je bepaalt de somkracht dan door de kopstaartmethode toe te passen. Zie figuur 7.25.



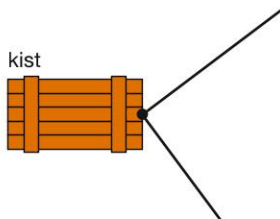
7.23 De honden trekken flink aan de riem.



7.24 De kop-staartmethode bij krachten die op één lijn liggen



7.25 De kop-staartmethode bij krachten die niet op één lijn liggen



7.26 De situatie van Sigrid en Mo

Voorbeeld 9: Met twee krachten trekken

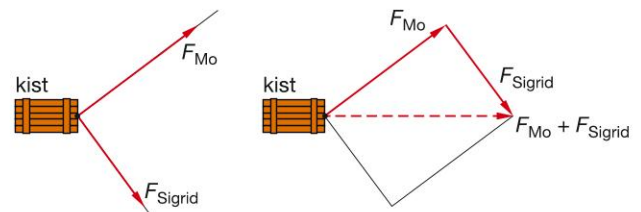
Sigrid en Mo trekken elk met een touw aan een kist. Mo oefent een kracht van 200 N uit, terwijl Sigrid met 150 N trekt. De touwen maken een hoek van 90° met elkaar en zijn bij de kist aan elkaar geknoopt. Zie figuur 7.26.

- Teken de krachten. Gebruik als schaal $1 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$.
- Bepaal uit je tekening de somkracht van Sigrid en Mo.

Uitwerking:

Zie figuur 7.27.

- De pijl F_{Mo} moet 2,0 cm lang worden en de pijl F_{Sigrid} is 1,5 cm lang.
- Teken de krachten nauwkeurig volgens de kop-staartmethode en trek de pijl voor de somkracht. Deze pijl is 2,5 cm lang. De somkracht is dus $2,5 \times 100 = 250 \text{ N}$.



7.27 Bepaling van de somkracht

Loodrechte krachten optellen met de stelling van Pythagoras

De krachten van Mo en Sigrid in figuur 7.26 staan loodrecht op elkaar. De driehoek met de drie krachten van Mo, Sigrid en de somkracht vormen dus een rechthoekige driehoek. De somkracht is hierin de schuine zijde.

Stel $a = F_{\text{Mo}}$ en $b = F_{\text{Sigrid}}$, dan geldt volgens Pythagoras: $a^2 + b^2 = c^2$ met $c = F_{\text{som}}$.

$$\text{Dus: } 200^2 + 150^2 = F_{\text{som}}^2$$

$$40\,000 + 22\,500 = F_{\text{som}}^2$$

$$62\,500 = F_{\text{som}}^2$$

$$F_{\text{som}} = \sqrt{62\,500} = 250 \text{ N}$$

Samengevat

Liggen twee krachten niet op één lijn, dan bepaal je de somkracht met de kop-staartmethode. Met een krachtenschaal bepaal je dan de grootte van de somkracht.

Als twee krachten loodrecht op elkaar staan, kun je met de stelling van Pythagoras de somkracht uitrekenen.

7.6 Opdrachten

A 67

Leg in je eigen woorden uit wat de kop-staartmethode is.

A 68

Juist of onjuist?

Met de kop-staartmethode tel je twee krachten op.

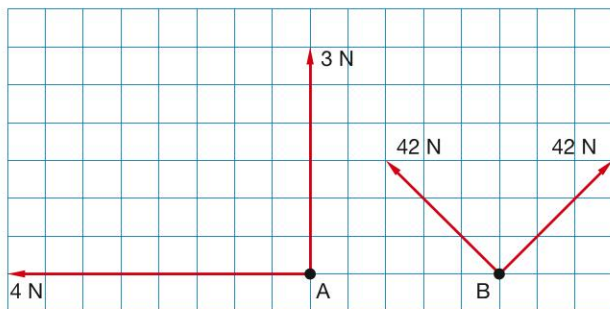
A 69

Geef de naam van de stelling waarmee je de somkracht berekent als twee krachten loodrecht op elkaar staan.

B 70

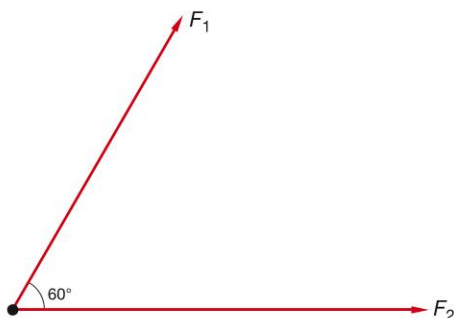
Zie de figuur hieronder. Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de grootte van elke somkracht.



B 71

Zie de figuur hieronder. $F_1 = 45$ N. Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de grootte van de somkracht.



B 72

Een horizontale kracht van 45 N staat loodrecht op een kracht van 30 N die omhoog wijst.

a Kies een krachtenschaal en teken deze situatie.

b Bepaal de grootte van de somkracht.

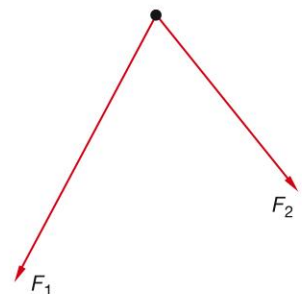
c Wat is de richting van de somkracht? Meet hiervoor de hoek tussen een horizontale lijn en de somkracht op.

d Bereken de somkracht. Vergelijk dit met je antwoord op b.

B 73

Je laat je twee honden uit. Beide honden oefenen een spankracht uit op je hand. De situatie is hieronder vereenvoudigd weergegeven. De hond die F_2 uitoefent, trekt met een kracht van 120 N. Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

Bepaal de grootte van de kracht die de honden samen op je hand uitoefenen.



B 74

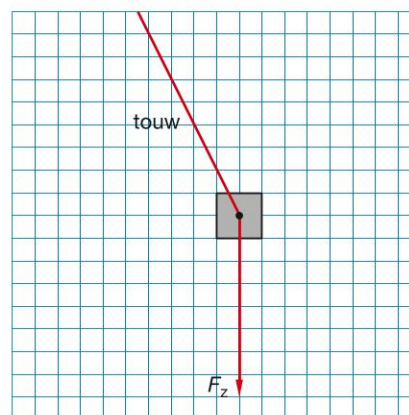
Je trekt de schommel waarop je broertje zit achteruit en houdt hem stil. De zwaartekracht op de schommel en je broer is samen 200 N. Jouw horizontale spierkracht is 100 N. De situatie is hieronder getekend. Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

a Teken de spierkracht.

b Teken de somkracht van de zwaartekracht en de spierkracht.

c Bepaal de grootte van de somkracht van onderdeel b.

d Bereken de grootte van de somkracht van onderdeel b.



C 75

Teken de volgende situatie in je schrift. Je wordt door twee honden meegetrokken vanuit een punt A. De spankracht in riem 1 is 400 N en werkt naar het oosten. De spankracht in riem 2 is 300 N en werkt naar het noorden.

- Kies een schaal en teken spankracht 1 in punt A.
- Teken spankracht 2 in punt A en bepaal zo nauwkeurig mogelijk de somkracht.
- Bereken hoe groot de somkracht is.

De tweede hond gaat dichterbij de eerste hond lopen zodat spankracht 2 nu naar het noordoosten is gericht.

- Teken de situatie met dezelfde krachtschaal.
- Bepaal de grootte van de somkracht.

C 76

Twee sleepboten trekken een cruiseschip de haven in. De situatie is hieronder geschetst. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.



De grootte van de krachten kun je uit de tekening halen door gebruik te maken van de assen. 1,0 langs de as betekent een kracht van 10 000 N.

- Bereken de grootte van de twee getekende krachten met behulp van de stelling van Pythagoras.

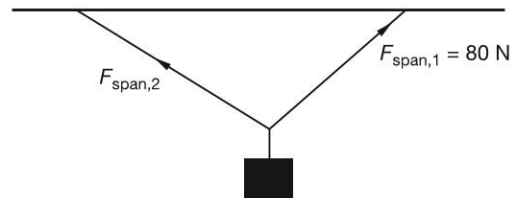
Het cruiseschip vaart met constante snelheid.

- Bepaal de grootte van de tegenwerkende kracht op het cruiseschip.

C 77

Een voorwerp hangt stil aan een touw, zoals je hieronder ziet. De grootte van één van de krachten is gegeven. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Bepaal de grootte van de tweede kracht.
- Bepaal de grootte van de somkracht van $F_{\text{span},1}$ en $F_{\text{span},2}$.
- Leg uit hoe groot de zwaartekracht op de kist is.
- Bereken de massa van de kist.

**+ 78**

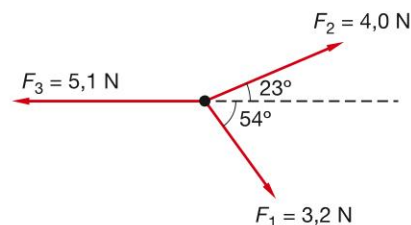
Je hebt twee krachten: $F_1 = 2 \text{ N}$ en $F_2 = 2 \text{ N}$.

- Teken de situatie waarbij de somkracht gelijk is aan 4 N.
- Teken de situatie waarbij de somkracht gelijk is aan 0 N.
- Teken de situatie waarbij de somkracht gelijk is aan 2,8 N.

+ 79

Met de kop-staartmethode heb je geleerd hoe je twee krachten moet optellen. Op eenzelfde manier kun je ook drie of meer krachten optellen. Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

Bepaal de grootte van de som van de drie krachten in de situatie hieronder.



Je kunt nu

- met de kop-staartmethode krachten optellen die niet op één lijn liggen;
- de somkracht berekenen van twee krachten die loodrecht op elkaar staan.

Practica

► 40 minuten
leerlingpracticum

1 Herken krachten

Inleiding

Krachten kun je niet zien, maar de gevolgen van een kracht wel. In dit practicum ga je krachten herkennen door de gevolgen van verschillende krachten te bestuderen.

Onderzoeksvraag

Hoe zie je dat er krachten werken?

Voorspelling

Noteer een aantal verschillende dingen die kunnen gebeuren als er een kracht op iets werkt.

Opstelling en werkwijze

Vul voor iedere situatie de onderstaande tabel in.

- 1 Houd het balletje een meter boven de grond en laat het los.
- 2 Houd het bolletje klei een meter boven de grond en laat het los.
- 3 Blaas een ballon op.
- 4 Wrijf met een doekje langs de opgeblazen ballon en houd de ballon vlak boven een stapeltje papiersnippers.
- 5 Wrijf met een doekje langs de opgeblazen ballon en houd de ballon vlak bij je gezicht.
- 6 Steek de satéprikker door de ballon heen.
- 7 Hang het blokje met haakje met een stalen veer aan het statief.
- 8 Hang het blokje met haakje met een touwtje aan het statief.
- 9 Houd een magneet in de buurt van een ijzeren blokje.
- 10 Geef het ijzeren blokje een duwtje.
- 11 Laat het ijzeren blokje stil op tafel liggen.

situatie	werkt er een kracht? zo ja, wat voor een kracht?	hoe zie je dat er een kracht werkt?
1		
2		
...		

Vragen

- a Deel de zichtbare gevolgen in drie of vier verschillende groepen in. Leg uit waarom je voor jouw indeling hebt gekozen.
- b Geef de conclusie.
- c In welke situatie(s) is er sprake van elastische vervorming? En in welke situatie(s) is er sprake van plastische vervorming?

2 Meet je eigen spierkracht

► 30 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Niet iedereen is even sterk. Hoe sterker je bent, hoe meer kracht je kunt uitoefenen. De kracht die je met je handen, arm- en beenspieren kunt uitoefenen, is te groot om te meten met een veerunster. Om je spierkracht te meten kun je ook een personenweegschaal gebruiken. Dan moet je de kilogrammen die daarop staan omrekenen naar newton. In dit practicum meet je de maximale spierkracht van je handen en armen.

Onderzoeksvragen

Hoe groot is de maximale kracht die je met je handen kunt uitoefenen? En met je armen?

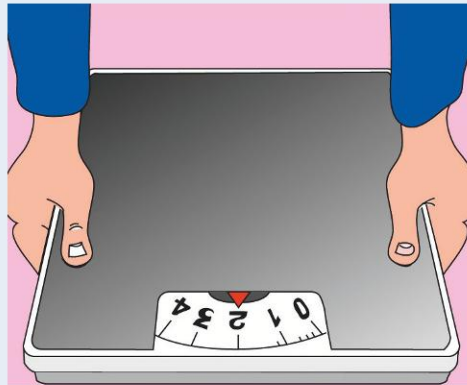
Voorspelling

Noteer hoe groot je je maximale kracht van je handen en van je armen schat.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- personenweegschaal



- 1 Ga op de weegschaal staan. Reken uit hoe groot de zwaartekracht op je lichaam is. Reken hiervoor wat de weegschaal in kg aangeeft om naar N door te vermenigvuldigen met 9,81. Neem onderstaande tabel over en noteer hierin je resultaten bij m en F_z .
- 2 Pak de weegschaal met twee handen aan de rand vast. Knijp zo hard mogelijk in de weegschaal. Reken kg om naar N zoals bij stap 1. Noteer je resultaat in je tabel bij F_{handen} .
- 3 Ga met de weegschaal onder de tafel zitten. Twee klasgenoten gaan op de tafel zitten (zie de figuur). Houd de weegschaal boven je hoofd tegen de tafel. Druk met je handen zo hard mogelijk op de weegschaal. Noteer je meting in N.
- 4 Herhaal stap 3 voor alleen je linkerarm en alleen je rechterarm.

wie	m (kg)	F_z (N)	F_{handen} (N)	F_{armen} (N)	$F_{\text{linkerarm}}$ (N)	$F_{\text{rechterarm}}$ (N)
jezelf						
partner						

Vragen

- a Geef de conclusie.
- b Verklaar het verschil tussen de maximale kracht van je handen en van je armen.
- c Verklaar het verschil tussen links en rechts.
- d Waarom moeten er bij stap 3 en 4 twee klasgenoten op de tafel zitten? Leg dit uit door de situatie met krachtpijlen te tekenen.

3 Zwaartepunt

► 40 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Over een boomstam boven een afgrond lopen, koorddansen of op een evenwichtsbalk blijven staan is moeilijk. Als je een gebogen stok gebruikt, wordt het gemakkelijker. Dat heeft te maken met je zwaartepunt. In dit practicum bepaal je het zwaartepunt van een kartonnen koorddanser met en zonder een gebogen stok.

Onderzoeksvraag

Wat voor invloed heeft een stok op het zwaartepunt?

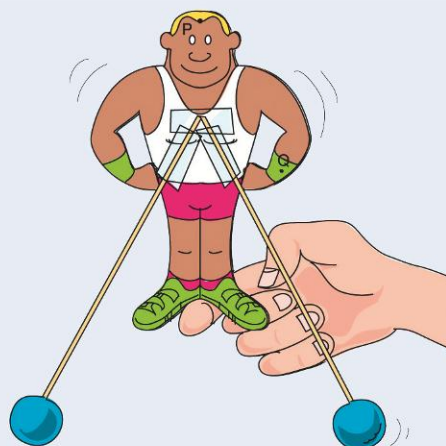
Voorspelling

Noteer wat je verwacht dat er met het zwaartepunt gebeurt als een koorddanser een gebogen stok gebruikt.

Opstelling en werkwijze

Zwaartepunt van de koorddanser

- 1 Plak het tekenblad op een stuk karton. Knip de koorddanser uit. Probeer de koorddanser op de top van je vinger te laten balanceren.
- 2 Maak met de naald gaatjes in de punten P en Q. Maak de gaatjes ruim genoeg, zodat de naald goed kan draaien.
- 3 Hang de kartonnen koorddanser aan de naald op in punt P met een touwtje en een gewichtje. Laat het geheel tot evenwicht komen. Teken een lijn langs het touw.
- 4 Herhaal stap 3 voor punt Q.
- 5 Teken een stip op het snijpunt van de getrokken lijnen.



Zwaartepunt van de koorddanser met evenwichtsstok

- 6 Maak van satéprikkers en plakband een balanceerstok, zie de figuur.
- 7 Plak de stok op de koorddanser. Zorg ervoor dat de stok op de juiste plaats komt.
- 8 Maak aan de uiteinden van de stok een bolletje klei. Probeer de koorddanser op de top van je vinger te laten balanceren. Verander zo nodig wat aan de bolletjes klei.
- 9 Herhaal stap 3 en 4 voor de koorddanser met stok.

Vragen

- a Wat kun je zeggen over het balanceren van de koorddanser zonder en met stok?
- b Waar zit het zwaartepunt van de koorddanser zonder stok?
- c Waar zit het zwaartepunt van de koorddanser met stok?
- d Geef de conclusie.

4 Ontwerp je eigen keukenweegschaal

► **45 minuten**
ontwerpopdracht

Je hebt nodig:

- stalen veer of elastiek
- liniaal
- statief
- vijf massa's tot 0,5 kg
- strook papier of karton

Inleiding

In veel recepten staat hoeveel gram rijst, pasta of bloem je nodig hebt. In paragraaf 3 heb je gezien dat je de massa kunt berekenen als je de zwaartekracht weet. Om te weten hoe groot deze zwaartekracht is, heb je een krachtmeter nodig. In deze ontwerpopdracht maak je je eigen keukenweegschaal die de zwaartekracht op bijvoorbeeld rijst, pasta of bloem kan meten.

Opdracht

Ontwerp een krachtmeter waarmee je met een schaalverdeling zowel de zwaartekracht als een massa tot 0,25 kg kunt aflezen.

- 1 Stel het programma van eisen (PvE) op.
- 2 Maak een ontwerp en laat het door je docent controleren.
- 3 Bouw een prototype.
- 4 Test je prototype door de zwaartekracht op een bekende massa te meten.
- 5 Stel zo nodig het ontwerp bij.
- 6 Vergelijk je keukenweegschaal met die van klasgenoten door eenzelfde hoeveelheid rijst te wegen. Noteer de metingen.

Vragen

- a Wat is het meetbereik van je keukenweegschaal?
- b Maak het (F, u) -diagram van je keukenweegschaal.
- c Is de veer of het elastiek het meest geschikt om een krachtmeter van te maken? Leg je antwoord uit.
- d Welke keukenweegschaal is het meest nauwkeurig en waarom? Gebruik de metingen uit stap 6.



5 Weerstandskracht meten

► 45 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Als je tegen een kast duwt, ontstaat er een weerstandskracht. Pas als je met een grotere kracht duwt dan de maximale weerstandskracht komt de kast in beweging. Voor een kast op een gladde vloer is deze weerstandskracht anders dan voor een kast op een tapijt. In dit practicum meet je in verschillende situaties de maximale weerstandskracht van een blokje.

Onderzoeksvraag

Op welke manieren kun je de maximale weerstandskracht van een blokje dat wordt voortgetrokken zo klein mogelijk maken?

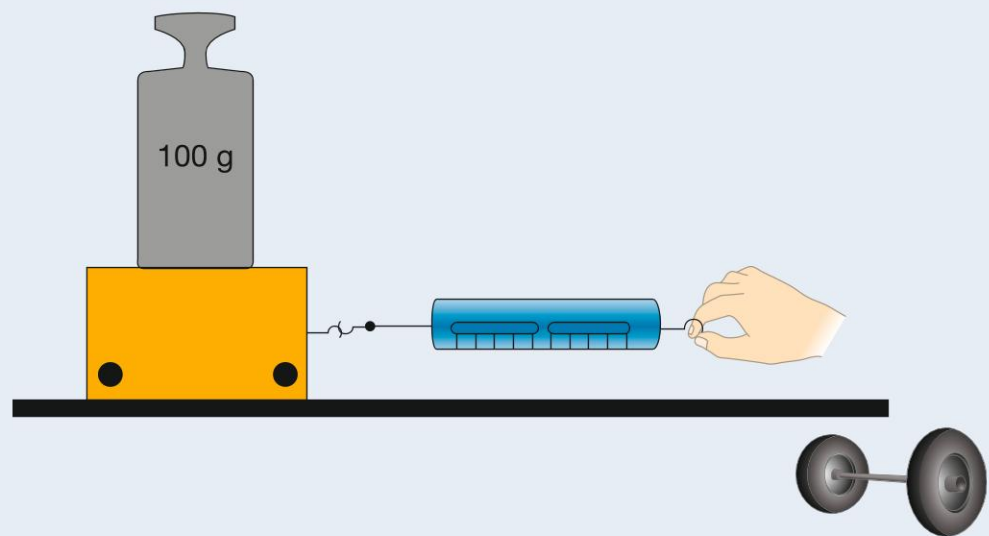
Voorspelling

Noteer in welke situatie je verwacht dat de maximale weerstandskracht het kleinst is. En wanneer het grootst?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- krachtmeter
- blokje met haakje en twee gaten voor as met wielen
- drie gewichten (100 g)
- ruwe ondergrond
- as met opzetbare wielen



- 1 Bepaal voor de onderstaande situaties de maximale weerstandskracht. Doe dit door het blokje met een constante snelheid vooruit te trekken. Neem de onderstaande tabel over en noteer hierin je resultaten.

situatie	maximale weerstandskracht (N)
blokje met gewicht op tafel	
blokje met gewicht op ruwe ondergrond	
gekanteld blokje met gewicht	
blokje met één extra gewicht	
blokje met twee extra gewichten	
blokje met twee extra gewichten op wieltjes	

Vragen

- Geef de conclusies.
- Waarom moet je het blokje met een constante snelheid vooruit trekken?
- Teken de krachten voor één situatie waarbij je aan het blokje trekt met een kracht die 1,5 keer zo groot is als de maximale weerstandskracht. Bereken de somkracht. Wat voor soort beweging maakt het blokje?

Oefentoets

Juist of onjuist?

- 1 Je kunt een kracht zien.
- 2 Elastische vervorming is blijvend.
- 3 Een kracht teken je als een pijl.
- 4 De eenheid van kracht is kg.
- 5 Overal op aarde geeft een weegschaal dezelfde waarde aan als je erop staat.
- 6 Harder opgepompte banden zorgen ervoor dat je minder rolweerstand hebt.

Krachtwerking

Leg uit hoe je ziet dat er een kracht in de volgende situaties werkt.

- 7 Je rijdt weg bij een groen verkeerslicht.
- 8 Een basketbal stuitert terug van de ring.

Je sleept je schooltas over de grond zoals hiernaast is weergegeven. Je oefent daarbij een kracht uit van 25 N.

- 9 Neem de figuur over en teken deze kracht met een krachtschaal van $1 \text{ cm} \triangleq 10 \text{ N}$.



Zwaartekracht

Bereken de zwaartekracht in Nederland op de volgende voorwerpen:

- 10 een iPad (437 g);
- 11 een schooltas (6,5 kg);
- 12 een leeg colablikje (9,9 g).

Veerkraft

Nienke oefent een spierkracht van 320 N op een expander uit. De expander is 1,0 m lang als er geen kracht op werkt. De expander rekt door de kracht van Nienke 2 cm uit.

- 13 Bereken de veerconstante.
- 14 Bereken hoe ver de veer uitrekt als Paul er aan trekt met een kracht van 800 N.
- 15 Bereken hoe lang de veer nu is.

Marijn doet een experiment met een veer. Ze hangt verschillende gewichtjes aan de veer en doet de volgende metingen:

$F \text{ (N)}$	lengte (cm)
0	18
2,0	19,5
4,0	21
8,0	23,5
10,0	25
12,0	26,5

- 16 Teken met deze metingen een uitrekking,kracht-diagram.
- 17 Bereken de veerconstante.

Yasmina hangt steeds zwaardere gewichtjes aan een veer. Bij een kracht van 7,0 N heeft de veer een uitrekking van 10,5 cm. De veer is dan 32,2 cm lang.

- 18 Bereken de beginlengte.
- 19 Bereken de uitrekking van de veer bij een kracht van 9,0 N.
- 20 Bereken de kracht op de veer bij een uitrekking van 0,50 cm.

Kracht en beweging

Een parachutist springt uit een vliegtuig. De zwaartekracht op de parachutist is 738 N. Hij doet zijn parachute nog niet open en geniet van het vallen. In het begin versnelt de parachutist.

- 21 Leg uit of de tegenwerkende kracht groter, kleiner of gelijk is aan 738 N.

De parachutist strekt zijn armen en benen en valt even later met een constante snelheid.

- 22 Leg uit of de tegenwerkende kracht nu groter, kleiner of gelijk is aan 738 N.

Dan doet hij zijn parachute open. Zijn snelheid wordt meteen kleiner.

- 23 Leg uit wat de richting nu is van de somkracht.

Krachten optellen

Nanda duwt met een kracht van 85 N tegen een kist.

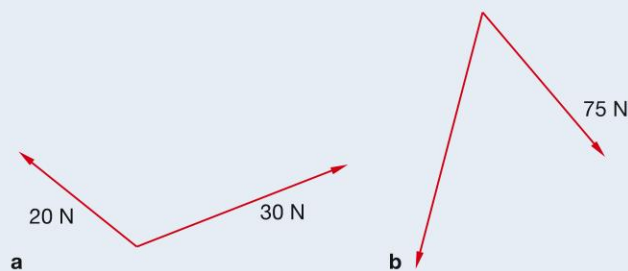
- 24 Teken deze kracht. Kies zelf een schaal en schrijf deze erbij.



De kist komt niet in beweging, dus ze roept de hulp in van Raoul. Hij oefent een kracht van 105 N in dezelfde richting uit.

- 25 Bereken de grootte van de somkracht.

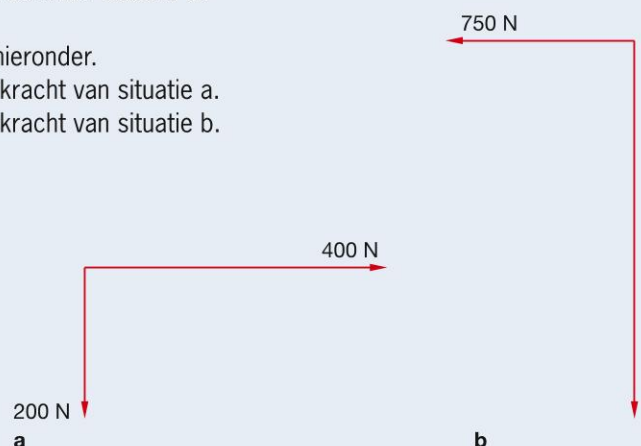
Gegeven zijn de twee situaties hieronder.



- 26 Bepaal de krachtschaal in beide situaties.
- +27 Bepaal de grootte van de somkracht van situatie a.
- +28 Bepaal de grootte van de somkracht van situatie b.

Gegeven zijn de twee situaties hieronder.

- +29 Bereken de grootte van de somkracht van situatie a.
- +30 Bereken de grootte van de somkracht van situatie b.





8 Geluid



Hiernaast zie je een foto van een bijzondere disco. Iedereen geniet van de muziek. Er wordt gedanst, geswingd, genoten. Het grote verschil met een gewone disco is dat er geen grote luidsprekers in de zaal hangen. Je hebt hier een koptelefoon nodig om naar de muziek te luisteren. Zonder koptelefoon hoor je geen muziek. Dit is een 'silent disco', een stille disco.

Wat zijn de voor- en nadelen van een 'silent disco'?

Paragraaf

Practica



Overall online

8.1 Geluid als trilling

1 Trillende liniaal

8.2 Geluidssnelheid

2 Geluidssnelheid

8.3 Trilling in beeld

3 Trillingsgrafiek

8.4 Toonhoogte

4 Flessen met water

8.5 Gehoorschade

5 Richting horen

+8.6 Geluidsniveau

Oefentoets

Alle teksten en opdrachten uit dit boek vind je terug op Overall online. Hier vind je ook filmpjes, animaties, extra uitleg en oefening, oefentoetsen en extra practica.

Discussievraag

Op de trommels ligt een laagje water. Van onderaf valt er licht op. Waarom leggen de muzikanten water op de trommels?



Je leert • wat geluid is.

8.1 Geluid als trilling

► Practicum 1

Geluid

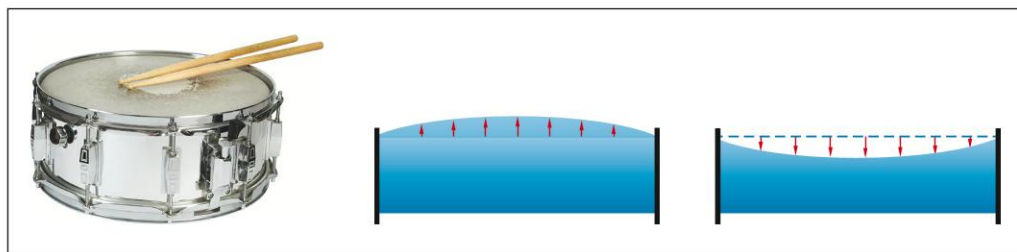
Als je thuis de muziek heel hard zet, voel je soms de grond meetrillen met de muziek. Hoe harder de muziek staat, hoe sterker je de trilling voelt. **Geluid** is het trillen van de lucht. Als het geluid hard genoeg is, kunnen de vloeren gaan meetrillen.

Bij een geluidsbron ontstaat geluid doordat er iets trilt. Zo trilt bij de trommels hierboven het vel van de trommels als je erop slaat. Het vel beweegt op en neer rond de ruststand.

Zie figuur 8.1. Als je harder op het vel van de trommel slaat, beweegt het vel verder van de ruststand. De afstand van het vel tot de ruststand van het vel noem je de **uitwijking**.

De **geluidssterkte** geeft aan hoe hard het geluid is. Hoe groter de maximale uitwijking van het trommelvel, hoe groter de geluidssterkte is.

De **toon** geeft aan hoe hoog of laag het geluid klinkt. Hoe sneller het vel trilt, hoe hoger de toon.



8.1 Als je op een trommel slaat, beweegt het vel op en neer rond de ruststand.

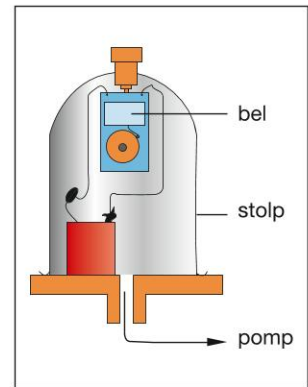
Bron – medium – ontvanger

Een geluidsbron produceert een trilling. Hoe komt deze trilling bij je oren? De lucht rondom de geluidsbron gaat meetrillen. De trilling verplaatst zich door de lucht (de tussenstof of het **medium**) doordat er steeds meer lucht steeds verder van de bron gaat meetrillen, totdat de trilling uiteindelijk bij je oren komt. Jij bent de **ontvanger** van het geluid. Zie figuur 8.2.



8.2 Het blokschema voor het geluid van een trommel. Het geluid gaat van de trommel via de lucht naar het oor.

Geluid plant zich ook door een ander medium dan lucht voort. Walvissen en dolfijnen communiceren onder water met geluid. Water is dus ook een medium. Zonder medium hoor je geen geluid. In een ruimte waar helemaal geen tussenstof is, hoor je dus geen geluid. Een rinkelende bel onder een glazen stolp is goed te horen. Zie figuur 8.3. Dat wordt een stuk minder als je de lucht wegpompt. De bel bevindt zich dan in een bijna luchtledige ruimte (**vacuüm**). Er is geen tussenstof die kan trillen, waardoor het geluid niet van de bron naar de ontvanger kan komen.

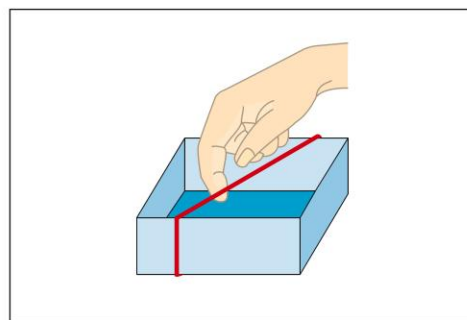


8.3 Zonder lucht onder de stolp hoor je de bel niet. Er is dan geen medium.

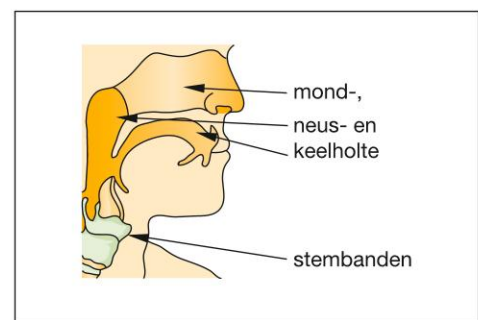
Geluid versterken

Soms is geluid zo zacht dat je het niet hoort. Je kunt geluid dan versterken met een klankkast. Een **klankkast** is een hol voorwerp dat de trilling van de geluidsbron overneemt en versterkt. Als je een gespannen elastiekje in trilling brengt, dan hoor je dit beter als je het elastiekje om een doosje spant. Zie figuur 8.4. Het doosje trilt mee met het elastiekje. Hierdoor trilt de lucht heftiger en is de geluidsterkte groter.

Holtes in je hoofd werken ook als klankkast. Je stembanden trillen als je er lucht doorheen perst. De trillingen die je stembanden produceren, zijn normaal niet goed te horen. Je mond-, neus- en keelholte versterken de trilling. Zie figuur 8.5. Hierdoor ben je te verstaan; het geluid dat uit je mond komt, is nu luider.



8.4 Het doosje versterkt de trilling van het elastiekje.

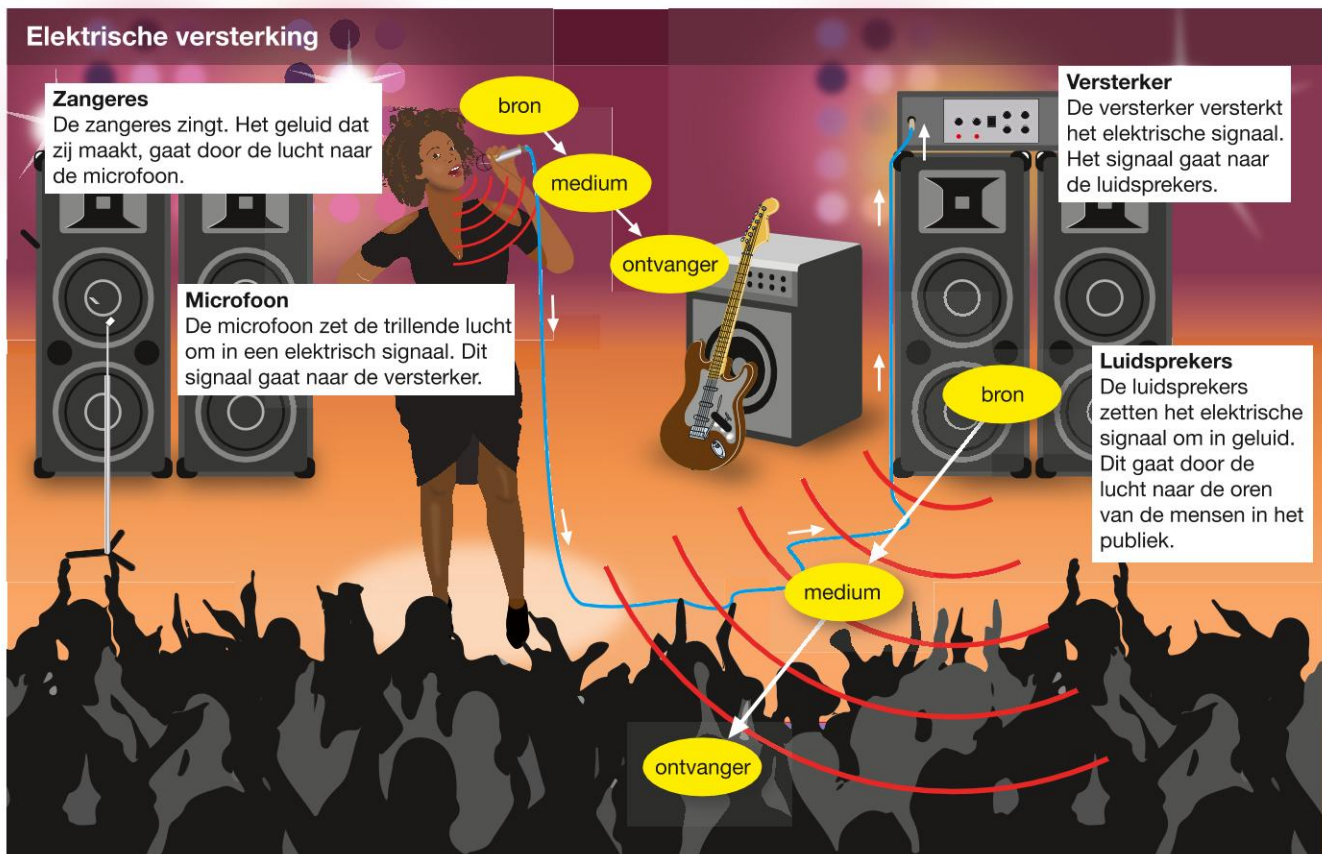


8.5 Je mond-, neus- en keelholte versterken de trilling van je stembanden.

Wanneer de versterking door je mond-, neus- en keelholtes niet voldoende is, kun je het geluid verder versterken met een **microfoon**. Zie figuur 8.6. In een microfoon zit een trilplaatje dat mee gaat trillen met de lucht. De microfoon zet de trilling van dit plaatje om in een elektrische trilling. Een versterker versterkt de elektrische trilling en stuurt deze door naar een **luidspreker**. Een luidspreker doet het omgekeerde van wat een microfoon doet: hij zet de elektrische trilling via een trillende plaat om in geluid. Dat geluid gaat vervolgens via de lucht naar jou. De schema's hiervoor zie je in figuur 8.7.



8.6 Een microfoon zet geluid om in een elektrische trilling.



8.7 Het geluid dat de zangeres voortbrengt komt versterkt bij het publiek.

Samengevat

Geluid is een trilling, een beweging rond een ruststand. Hoe groter de uitwijking ten opzichte van de ruststand is, hoe groter de geluidsstrekte is. Vanuit de geluidsbron gaat geluid via een medium (tussenstof) naar de ontvanger. Geluid gaat niet door vacuüm.

De toon geeft aan hoe hoog of laag het geluid klinkt.

Met je stembanden kun je geluid maken. Je mond-, neus- en keelholte versterken het geluid; dit is je klankkast.

Je kunt geluid met een microfoon opvangen, het elektrisch versterken en naar een luidspreker sturen.

8.1 Opdrachten

A 1 H

Een gitaar heeft een klankkast. Leg uit waarvoor een klankkast dient.

A 2 H

Jouw geluidsbron is je stem.

- a Wat trilt er precies?
- b Waardoor wordt deze trilling versterkt?

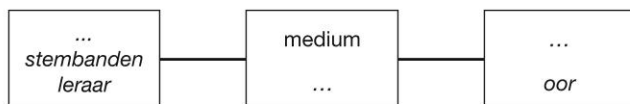
A 3

Juist of onjuist?

- a Geluid kan door een vacuüm heen.
- b Een microfoon zet geluid om in een elektrische trilling.
- c Je stembanden werken als klankkast.
- d Je mondholt is een geluidsbron.

B 4 H

Je zit in de klas en luistert naar de uitleg van je docent. Vul voor deze situatie het blokschema hieronder aan.



B 5

Maak een blokschema voor de volgende situaties.

- a Je legt je oor op de rails en je hoort een trein van ver aankomen.
- b Je maakt met je smartphone geluidsopnames tijdens een concert.
- c Je hoort je telefoon overgaan.

B 6 H

Bij een trommel produceer je trillingen door op het trommelvel te slaan. Het is een slaginstrument.

- a Noem nog twee soorten muziekinstrumenten.
- b Schrijf bij elke soort minstens twee voorbeelden van instrumenten.
- c Schrijf bij elke soort op wat er trilt.

B 7 H

- a Noem drie verschillende tussenstoffen.

Het meervoud van medium is media.

- b Ken je dat woord ook in een andere betekenis? Zo ja, welke?

B 8 H

In een huis met centrale verwarming lopen metalen buizen. Als je op een buis tikt, is dat ook in andere kamers te horen.

- a Wat is (zijn) de tussenstof(fen)?
- b Geef aan wie of wat de bron is en wie de ontvanger.

B 9

Je vriend staat naast het zwembad en roept je terwijl jij onder water zwemt. Je hoort hem roepen. Door welke media gaat het geluid voor het bij jou komt?

C 10

Als je een stemvork aanslaat, dan hoor je de stemvork trillen. Je hoort deze trilling veel beter als je de stemvork tegen bijvoorbeeld een raam aanhoudt. Leg uit waarom dat zo is.



C 11 V

Een akoestische gitaar heeft een vaste vorm, een elektrische gitaar kan elke vorm hebben. Schrijf op waarom dat volgens jou zo is. Gebruik in je antwoord het begrip versterking.

C 12

Een voorwerp dat geluid produceert, trilt gedeeltelijk. Het omgekeerde is niet altijd waar. Verzin een voorbeeld van een voorwerp dat wel trilt, maar geen geluid produceert.

C 13 V

Anita en Wibe doen de proef uit de figuur hieronder. Ze nemen twee lege conservenblikjes en slaan met een spijker een klein gaatje in de bodem. Ze verbinden de blikjes met een dun, lang touw door de gaatjes. Ze trekken het touw tussen de beide blikjes strak. Als Anita in het open blikje praat, houdt Wibe het blikje tegen zijn oor.

- Wat is (zijn) in deze situatie de geluidsbron(nen)?
- Wat is (zijn) de tussenstof(fen)?
- Wat is (zijn) de ontvanger(s)?
- Wat gebeurt er als de draad niet strak staat?



C 14

Een luidspreker is een geluidsbron. Je ziet hier een luidspreker zonder de beschermkap ervoor. De conus, het ronde gedeelte op de luidspreker, is het gedeelte dat trilt. Dit trillen kun je amper zien. Bedenk een proef waarmee je kunt aantonen dat de conus trilt.



C 15 V

Leg uit wat het verschil is tussen de manier waarop versterking van het geluid plaatsvindt bij een piano en bij een keyboard.

C 16 V

Je stem klinkt anders als je je neus dichtknijpt. Leg uit waarom dit het geval is.

+ 17 V

Het schema bron – medium – ontvanger is ook voor het verschijnsel licht te maken.

- Noem twee 'lichtontvangers'.
- Welke eigenschap moet het medium hebben wil het licht bij de ontvanger komen?

Het licht van de zon komt door de luchtledige ruimte naar de aarde.

- Noem een verschil tussen het medium voor licht en geluid.

+ 18 V

Je neemt met je smartphone je stem op en speelt deze even later af. Leg uit waarom je de opname van je stem anders vindt klinken dan wanneer je je stem direct hoort.

Je kunt nu

- uitleggen wat geluid is en hoe het ontstaat
- uitleggen aan de hand van voorbeelden wat een bron, medium en ontvanger is;
- uitleggen hoe je stem werkt;
- uitleggen hoe je geluid versterkt;
- een blokschema voor geluid maken.



Discussievraag

Je loopt op straat en je hoort een vliegtuig overvliegen. Je kijkt in de richting van waar het geluid vandaan komt, maar je ziet het vliegtuig niet op de plek waar je het verwacht.

Hoe komt het dat je het vliegtuig niet ziet waar je het hoort?

Je leert • met welke snelheid geluid door een medium gaat.

8.2 Geluidssnelheid

► Practicum 2

Snelheid van geluid

Het onweert: je ziet de flits en een paar tellen later hoor je de donder. Geluid heeft tijd nodig om van de bron naar de ontvanger te gaan. In de vorige paragraaf heb je geleerd dat geluid door een medium van bron naar ontvanger beweegt. De snelheid waarmee geluid door een medium gaat, is de **geluidssnelheid**. De geluidssnelheid door lucht is bij 20 °C ongeveer 343 m/s. Bij een lagere temperatuur is de geluidssnelheid ook lager.

De snelheid van licht door lucht is 300 000 000 m/s, de lichtsnelheid is dus bijna 1 miljoen keer zo groot als de geluidssnelheid.

Vandaar dat je de tijd mag verwaarlozen die het licht nodig heeft om van bron naar ontvanger te komen.

Je kunt de tijd tussen de flits en de donder gebruiken om te schatten hoe ver het onweer van je vandaan is. Daarvoor geldt de volgende vuistregel: als er drie seconden zitten tussen het zien en het horen, bevindt het onweer zich op ongeveer één kilometer, bij zes seconden twee kilometer, enzovoort. Handig, want zo kun je snel bepalen of je in gevaar bent.



8.8 Meet je drie seconden tussen donder en bliksem dan is het onweer op een afstand van één kilometer.

► Vaardigheid 7

Geluidssnelheid in andere materialen

De vuistregel voor het berekenen van de afstand bij onweer is niet erg exact en geldt alleen voor geluid dat door lucht van 20 °C gaat. Geluid kan echter door allerlei verschillende media bewegen: door vaste stoffen, vloeistoffen en gassen. In de meeste vaste stoffen en in vloeistoffen is de geluidssnelheid groter dan in gassen, zoals lucht. Zie figuur 8.9.

Voor het berekenen van de afstand die geluid aflegt, geldt de volgende formule:

$$s = v \times t$$

met **s** de afstand die het geluid aflegt in m
v de geluidssnelheid in m/s
t de tijd in s

stof	geluidssnelheid (in m/s)
vaste stoffen	
aluminium	6260
been	3000
beton	4300
koper	3800
rubber	50
staal	5950
vloeistoffen	
water	1484
zeewater	1510
gassen	
helium	965
lucht	343

8.9 De geluidssnelheid bij kamertemperatuur (20 °C) is voor elke stof anders.



8.10 Een heimachine slaat lange palen in de grond.

Voorbeeld 1: Het rekenen met de geluidssnelheid

Als je op een moerassige bodem wilt bouwen, moet je voor de stevigheid eerst lange palen in de grond slaan. Je doet dat met een heimachine. Zie figuur 8.10. Die laat steeds een zwaar blok op de heipaal vallen.

Je staat op 800 m van de heimachine. Je ziet het blok neerkomen op de heipaal. Even later hoor je de klap van het neerkomen van het blok.

Bereken hoeveel tijd er zit tussen het moment dat je het blok ziet neerkomen en het horen van de klap. Ga ervan uit dat de temperatuur 20 °C is.

Uitwerking:

Gegeven: geluidssnelheid $v = 343$ m/s (zie figuur 8.9)
 afstand $s = 800$ m

Gevraagd: tijd $t = ?$

Formule: $s = v \times t$

Berekenen: $800 = 343 \times t$

$$t = \frac{800}{343}$$

$$t = 2,33 \text{ s}$$

Antwoord: De tijd tussen het zien en het horen is 2,33 s.

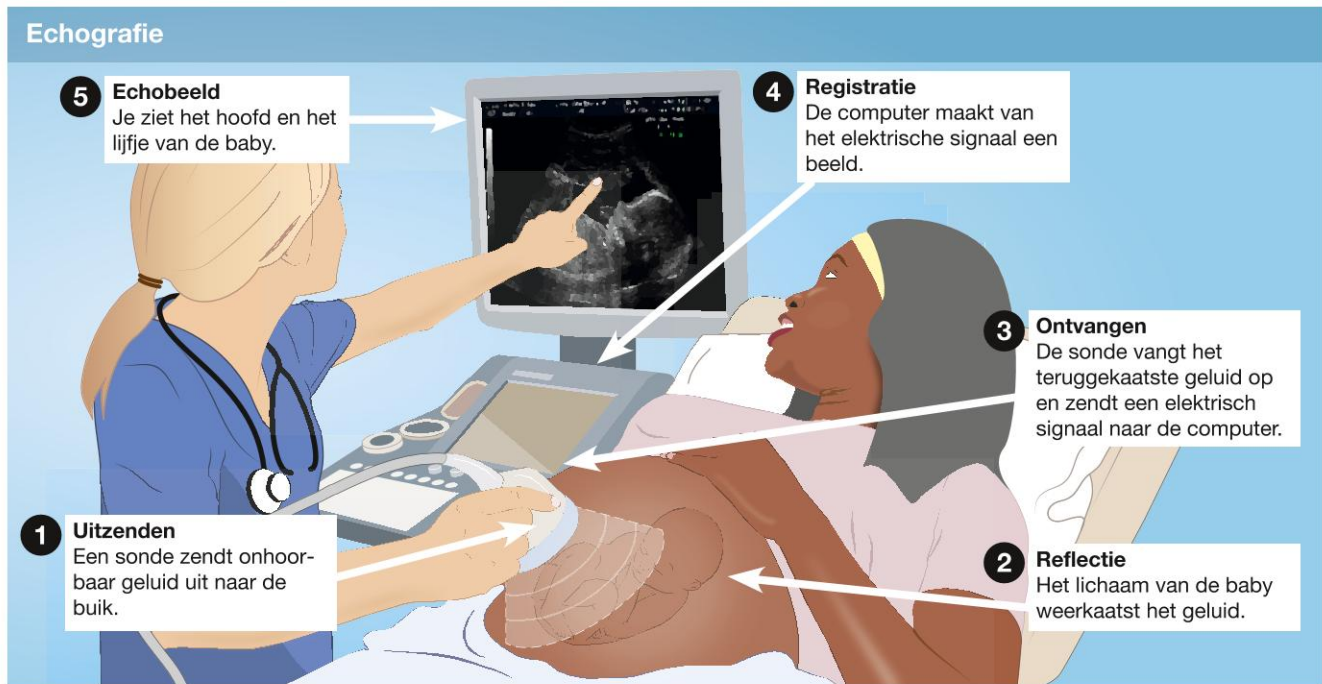
Weerkaatsing van geluid

In de bergen of bij een groot gebouw hoor je soms een echo als je schreeuwt of in je handen klapt. Een **echo** is geluid dat weerkaatst en dat je even later terughoort.

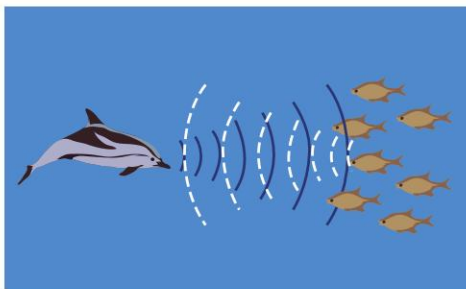
Als je in de bergen schreeuwt, dan hoor je je schreeuw direct, omdat de afstand van je mond tot je oor erg klein is. De echo hoor je niet direct. De echo beweegt van je mond naar de bergwand en dan weer terug naar je oor. Dit kost meer tijd. Als je de tijd tussen de schreeuw en de echo meet, kun je de afstand tot de bergwand uitrekenen.

Dolfijnen en vleermuizen gebruiken echo op deze manier. Ze maken geluiden en luisteren of ze echo's horen. Als ze een echo horen, betekent dit dat er een dier of een object vlakbij is. Met de tijd tussen het maken van het geluid en het horen van de echo bepalen ze waar dat dier of object is. Dit heet echolocatie.

Echo wordt ook gebruikt in het ziekenhuis wanneer je een ongeboren kind wilt bekijken. Dit heet echografie. Zie figuur 8.11. Voor echografie gebruik je geluid dat te hoog is om te horen.



8.11 Met een echo kun je een beeld van een ongeboren baby maken.



8.12 Het geluid gaat van de dolfijn naar de vissen en weer terug.

Voorbeeld 2: Echolocatie

Dolfijnen kunnen kliekgeluiden produceren. Met deze geluiden kunnen ze onder water de afstand tot prooivissen bepalen. Zie figuur 8.12. Na 0,24 s hoort de dolfijn de echo. Bereken op welke afstand van de dolfijn de vissen zwemmen.

Uitwerking:

Gegeven: $t = 0,24 \text{ s}$
 $v = 1510 \text{ m/s}$ (zie figuur 8.9)

Gevraagd: afstand $s = ?$

Formule: $s = v \times t$

Berekenen: De tijd tussen zenden en ontvangen is 0,24 s. Dit betekent dat het geluid er 0,12 s (de helft van 0,24 s) over doet om van de dolfijn naar de vissen te gaan.

$$s = 1510 \times 0,12 = 181 \text{ m}$$

Antwoord: De vissen zwemmen op 181 m van de dolfijn.

Samengevat

De geluidssnelheid is de snelheid waarmee het geluid zich door een medium voortplant. De geluidssnelheid hangt af van het medium. Bij kamertemperatuur is de geluidssnelheid in lucht 343 m/s. Bij lagere temperaturen is de geluidssnelheid lager. In vaste stoffen en vloeistoffen is de geluidssnelheid meestal groter dan in gassen. Voor de afstand die geluid aflegt, geldt $s = v \times t$. Met echolocatie kun je met geluid de afstand tot een voorwerp bepalen.

8.2 Opdrachten

A 19

- a Hoe noem je de snelheid van geluid in één woord?
- b Is de snelheid van licht groter of kleiner dan die van geluid?
- c Hoelang doet het geluid van de donder over een afstand van ongeveer één kilometer?

A 20 H

Geluid gaat met een bepaalde snelheid van de bron naar de ontvanger.

- a Geef aan hoe groot de geluidssnelheid in lucht bij kamertemperatuur is.
- b Noem twee factoren waar de geluidssnelheid van afhangt.

B 21

Rangschik de volgende stoffen op basis van de geluidssnelheid in deze stof. Zet de stof met de grootste snelheid eerst: *water, lucht, beton, koper*.

B 22

Peter is weerkundige. Hij meet tijdens het onweer de tijd tussen bliksem en donder. De geluidssnelheid is 343 m/s. Peter meet een tijd van 7,0 s.

- a Bereken met de vuistregel de afstand tot het onweer.
- b Bereken nu met de formule hoe ver weg het onweer is.
- c Klopt de vuistregel?

Peters collega Gerrit staat op een afstand van 4 km van het onweer.

- d Bereken met de formule hoeveel tijd er zit tussen het moment dat Gerrit de bliksem ziet en de donder hoort.
- e Bereken met de vuistregel de tijd tussen zien en horen.
- f Wat kun je nu concluderen over de vuistregel?

B 23 H

Een vleermuis zendt geluiden uit om zijn prooi te lokaliseren.

- a Leg uit hoe echolocatie bij een vleermuis werkt.

Na 0,030 s hoort de vleermuis de echo.

- b Bereken op welke afstand van de vleermuis de prooi zich bevindt.

B 24 H

Je ziet de prachtigste kleuren bij het afsteken van vuurwerk. De pijl spat uit elkaar. Leg uit hoe het komt dat je pas even later een knal hoort.

B 25 H

De geluidssnelheid in lucht bij 0 °C is 332 m/s.

- a Bereken de afstand in een geheel aantal km die het geluid in 1,0 minuut aflegt.
- b Bereken hoelang geluid doet over 0,83 km.
- c Bereken de afstand in een geheel aantal km die het geluid in 1,0 minuut aflegt bij een temperatuur van 20 °C.

B 26

Je neemt een radio met twee waterproof luidsprekers mee naar het zwembad. De ene luidspreker verdwijnt onder water, de andere blijft in de lucht. De geluidssnelheid in water is 1,5 km/s. In lucht gaat het geluid met 343 m/s. Je vriendin zwemt 50 m verder.

- a Bereken hoelang het duurt voor je vriendin het geluid door lucht hoort.
- b Bereken ook na hoeveel tijd het geluid via het water bij je vriendin komt.

Je vriendin houdt haar ene oor onder en haar andere oor boven water.

- c Bereken het verschil in aankomsttijd van het geluid bij beide oren in een geheel aantal ms (milliseconden, 1 ms = 0,001 s).

B 27

In een echoput is het meestal fris, circa 8 °C. De geluidssnelheid bij deze temperatuur is 336 m/s. Als je in je handen klapt, hoor je het geluid 0,10 s later terug.

- a Bereken de afstand die het geluid in 0,10 s aflegt.
- b Kies het juiste antwoord. De diepte van de echoput:
 - A is gelijk aan die afstand;
 - B is 2× zo groot als die afstand;
 - C is 2× zo klein als die afstand.

C 28

Je luistert naar een concert. Leg uit waardoor je kunt merken dat de snelheid van het geluid niet afhangt van het soort muziekinstrument.

C 29 V

Bij het onderzoek naar het binnenste van de aarde worden diepe gaten geboord. Het diepste gat heeft een diepte van 12,262 km. Bij een krantenartikel over dit gat werd een cartoon getekend.



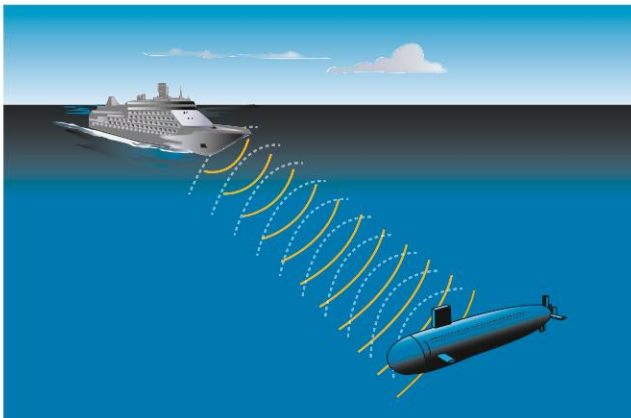
- Bereken na hoeveel seconden het antwoord volgens het bordje komt.
- Bereken de geluidssnelheid met de gegevens uit de cartoon.
- Leg uit of deze waarde voor de geluidssnelheid te groot, redelijk goed of te klein is.

Ga ervan uit dat de temperatuur gelijk is aan 20 °C.

- Bereken de werkelijke tijd (in uren, minuten, hele seconden) tussen het roepen en het antwoord van de echo.

C 30

Om onderzeeboten op te sporen maken marineschepen gebruik van sonar. Dit staat voor 'sound navigation and ranging'; navigatie en plaatsbepaling met geluid. Het principe is gelijk aan hoe dolfijnen met echolocatie hun prooi vinden.



Het schip zendt een geluidspuls uit, de onderzeeboot weerkaatst de puls en het marineschip registreert de weerkaatste puls.

Een onderzeeboot op de Noordzee bevindt zich op 1500 m afstand van een marineschip.

- Bereken hoeveel tijd er zit tussen het versturen van de geluidspuls en het ontvangen van de weerkaatste puls.
- Leg uit of het op het IJsselmeer langer of korter duurt.

+ 31 V

De snelheid van een straaljager druk je vaak uit in mach. 'mach 1' is daarbij precies even groot als de geluidssnelheid, waarvoor dan 340 m/s wordt genomen.

Een F-16 kan een topsnelheid halen van 2100 km/h.

- Bereken de topsnelheid van de straaljager in m/s. Rond af op een geheel getal.
- Bereken de topsnelheid van de straaljager in mach. Rond af op één decimaal.
- Bereken de afstand in een geheel aantal km die dit vliegtuig op topsnelheid in 5,0 minuten aflegt.

**+ 32 V**

Licht heeft in water een lagere snelheid dan in lucht. De lichtsnelheid in water is 225 000 km/s. Geluid gaat echter sneller door water dan door lucht: de geluidssnelheid in water is ongeveer 1,5 km/s.

Onder water vindt op 30 km afstand van een duiker een explosie plaats.

- Bereken de tijd in ms die het licht erover doet om het oog van de duiker te bereiken.
- Na hoeveel seconden hoort de duiker de explosie?

Onder water geldt een andere vuistregel dan in de lucht.

- Leg uit of je bij het bepalen van de vuistregel onder water rekening moet houden met de snelheid van het licht.
- Geef de vuistregel voor onder water.

Je kunt nu

- berekeningen doen met de geluidssnelheid in verschillende stoffen;
- uitleggen hoe echolocatie werkt;
- noemen waar de geluidssnelheid van afhangt.

Discussievraag

Op een patiëntmonitor kunnen artsen direct veel informatie over een patiënt aflezen. Wat heeft het getal linksboven in beeld met de grafiek te maken?



Je leert • hoe je geluid kunt weergeven in een grafiek.

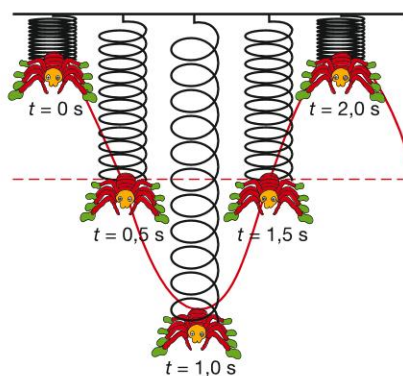
8.3 Trilling in beeld

Trillingen zichtbaar maken

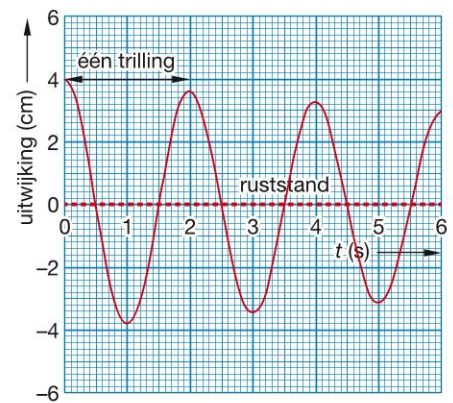
In de figuur hierboven zie je de hartslag in beeld. Je ziet dat de grafiek zich steeds herhaalt. Deze herhaling is een kenmerk van een **trillingsgrafiek**. Een trillingsgrafiek is een grafiek van de uitwijking van de trilling tegen de tijd. In figuur 8.13a zie je speelgoedbeesten, die in rust aan een lange veer hangen. Je duwt één zo'n beest vanuit zijn ruststand omhoog en laat het los. Het gaat op en neer trillen. In figuur 8.13b zie je de positie van het beest op enkele tijdstippen. Figuur 8.13c is de trillingsgrafiek. Na twee seconden herhaalt de trilling zich; één trilling duurt dus twee seconden.



a Het speelgoedbeest



b Als je het beest loslaat, beweegt het op en neer.



c De trillingsgrafiek. Het beest komt uiteindelijk in zijn ruststand tot stilstand.

8.13 De trillingsgrafiek van een speelgoedbeest

Om geluidstrillingen te onderzoeken, is het handig om een trillingsgrafiek van geluid te maken. Maar de trillingen bij geluid gaan te snel om het verloop van de trillingen goed te kunnen zien. Je moet dan eerst de trilling van de lucht met een microfoon omzetten naar een elektrisch signaal. Dit signaal kun je op een scherm weergeven.

Trillingstijd en frequentie

- Practicum 3
- Vaardigheid 4
- Vaardigheid 7

In figuur 8.13c kun je zien dat de trilling zich na 2 s herhaalt. De tijdsduur van één volledige trilling heet de **trillingstijd**. Het aantal trillingen per seconde heet de **frequentie**. Hoe groter de frequentie, hoe kleiner de trillingstijd en hoe meer trillingen je in een trillingsgrafiek ziet.

De frequentie geef je aan in Hz (hertz). Als de frequentie 20 Hz is, dan heb je 20 trillingen per seconde.

Als je de trillingstijd weet, kun je de frequentie berekenen. Er geldt:

$$f = \frac{1}{T}$$

met **f** de frequentie in Hz
T de trillingstijd in s

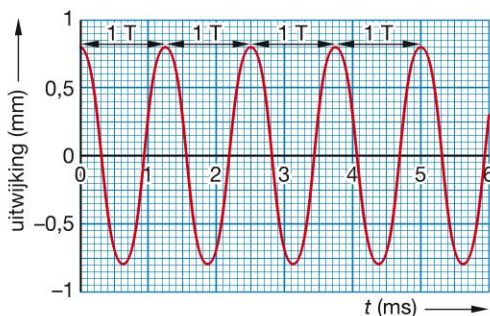
Voor de trilling in figuur 8.13c geldt dat de frequentie gelijk is aan $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0,5$ Hz.

Andersom kun je met de frequentie ook de trillingstijd berekenen. Er geldt: $T = \frac{1}{f}$.

Soms is het niet handig om een frequentie in het aantal trillingen per seconde aan te geven. De hartslag wordt bijvoorbeeld aangegeven in het aantal slagen per minuut.



8.14 Een stemvork geeft altijd dezelfde frequentie.



8.15 Het is nauwkeuriger om de tijdsduur van meerdere trillingen te bepalen.

Voorbeeld 3: Trillingstijd en frequentie bepalen

Een stemvork die je aanslaat (zie figuur 8.14), zal altijd geluid met dezelfde frequentie voortbrengen. Als je met een microfoon het geluid van een stemvork opneemt dan krijg je de trillingsgrafiek van figuur 8.15.

- a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd van deze trilling.
- b Bereken de frequentie van de stemvork.

Uitwerking:

- a Om de trillingstijd zo nauwkeurig mogelijk te bepalen kun je het beste de tijdsduur van meerdere trillingen aflezen. Zie figuur 8.15.

Je ziet in totaal vier volledige trillingen in 5 ms (1 ms = 0,001 s).

De trillingstijd vind je dan door de tijdsduur te delen door het aantal trillingen:

$$T = \frac{5 \text{ ms}}{4} = 1,25 \text{ ms}$$

De trillingstijd is 1,25 ms.

- b Gegeven: $T = 1,25 \text{ ms} = 0,00125 \text{ s}$

Gevraagd: frequentie $f = ?$

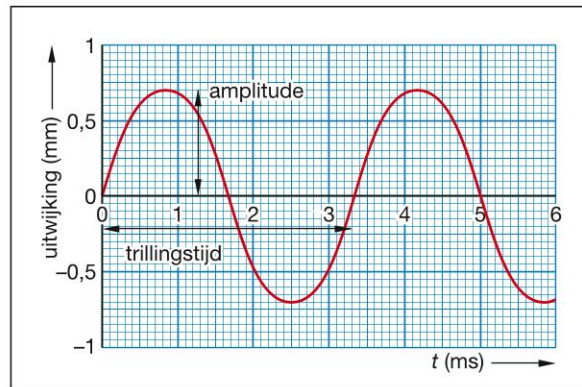
Formule: $f = \frac{1}{T}$

Berekenen: $f = \frac{1}{0,00125} = 800 \text{ Hz}$

Antwoord: De frequentie is 800 Hz.

Amplitude

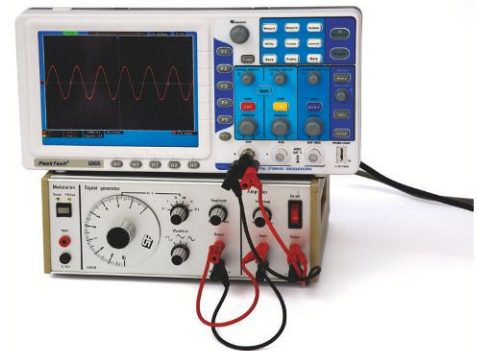
Als je een stemvork aanslaat, hoor je altijd geluid met dezelfde frequentie. Dit geluid kan hard of zacht zijn. In de trillingsgrafiek zie je dit aan de uitwijking. De maximale uitwijking ten opzichte van de ruststand heet de **amplitude**. Zie figuur 8.16. Bij grotere geluidssterkte is de trilling heftiger, de amplitude is dan groter. Een zacht geluid heeft een kleine amplitude.



8.16 Hoe harder het geluid, hoe groter de amplitude.

Oscilloscoop

Een microfoon maakt van geluid een elektrische trilling. Ook een **toongenerator** geeft elektrische trillingen af. Als je de toongenerator op een luidspreker aansluit, dan maakt deze er trillende lucht van. Je kunt de toongenerator ook direct aansluiten op een **oscilloscoop**. Zie figuur 8.17. Een oscilloscoop geeft elektrische trillingen weer. De trillingsgrafiek van een oscilloscoop heet een oscillogram. De trillingen op het scherm zijn elektrische trillingen. De uitwijking die je ziet, is dan ook de spanning (U) in volt (V).



8.17 De oscilloscoop (boven) geeft de trilling weer die de toongenerator heeft gemaakt.

Samengevat

Een trillingsgrafiek is een grafiek van de uitwijking van een trilling tegen de tijd. Uit een trillingsgrafiek kun je de trillingstijd bepalen. Dit is de tijdsduur van één trilling.

De frequentie f is het aantal trillingen per seconde. Er geldt $f = \frac{1}{T}$ en $T = \frac{1}{f}$.

De maximale uitwijking ten opzichte van de ruststand van een trilling heet de amplitude. Hoe harder het geluid is, hoe groter de amplitude.

Elektrische trillingen kun je met een toongenerator maken. Elektrische trillingen kun je in een oscillogram op een oscilloscoop weergeven.

8.3 Opdrachten

A 33 H

- a Geef aan wat de frequentie van een trilling is.
- b Hoeveel trillingen heb je per seconde als de frequentie 440 Hz is?

A 34 H

- a Wat is een oscilloscoop?
- b Waarom heb je een microfoon nodig als je geluid zichtbaar op een oscilloscoop wilt maken?
- c Welke grootheden staan er langs de assen in een oscillogram?

A 35

Kies het juiste antwoord.

- a De amplitude is *het aantal trillingen per seconde / de maximale uitwijking*.
- b Hoe groter de amplitude, hoe *kleiner / groter* de geluidssterkte.
- c Hoe groter de trillingstijd, hoe *kleiner / groter* de frequentie.

B 36 H

Een snaar trilt met een frequentie van 10 Hz.

- a Bereken na hoeveel tijd deze snaar 80x heeft getrild.
- b Bereken hoelang één trilling duurt.

B 37

Bereken de trillingstijd die hoort bij de volgende frequenties:

- a 50 Hz
- b 2,0 Hz
- c 75 kHz
- d 1,7 kHz

B 38

Bereken de frequentie die hoort bij de volgende trillingstijden:

- a 0,00016 s
- b 4,0 s
- c 33 ms
- d 5 ms

B 39 H

- a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd van het geluid dat hoort bij de trillingsgrafiek van figuur 8.16.
- b Bereken de frequentie van het geluid.

B 40

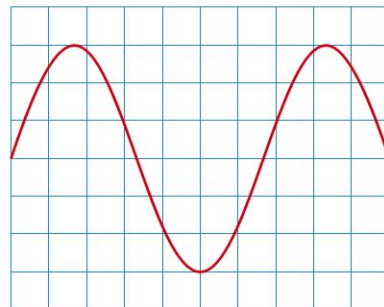
Precies vier trillingen duren 0,128 s. Bereken T in ms.

B 41

Op een oscilloscoop zie je het beeld hieronder.

Eén hokje op de x-as stelt 0,02 s voor. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

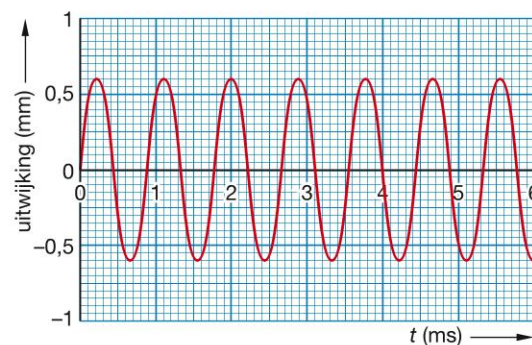
- a Bepaal hoelang één trilling duurt.
- b Bereken de frequentie van de trilling.
- c Teken het beeld van een trilling met een twee keer zo grote frequentie.
- d Teken het beeld van een trilling met een twee keer zo kleine amplitude.



B 42 H

Met een microfoon is het geluid van een stemvork opgenomen. De trillingsgrafiek zie je hieronder.

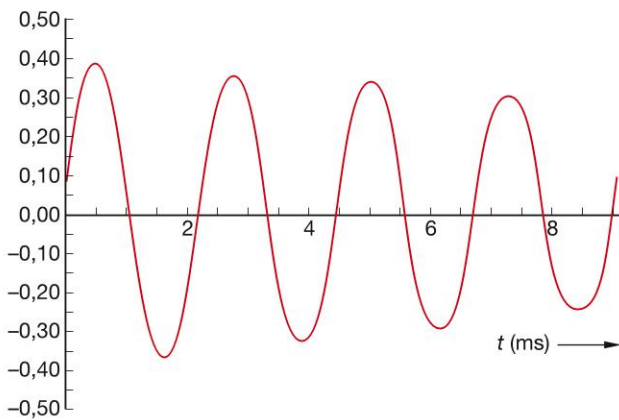
- a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de trillingstijd.
- b Bereken de frequentie van de stemvork.
- c Leg uit hoe de trillingsgrafiek er uit zou zien wanneer je de stemvork harder aan zou slaan.



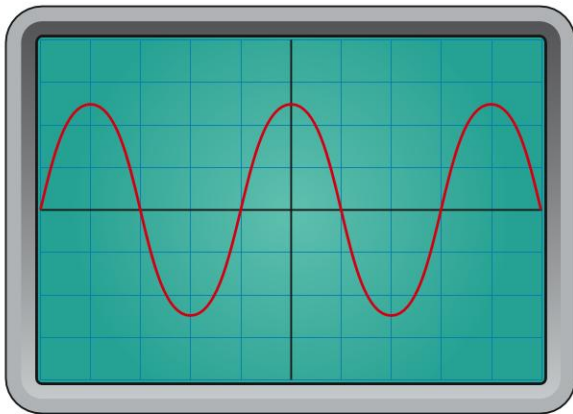
C 43 V

Met de computer maak je van een stemvork de onderstaande trillingsgrafiek.

- a** Hoe zie je aan de grafiek dat het geluid steeds zachter wordt?
- b** Hoe zie je aan de grafiek dat de frequentie hetzelfde blijft?

**C 44**

Je sluit een toongenerator aan op een oscilloscoop. Het beeld van de oscilloscoop wordt zo ingesteld dat horizontaal elk hokje overeenkomt met 5 ms. Verticaal stelt elk hokje 0,2 V voor.



- a** Bepaal de frequentie waarop de toongenerator is ingesteld.
- b** Bepaal de amplitude van het signaal.

Je stelt de toongenerator nu zo in dat er precies vijf trillingen op het scherm passen. De toppen van de trilling passen nu nog net in het scherm. Je verandert de instellingen van de oscilloscoop niet.

- c** Kies de juiste antwoorden.

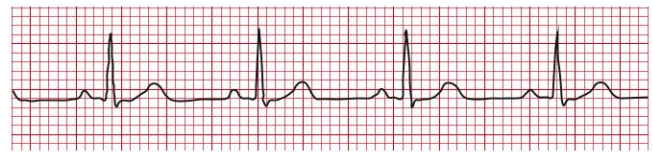
De frequentie is nu *groter* / *kleiner*, de amplitude is *groter* / *kleiner*.

- d** Teken op het tekenblad in het hulpboek hoe een trilling met een frequentie van 30 Hz en een amplitude van 0,4 V op deze oscilloscoop eruitziet.

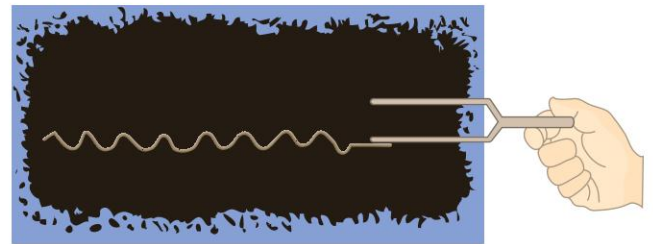
C 45 V

Hieronder zie je een ecg, een elektrocardiogram, oftewel een hartfilmpje. Een hokje komt horizontaal overeen met 0,04 s.

Bepaal met dit ecg de hartslag van deze patiënt. Geef je antwoord in het aantal slagen per minuut.

**+ 46 V**

Als je een stemvork aanslaat, gaan de benen van de stemvork trillen. Je kunt aan één been van de stemvork een naaldje vastmaken. Als je dit naaldje over een beroete glasplaat trekt, krijg je het beeld zoals hieronder.



Je trekt een stemvork met een snelheid van 0,16 m/s over een beroete glasplaat. Er zijn nu 23 trillingen te zien in een stuk dat 4,0 cm lang is. Bereken de frequentie van de stemvork.

+ 47 V

In deze paragraaf staat een formule voor het berekenen van T en een formule voor het berekenen van f .

Leg met een getallenvoorbeeld uit waarom je eigenlijk maar één formule hoeft te leren.

Je kunt nu

- de trillingstijd uit een trillingsgrafiek bepalen;
- met een formule de trillingstijd en de frequentie berekenen;
- uit een trillingsgrafiek de amplitude bepalen.

**Discussievraag**

Brulapen kunnen samen enorm veel herrie maken. Waarom klinkt de brul van de brulaapbaby zachter en hoger dan de brul van de volwassen aap?

Je leert • wat het verschil is tussen een hoge en een lage toon.

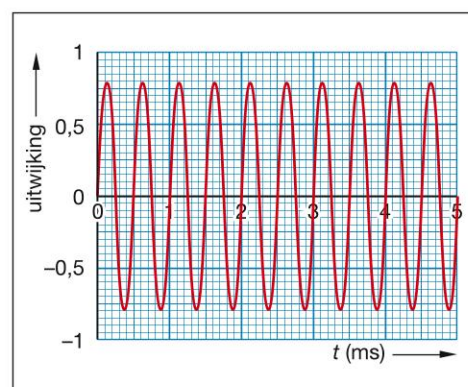
8.4 Toonhoogte

► Practicum 4

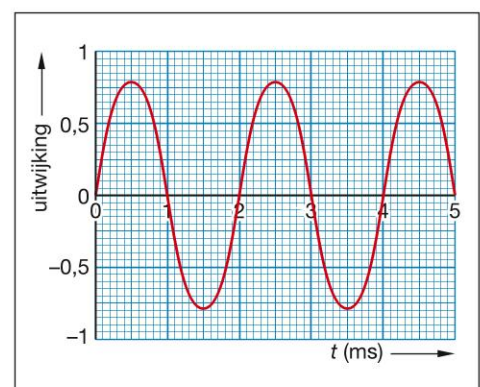
Toonhoogte en frequentie

Een muziekstuk bestaat uit verschillende noten. Elke noot heeft zijn eigen toonhoogte. De toonhoogte hangt samen met de frequentie van geluid. In figuur 8.18 zie je de trillingsgrafiek van twee tonen. Hoe groter de frequentie en dus hoe kleiner de trillingstijd, hoe hoger de toon. Bij een lage toon hoort een kleine frequentie en dus een grote trillingstijd.

Als standaard toonhoogte gebruik je in de muziek de a. De frequentie van deze toon is per definitie 440 Hz. Een pianostemmer gebruikt een stemvork van 440 Hz om de a-noot van de piano te stemmen. Daarna zorgt hij dat de andere tonen in de goede verhoudingen tot deze noot klinken.



8.18a Een hoge toon heeft een kleine trillingstijd.



8.18b Een lage toon heeft een grote trillingstijd.

Snaarinstrumenten

Grote, zware voorwerpen trillen in het algemeen langzamer dan kleine, lichte voorwerpen. Dat is ook zo bij muziekinstrumenten. Je kunt andere tonen spelen door een grotere of dikkere snaar in trilling te brengen. Een snaar brengt een hogere toon voort als ze:

- dunner is;
- korter is (of een kleiner deel ervan trilt);
- strakker gespannen is.



8.19 Hoe strakker de snaar, hoe hoger de toon

Een lange snaar trilt minder vaak per seconde. Een contrabas kan dus lage tonen maken, een viool juist hoge. Je kunt de toonhoogte veranderen door de lengte van de snaar te veranderen. Bij een gitaar doe je dit door de snaren met je vingers tegen de hals van de gitaar te drukken. Je maakt het trillende deel van de snaren dan korter, de toonhoogte gaat omhoog.

Een andere manier om de toonhoogte te veranderen is door de snaren slapper of strakker te spannen. Een strakker gespannen snaar trilt vaker per seconde en maakt daarom een hogere toon.

Blaasinstrumenten

Bij een blaasinstrument trilt de lucht in het instrument. De lengte van het deel waar de lucht trilt (de **luchtkolom**) bepaalt hier de toon. De saxofoniste in figuur 8.20 kan met kleppen de lengte van de luchtkolom regelen. Als ze de luchtkolom langer maakt door een aantal kleppen te sluiten, trilt de lucht minder vaak per seconde en hoor je een lagere toon.

Een instrument met een grote luchtkolom, een saxofoon bijvoorbeeld, kan goed lage tonen voortbrengen. Een piccolo is een instrument met een korte luchtkolom. Dit instrument kan heel goed hoge tonen voortbrengen.

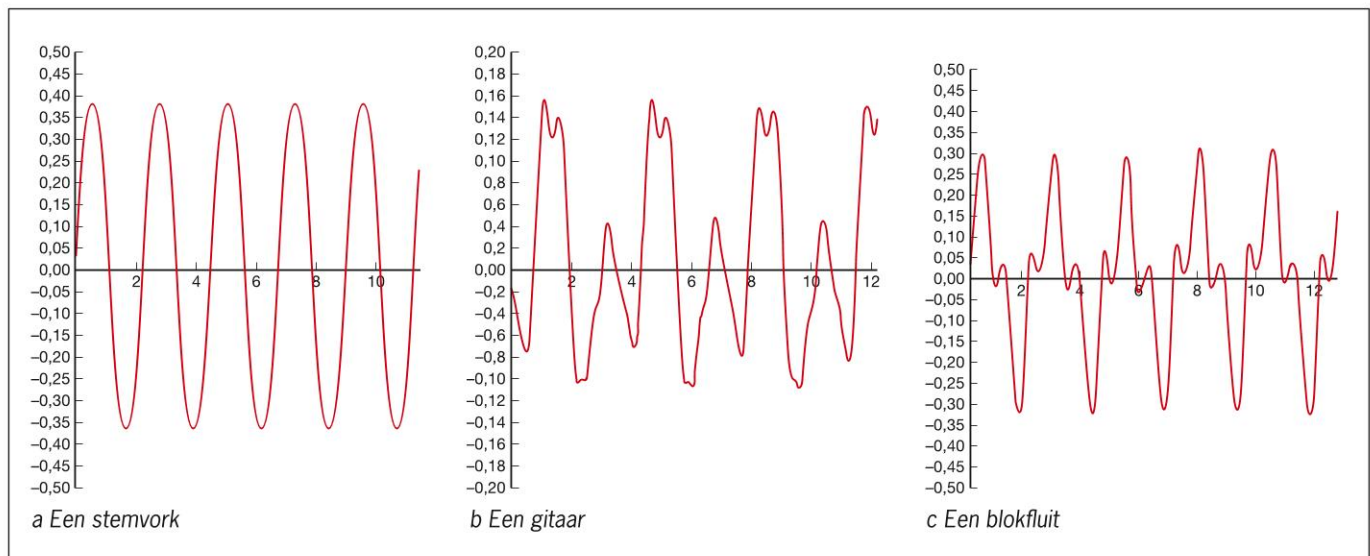


8.20 Hoe langer de luchtkolom, hoe lager de toon

Klankkleur

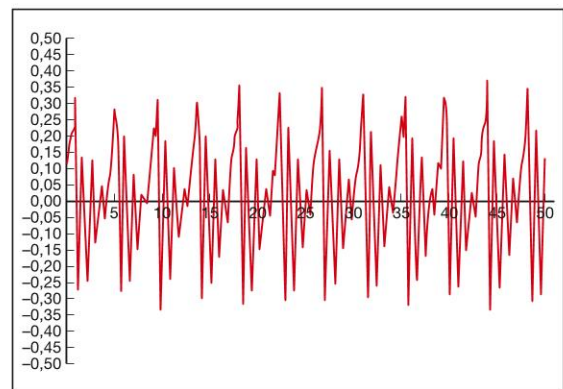
Een trompet klinkt anders dan een saxofoon, ook al speel je dezelfde noot. Dat komt omdat een muziekinstrument vrijwel altijd in meer dan één frequentie tegelijkertijd trilt. Sla je bijvoorbeeld de a-snaar van 440 Hz aan, dan blijkt ze ook te trillen met frequenties 880 Hz, 1320 Hz, enzovoort. De mix van tonen van een instrument noem je de **klankkleur**. Elk instrument heeft zijn eigen mix en dus zijn eigen klankkleur.

In de trillingsgrafiek zie je verschil in de vorm van de trillingen per muziekinstrument. Zie figuur 8.21. De stemvork maakt één zuivere toon met één frequentie. Met een muziekinstrument kun je ook een bepaalde noot spelen. In de trillingsgrafiek zie je dat er ook andere frequenties meeklinken. Die zijn dan wel veel zachter dan de basisfrequentie.



8.21 Deze drie instrumenten spelen alle drie dezelfde toon; in de trillingsgrafiek zie je dat de vorm van de trillingen anders is.

In figuur 8.22 zie je de trillingsgrafiek van de klinker a. Je ziet dat je ook bij praten geen mooie, gelijkmatige grafiek krijgt. Als je praat, maak je net als bij een instrument tegelijkertijd meer frequenties. Je ziet wel dat het patroon in de grafiek zich steeds herhaalt. Je kunt dus een basisfrequentie van het geluid bepalen. De computer kan ook andere frequenties uit het patroon halen. Al die frequenties samen bepalen om welke klank het gaat. Je mond-, neus- en keelholte hebben elk hun eigen frequenties die ze versterken.



8.22 De klinker a bestaat uit een aantal frequenties door elkaar.

Samengevat

De toonhoogte van geluid hangt af van de frequentie: hoe hoger de toon, hoe groter de frequentie.

De toonhoogte van een snaarinstrument kun je lager maken door de snaar langer te maken, door de snaar minder te spannen of door een dikkere snaar te nemen.

De toonhoogte van een blaasinstrument kun je lager maken door de lengte van de luchtkolom langer te maken.

Muziekinstrumenten hebben ieder een eigen klankkleur.

8.4 Opdrachten

A 48 H

Leg uit wat de klankkleur van een instrument is.

A 49 H

Juist of onjuist? Verbeter waar nodig.

- a Hoe langer de snaar, hoe hoger de toon.
- b Bij een lage toon hoort een grote trillingstijd.
- c Hoe korter de luchtkolom, hoe hoger de toon.

A 50

- a Leg uit hoe je met een blaasinstrument een lagere toon maakt.
- b Op welke drie manieren kun je met een snaarinstrument een hogere toon maken?

B 51 H

Aan de afmeting van een muziekinstrument kun je al zien of het hoge of juist lage tonen maakt.

Leg uit welk instrument de hoogste tonen maakt: een cello of een blokfluit?

B 52

Om de a-snaar van je gitaar te stemmen, kun je een stemvork gebruiken van 440 Hz.

- a Bereken de trillingstijd van de stemvork in ms.
- b Geef aan wat het doel van het stemmen van een gitaar is.
- c Leg uit hoe je een gitaar moet stemmen.

B 53

De stem van een baby van acht maanden is anders dan die van een kind van acht jaar.

- a Geef aan wie over het algemeen een hogere stem heeft: een baby of een kind?
- b Leg aan de hand van blaasinstrumenten uit hoe dat komt.

B 54

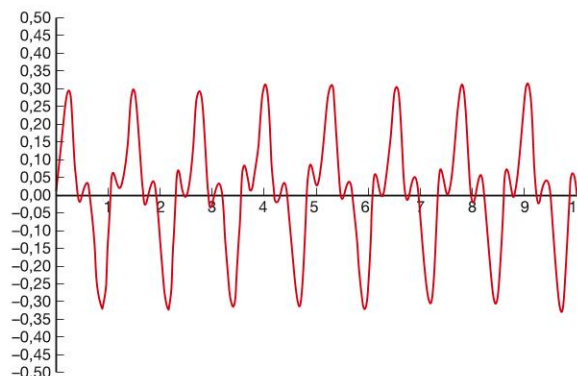
Hieronder zie je twee verschillende stemvorken. Leg uit welke vork de hoogste toon geeft.



C 55

Hieronder zie je vergroot de trillingsgrafiek van de blokfluit uit figuur 8.21c.

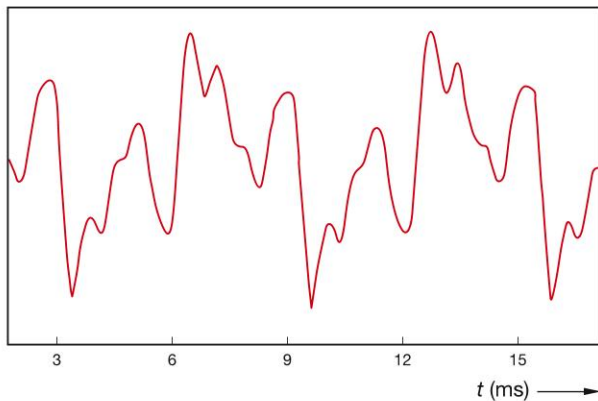
Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de basisfrequentie van het geluid dat de blokfluit voortbrengt.



C 56

Je ziet een trillingsgrafiek van een toon van een klarinet.

- Bepaal de trillingstijd.
- Bereken de frequentie.
- Reken de frequentie om naar kHz.

**C 57 V**

Een pianostemmer stemt een piano. De a moet tussen de 440 en 442 Hz zitten. De snaar trilt met een trillingstijd van 2,29 ms. Kies het juiste antwoord. Moet de pianostemmer de snaar strakker of minder strak spannen?

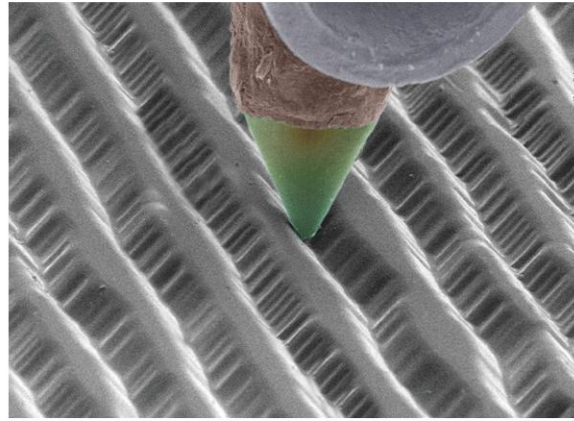
- Hij moet de snaar strakker spannen.
- Hij moet de snaar minder strak spannen.
- Dat is niet te zeggen.

+ 58 V

Musici in een orkest beginnen vlak voor het concert met stemmen. Dat kunnen ze ook thuis al doen. Leg uit waarom het beter is dat in de concertzaal te doen.

+ 59 V

De plaat van een platenspeler bevat sporen met heel kleine groefjes. De naald van de speler volgt deze sporen. Door de groefjes gaat de naald trillen. De speler zet de trilling van de naald om in een elektrisch signaal dat naar een versterker kan worden gestuurd.



Een platenspeler kan op verschillende snelheden ronddraaien. De meeste spelers kun je zowel op 45 als op 33 toeren instellen. Dit betekent dat de plaat 45 of 33 rondjes per minuut draait.

- Sommige platen zijn gemaakt om met 33 toeren te draaien. Leg uit wat er met de toonhoogte gebeurt als je deze platen op 45 toeren afspeelt.
- Bereken hoelang het duurt om één rondje op 45 toeren te maken.

Helemaal aan de buitenkant van de plaat is een fluittoon van 100 Hz opgenomen die op de plaat een lengte van de helft van de omtrek van de plaat inneemt. De platenspeler draait met 45 toeren.

- Bereken hoelang deze fluittoon te horen is.
- Bereken hoeveel groefjes er in de helft van de omtrek zitten.



Je kunt nu

- uitleggen wat frequentie en toonhoogte met elkaar te maken hebben;
- uitleggen hoe je de toonhoogte van een instrument kunt veranderen;
- uitleggen wat de klankkleur van een instrument is.

Discussievraag

De blauwe vinvis kan heel harde geluiden produceren. Een duiker kan zonder gehoorschade op te lopen naast de vinvis zwemmen.

Hoe kan dat?



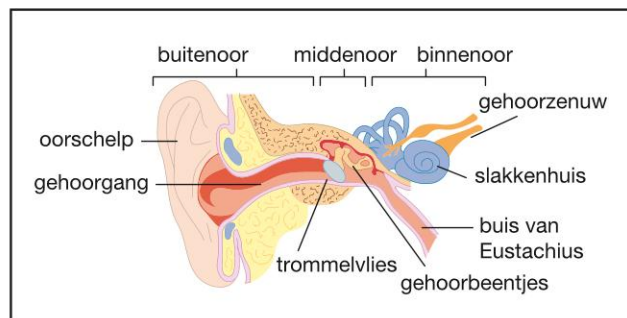
Je leert • hoe je je gehoor kunt beschermen.

8.5 Gehoorschade

► Practicum 5

Het gehoor

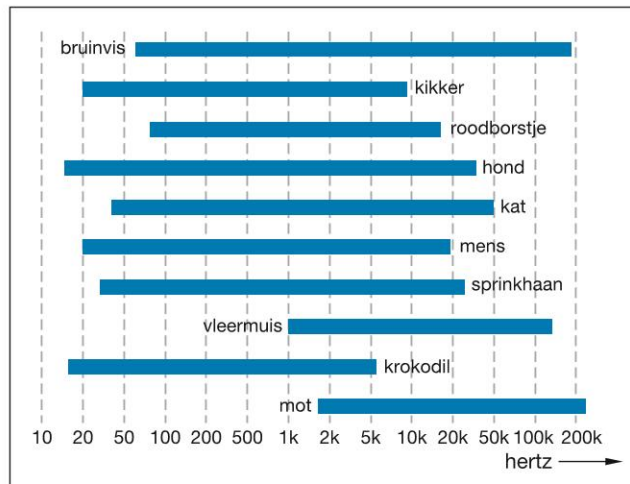
Je oor bestaat uit drie delen: het buitenoor, het middenoor en het binnenoor. Zie figuur 8.23. Het buitenoor staat in direct contact met de buitenlucht. Lucht kan het middenoor in en uit via de buis van Eustachius. In het binnenoor zit alleen vloeistof, geen lucht.



8.23 De bouw van je oor

Geluid komt via de oorschelp je gehoorgang in. De vorm van de oorschelp is van belang voor het horen van richting: geluid van onderen klinkt iets anders dan geluid van boven. De trilling van de lucht wordt door het trommelvlies via de gehoorbeentjes doorgegeven aan het slakkenhuis. Het slakkenhuis zet de trillingen om in signalen die via de gehoorzenuw naar je hersenen gaan.

Voor sommige tonen is je gehoor gevoeliger dan voor andere. De mens kan tonen van ongeveer 20 Hz tot 20 kHz horen. Deze grenzen veranderen als je ouder wordt. Hoe ouder je wordt, hoe slechter je hoge tonen kunt horen. In figuur 8.24 zie je welke frequenties de mens en enkele diersoorten kunnen horen. Frequenties onder 20 Hz noem je **infrasofoon**, frequenties boven de 20 kHz noem je **ultrasoon**. Bij een echografie (zie figuur 8.11) gebruik je ultrasoon geluid.



8.24 Mensen kunnen frequenties tussen de 20 Hz en 20 kHz horen.

Gehoorschade

Langdurige blootstelling aan te grote geluidssterktes kan je gehoor beschadigen. Je wordt ongevoelig voor bepaalde tonen. In sommige gevallen kan je trommelvlies zelfs scheuren. Als je gehoor minder gevoelig is voor geluid met een bepaalde frequentie, dan moet het geluid harder worden om het goed te kunnen horen. Als je gehoor slechter wordt, kun je het geluid met een gehoorapparaat versterken. Zie figuur 8.25. Deze versterken bepaalde tonen zodat je deze ondanks de gehoorschade toch nog kunt horen.



8.25 Gehoorapparaatjes versterken bepaalde tonen.



8.26 Een audiogram maak je met een toongenerator en een koptelefoon.

Als je niet goed hoort, kun je bij een arts of een audicien een **audiogram** laten maken. Dit is een grafiek van metingen waarin je kunt aflezen hoeveel slechter je geluid van verschillende toonhoogten hoort dan iemand met een normaal gehoor. In een koptelefoon krijg je dan verschillende tonen te horen: hoge, lage, maar ook harde en zachte. Je geeft dan aan of je de toon wel of niet hoort. Zo bepaalt de audicien hoeveel extra geluid je nodig hebt om een bepaalde toon te horen. Met een koptelefoon en een toongenerator kun je je eigen gehoor-test maken.

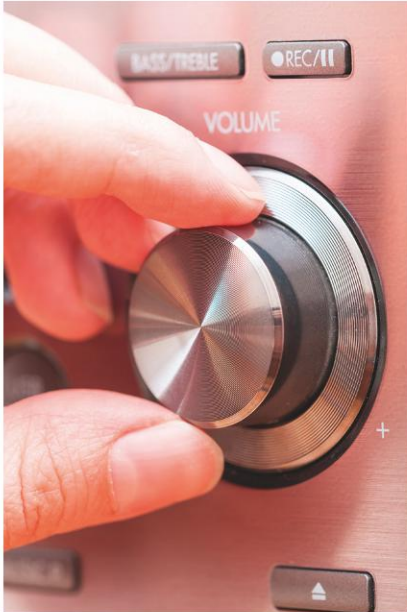
Geluidsoverlast

Soms is geluid niet schadelijk maar wel hinderlijk. Bij **geluidsoverlast** ondervind je hinder door te veel geluid. Je kunt geluidsoverlast tegengaan bij de bron, bij het medium of bij de ontvanger. Zie figuur 8.27.

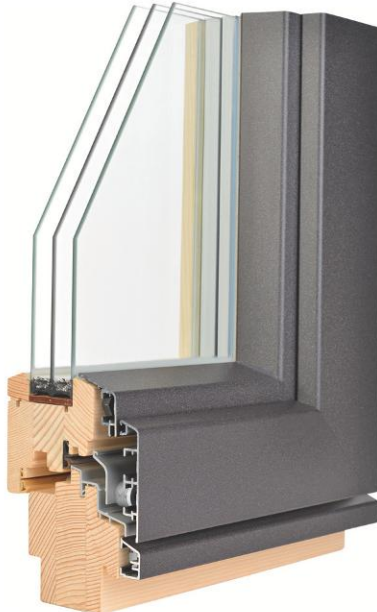
Je kunt proberen de bron aan te pakken door bijvoorbeeld de volumeknop van je stereo omlaag te draaien. Maar dat kan niet altijd. Als je last hebt van het verkeerslawaai van een snelweg, dan kun je niet zo maar voor minder auto's zorgen.

Je kunt ook de tussenstof aanpassen. Dat kan door het toepassen van dubbele beglazing of andere geluidsisolatie.

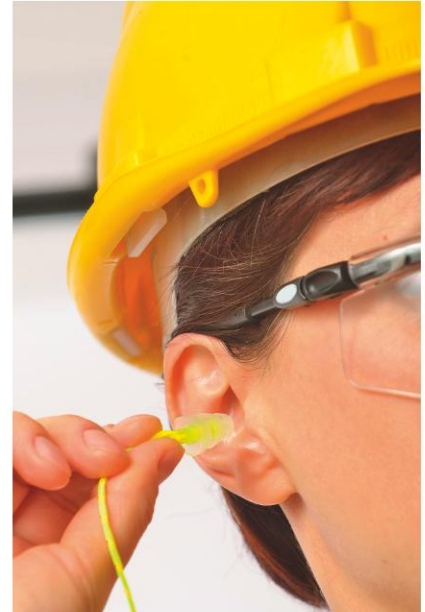
Ten slotte kun je maatregelen nemen bij de ontvanger. Stel je woont naast het terrein van een muziekfestival. Dan kun je juist in dat weekend op vakantie gaan. Of je beschermt je oren met gehoorbeschermers zoals oordopjes.



a Maatregel bij de bron: een lager volume zorgt voor minder hard geluid.



b Maatregel bij het medium: (drie)dubbele beglazing houdt geluid deels tegen.



c Maatregel bij de ontvanger: door oordopjes te gebruiken heb je minder last van geluid.

8.27 Geluidsoverlast is op verschillende manieren tegen te gaan.

Samengevat

Het oor bestaat uit het buitenoor, het middenoor en het binnenoor.

De mens kan frequenties tussen de 20 Hz en 20 kHz horen. Infrasoon en ultrasoon geluid kun je niet horen. Als je gehoor beschadigd is, hoor je sommige tonen niet meer goed. Met een audiogram kun je bepalen welke tonen je minder goed kunt horen.

Geluidsoverlast kun je tegengaan door maatregelen te nemen bij de bron, bij de tussenstof of bij de ontvanger.

8.5 Opdrachten

A 60 H

Bekijk figuur 8.23. Zet de volgende onderdelen van je oor op de volgorde waarin het geluid gaat: gehoorbeentjes, gehoorgang, gehoorzenuw, slakkenhuis, trommelvlies.

A 61 H

- Leg uit waarom je niet te lang naar harde muziek moet luisteren. Gebruik in je antwoord de term gehoorgevoeligheid.
- Waarom is het verstandig om je vingers in je oren te steken als er lawaai is?

A 62

- Wat is een audiogram?
- Wanneer laat je een audiogram maken?
- Wat kun je te weten komen als je een audiogram hebt gemaakt?
- Hoe maak je een audiogram?

A 63

- Geef aan op welke drie manieren je geluidsoverlast kunt bestrijden.
- Geef bij elke manier één voorbeeld.

A 64 H

Kies steeds het juiste antwoord:

- Geluid met een frequentie van 25 kHz heet *infrasoon* / *ultrasoon*.
- Mensen kunnen frequenties van 1000 Hz *wel* / *niet* horen.
- Met een geluidsmuur bestrijd je geluidsoverlast *bij de bron* / *bij het medium* / *bij de ontvanger*.
- Het trommelvlies bevindt zich in het *buitenoor* / *middenoor* / *binnenoor*.

B 65

Geef bij de volgende maatregelen aan waar de geluidsoverlast wordt bestreden: bij de bron, bij het medium of bij de ontvanger?

- Op sommige snelwegen moeten auto's 's nachts langzamer rijden.
- Een boswachter gebruikt oordoppen bij het zagen.
- Tussen de motor en de cabine van een auto zit veel schuimrubber.
- Voor een wasmachine wordt een geluidsarme motor ontwikkeld.

B 66 H

Je buurmeisje drumt. Bedenk drie maatregelen om de geluidsoverlast te beperken. Maak onderscheid in maatregelen bij de bron, bij het medium en bij de ontvanger.

C 67

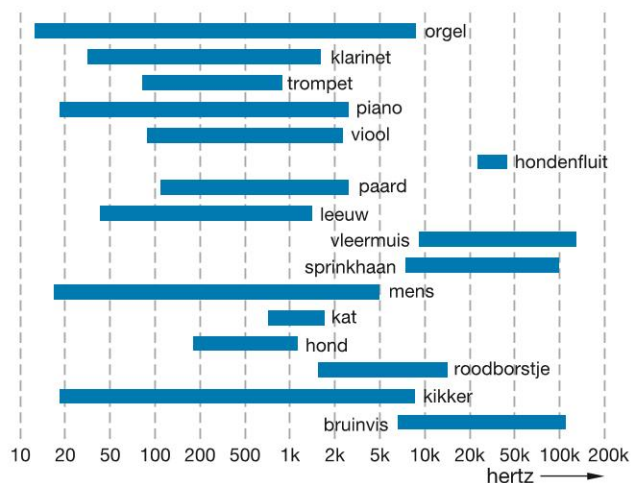
In de figuur hieronder zie je de verschillende frequenties die mens, dier en instrumenten kunnen voortbrengen. Een hondenfluitje brengt tonen voort die een mens niet kan horen maar een hond wel.

- Welke dieren kunnen een hondenfluitje ook horen?

Gebruik figuur 8.24 en de figuur hieronder.

Juist of onjuist?

- Een mot kan een hond horen.
- Een kat kan alle tonen horen die hij zelf kan voortbrengen.
- Een kat kan een sprinkhaan horen.
- Een kikker kan alle tonen horen die een orgel kan spelen.



C 68 V

De blauwe vinvis leeft alleen of in groepjes van twee of drie. Aan het begin van de 20e eeuw waren er nog 200 000, aan het begin van de 21e eeuw ongeveer 1000.

- Zoek de volgende eigenschappen van deze walvis op en noteer ze in een tabel. Zet boven in de tabel horizontaal 'eigenschap' en 'grootte (eenheid)' uit en in de linker-kolom onder elkaar: grootste massa, grootste lengte, maximale leeftijd, grootste diepte, maximale snelheid, kleinste frequentie en grootste frequentie.
- Leg uit of deze walvis infrasoon of ultrasoon geluid geeft.
- Hoe komt het dat een zwemmer de blauwe vinvis niet hoort?

C 69

In een fabriekshal moet het personeel verplicht oordopjes dragen. De geluidssterkte in het oor wordt daarmee lager. Daardoor lijkt het alsof er veel minder machines aanstaan.

a Wat is een nadeel van oordopjes?

Het is mogelijk om oordopjes precies op maat te laten maken. Je moet dan eerst je oren op laten meten.

b Leg uit waarom op maat gemaakte oordopjes het geluid beter dempen dan normale oordopjes.

c Bedenk een voor- en een nadeel van oordopjes ten opzichte van gehoorbeschermers zoals hieronder.

**C 70 V**

De vleugels van een vlieg trillen heel snel. Ze gaan in 25 ms één keer op en neer.

a Bereken de frequentie van deze trilling.

b Leg uit of een mens deze trilling kan horen.

+ 71 V

De meeste microfoons zijn niet gevoelig voor infrason geluid. Speciale microfoons, zogenoemde microbarometers, kunnen infrason geluid wel registreren.

a Leg uit wat infrason geluid is.

Meerdere microbarometers samen (een array) kunnen samen bepalen uit welke richting het infrason geluid komt.

b Leg uit waarom je hiervoor meerdere microbarometers nodig hebt.

Je kunt met meerdere microbarometers ook bepalen wat de locatie van de infrason geluidsbron is.

c Hoeveel microbarometers heb je minimaal nodig om de locatie van een geluidsbron te bepalen?

d Leg uit waarom het voor iemand die aan één oor doof is moeilijker is om te bepalen waar geluid precies vandaan komt.

+ 72 V

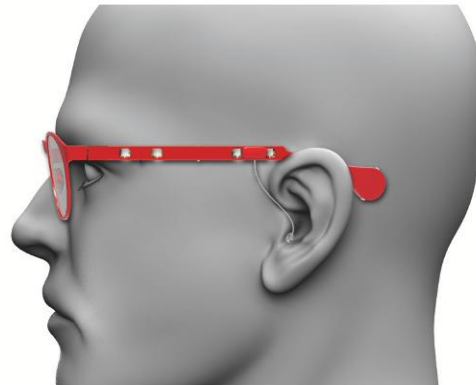
Als je gehoor beschadigd is, kan je gehoor met een gehoorapparaat (figuur 8.25) worden verbeterd.

a Leg uit dat een nadeel van een gehoorapparaat is dat het moeilijk is om er richting mee te horen.

Als je niet goed richting kunt horen, is het moeilijk om je goed op een gesprek te richten. Je kunt moeilijk onderscheid maken tussen geluid dat van voren komt en van de zijkant. Een oplossing hiervoor is een hoorbril. Dit is een bril met een ingebouwd gehoorapparaat. In de brillenpoten zitten kleine microfoontjes ingebouwd, zie hieronder. Deze microfoontjes zorgen ervoor dat de hoorbril het geluid dat van voren komt meer versterkt dan het geluid dat van de zijkant komt.

b Leg uit dat de hoorbril zich op geluid van voren kan richten door gebruik te maken van het verschil in aankomsttijd van het geluid bij de microfoontjes.

c Er komt geluid van voren op de hoorbril af. Maak met behulp van een berekening een schatting van het tijdsverschil tussen het registreren van het geluid door de voorste microfoon en de achterste microfoon.



Je kunt nu

- opnoemen uit welke onderdelen het oor bestaat;
- uitleggen hoe je een audiogram maakt;
- uitleggen hoe je geluidsoverlast tegengaat.



Discussievraag

Cicaden zijn insecten die bekendstaan om hun vermogen om heel veel geluid te maken. Hoeveel van deze cicaden samen maken net zo veel lawaai als een drillboor?

Je leert • wat zacht en hard geluid is en hoe je dit meet.

+ 8.6 Geluidsniveau

Hoe hard is geluid?

Je hebt geleerd dat de amplitude een maat is voor de geluidssterkte: hoe groter de amplitude, hoe groter de geluidssterkte. Meestal gebruik je een andere grootte om de geluidssterkte aan te geven en te meten: het **geluidsniveau**. De eenheid voor geluidsniveau is de **decibel** (dB). Een laag geluidsniveau betekent een zacht geluid. Je kunt het geluidsniveau met een geluidsniveaumeter of decibelmeter meten. In een decibelmeter zit een microfoon. De decibelmeter rekent de amplitude die de microfoon meet om naar het geluidsniveau.

Je kunt een decibelmeter gebruiken om te bepalen hoe hard het geluid van een bron is. Je moet dan wel eerlijk vergelijken. Dit doe je door de decibelmeter altijd op dezelfde afstand van de bron te houden, bijvoorbeeld 1 m. Hoe dichter je bij een bron bent, hoe harder het geluid klinkt. Het geluid uit een oortelefoon (figuur 8.28) hoor je prima als je de oortelefoon in je oor hebt, maar als je hem verder van je oor houdt, hoor je het geluid niet goed meer. In figuur 8.29 zie je het geluidsniveau van allerlei geluiden.



8.28 Hoe dichter je bij de bron bent, hoe harder het geluid is.

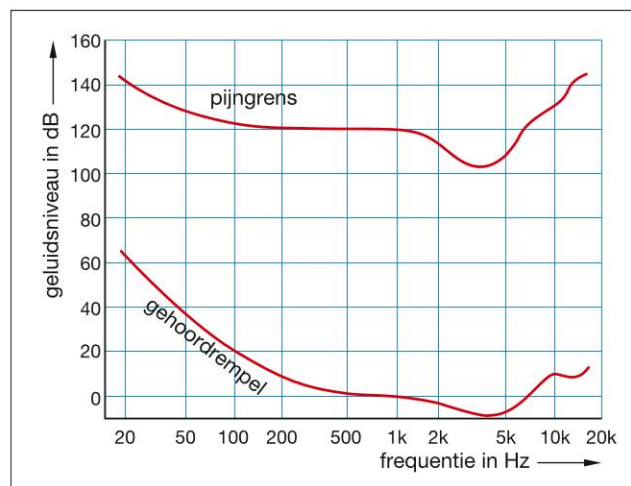
soorten geluid	geluidsniveau (dB)
het is net (niet) te horen, gehoordrempel	0
zacht gefluister, vallend blaadje	10-15
normaal fluisteren door veel kinderen	20
normale slaapkamer	25
autoverkeer in een rustige straat	40-50
een druk gesprek	60
veel gepraat, druk verkeer	70
een brommer	80
een piano, een trompet	90
een trein (met 120 km/h)	100
popgroep	115
startend straalvliegtuig	130
pijngrens (bij 25 Hz)	140
ernstige beschadiging aan het gehoor	150

8.29 Het geluidsniveau op 1 m afstand

Gehoordrempel en pijngrens

Het geluidsniveau waarboven je geluid net kunt horen is de **gehoordrempel**. De gehoordrempel bij 1000 Hz is 0 dB. Als het geluid zo hard is dat het pijn doet aan je oren, dan zit het niveau boven de **pijngrens**. Voor geluid van 25 Hz is dit bij 140 dB. Voor tonen tussen 1 en 6 kHz is je gehoor het gevoeligst. De gehoordrempel en de pijngrens zijn voor die frequenties dan ook lager. Zie figuur 8.30.

Het geluidsniveau heeft een bijzondere schaal. Bij een tweemaal zo harde bron gaat het geluidsniveau 3 dB omhoog ($2\times$ zo hard $\rightarrow +3$ dB). Stel dat een luidspreker 90 dB veroorzaakt. Als je er een even harde luidspreker aan toevoegt, meet je dus niet 180 dB, maar 93 dB. Heb je tienmaal zo veel geluid, dan neemt het geluidsniveau toe met 10 dB ($10\times$ zo hard $\rightarrow +10$ dB).



8.30 Een toon van 100 Hz hoor je pas bij minimaal 20 dB.



8.31 Hoe meer trompettisten, hoe meer dB

Voorbeeld 4: Het geluidsniveau

Op een podium staat een trompettist te spelen. Op een afstand van 2 m meet je een geluidsniveau van 84 dB.

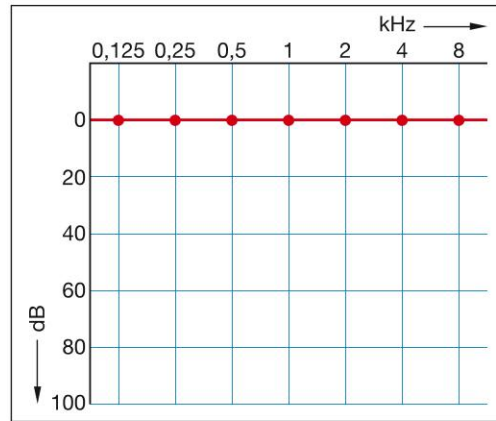
- Hoe groot is het geluidsniveau als acht trompettisten tegelijk even hard spelen?
- En als twintig trompettisten tegelijk spelen?

Uitwerking:

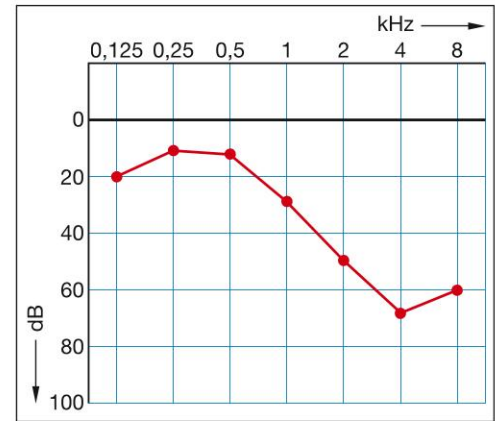
- Het aantal trompettisten gaat van één naar acht. Dat is driemaal $\times 2$: van 1 naar 2, 2 naar 4 en van 4 naar 8. Het geluidsniveau neemt dan driemaal met 3 dB toe.
 $84 + 3 \times 3 = 93$ dB. Het geluidsniveau is nu 93 dB.
- Je hebt twintig keer zo veel geluid. Dat is eenmaal $\times 2$ en eenmaal $\times 10$. Het geluidsniveau neemt dus toe met 3 dB en met 10 dB. $84 + 3 + 10 = 97$ dB. Het geluidsniveau is nu 97 dB.

Audiogram

In een audiogram kun je aflezen hoeveel hoger het geluidsniveau moet zijn om het geluid te kunnen horen. Heb je goede oren, dan heb je bij iedere frequentie 0 dB extra nodig. Zie figuur 8.32. Het audiogram van iemand met gehoorklachten zie je in figuur 8.33. Op de horizontale as staat de frequentie van de gemeten tonen. De eerste meting werd bij 0,125 kHz = 125 Hz gedaan. Om deze toon te horen, had de patiënt 20 dB harder geluid nodig dan iemand die normaal kan horen. Om aan te geven dat dit een verlies is, teken je dat onder de nullijn. De volgende toon was 250 Hz, daarna 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz en 8000 Hz. Hoe harder het geluid moest zijn, hoe verder de grafiek onder de nullijn loopt.

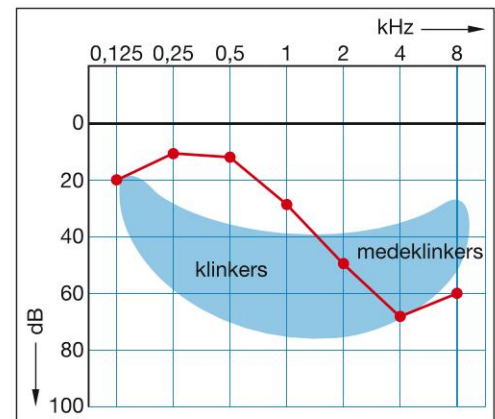


8.32 Het audiogram van iemand zonder gehoorschade. Er is geen harder geluid dan normaal nodig om een toon te horen.



8.33 Iemand met gehoorklachten heeft bij bepaalde frequenties harder geluid nodig om ze te kunnen horen.

Wat zegt het audiogram van figuur 8.33 over het gehoor van de patiënt? In figuur 8.34 is een gebied blauw aangegeven. Als de rode lijn in of onder het blauwe gebied komt, dan kun je iemand niet helemaal goed meer verstaan. De oplossing is in dit geval een gehoorapparaat dat vooral de hoge tonen versterkt.



8.34 Om spraak goed te kunnen horen moet de rode lijn boven het blauwe gebied liggen.

Samengevat

Het geluidsniveau geef je aan in dB. Hoe harder het geluid, hoe meer dB.

Je hoort geluid pas als het boven de gehoordrempel komt. Een geluidsniveau boven de pijngrens doet pijn aan je oren.

Als je tweemaal zo veel geluidsbronnen hebt, dan neemt het geluidsniveau toe met 3 dB ($2\times$ zo hard $\rightarrow +3$ dB), bij tienmaal zo hard geluid met 10 dB ($10\times$ zo hard $\rightarrow +10$ dB).

In een audiogram kun je aflezen hoeveel dB je oren bij een bepaalde frequentie minder gevoelig zijn dan normaal.

8.6 Opdrachten

A 73

Leg uit wat de gehoordrempel is.

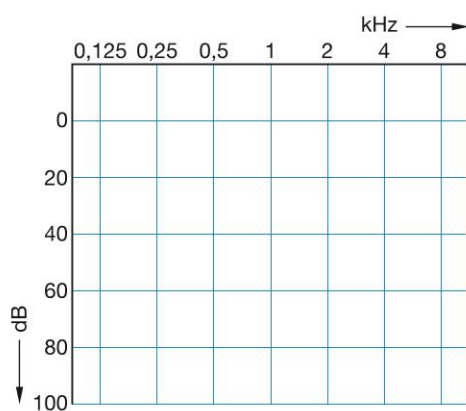
A 74

- Geef aan wat de eenheid van geluidsniveau is.
- Met welk apparaat meet je het geluidsniveau?

A 75

Neem het lege audiogram hieronder over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

- Teken het audiogram van iemand met een normaal gehoor.
- Leg uit waarom het audiogram er zo uitziet.



B 76

Neem het lege audiogram uit de vorige opdracht over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Schets het audiogram van een patiënt die de lage tonen niet goed kan horen, maar de hoge tonen wel.

B 77

De buurt heeft veel last van een band die aan het oefenen is. De geluidssterkte is hoger dan 90 dB. Na klagen belooft de band twee keer zo zacht te spelen. De volgende keer wordt 84 dB gemeten.

Leg uit of de band zich aan de afspraak heeft gehouden.

B 78

Ad speelt trompet in een harmonie. Thuis oefent hij samen met zijn vriend Pim. Op een afstand van 4 m meten de burens een geluidsniveau van 76 dB als Ad speelt.

- Noem de twee grootheden in de laatste zin.
- Wat geeft de decibelmeter aan als Pim even hard mee gaat spelen?
- Leg uit waarom de afstand genoemd moet worden.

De burens komen dichterbij staan met hun dB-meter.

- Het geluidsniveau dat ze meten als alleen Ad speelt, is dan:
 - hoger dan 76 dB+
 - lager dan 76 dB+
 - nog steeds 76 dB.

B 79

Beantwoord met figuur 8.30 de volgende vragen.

- Hoe hard moet geluid minimaal zijn om een toon van 20 Hz te horen?
- Kun je een toon van 1000 Hz en 20 dB horen?
- Kun je een toon van 50 Hz en 20 dB horen?
- Hoe hard moet geluid minimaal zijn om een toon van 10 kHz te horen?

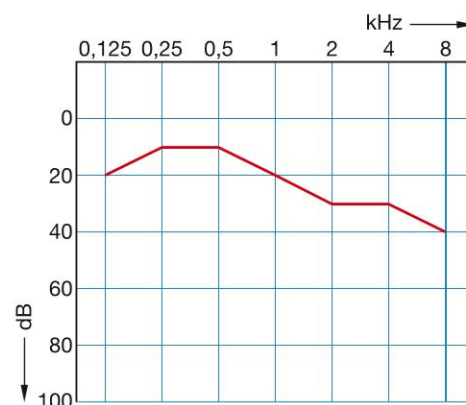
C 80

Hieronder zie je het audiogram van iemand met een gehoorbeschadiging.

- Leg uit of deze persoon hoge of juist lage tonen het slechtst kan horen.
- Hoeveel dB luider moet een toon van 1 kHz ten opzichte van een normaalhorend persoon zijn zodat de persoon met gehoorbeschadiging de toon kan horen?

Een toon van 2 kHz heeft een geluidsniveau dat 20 dB boven de gehoorgrens voor een normaalhorend persoon ligt.

- Leg uit of de persoon met de gehoorbeschadiging deze toon kan horen.



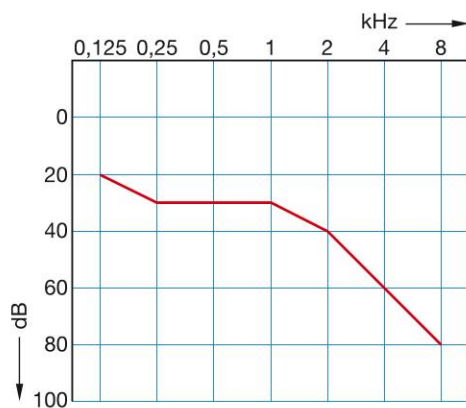
C 81

Hieronder zie je het audiogram van iemand die een behoorlijke gehoorbeschadiging heeft. Het geluid van zowel lage als hoge tonen moet flink luider zijn om het nog te kunnen horen.

- a** Leg uit hoe hard een toon van 1 kHz moet zijn zodat deze persoon hem nog kan horen.

Tjitske en Elske hebben een discussie over het audiogram. Elske zegt dat deze persoon een toon van 8 kHz pas hoort als het geluidsniveau minimaal 80 dB is. Tjitske is het daar niet mee eens, zij zegt dat het nog meer moet zijn.

- b** Leg uit wie er gelijk heeft.

**C 82**

Als de hoeveelheid geluid toeneemt met een factor 5, dan neemt het geluidsniveau toe met 7 dB.

- a** Leg dit uit.

Tussen Alan zijn huis en de snelweg is een geluidsscherm geplaatst. Het geluidsniveau bij zijn huis is daardoor gedaald van 80 dB tot 76 dB.

- b** Bereken met welke factor de hoeveelheid geluid is afgenomen.

+ 83

Hoe verder je van een bron gaat staan, hoe zachter het geluid wordt. Als je de afstand tot een bron verdubbelt, dan neemt het geluidsniveau af met 6 dB.

- a** Leg uit dat hieruit blijkt dat een verdubbeling van de afstand hetzelfde is als vier keer zo zacht geluid.

Een politieagent meet op een afstand van 0,80 m het geluidsniveau van een motor. De agent meet 100 dB.

- b** Bereken het geluidsniveau dat de agent op een afstand van 3,2 m meet.
c Bereken op welke afstand je moet gaan staan om het geluid niet meer te horen.

In werkelijkheid kun je het geluid niet meer horen op een kleinere afstand dan je bij c hebt berekend.

- d** Leg uit waarom.

De pijngrens voor het geluid van de motor is 120 dB.

- e** Bereken op welke afstand je met je oor moet zitten om boven de pijngrens te komen.



Je kunt nu

- aangeven in welke eenheid je geluidsniveau aangeeft;
- berekeningen met het geluidsniveau doen;
- een audiogram interpreteren;
- uit een grafiek aflezen hoe sterk geluid moet zijn zodat je het net kunt horen.

Practica

1 Trillende liniaal

► 15 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Als je een liniaal in trilling brengt, hoor je een bepaalde toon. Denk maar eens aan de toon die je hoort als je een speelkaart aan de vork van je fiets vastmaakt, zodat hij tijdens het fietsen tegen je spaken komt. Deze toon verandert als je een groter deel van de speelkaart laat uitsteken. Het trillen van een liniaal werkt hetzelfde. Je onderzoekt de verandering van de toon als je de lengte van het trillende deel van de liniaal verandert.

Onderzoeksvraag

Wat is het verband tussen de trillende lengte van de liniaal en de hoogte van de toon die je hoort?

Voorspelling

Noteer wat je verwacht te horen als je de liniaal verder laat uitsteken.

Opstelling en werkwijze

- 1 Leg de liniaal op tafel zodat hij 5 cm uitsteekt.
- 2 Druk met je hand op het deel dat op tafel ligt.
- 3 Trek het uitstekende deel van de liniaal naar beneden en laat daarna de liniaal los, zodat de liniaal gaat trillen.
- 4 Teken een horizontale lijn, waarbij je links de lage tonen aangeeft en rechts de hoge tonen.
- 5 Geef op de lijn aan wat voor toon je hoort. Noteer daarbij ook de lengte van het trillende deel van de liniaal.
- 6 Herhaal bovenstaande stappen ook voor lengtes van 8, 11, 14, 17 en 20 cm.



Je hebt nodig:

- liniaal

Vragen

- a Welke beweging zie je de liniaal maken?
- b Wat verandert er aan de beweging als je het trillende deel van de liniaal groter maakt?
- c Wat gebeurt er met de toon als je het trillende deel van de liniaal groter maakt?
- d Wat gebeurt er met de toon als je het trillende deel van de liniaal kleiner maakt?
- e Geef de conclusie.

2 Geluidssnelheid

► 20 minuten
docentgestuurd
practicum

Inleiding

Als je een overvliegend vliegtuig hoort, is hij altijd verder dan je verwacht. Dat komt doordat het geluid tijd nodig heeft om van de bron bij de ontvanger te komen. Het licht is veel sneller.

Onderzoeksvraag

Hoe groot is de geluidssnelheid?

Voorspelling

Noteer hoe ver je denkt dat geluid in één seconde kan komen.

Opstelling en werkwijze

Verdeel de klas in groepjes van vier en ga naar buiten.

- 1 Elke groep neemt twee walkietalkies, een setje hardhouten blokken en een stopwatch mee.
- 2 Splits je groepje op in twee tweetallen: tweetal 1 heeft een walkietalkie en een blokkenset en tweetal 2 heeft een walkietalkie en een stopwatch.
- 3 Tweetal 1 gaat op minimaal 100 m afstand van tweetal 2 staan (ongeveer de lengte van een sportveld).
- 4 Tweetal 1 maakt geluid door de hardhouten blokken tegen elkaar te slaan. Doe dit dicht bij de walkietalkie.
- 5 Tweetal 2 start de stopwatch zodra het geluid via de walkietalkie is te horen.
- 6 Tweetal 2 stopt de stopwatch zodra het geluid via de lucht is te horen.
- 7 Herhaal de meting nog twee keer.
- 8 Wissel de taakverdeling nu om, zodat je allemaal een andere taak hebt gehad.



Vragen

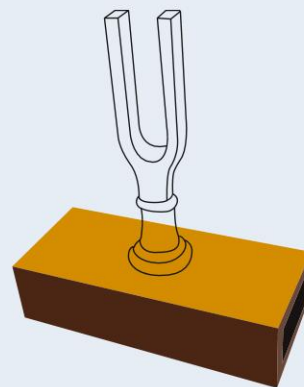
- a Bereken de gemiddelde tijdsduur met behulp van alle metingen van je groepje.
- b Bereken de geluidssnelheid met behulp van je berekening bij onderdeel a.
- c Leg uit waarom het handig is om eerst het gemiddelde van de meetwaarden te nemen.
- d Geef de conclusie.
- e Klopte jouw voorspelling?

3 Trillingsgrafiek

► **15 minuten**
leerlingpracticum

Inleiding

Als je een stemvork aanslaat, trillen de benen van de stemvork. Als de stemvork op een klankkast staat, hoor je het geluid beter. Je gebruikt een stemvork om een muziekinstrument te stemmen. Zangers gebruiken soms een stemvork om op de juiste toon te zingen. Met een geluidssensor maak je een trillingsgrafiek van een stemvork.



Onderzoeksvragen

Hoe groot zijn de trillingstijd en de frequentie van de stemvork?

Voorspelling

Noteer met welke frequentie je verwacht dat de stemvork trilt.

Opstelling en werkwijze

- 1** Sluit de geluidssensor aan op de interface en sluit de interface aan op de computer.
- 2** Start de computer en meetsoftware op.
- 3** Stel op de computer het diagram in. Zet het signaal van de geluidssensor op de y-as en de tijd op de x-as.
- 4** Sla de stemvork aan in de buurt van de geluidssensor.
- 5** Sla de trillingsgrafiek op.

Vragen

- a** Lees het aantal trillingen per tijdseenheid van je trillingsgrafiek af.
- b** Bepaal hieruit de trillingstijd.
- c** Bereken de frequentie.
- d** Klopte je voorspelling?

Je hebt nodig:

- stemvork met hamertje
- geluidssensor
- computer
- meetsoftware (bijvoorbeeld Coach)
- interface (bijvoorbeeld CoachLab)

Je kunt dit practicum ook doen met een app op je smartphone.

4 Flessen met water

► 45 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Als je op een fles met water blaast, hoor je een toon. Je kunt de fles voelen trillen. Door meer of minder water in de fles te doen, kun je de toon veranderen.

Onderzoeksvraag

Hoe verandert de toon als je meer of minder water in de fles doet?

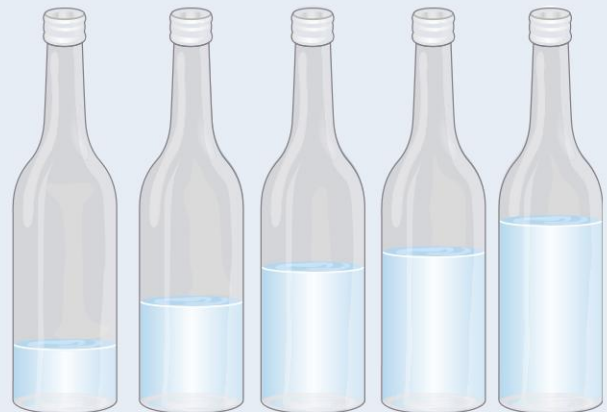
Voorspelling

Wanneer is de toon hoger: als er veel of weinig water in de fles zit? Noteer je verwachting.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- microfoon of geluidssensor
- computer
- fles
- liniaal
- water
- Of:
- smartphone
- app om frequentie te meten
- fles
- liniaal
- water



- 1 Sluit de microfoon of geluidssensor aan op de computer.
- 2 Neem de tabel over.
- 3 Vul de fles voor driekwart met water.
- 4 Meet de hoogte van de resterende lucht boven het water. Noteer deze hoogte in de tabel.
- 5 Blaas in de buurt van de microfoon of geluidssensor op de fles. Zorg ervoor dat je niet in de microfoon blaast; dit zorgt voor ruis.
- 6 Noteer de frequentie van de toon in de tabel.
- 7 Giet wat water uit de fles en herhaal stap 3 tot en met 6 nog zeven keer voor andere verhoudingen water en lucht in de fles.

hoogte van de luchtkolom (cm)	frequentie (Hz)
...	...
...	...

Vragen

- a Wat gebeurt er met de toon als er minder water in de fles zit?
- b Teken een diagram waarbij je de frequentie uitzet tegen de hoogte van de luchtkolom.
- c Wat voor verband zie je in de grafiek?
- d Geef de conclusie met behulp van de volgende zin:
Hoe ... de hoogte van de luchtkolom, hoe ... de frequentie.
- e Een frequentie van 440 Hz geeft een zuivere toon. Lees in de tabel af hoe lang de luchtkolom daarvoor moet zijn.

5 Richting horen

► 20 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

Als er iemand schuin achter je staat en roept, kijk je meteen de juiste kant op. Je kunt dus richting horen. Voor het horen van richting heb je twee oren nodig. Dit werkt zo: als iets niet recht achter je staat, is er een klein verschil tussen het moment waarop het geluid bij je linkeroor aankomt en het moment waarop het geluid bij je rechteroor aankomt. Met dit tijdsverschil bepalen je hersenen de richting van het geluid. In dit practicum bepaal je het kleinste tijdsverschil dat je kunt horen.

Onderzoeksvraag

Wat is het kleinste tijdsverschil tussen links en rechts dat je kunt horen?

Voorspelling

Zou er verschil zijn tussen geluiden van links achter en rechts achter? Noteer je verwachting.

Opstelling en werkwijze

- 1 Bevestig aan elk van de uiteinden van een slang een trechter die over je oor past.
- 2 Zet een streep midden op het stuk slang en zet strepen bij 1, 2, 3 en 4 cm links en rechts van het midden.
- 3 Neem de onderstaande tabel over. Breid hem uit voor het deel van de slang links van het midden.
- 4 Houd de trechters naast je oren. De slang hangt achter je rug.
- 5 Laat je maatje met een stokje op het midden van de slang tikken. Geef aan of je één of twee tikken hoort en noteer dit in de tabel.
- 6 Onderzoek nu, in willekeurige volgorde, hoeveel tikken je hoort wanneer je maatje tikt bij 1, 2, 3 of 4 cm rechts en links van het midden.
- 7 Doe elke meting drie keer.
- 8 Wissel van taak en herhaal de metingen.



	tik bij	meting 1	meting 2	meting 3
rechts van het midden	4 cm 3 cm 2 cm 1 cm midden			

Vragen

- a Bereken – voor de kleinste afstand van het midden waarbij je twee tikken hoorde – het tijdsverschil tussen de twee tikken. Gebruik voor je berekening de geluidssnelheid in lucht.
- b Geef de conclusie.
- c Kan iedereen even nauwkeurig richting horen?

Oefentoets

Juist of onjuist?

- 1 Hoe strakker een snaar, hoe kleiner de frequentie waarmee ze trilt.
- 2 Een langere luchtkolom trilt met een grotere frequentie.
- 3 Hoe groter de frequentie, hoe groter de trillingstijd.
- 4 De geluidssnelheid is onafhankelijk van het medium.
- 5 Het geluidsniveau meet je in dB.

Bij een experiment zie je dat de conus (het trillende plaatje) van een luidspreker trilt. Ondanks deze beweging hoor je geen geluid.

- 6 Geef hiervoor twee mogelijke verklaringen.

Je blaast lucht over de opening van een fles zodat je een toon kunt horen.

- 7 Leg uit wat je zou moeten doen om een hogere toon te krijgen.

Stemvork

Een stemvork trilt met een frequentie van 128 Hz.

- 8 Geef de definitie van het begrip frequentie.
- 9 Bereken hoeveel trillingen deze stemvork in een halve minuut uitvoert.
- 10 Bereken de trillingstijd in ms. Rond af op één decimaal.

Trillingstijd berekenen

Bereken de trillingstijd van tonen met de volgende frequenties:

- 11 2,4 Hz
- 12 3,3 kHz

Frequentie berekenen

Bereken de frequentie van tonen met de volgende trillingstijden:

- 13 12 ms
- 14 2,3 min
- 15 12,5 s

Geef de functie van een:

- 16 toongenerator
- 17 microfoon

Geluid komt vanuit een luidspreker bij je oren.

- 18 Teken het blokschema.

De burens hebben veel last van de Friese staartklok bij jullie thuis. Dat ding maakt een enorm lawaai als hij slaat.

- 19 Noem twee maatregelen die je kunt treffen om deze vorm van geluidshinder te beperken.

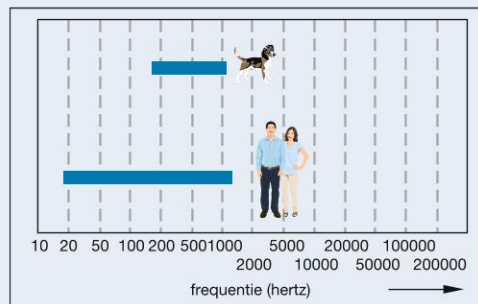
Geluid heeft onder water een snelheid van 1,5 km/s. Een marineschip probeert een onderzeeboot te vinden en zendt geluidspulsen uit. Na 2,8 s komen de geluidspulsen weer terug bij het marineschip.

- 20 Bereken de afstand van het marineschip tot de onderzeeboot.

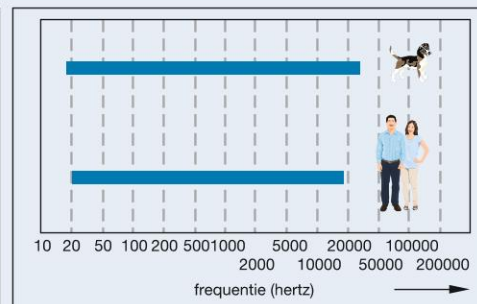
Een snaar

Een snaar trilt. De frequentie is 125 Hz.

- 21** Bereken de frequentie van de toon die de snaar voortbrengt in ms.



figuur 1 Mens en hond als bron



figuur 2 Mens en hond als ontvanger

- 22** Licht met figuur 1 of 2 toe of mensen dit geluid kunnen horen.
23 Leg met figuur 1 of 2 uit of honden geluid van deze frequentie kunnen voortbrengen.

Audiogram

Jaap laat zijn gehoor onderzoeken. Hij laat een audiogram maken.

- +24** Leg uit hoe je een audiogram maakt.

Hiernaast zie je het audiogram van Jaap.

- +25** Kan Jaap hoge of lage tonen slechter horen?
+26 Leg uit wat de meetwaarde betekent die met een pijl is aangegeven.



Brommers

Twee brommers staan voor je huis terwijl de motoren aanstaan. Ze maken beide evenveel lawaai. Je meet met een decibelmeter een waarde van 82 dB.

- +27** Leg uit wat je meter aanwijst als je één motor uitzet.

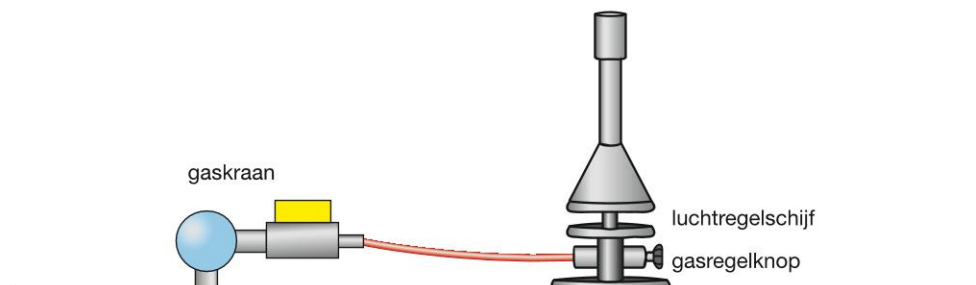
Je meet nu op een grotere afstand.

- +28** Leg uit of de gemeten waarde nu groter of kleiner wordt.

Vaardigheden

1 Werken met de gasbrander

Bij NaSk doe je practica. Bij sommige practica werk je met een gasbrander om iets te verwarmen. Met een gasbrander moet je veilig werken.



Met de **gaskraan** op tafel kun je de aanvoer van het gas aan- of uitzetten.

Met de **gasregelknop** regel je de hoogte van de vlam. Als je de knop verder opendraait wordt de vlam hoger.

Met de **luchtregelschijf** regel je kleur en temperatuur van de vlam. Als je de schijf verder opendraait wordt de vlam heter en verandert de kleur van de vlam.

1 *Begin veilig!*

- Trek een labjas aan, zet een veiligheidsbril op en doe je haren in een staart als je lange haren hebt.
- Controleer of de gaskraan op tafel dicht is. Zo niet, draai hem dicht.
- Sluit de brander met een gasslang aan op de gaskraan op tafel.
- Controleer of de gasregelknop en de luchtregelschijf van de brander dicht zijn. Zo niet, draai ze dicht.

2 *De brander aansteken en de pauzevlam instellen*

- Draai de gaskraan op tafel open.
- Steek een lucifer aan en houd de vlam net boven de brander.
- Draai de gasregelknop van de brander langzaam open.
- Regel de toevoer van het gas tot de vlam ongeveer 10 cm hoog is. Dit is de gele pauzevlam.

3 *De vlam regelen*

- Draai de luchtregelschijf *langzaam* een beetje open tot je een blauwe vlam hebt. Met deze vlam kun je iets verwarmen.
- Draai de luchtregelschijf nog verder open tot je een ruisende vlam krijgt. Deze vlam is heter.

4 *De brander veilig uitzetten*

- Draai de luchtregelschijf dicht.
- Draai de gasregelknop van de brander dicht.
- Draai de gaskraan op tafel dicht.
- Laat de brander afkoelen voor je hem wegzet.

2 Meetinstrumenten kiezen en aflezen

Bij een practicum gebruik je vaak meetinstrumenten. Op een meetinstrument lees je een meetwaarde en de bijbehorende eenheid af. Om het juiste meetinstrument te kiezen, let je op het **schaaldeel** en het **meetbereik** van het meetinstrument.

Digitale meetinstrumenten aflezen

- Lees op het venster van het meetinstrument de meetwaarde direct als getal af. Voorbeelden van digitale meetinstrumenten zijn: digitale thermometer, digitale klok en digitale weegschaal.

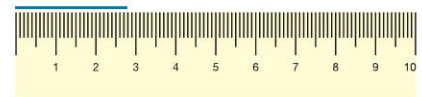


Meetinstrumenten met een schaalverdeling aflezen

- Lees de meetwaarde af met behulp van de schaalverdeling. Let daarbij op het schaaldeel. Het schaaldeel is de waarde tussen twee streepjes op de schaalverdeling. Als de wijzer tussen twee streepjes staat, schat je de waarde. Voorbeelden van meetinstrumenten met een schaalverdeling zijn: liniaal, wijzerklok en niet-digitale thermometer.

Voorbeeld: liniaal aflezen

Deze liniaal heeft een schaaldeel van 1 mm.
De blauwe lijn is 28 mm = 2,8 cm lang.



Voorbeeld: niet-digitale thermometer aflezen

Deze thermometer heeft een schaaldeel van 1 °C en geeft 55 °C aan.

Meetinstrument kiezen

De waarden die je met een meetinstrument kunt meten is het meetbereik van het instrument. Als je een meetinstrument kiest, kijk je of het meetinstrument het juiste bereik en het juiste schaaldeel heeft.

De liniaal hierboven heeft een meetbereik van 0 tot 10 cm. Voor grotere lengtes dan 10 cm heb je dus een meetinstrument met een groter bereik nodig. Bijvoorbeeld een langere liniaal of een meetlint.

Het schaaldeel van de liniaal is 1 mm. Wil je nauwkeuriger meten dan op 1 mm, dan heb je een meetinstrument met een kleiner schaaldeel nodig.



3 Onderzoeken: werkplan maken

Als je een onderzoek wilt doen, moet je dat eerst bedenken en voorbereiden. Nadat je de onderzoeksvraag hebt bedacht, maak je een **werkplan**. Een werkplan is een overzicht van hoe je het onderzoek wilt uitvoeren.

In je werkplan noteer je:

- de onderzoeksvraag
- de opzet van het onderzoek: welke waarnemingen je gaat doen en welke grootheden je gaat meten
- welke meetinstrumenten je nodig hebt en wat het meetbereik en het schaaldeel moeten zijn
- welke andere apparaten en spullen je nodig hebt
- een tekening van de opstelling
- waar en wanneer je het experiment gaat uitvoeren



Voorbeeld: werkplan onderzoek vallende ballen

Onderzoeksvraag

Valt een zware bal sneller dan een lichte bal?

Opzet: waarnemingen en metingen

We laten een lichte en een zware bal van 1 meter hoogte vallen en meten van beide ballen de valtijd. De lichte bal en de zware bal moeten even groot en even glad zijn.

Meetinstrumenten

Voor de hoogte hebben we een meetlint of meetlat nodig met een meetbereik van minstens 1 meter en een schaaldeel van 1 mm (dat is nauwkeurig genoeg).

Voor de valtijd hebben we een stopwatch nodig die tot op 1/100 seconde nauwkeurig kan meten.

Voor de massa van de ballen hebben we een weegschaal nodig die tot op 1/10 gram nauwkeurig kan meten.

Verder nodig

Een lichte en een zware bal die even groot en even glad zijn.

Een statief en klemmen om de bal mee op 1 m hoogte te hangen en los te kunnen laten.

Tekening van de opstelling

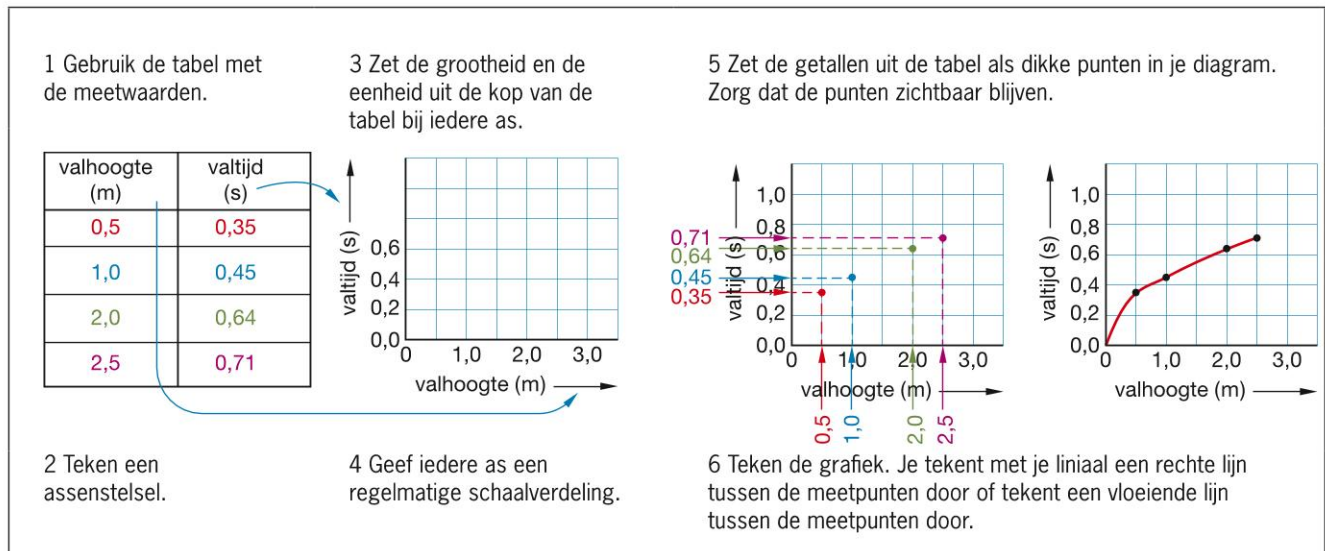
We gaan het experiment uitvoeren op 15 september in het 3^e uur in het NaSk-lokaal.

4 Diagram tekenen

Als je bij een practicum veel metingen doet, is het handig om de meetwaarden eerst in een tabel te zetten.

Vaak maak je daarna een diagram van je meetwaarden.

Hieronder zie je hoe je dat doet met metingen van een practicum met een vallende bal. In dit practicum viel een bal van verschillende hoogtes en werd steeds de valtijd gemeten.



Het assenstelsel en de grafiek samen noem je het diagram.

Tips

- Bij stap 1 Zet boven in de tabel welke grootheden je hebt gemeten en welke eenheid daarbij hoort.
- Bij stap 4 Bedenk of het punt (0,0) er ook bij hoort.
Voorbeelden van regelmatige schaalverdelingen zijn:
0 – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,4 – ... (stappen van 0,1)
0 – 1 – 2 – 3 – 4 – ... (stappen van 1)
0 – 2 – 4 – 6 – 8 – ... (stappen van 2)
0 – 5 – 10 – 15 – 20 – ... (stappen van 5)
- Bij stap 6 Teken nooit een lijn van punt naar punt.
Zorg ervoor dat er even veel punten boven als onder de lijn liggen.

5 Onderzoeken: verslag maken

Van een belangrijk experiment kun je een **verslag** maken.

Een verslag is een schriftelijke uitwerking van het experiment met daarin:

- naam/namen, klas en datum van het experiment
- titel
- onderzoeksvraag
- voorspelling
- opstelling en werkwijze
- resultaten en verwerking
- conclusie



Voorbeeld: verslag van een valproef

Naam, klas, datum

Arian Engelsma, klas H2a, 20 september 2015

Titel

De valproef

Onderzoeksvraag

Wat gebeurt er met de valtijd van een bal als de valhoogte $2\times$ zo groot wordt?

Voorspelling

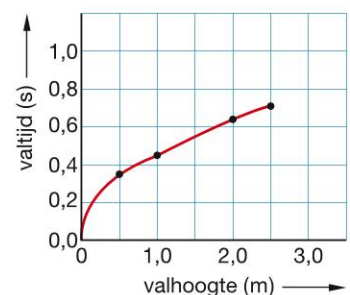
Als de valhoogte van de bal $2\times$ zo groot wordt, wordt de valtijd ook $2\times$ zo groot.

Opstelling en werkwijze

We namen een tennisbal en lieten deze vanaf een hoogte van 50 cm vallen. De hoogte maten we met een meetlint. We maten met een stopwatch hoe lang de bal hier over deed. We herhaalden dit voor een hoogte van 1,0 meter, 2,0 meter en 2,5 meter.

Resultaten en verwerking

valhoogte (m)	valtijd (s)
0,5	0,32
1,0	0,45
2,0	0,64
2,5	0,71



Conclusie

Als de valhoogte van de bal $2\times$ zo groot wordt, wordt de valtijd minder dan $2\times$ zo groot. De voorspelling klopte niet.

6 Werken met verhoudingen en verhoudingstabellen

Verhoudingen kom je vaak tegen, bijvoorbeeld in recepten. Om pannenkoeken te bakken heb je bijvoorbeeld 3 eieren, 250 mL melk en 200 gram bloem nodig. Als je maar 2 eieren hebt, kun je minder pannenkoeken bakken, want de verhouding tussen het aantal eieren en de hoeveelheid melk en bloem moet wel gelijk blijven.

In dit boek kom je verhoudingen onder andere tegen bij dichtheid (hoofdstuk 3), snelheid (hoofdstuk 4) en krachten (hoofdstuk 7). Als je rekt met verhoudingen kun je een **verhoudingstabel** gebruiken.

afstand	507 km	?
tijd	6 uur	1 uur

$\div 6$
 $\div 6$

afstand	507 km	84,5 km
tijd	6 uur	1 uur

$\div 6$
 $\div 6$

Voorbeeld: Snelheid

Je rijdt met je ouders voor een weekend naar Parijs. De afstand van Amsterdam naar Parijs is 507 km. Je bent 6 uur onderweg. Bereken jullie gemiddelde snelheid.

Gegeven: afstand = 507 km tijd = 6 uur
 Gevraagd: gemiddelde snelheid = ?
 Berekenen: Vul eerst de rijen in met de gegeven afstand en tijd.
 Je moet door 6 delen om uit te komen op een tijd van 1 uur.
 Dan moet je de afstand dus ook delen door 6.
 Je komt dan uit op $507/6 = 84,5$ km.
 Antwoord: Je legt in 1 uur een afstand af van 84,5 km. Je gemiddelde snelheid is dan 84,5 km/h.

massa	13 g	? g
volume	2 cm ³	1 cm ³

$\div 2$
 $\div 2$

massa	13 g	? = 13/2 = 6,5 g
volume	2 cm ³	1 cm ³

$\div 2$
 $\div 2$

Voorbeeld: Dichtheid

Je hebt een sleutel met een massa van 13 gram. Je dompelt hem onder in water en vindt dat het volume van de sleutel 2 cm³ is. Bereken de dichtheid van de sleutel.

Gegeven: volume = 2 cm³
 massa = 13 g
 Gevraagd: De dichtheid van de sleutel = ?
 Berekenen: Vul in de verhoudingstabel de gegevens in en in de laatste kolom 1 cm³.
 Deel beneden het volume door 2, dan boven de massa ook.
 Antwoord: De dichtheid is 6,5 g/cm³.

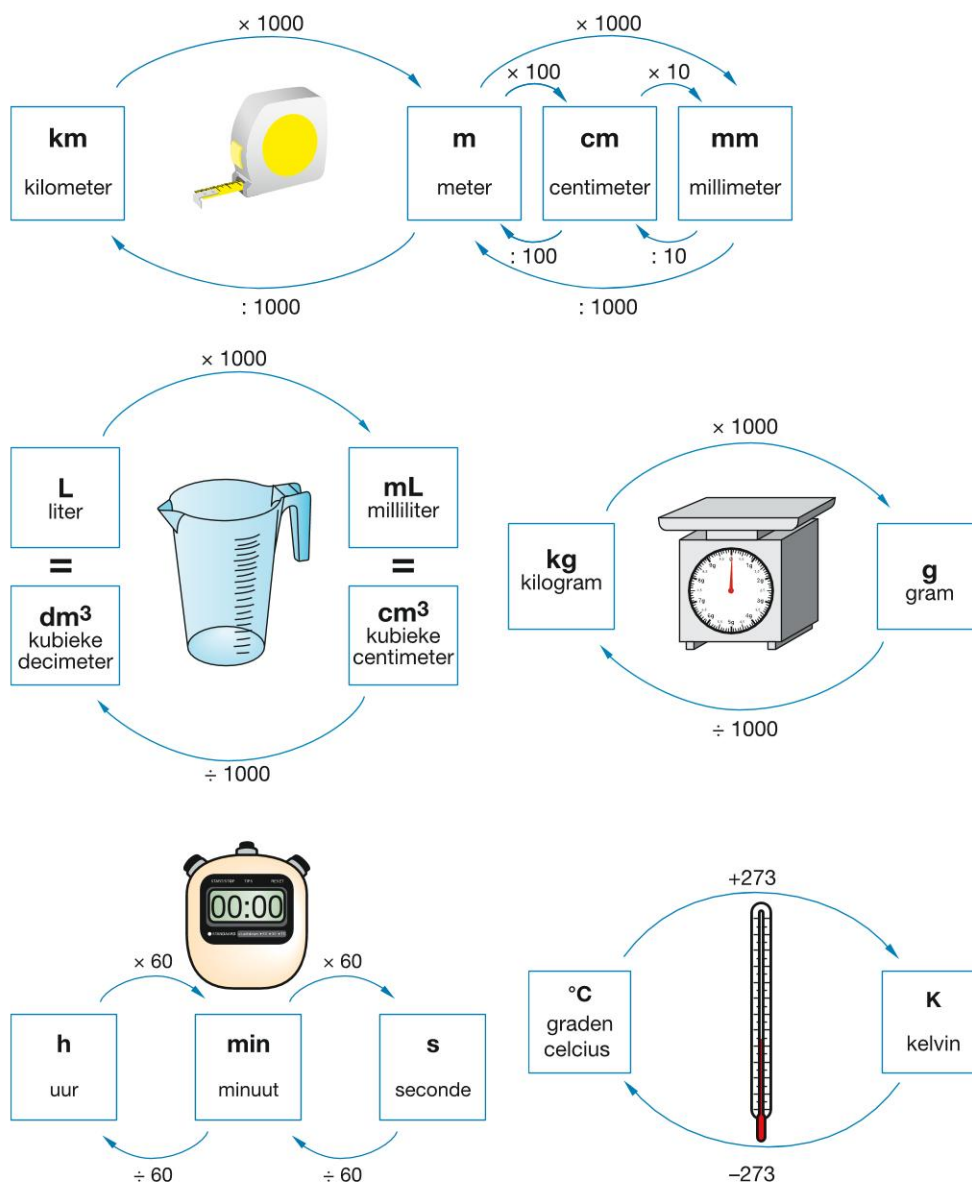
7 Werken met eenheden en formules

Werken met eenheden

Een **eenheid** is een maat waarmee je een grootte meet, zoals kilogram voor massa of liter voor volume.

Soms moet je eenheden omrekenen, bijvoorbeeld van meter naar kilometer.

Hieronder zie je hoe je eenheden voor lengte, volume, massa, tijd en temperatuur omrekent.



Voorbeelden

$3 \text{ km} = 3 \times 1000 = 3000 \text{ m}$
 $25 \text{ mm} = 25 \div 10 = 2,5 \text{ cm}$
 $1,5 \text{ L} = 1,5 \times 1000 = 1500 \text{ mL} = 1500 \text{ cm}^3$
 $250 \text{ mL} = 250 \div 1000 = 0,250 \text{ L} = 0,250 \text{ dm}^3$
 $2,2 \text{ kg} = 2,2 \times 1000 = 2200 \text{ g}$
 $350 \text{ g} = 350 \div 1000 = 0,350 \text{ kg}$
 $3 \text{ h} = 3 \times 60 = 180 \text{ min}$
 $30 \text{ s} = 30 \div 60 = 0,5 \text{ min}$
 $18 \text{ }^\circ\text{C} = 18 + 273 = 291 \text{ K}$
 $253 \text{ K} = 253 - 273 = -20 \text{ }^\circ\text{C}$

Werken met formules

Als je de snelheid berekent, deel je steeds de afstand door de tijdsduur. Je kunt dit kort opschrijven met een formule. Een **formule** is een korte manier om op te schrijven hoe je iets uit moet rekenen. Hieronder zie je de formule voor de gemiddelde snelheid.

$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$$

In dit boek kom je formules tegen in hoofdstukken 4 tot en met 8.

Rekenen met formules doe je stap voor stap:

- | | |
|--------------|---|
| 1 Gegeven: | Schrijf op wat al in de opgave is gegeven.
Reken de gegevens om naar de juiste eenheden! |
| 2 Gevraagd: | Schrijf op waar in de opgave naar wordt gevraagd; vaak is dat de grootte die je moet berekenen. |
| 3 Formule: | Schrijf de formule(s) op die je nodig hebt. |
| 4 Berekenen: | Vul de gegevens in de formule(s) in.
Bereken de gevraagde grootte. |
| 5 Antwoord: | Schrijf het antwoord op met de juiste eenheid. |

Voorbeeld: rondetijden bij het schaatsen

Tijdens een schaatswedstrijd schaatst Sven de 5 km in 6 minuten en 10 seconden. Bereken zijn gemiddelde snelheid tijdens deze rit in m/s. Gebruik de formule en rond af op één decimaal.

Gegeven: $t = 6 \text{ min en } 10 \text{ s} = 6 \times 60 + 10 = 370 \text{ s}$
 $s = 5 \text{ km} = 5 \times 1000 = 5000 \text{ m}$

Gevraagd: $v_{\text{gem}} = ?$

Formule: $v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$

Berekenen: $v_{\text{gem}} = \frac{5000}{370} = 13,5 \text{ m/s}$

Antwoord: De gemiddelde snelheid van Sven tijdens de rit is 13,5 m/s.

Formules omschrijven

Soms moet je een formule omschrijven om te berekenen wat gevraagd is. Bijvoorbeeld als je de afgelegde afstand moet berekenen als gemiddelde snelheid en tijd zijn gegeven.

Dat doe je zo:

1 Schrijf de formule op in de vorm die je kent.

$$v_{\text{gem}} = \frac{s}{t}$$

2 Vermenigvuldig beide kanten met t .

$$v_{\text{gem}} \times t = \frac{s \times t}{t}$$

3 Streep t in de noemer en t in de teller tegen elkaar weg.

$$v_{\text{gem}} \times t = s$$

4 Je hebt nu de formule waarmee je afgelegde afstand s kunt berekenen:

$$s = v_{\text{gem}} \times t$$

8 Ontwerpen

Bij ontwerpen werk je een idee uit tot een product. Je volgt daarbij een vast stappenplan. De **ontwerpcyclus**. Meestal moet je één of meer stappen herhalen, of zelfs het hele proces opnieuw doorlopen.



1 Analyseren van behoeften en eisen

Je gaat na aan welke behoeften en eisen het product moet voldoen.

2 Opstellen van het programma van eisen

Je maakt een lijst met eisen waaraan het product moet voldoen.

3 Bedenken en verkennen van (deel)oplossingen

Je bedenkt allerlei verschillende oplossingen om aan de eisen uit het programma van eisen te voldoen.

4 Uitwerken van gedetailleerd ontwerp

Je kiest de beste oplossing en dat werk je verder uit.

5 Realiseren van prototype

Je maakt een proefversie van het product aan de hand van je gedetailleerde ontwerp.

6 Testen van prototype

Je test of het product voldoet aan alle eisen uit het programma van eisen.

7 Evalueren en rapporteren van ontwerp

Je beoordeelt of je aan de ontwerp vraag hebt voldaan en hoe het ontwerp verbeterd kan worden. Je maakt een verslag van alle stappen van het ontwerpproces.

Register

- A**
- aangrijpingspunt 227
 - aardleiding 201
 - aardlekschakelaar 201
 - absorberen 54
 - adhesie 101
 - afschenken 91
 - afstand,tijd-diagram 115
 - algemene circulatie 170
 - ampèremeter 190
 - amplitude 272
 - audiogram 281
- B**
- beeldafstand 44
 - beginstoffen 155
 - bezinken 91
 - bezinsel 91
 - blusdeken 12
 - brandblusser 12
 - brander 12, 297
 - brandpunt 51
 - broeikas effect 168
 - broeikasgassen 168
- C**
- capillaire werking 102
 - chemische reactie 155
 - cohesie 101
 - conclusie 21
 - constante snelheid 115
 - convergente lichtbundel 50
 - convergerende werking 50
- D**
- decibel 285
 - defibrillator 210
 - de wet van behoud van energie 152
 - diagram 21
 - diffusie 100
 - diffuus 43
 - direct licht 39
 - divergente lichtbundel 50
 - divergeren 39
 - divergerende werking 50
 - dosis 80
 - dubbele isolatie 201
- E**
- ecg 210
 - echo 266
 - eeg 209
 - eenheid 16
 - eenparige beweging 115
 - eenparig versneld 130
 - eenparig vertraagd 130
 - elastische vervorming 222
 - elektriciteit 12
 - elektrische energie 184
 - elektrische stroom 189
 - elektrocardiogram 210
 - elektro-encefalogram 209
 - elektromagnetisch spectrum 38
 - emulgator 90
 - emulsie 90
 - energie 152
 - energiemeter 199
 - energieomzetting 152
 - energiestroomdiagram 152
 - evenwijdige lichtbundel 49
- F**
- fasen 84
 - faseovergang 85
 - filtraat 90
 - filtreren 90
 - formule 304
 - fossiele brandstof 155
 - frequentie 271
- G**
- gaskraan 12, 297
 - gasregelknop 297
 - gasvormige fase 85
 - gehoordrempel 286
 - geleider 189
 - geleiding 161
 - geluid 260
 - geluidsniveau 285
 - geluidsoverlast 282
 - geluidssnelheid 265
 - geluidsterkte 260
 - gemiddelde snelheid 114
 - gesloten stroomkring 189
 - gezichtsveld 40, 62
 - golfstromen 169
- graden Celsius 86
- grafiek 21
- groep 199
- grootheden 15
- H**
- halfschaduw 39
 - huisinstallatie 199
- I**
- indampen 91
 - indirect licht 39
 - infrasoon 281
 - isolator 161, 189
 - isoleren 164
- K**
- kegeltjes 58
 - kernschaduw 39
 - klankkast 261
 - klankkleur 276
 - kleurenspectrum 54
 - kleurfilter 54
 - kookpunt 86
 - koolstofkringloop 169
 - kop-staartmethode 246
 - kortsluiting 201
 - kracht 222
 - krachtenschaal 228
 - krachtmeter 227
 - kunstmatige lichtbronnen 39
 - kWh-meter 199
- L**
- labjassen 12
 - lekstroom 201
 - licht 38
 - lichtstralen 39
 - luchtkolom 276
 - luchtregelschijf 297
 - luidspreker 262
- M**
- macrowereld 100
 - massa 15
 - materiaaleigenschappen 27
 - medium 261
 - meetbereik 17, 186
 - meetinstrument 16
- mengsels 74
- microfoon 262
- microwereld 100
- moleculen 94
- molecuulmodel 94
- N**
- natuurlijke lichtbronnen 39
 - negatieve snelheid 139
 - nooddouche 12
 - noodstop 12
 - normaal 46
- O**
- omgekeerd ontwerpen 26
 - onderdopelmethode 17
 - onderzoeksvraag 20
 - ontbrandingstemperatuur 156
 - ontvanger 261
 - ontwerp 25
 - ontwerpcyclus 25, 305
 - onvolledige verbranding 156
 - oogdouche 12
 - oplossing 89
 - oppervlakte 130
 - opslaan van warmte 172
 - oscilloscoop 272
- P**
- parallelschakeling 195
 - pijngrens 286
 - plastische vervorming 222
 - polen 185
 - practicum 11
 - primaire kleuren 55
 - prisma 54
 - proef 11
 - programma van eisen 25
 - prototype 25
- R**
- randaarde 201
 - reactieafstand 134
 - reactieproducten 155
 - reactietijd 134
 - recht evenredig 116
 - recht evenredig verband 116
 - recyclen 81

reflectie 43
relatieve snelheid 139
remweg 135
residu 90

S

schaaldeel 16
schaduw 39
schakeling 191
schakelschema 191
serieschakeling 194
smeltpunt 86
snelheid,tijd-diagram 129
somkracht 241
spanning 185
spanningsbron 185
spiegelbeeld 44
spiegelend 43
spiegelwet 45
stofeigenschappen 74
stopafstand 136

straling 161
stralingsevenwicht 168
stroboscoop 124
stroming 160
stroomkring 189
stroomsterkte 190
suspensie 89

T

toon 260
toongenerator 272
trillingsgrafiek 270
trillingstijd 271

U

uitwijking 260
ultrasoon 281

V

vacuüm 261
vaste fase 84

veerunster 227
veiligheidsbrillen 12
veiligheidspictogram 79
veiligheidspictogrammen 12
veiligheidsregels 11
verhoudingstabel 302
vermogen 204
verslag 22, 301
versnelling 130
versterkte broeikasef-
fect 169
vertraging 130
videomaten 124
virtueel 44
vloeibare fase 84
volledige verbranding 156
voltmeter 186
volume 15
voorspelling 20
voorvoegsel 16
voorwerpsafstand 44

W

waarnemen 20
warmte 153
warmtekrachtkoppeling 173
warmtepomp 173
warmtetransport 160
water 12
werkplan 20, 299

Z

zekering 200
zichtlijnen 40
zuivere stoffen 74
zwaartekracht 232
zwaartepunt 233

Verantwoording

Beeldverantwoording

Onbekend: 119b

Reuters/Novum, Rijswijk: p.6, 74, 155b, 18, 182/183, 199, 222, 236b
Jordi Huisman/HH, Den Haag: p.8Sabine Joosten/HH, Den Haag: p.11,
Ron Giling/Lineair, Arnhem: p.13, 15o, 18b, 21, 26b,m,o, 27, 63o, 65, 69, 75l,m,
80l, 82b, 83l,r, 85r, 91b, 93b, 101b, 102, 103, 104, 124o, 128r, 156a,b,c, 185,
186, 187l, ro, 102a,b, 195b,o, 205b, 207, 218, 224b, 227o, 237, 243b, 272, 278,
299, 301
Evert van Moort/HH, Den Haag: p.15b
Chromorange/Lineair, Arnhem: p.17br
Maskot Bildbyra/HH, Den Haag: p.18o
Bart van Overbeeke/HH, Den Haag: p.20
Jake Evill, Wellington: p.25
Shutterstock, New York: p.28l, m, 30, 50, 53, 54, 75r, 78, 80r, 85l,m, 88r, 90l,m,r,
91m, or, 92a,b,c,d, 93o, 94, 123, 126, 128l, 139o, 155lo,mo,ro, 158a,d, 160,
165ro, 166lo, 168, 172b, 184o, 185, 187l, 188, 203rb,ro, 205o, 208, 209b, 211,
227b, 236o, 238, 243a, 260o, 263, 264b,o, 265b,o, 270b, 271, 276b, 282, 286
Picture Alliance/Lineair, Arnhem: p.28r, 246b, 276o
Alan Dyer/AGE-fotostock, Barcelona: p.36/37
Russ and Reijn, New York: p.38
Gar Powell, Londen: p.43
Corbis/HH, Den Haag: p.49b, 67, 112/113, 159r, 209o, 223, 246o, 248, 285o
Rue des Archives SAS/HH, Den Haag: p.49ol
GIPhotoStock/Visuals Unlimited/Lineair, Arnhem: p.49om
Photo 12 /HH, Den Haag: p.49or
Van Gogh Museum, Amsterdam: p.57
Taco van der Eb/HH, Den Haag: p.58
Thomas Frey/Lineair, Arnhem: p.62
VVB/Lineair, Arnhem: p.63b
Miyali, Nieuw Vennep: p.64
FEATURECHINA/ANP, Rijswijk: p.72
Arie Kievit/HH, Den Haag: p.79, 158c, 159r
Alamy/Imageselect, Wassenaar: p.81b, 88l, 89, 159a,b, 172 o, 220/221, 270o
Polaris Images/HH, Den Haag: p.100
SPL/ANP, Rijswijk: p.101o, 279b
Wolfgang Kaehler/Getty Images, Amsterdam: p.114b
Pool/Getty Images, Amsterdam: p.114o
Kool/NBB, Amsterdam: p.115
Robin Utrecht/ANP, Rijswijk: p.119o
Alamy/Image Select, Wassenaar: p.124b, 150/151, 281r
Sven Simon/PictureAlliance/Lineair: p.129
IVM, Utrecht: p.134
Tineke Dijkstra/HH, Den Haag: p.135
Goos van der Veen/HH, Den Haag: p.139b
Markel Redondo/HH, Den Haag: p.152
Ton Koene/Lineair, Arnhem: p.154, 166lb
Antonino Bartuccio/SIME/HH, Den Haag: p.158r

iStock, Calgary: p.159(d), 164, 285b
R. Philips/Lineair, Arnhem: p.166rb
Daniel Schoenen/Lineair, Arnhem: p.167
NASA, Washington: p.184b, 234,
Angeline Swinkels/NBB, Den Haag: p.189
Dolph Cantrijn/HH, Den Haag: p.194
Maskot Bildbyra/HH, Den Haag: p.203l
NBCUniversal/Getty Images, Amsterdam: p.204
Collectie Lineair, Arnhem: p.210b
United Archives/PictureAlliance/Lineair, Arnhem: p.210o
Thomas Schlijper/HH, Den Haag: p.224a
Markus Matzel/Ullstein/Lineair, Arnhem: p.224c
Steve Boxall/Northrop Grumman, Denver: p.232
Spel Verhuur Centrale, Polsbroek: p.239
Phil Nijhuis/HH, Den Haag: p.241b
Dreamstime, Brentwood: p.241o
Adam Warzawa/ANP, Rijswijk: p.258/259
Lucifers Slagwerk,Breda: p.260b
Renee Teunis/NBB, Rotterdam: p.266
WiBo/Pictoright, Amsterdam: p.269b
NIMH, Den Haag: p.269m
Juan Carlos Munoz/HH, Den Haag: p.275
Mirafoto/Imagebroker/Lineair, Arnhem: p.279o
Amos Nachoum, Haifa: p.280
BSIP/HH, Den Haag: p.281l
Werner Bachmeier/Lineair, Arnhem: p.284l
Varibel Innovations, Arnhem: p.284r
Robert Vos/ANP, Rijswijk: p.289
Jochen Tack/Lineair, Arnhem: p.298o



Bij dit boek hoort een digitale leeromgeving
met interactieve opdrachten in diverse leerroutes,
overzichtelijke dashboards en een uitgebreide toetsmodule.
Dit maakt gepersonaliseerd leren mogelijk.



Noordhoff Uitgevers



www.overal.noordhoff.nl

ISBN 978-90-01-87210-6



9 789001 872106