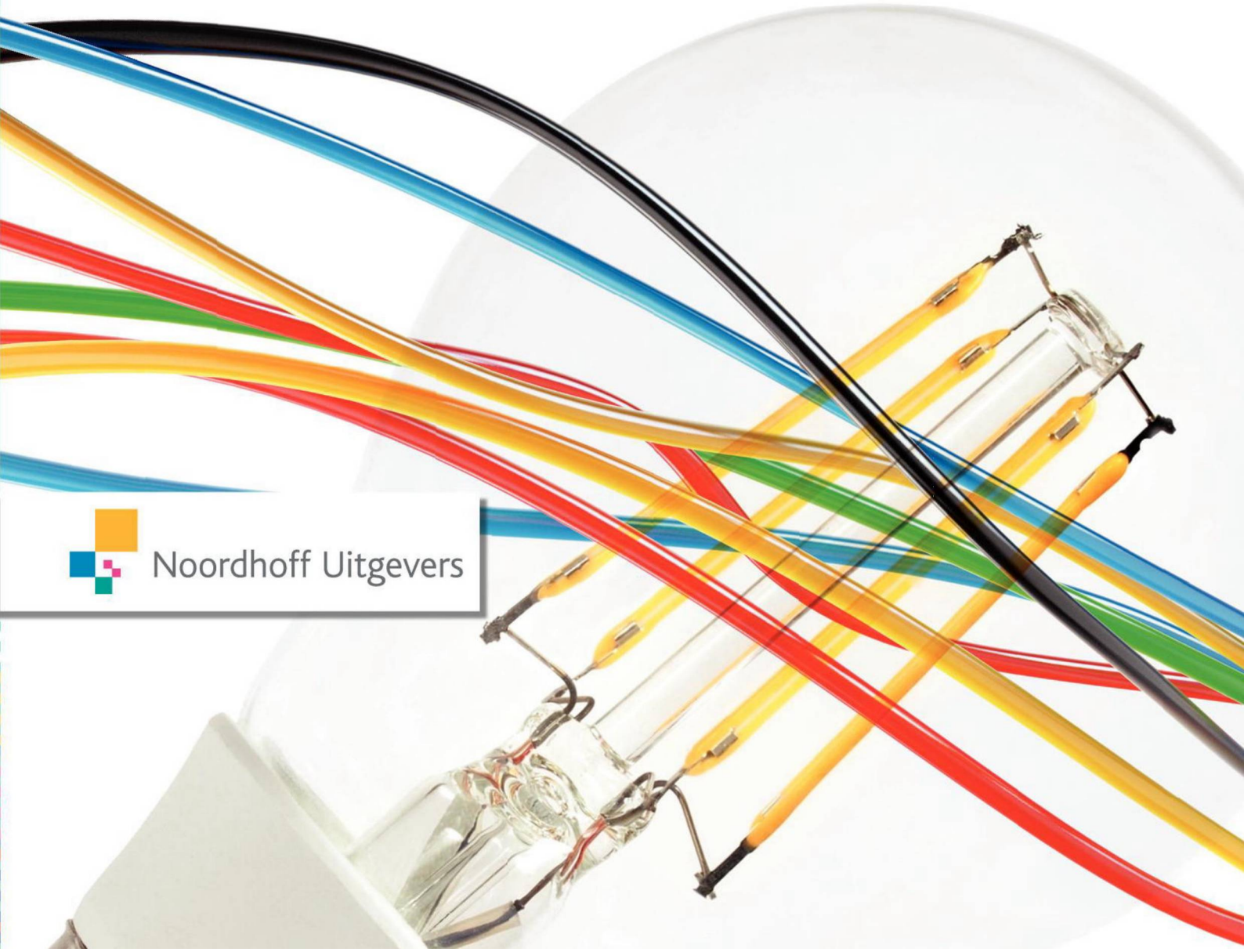
Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Overal Natuurkunde



Noordhoff Uitgevers

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Overal Natuurkunde

3 vwo

Leerboek

Vijfde editie

Auteurs

Robert Bouwens

Paul Doorschot

Raoul Majewski

Joost Massolt

Marieke Moraal

Wim Nijsten

Karel Kok

Alex de Koter

Jaap Vreeling

Erik Woldhuis

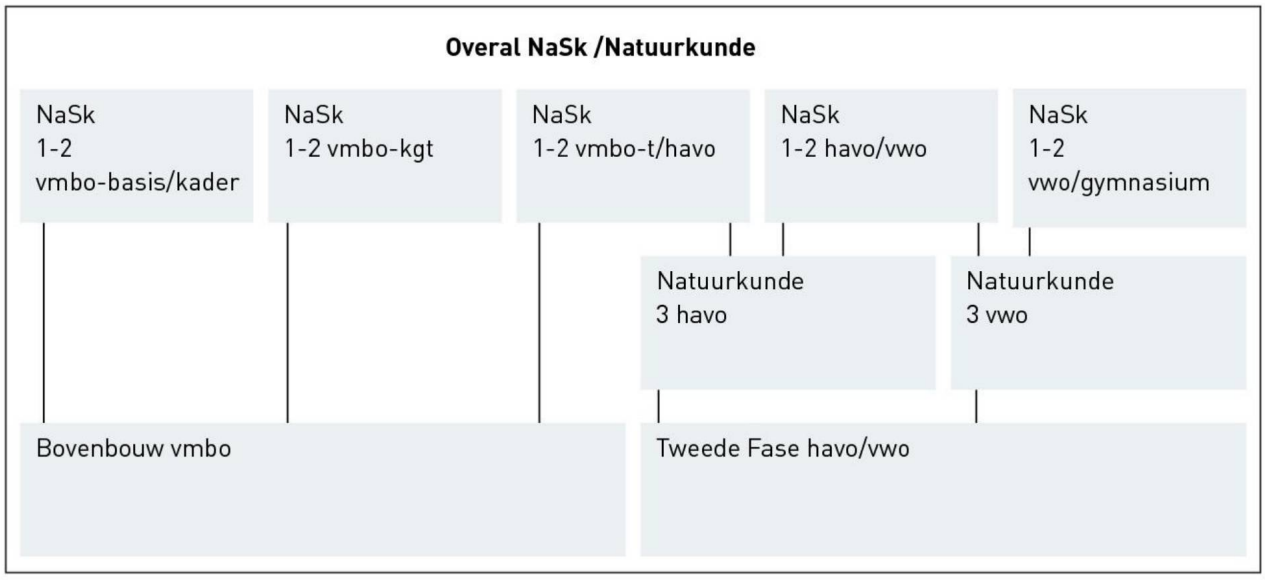
Het hoofdstuk 8 Zonnestelsel en heelal is tot stand gekomen met medewerking van de Nederlandse Onderzoeksschool Voor Astronomie.



Noordhoff Uitgevers

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Serieoverzicht



Vormgeving binnenwerk: Bloemvis design en communicatie, Groningen
Vormgeving omslag: InOntwerp, Assen
Omslagbeeld: Shutterstock
Technisch tekenwerk: Integra Software Services

MIX
Papier van verantwoorde herkomst
FSC® C118189

0 / 18

© 2018 Noordhoff Uitgevers bv Groningen, The Netherlands.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van art. 16b en 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp. Voor het overnemen van een of enkele gedeelten uit deze uitgave in bloemlezingen, readers of andere compilatiewerken dient men zich tot de uitgever te wenden.

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 the prior written permission of the publisher.

ISBN 978-90-01-87207-6

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Voorwoord

Voor je ligt het leerboek Overal Natuurkunde 3 vwo. In leerjaar 2 heb je kennisgemaakt met verschillende onderwerpen in het vak natuur- en scheikunde. In de derde klas krijg je deze vakken apart. We breiden in dit boek de kennis uit leerjaar 2 uit en behandelen ook nieuwe onderwerpen.

In dit boek staat voor de opdrachten een A, B, C of +. Hieraan zie je wat het niveau van de opdracht is. In de legenda hieronder kun je vinden wat die niveaus zijn. Misschien mag je van je docent vragen overslaan.
In de loop van de derde klas ga je je profiel kiezen. In het profiel Natuur & Techniek (NT) is natuurkunde verplicht; in het profiel Natuur & Gezondheid (NG) is natuurkunde een keuzevak.
In het boek zijn de opdrachten gemarkeerd met een M of een N. Staat er geen symbool, dan gaat het om zowel een M- als een N-opdracht. Gaan de N-opdrachten je goed af, dan kun je overwegen om natuurkunde als examenvak te kiezen.
Elk hoofdstuk eindigt met een plusparagraaf. Je docent vertelt je welke plusparagrafen je moet maken.

Na de paragrafen staan de practica uitgewerkt. Verwijzingen naar die practica vind je in de theorie. Het hoofdstuk sluit af met een oefentoets. Achterin het boek vind je uitleg over vaardigheden die je vaak gebruikt.

Alle opdrachten en teksten uit dit boek vind je terug op Overal online (overal.digitaal.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 Natuurkunde!

De auteurs

Legenda

- Op Overal online vind je ook aanvullend materiaal: overal.digitaal.noordhoff.nl
- ▶ Verwijzing
- \+ Plusparagraaf. Dit is extra uitdagende leerstof.

- A 1 Kennisopdracht
- B 2 Eenvoudige toepassingsopdracht
- C 3 Complexere toepassingsopdracht of inzichtsopdracht
- \+ 4 Plusopdracht. Dit is een extra uitdagende opdracht.
- M Opdracht die past in een maatschappijprofiel
- N Opdracht die past in een natuurprofiel

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Inhoud

Kracht en beweging

1 Krachten gebruiken 6

1.1 Hefbomen gebruiken 8
1.2 Rekenen aan hefbomen 13
1.3 Overbrengingen 18
1.4 Druk 25
+1.5 Lucht- en vloeistofdruk 29

Practica 34
Oefentoets 38

Licht, geluid en straling

2 Straling 40

2.1 Elektromagnetische straling 42
2.2 Het atoom 46
2.3 Gevaren van straling 51
2.4 Straling gebruiken 57
+2.5 De kerncentrale 63

Practica 68
Oefentoets 70

Energie

3 Elektriciteit 72

3.1 Elektriciteit en lading 74
3.2 Geleidbaarheid en weerstand 80
3.3 Parallel en serie 86
3.4 Energie en vermogen 93
+3.5 Elektromagnetisme 97

Practica 102
Oefentoets 108

Kracht en beweging

4 Kracht en beweging 110

4.1 Kracht en soorten beweging 112
4.2 Arbeid 117
4.3 Veiligheidsmaatregelen in het verkeer 123
4.4 Kracht en snelheidsverandering 128
+4.5 De gulden regel 133

Practica 138
Oefentoets 142

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Energie

5 Energie en duurzaamheid 144

5.1 Energieomzettingen 146
5.2 Energiegebruik thuis 151
5.3 Opwekken van energie 156
5.4 Milieu 162
+5.5 Alternatieve energievoorzieningen 167

Practica 171
Oefentoets 176

Licht, geluid en straling

6 Licht 178

6.1 Licht en beeld 180
6.2 Breking 185
6.3 Construeren bij lenzen 191
6.4 Oogafwijkingen 197
+6.5 Rekenen aan lenzen 202

Practica 207
Oefentoets 214

Materie

7 Materialen 216

7.1 Stofeigenschappen 218
7.2 Warmte 223
7.3 Warmtegeleiding 228
7.4 Sterkte van materialen 233
+7.5 Supergeleiding 238

Practica 243
Oefentoets 248

Kracht en beweging

8 Zonnestelsel en heelal 250

8.1 Ons zonnestelsel 252
8.2 De aarde en haar omgeving 257
8.3 De Melkweg in het heelal 263
8.4 Zijn wij alleen? 267
+8.5 De levensloop van een ster 271

Practica 275
Oefentoets 282

Vaardigheden 284
Register 293
Verantwoording 295

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



1 Krachten gebruiken

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Bij wetenschapsmuseum NEMO kun je een kettingreactie bekijken. Een bezoeker mag de eerste kleine dominosteen omgooien. De vallende dominosteentjes laten vervolgens een karretje rijden dat de volgende stap in werking laat treden. Er zijn allerlei krachtoverbrengingen en energieomzettingen die de reactie wel vijf minuten in gang houden. Aan het eind komt de reactie bij de raket aan, die vervolgens opstijgt.

Paragraaf	Practica
1.1 Hefbomen gebruiken	
1.2 Rekenen aan hefbomen	**1** Meten aan hefbomen
1.3 Overbrengingen	**2** Werken met een katrol en een takel
1.4 Druk	**3** Druk op een zuignap
+1.5 Lucht- en vloeistofdruk	**4** Lucht- en vloeistofdruk
Oefentoets	

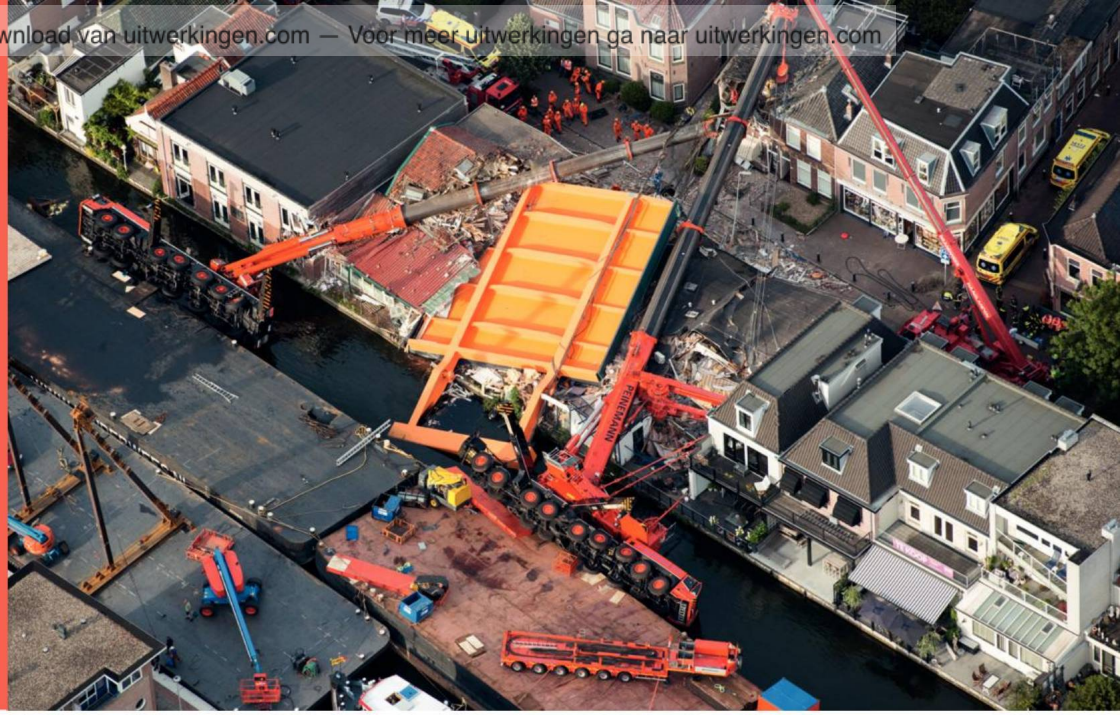
Overal online

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
Op 3 augustus 2015 zijn in Alphen aan de Rijn twee kranen omgevallen en op huizen terechtgekomen toen een brugdeel werd geplaatst.
Waarom ging het hier mis?



Je leert
- wat hefbomen zijn en hoe je ermee werkt.

1.1 Hefbomen gebruiken

Kracht om te tillen
Om een tas op te tillen moet je een kracht op de tas uitoefenen. Een kracht zie je niet. Je ziet, hoort of voelt alleen het gevolg ervan. Het symbool van kracht is de hoofdletter ***F*** (van het Engelse force). De eenheid van kracht is **newton**, met symbool **N**. De grootte van een kracht meet je met een veerunster.
Krachten teken je als een pijl, hiermee kun je de grootte, de richting en het aangrijpingspunt van een kracht tekenen.
In figuur 1.1 zie je een tas aan een veerunster hangen. De zwaartekracht is hier met een pijl aangegeven. De **zwaartekracht** is de aantrekkingskracht van de aarde op een voorwerp en die bereken je met de formule $F_z = m \cdot g$. Hierin heeft g een waarde van 9,81 N/kg (in Nederland).
De zwaartekracht trekt aan de tas. Hierdoor rekt de veerunster uit en creëert eenzelfde kracht, maar dan opwaarts. Zo kun je de waarde van de zwaartekracht meten.
Het aangrijpingspunt van de zwaartekracht wordt het **zwaartepunt** genoemd. Dit ligt voor de meeste voorwerpen ongeveer in het midden.



1.1 De tas hangt aan een veerunster. Met een pijl geef je de zwaartekracht op de tas weer. De lengte van de pijl geeft de grootte van de kracht aan.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Kracht vergroten met een hefboom

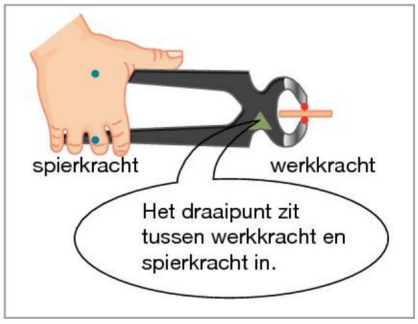
Zonder flessenopener is het moeilijk de dop van een colaflesje af te krijgen. Je kunt hiervoor een opener als **hefboom** gebruiken. Zie figuur 1.2.
Een hefboom is een voorwerp met twee uiteinden die vaak verschillend van lengte zijn. Bij een hefboom veroorzaak je met een kleine spierkracht aan de lange kant een grotere werkkracht aan de korte kant. Hoe langer het lange uiteinde, hoe groter de werkkracht.



1.2 Het openen van een flesje cola

Bij de opener in figuur 1.2 zie je dit uitgewerkt. Het aangrijpingspunt van de spierkracht zit bij het uiteinde van het handvat, dus bij het lange uiteinde. De werkkracht grijpt aan waar de opener de dop van de fles omhoogduwt, dus bij het korte uiteinde.
In figuur 1.2 zie je nog een ander punt, het **draaipunt**. Dat is het punt van de opener dat op zijn plek blijft, terwijl de rest van de opener draait. Op dat punt vervormt de dop. Er werkt dus een kracht op.
Er zijn veel gereedschappen met een draaipunt. Denk bijvoorbeeld aan een nijptang, een klauwhamer, een flessenopener, een schaar en een notenkraker. Al deze gereedschappen en werktuigen werken met een hefboom en hebben:

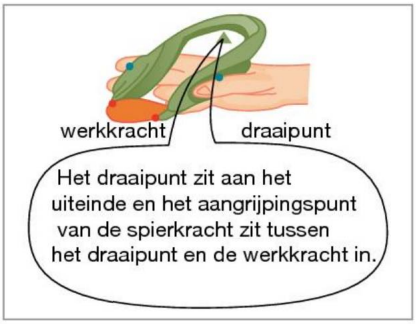
- een draaipunt;
- een kort uiteinde waar de werkkracht aangrijpt;
- een lang uiteinde waar de spierkracht aangrijpt.



1.3 Het draaipunt zit tussen de werkkracht en de spierkracht in.



1.4 Het draaipunt zit aan het uiteinde en het aangrijpingspunt van de werkkracht zit in het midden.



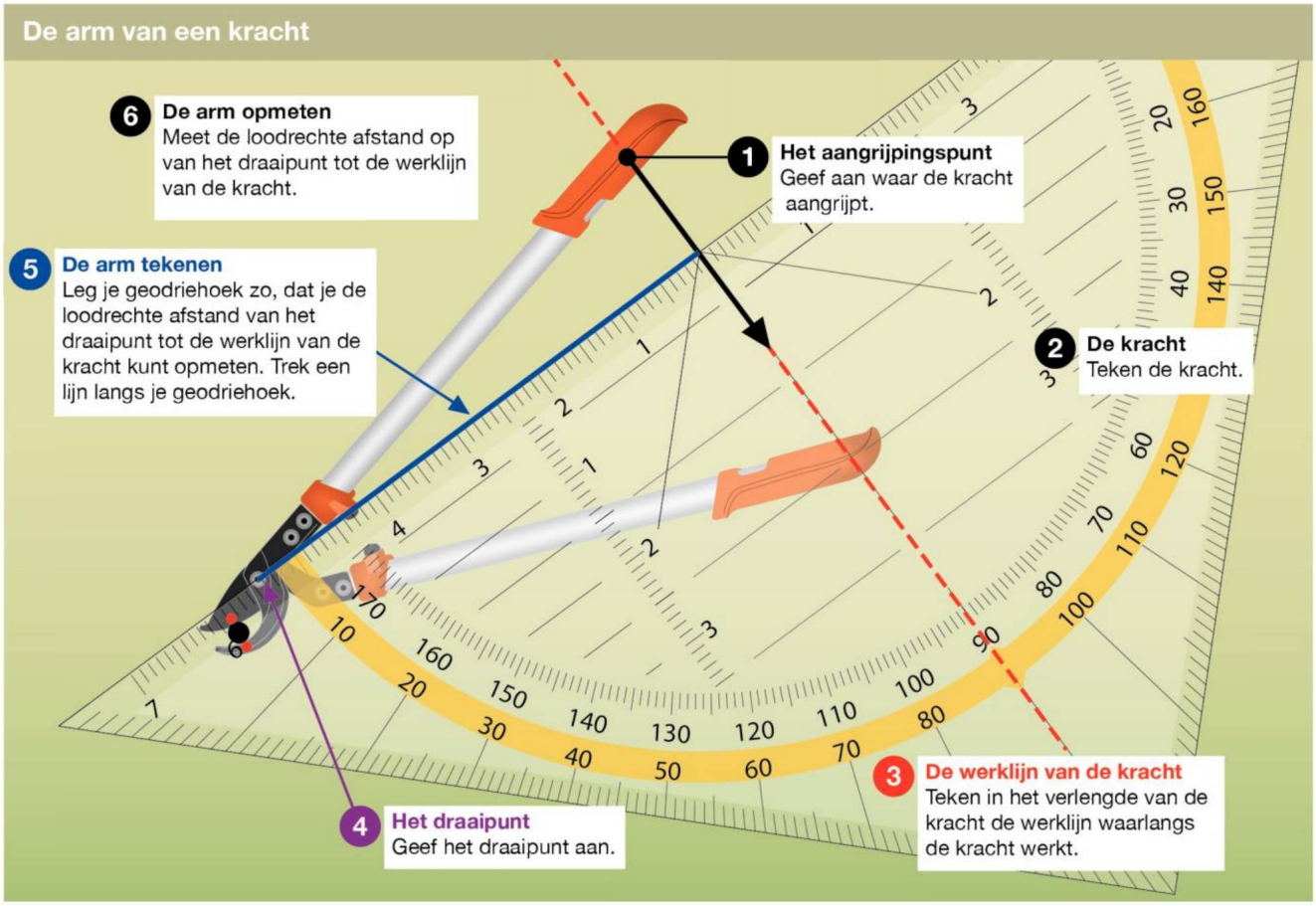
1.5 Het draaipunt zit aan het uiteinde en het aangrijpingspunt van de spierkracht zit in het midden.

De lengte van de hefboom, de arm

De opener van figuur 1.2 pak je zover mogelijk bij het uiteinde vast. Je kunt met je spierkracht een nog grotere werkkracht uitoefenen door de afstand tussen het draaipunt en de spierkracht te vergroten. Deze afstand heet de **arm van de kracht**.
De arm van de kracht is de kortste afstand van het draaipunt tot de **werklijn van de kracht**. De werklijn van de kracht is de lijn waarlangs de kracht werkt. Dit is een denkbeeldige lijn die door de krachtpijl loopt. In figuur 1.6 is uitgelegd hoe je de arm van een kracht bepaalt. Hoe groter de arm van de spierkracht, hoe groter de werkkracht.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



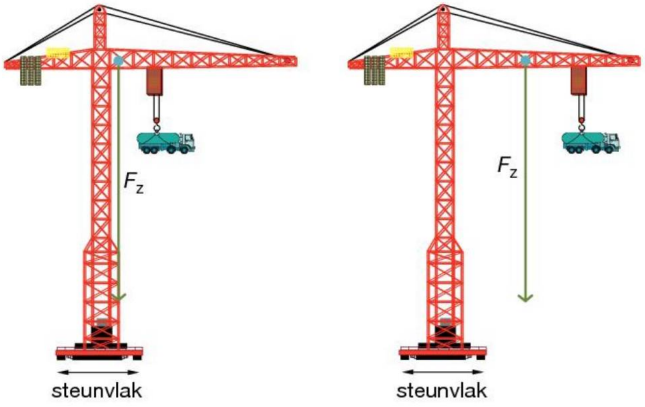
1.6 De arm van een kracht tekenen en meten

Stabiliteit

Als je op ski's staat, kun je heel ver voorover leunen zonder dat je omvalt. De ski's zorgen ervoor dat je een heel groot **steunvlak** hebt. Het steunvlak is het vlak tussen de uiterste punten waarmee je in contact bent met de grond, zie figuur 1.7.

Zolang het zwaartepunt (blauw) waar de zwaartekracht (groen) aangrijpt boven het steunvlak ligt, staat de hijskraan **stabiel**, hij valt dan niet om.

Als de werklijn erbuiten valt, zoals in de tweede situatie, zal de kraan omvallen.



1.7 Het zwaartepunt moet boven het steunvlak blijven.

Samengevat

Kracht heeft als symbool F en als eenheid newton N. Zwaartekracht is de aantrekkingskracht die de aarde op een voorwerp uitoefent. De grootte bereken je met $F_z = m \cdot g$. De zwaartekracht grijpt aan in het zwaartepunt.

Een hefboom gebruik je om met je spierkracht een grote werkkracht uit te oefenen Bij het gebruik van een hefboom hoort de kleinste kracht bij het langste uiteinde. De arm van de kracht is de kortste afstand van het draaipunt tot de werklijn van die kracht.

Een voorwerp staat stabiel als het zwaartepunt boven het steunvlak ligt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

1.1 Opdrachten

A 1 M

Juist of onjuist?

a Krachten kun je zien.

b Het punt waarop een spierkracht bij een hefboom werkt, heet het draaipunt.

c De spierkracht is bij een werktuig meestal groter dan de werkkracht.

A 2 M

Geef de omschrijving van het begrip arm van de kracht.

A 3

Leg uit waar het zwaartepunt van een voorwerp zich moet bevinden zodat het voorwerp stabiel kan staan.

B 4

Een verhuisdoos heeft een massa van 15 kg.

a Teken de zwaartekracht op de doos als een pijl met een schaal van 1,0 cm ≙ 0 N.

Een appel heeft een massa van 50 g.

b Teken de zwaartekracht op de appel als een pijl met een schaal van 1,0 cm ≙ 1 N.



Op de boot in bovenstaande figuur werkt een kracht van 7000 N.

c Ga na wat de gebruikte krachtenschaal in de figuur is.

De schaal die behoort bij de satelliet is 1,0 cm ≙ 10 000 N.

d Bepaal de zwaartekracht die op de satelliet werkt.

B 5

Geef in de volgende situaties aan of de werkkracht groter of kleiner is dan de spierkracht. Bedenk daarbij steeds waar het draaipunt zit, waar de spierkracht werkt en waar de werkkracht op werkt.

a Je klemt een haar van je wenkbrauw tussen een pincet.

b Je tilt een kruiwagen met enkele zakken cement op.

c Je bijt een stuk chocolade met je voortanden door.

B 6

Neem de tekeningen hieronder over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Geef in elke tekening duidelijk de volgende punten aan:

a het draaipunt;

b het aangrijpingspunt van de werkkracht;

c het aangrijpingspunt van de spierkracht.

a



b



c



B 7

Bekijk figuur 1.3, 1.4 en 1.5. Neem de tekeningen over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

a Teken in elke figuur de werklijn van de spierkracht en de werklijn van de werkkracht.

b Teken in elke figuur beide armen en meet de lengte van beide armen in de tekening op.

c Zet de drie situaties op volgorde van grootste werkkracht naar kleinste.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

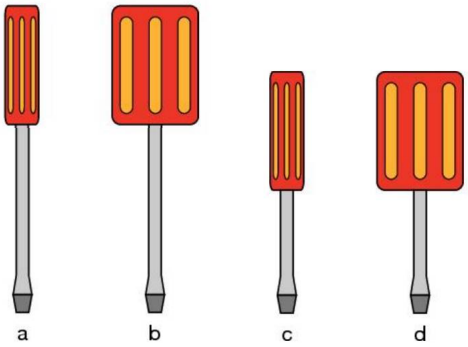
C 8

Heidi wil een schroef uit een plank draaien. De schroef zit stevig vastgeklemd.

a Leg uit welke van de onderstaande schroevendraaiers ze het beste kan gebruiken.

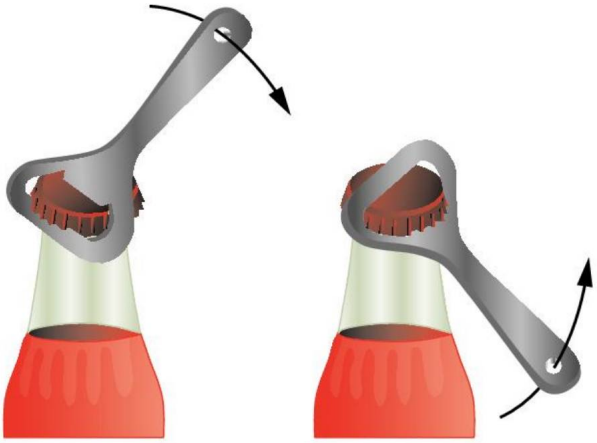
Daarna wil ze een verfblik openmaken.

b Leg uit welke van de schroevendraaiers ze het beste als hefboom kan gebruiken om het blik te openen.



C 9

Je kunt een flesopener op twee manier gebruiken.
Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.



a Geef in beide figuren de plek van het draaipunt aan.

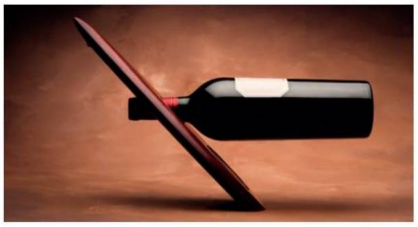
b Geef ook de aangrijpingspunten van de werkkracht en de spierkracht aan.

De spierkracht die je nodig hebt, is niet voor beide situaties gelijk.

c Leg uit in welke situatie je minder spierkracht nodig hebt.

C 10 N

Bekijk de fleshouder hieronder.



a Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Arceer het steunvlak van de fleshouder.

b Geef in de figuur ook het zwaartepunt van de fles en de houder samen aan.

c Leg uit of de fleshouder ook met een lege fles stabiel rechtop kan staan.

C 11



Bovenstaande foto is een beeld uit de videoclip Smooth Criminal van Michael Jackson waarin trucage is gebruikt.

a Leg uit waarom hij eigenlijk niet zo kan staan.

b Geef drie verschillende trucageoplossingen waardoor hij toch zo kan staan.

+ 12 N

In de figuur van opgave 9 zie je dat het dopje in beide situaties vervormt. De plek waar de vervorming optreedt, is het draaipunt. Er werkt dus een kracht in het draaipunt.
Geef aan in welke van de twee situaties de indeuking het grootst is en dus de grootste kracht werkt.

Je kunt nu

- met de formule $F_z = m \cdot g$ uitrekenen hoe groot de zwaartekracht op een voorwerp is;
- minstens vijf voorbeelden van gereedschappen met een hefboom noemen;
- bij een hefboom het draaipunt, de spierkracht, de werkkracht en de armen van de krachten tekenen, rekening houdend met de werklijn van de kracht;
- bij een hefboom herkennen of de spierkracht of de werkkracht het grootst is;
- van een voorwerp aangeven of het stabiel staat of niet.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
De jongen rechts tilt in zijn eentje een zware truck op door aan een touw te gaan hangen. De truck is veel zwaarder dan de jongen.
Hoe krijgt hij dit toch voor elkaar?

Je leert
- rekenen met de hefboomwet.

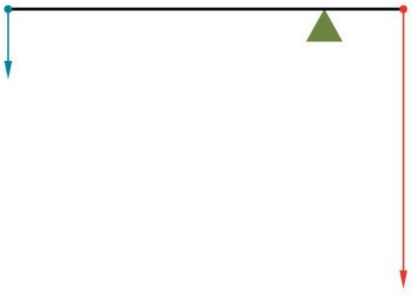
1.2 Rekenen aan hefbomen

► Practicum 1

Verhouding werkkracht en spierkracht
Als je met je moeder op de wip gaat zitten, is het lastig wippen. Wil het een beetje goed gaan, dan moet jij veel verder van het draaipunt zitten dan je moeder. Zie figuur 1.8. Als je moeder namelijk 2× zo zwaar is als jij, dan moet jij 2× zo ver weg zitten om dit te compenseren. Bij werktuigen werkt dat precies hetzelfde.
Om de werkkracht zo groot mogelijk te maken moet je ervoor zorgen dat de arm van je spierkracht zo groot mogelijk is. De spierkracht en de werkkracht hebben namelijk dezelfde verhouding als de grootte van de armen. Bij de kleine arm hoort de grote kracht en andersom. Als de arm van de werkkracht 4× zo *klein* is als de arm van de spierkracht, dan is de werkkracht zelf juist 4× zo *groot* als de spierkracht.


a in werkelijkheid


b in het practicumlokaal


c in een tekening

1.8 Op de wip met vader

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Evenwicht

Je moet op de wip dus op een andere afstand van het draaipunt gaan zitten dan je moeder. Maar waar dan precies? Als je mooi in balans wilt blijven, in **evenwicht**, dan is de vermenigvuldiging van de kracht en de arm aan de linkerkant gelijk aan de vermenigvuldiging van de kracht en de arm aan de rechterkant. Dit heet de **hefboomwet**:

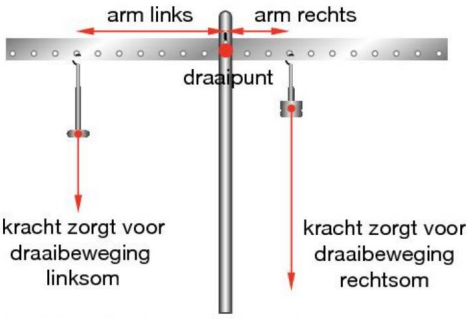
$$(F \cdot r)_{\text{linksom}} = (F \cdot r)_{\text{rechtsom}}$$

met **F de kracht die op de hefboom werkt in newton (N)**
r de loodrechte arm van de kracht in meter (m)

De onderschriften linksom en rechtsom geven aan in welke richting de kracht de hefboom op wil laten draaien. De zwaartekracht van de moeder in figuur 1.8 wil de hefboom rechtsom laten draaien, terwijl de zwaartekracht van het kind de hefboom linksom wil laten draaien.



1.9 Model van een wip



1.10 Draaipunt, zwaartekrachten en armen in het model van een wip

Voorbeeld 1: De wip

In figuur 1.9 zie je een model van een wip. Het blokje rechts hangt 3 cm van het draaipunt af en stelt je moeder voor. Het blokje links hangt 7 cm van het draaipunt af en stelt jou voor.

a Geef in de tekening aan waar het draaipunt zit.
b Geef de armen van de zwaartekrachten op de blokjes weer.
c Teken de twee zwaartekrachten op de blokjes in de goede verhouding tot elkaar.

Op het linker blokje werkt een zwaartekracht van 0,25 N. Het model is in evenwicht.

d Bereken met verhoudingen hoe groot de zwaartekracht op het blokje rechts is.
e Bereken met de hefboomwet hoe groot de zwaartekracht op het blokje rechts is.

Uitwerking:

a, **b** en **c**. Zie figuur 1.10.

d De arm van de kracht links is $\frac{7}{3} = 2{,}33\times$ zo groot als die van de kracht rechts.
De kracht rechts is dus 2,33× zo groot als de kracht links: 2,33 × 0,25 = 0,58 N.

e $(F \cdot r)_{\text{linksom}} = (F \cdot r)_{\text{rechtsom}}$
$0{,}25 \times 7 = F \times 3$
$F = 0{,}25 \times \frac{7}{3} = 0{,}58$ N

Ophaalbruggen

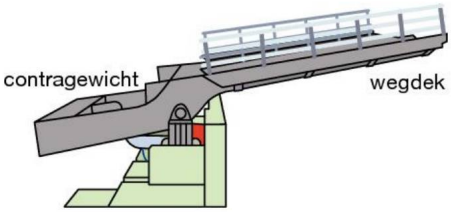
Een ophaalbrug maakt ook gebruik van een hefboom. Aan de ene kant zit het wegdek en aan de andere kant van het draaipunt een **contragewicht**. Het contragewicht is een verzwaring die ervoor zorgt dat de brug gemakkelijk is te openen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



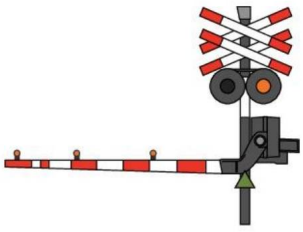
1.11 Ophaalbrug



1.12 Basculebrug

In figuur 1.11 zie je het wegdek aan de rechterkant en het contragewicht aan de linkerkant. De zwaartekracht op het wegdek wil de hefboom rechtsom laten draaien. De zwaartekracht op het contragewicht wil de hefboom linksom laten draaien. De arm die bij deze krachten hoort, is de kortste afstand van het draaipunt tot de werklijn van de kracht.
Door de massa van het contragewicht en de lengte van de arm goed te kiezen blijft de brug in evenwicht. Het kost nu weinig extra kracht om de brug te bewegen.
Er zijn ook ophaalbruggen waarbij het contragewicht onder het wegdek verstopt zit. Deze bruggen noem je basculebruggen. Zie figuur 1.12.

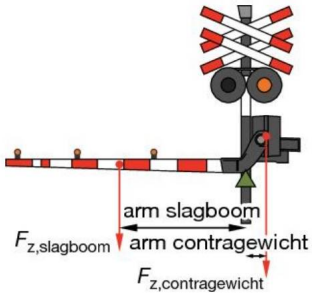
Behalve bij bruggen zie je contragewichten ook bij slagbomen. In voorbeeld 2 is dat uitgewerkt.



1.13 Slagboom

Voorbeeld 2: Slagboom
Zie de slagboom in figuur 1.13. De massa van het beweegbare deel zonder contragewicht is 75 kg. De slagboom is op schaal getekend.

a Teken zowel de zwaartekracht op de slagboom als de zwaartekracht op het contragewicht.
b Bereken de zwaartekracht op het beweegbare deel van de slagboom.
c Bepaal de armen van de twee zwaartekrachten.
d Bereken met behulp van de hefboomwet de massa van het contragewicht als de slagboom in evenwicht is.



1.14 Krachten en armen bij een slagboom

Uitwerking:

a Zie figuur 1.14.
b $F_z = m \cdot g = 75 \times 9{,}81 = 736$ N
c Zie figuur 1.14.
De arm van de zwaartekracht op de slagboom is 2,3 cm lang.
De arm van de zwaartekracht op het contragewicht is 0,7 cm lang.
d $(F \cdot r)_{linksom} = (F \cdot r)_{rechtsom}$
$F \times 0{,}7 = 736 \times 2{,}3$

$$F = \frac{736 \times 2{,}3}{0{,}7} = 2418 \text{ N}$$

$$m = \frac{F_z}{g} = \frac{2418}{9{,}81} = 246 \text{ kg}$$

Samengevat

Bij hefbomen geldt dat als de arm van de werkkracht $n\times$ zo klein is als de arm van de spierkracht, de werkkracht juist $n\times$ zo groot is als de spierkracht.
Als er sprake is van evenwicht, geldt de hefboomwet:
$(F \cdot r)_{linksom} = (F \cdot r)_{rechtsom}$
Bij beweegbare constructies wordt vaak een contragewicht gebruikt dat zorgt voor evenwicht. Ook kost het weinig kracht om de hefboom te laten draaien.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

1.2 Opdrachten

A 13 M

Bij slagbomen en bij sommige ophaalbruggen zie je een zwaar gewicht zitten.

a Hoe noem je zo'n gewicht?

b Omschrijf waarvoor dit gewicht dient.

A 14

Juist of onjuist?

a Als bij een hefboom de arm van de spierkracht 2× zo groot wordt, wordt de werkkracht ook 2× zo groot.

b Als de arm van de spierkracht groter wordt, heb je minder spierkracht nodig om eenzelfde werkkracht te krijgen.

B 15

Mathilde (32 kg) gaat met haar neefje (Kevin, 45 kg) in de speeltuin op de wip zitten. Mathilde gaat op 3,2 m van het midden zitten.

a Bereken waar Kevin moet zitten om evenwicht te krijgen.

Even later gaat Kevin op 183 cm van het midden zitten.

b Waar moet Mathilde dan gaan zitten om weer opnieuw evenwicht te krijgen?

B 16

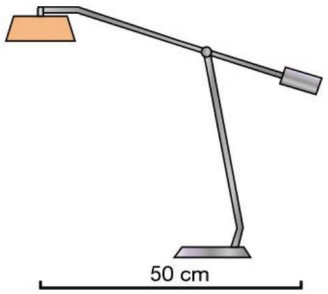
Een slagboom heeft een massa van 72 kg. Het zwaartepunt ligt op een afstand van 2,36 m van het draaipunt. Aan de andere kant van het draaipunt hangt een contragewicht van 240 kg. Bereken de afstand van het zwaartepunt van het contragewicht tot het draaipunt.

B 17 N

Kwik en Kwek spelen samen op de wip. Ze zitten beiden op gelijke afstand van het draaipunt. Dan komt Kwak aanlopen, hij wil ook meespelen. Hij wil aan Kweks kant van de wip zitten. Kwik blijft aan het uiteinde van zijn kant zitten.
Ga ervan uit dat ze alle drie even zwaar zijn.
Leg uit of, en zo ja hoe, Kwek en Kwak zich over de arm van de wip moeten verspreiden om hem in evenwicht te krijgen.

B 18

Je ziet rechtsboven een bureaulamp. Het contragewicht heeft een massa van 0,75 kg. Je mag de massa van de buizen verwaarlozen.



a Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Teken de zwaartekrachten op de lampenkap en op het contragewicht.

b Teken de werklijnen van de krachten.

c Teken de armen van de krachten en meet de armen op.

d Bereken de massa van de lampenkap als het geheel in evenwicht is.

C 19 N

Bekijk de klok hieronder. De wijzers van de klok hebben een klein contragewicht (niet zichtbaar op de foto) zodat de motor die de klok aandrijft minder kracht hoeft te zetten.

a Leg dit uit.

b Leg uit gedurende welk deel of welke delen van het uur de motor minder kracht hoeft te zetten.

Er gaat een vogel op het uiteinde van de minutenwijzer zitten.

c Leg uit gedurende welke deel of welke delen van het uur de motor meer kracht moet zetten.



© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 20

Jamal (47 kg) zit op een wip aan de ene kant, Berend (41 kg) en Nezrine (35 kg) zitten aan de andere kant. De wip is 3,56 m lang en het draaipunt zit in het midden. Jamal zit helemaal op het uiteinde. Nezrine zit op een afstand van 1,23 m van het draaipunt.
Bereken waar Berend moet plaatsnemen om evenwicht te krijgen. Maak eerst een tekening op schaal.

C 21 **N**

De perforator in de afbeelding is 11 cm breed. Om een gat te maken in één vel papier is een werkkracht van 2 N nodig. Bereken de spierkracht die je nodig hebt om 15 vellen papier tegelijkertijd te perforeren.



C 22 **N**

Kijk nogmaals naar de bureaulamp van opgave 18.

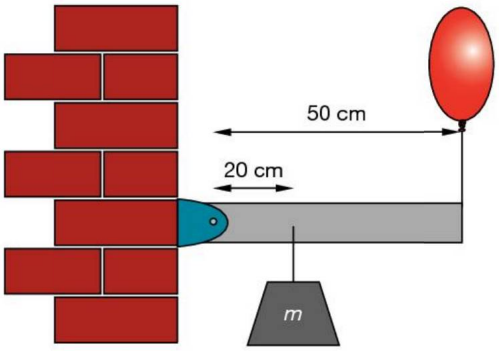
a Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Geef het steunvlak van de gehele lamp aan.
b Geef aan in welk gebied het zwaartepunt moet liggen.

Bekijk nu de bovenste stang met de lamp en het contragewicht. De stang is in evenwicht, maar kan vrij roteren rond het contactpunt met de verticale stang.

c Geef het 'steunvlak' van de bovenste stang aan.
d Geef het zwaartepunt van deze stang aan.
e Leg uit wat *steunvlak*, *zwaartepunt* en *evenwicht* met elkaar hebben te maken.

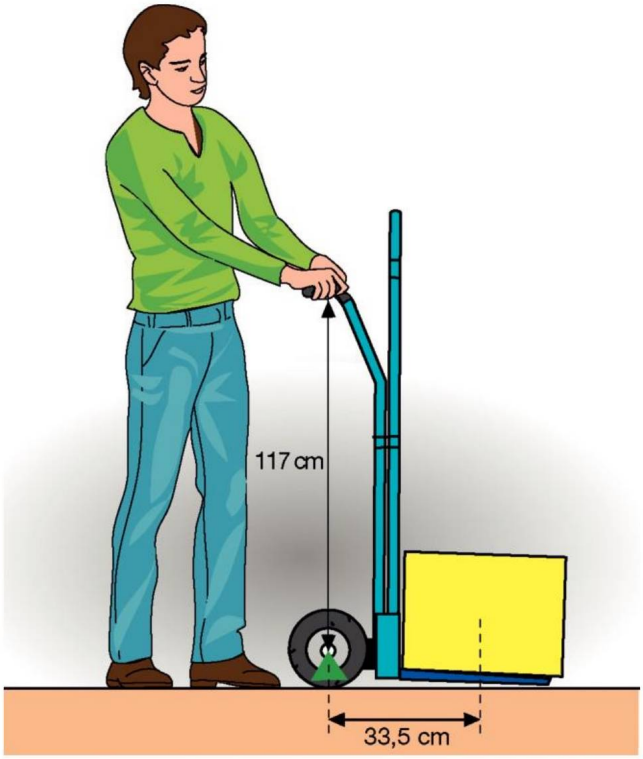
+ 23 **N**

Het gewicht *m* van de figuur rechtsboven heeft een onbekende massa en hangt op 20 cm van het draaipunt van een balk met lengte 50 cm en massa 0,10 kg. Aan het uiteinde van de balk is een ballon vastgemaakt die een opwaartse kracht van 1,5 N op de balk uitoefent. De balk hangt hiermee precies in evenwicht. Bereken de massa *m* van het gewicht.



+ 24

Mark gebruikt een steekwagen om een krat te verplaatsen. Op het krat werkt een zwaartekracht van 270 N. Mark moet in onderstaande situatie de steekwagen eerst kantelen.



a Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Teken de zwaartekracht op het krat.
b Teken de werklijn van de kracht die Mark moet uitoefenen om de steekwagen te kantelen.
c Bereken de grootte van de kracht die Mark moet uitoefenen om de steekwagen te kantelen.

Je kunt nu

- uitleggen wat de functie van een contragewicht is;
- nagaan wanneer een hefboom in evenwicht is;
- rekenen met de hefboomwet: $(F \cdot r)_{linksom} = (F \cdot r)_{rechtsom}$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
De Big Ben is een iconische toren in Londen. Het uurwerk bevat veel tandwielen zodat de klok altijd de juiste tijd aangeeft.
Waarom hebben de tandwielen allemaal verschillende maten?



Je leert
- hoe je overbrengingen toepast om minder kracht nodig te hebben.

1.3 Overbrengingen

Katrollen
Als je van een klimwand naar beneden valt, vangt je partner je op via een **katrol** en de touwen waarmee je vastzit. Een katrol is een draaischijf waar touwen met weinig wrijving overheen kunnen lopen. In figuur 1.15 zie je een **vaste katrol**. De katrol beweegt niet. De katrol of de as is vastgemaakt aan een vast punt in de omgeving.
Een vaste katrol brengt de kracht een-op-een over: de spierkracht die je uitoefent is even groot als de werkkracht, alleen de richting waarin de kracht werkt is anders. Dat is ook handig bij het zeilen. Het zeil moet vanaf het dek worden opgehesen tot in de mast. De kracht die je moet uitoefenen, wijst dus omhoog. Met een katrol kun je vanaf het dek een kracht omlaag uitoefenen om er toch voor te zorgen dat het zeil omhooggaat. Zie figuur 1.16.



1.15 Een katrol zoals die bij het klimmen wordt gebruikt

Spankracht
Als je het touw van figuur 1.16 omlaagtrekt, hijs je het zeil omhoog. Door aan het touw te trekken komt het strak te staan en ontstaat er spanning in het touw. Deze spanning veroorzaakt een kracht die je de **spankracht** noemt, vaak afgekort als F_s. Iedere keer als een touw, draad, riem of ketting een kracht doorgeeft, heb je te maken met een spankracht. De spankracht in een touw is altijd overal hetzelfde.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

▶ Practicum 2

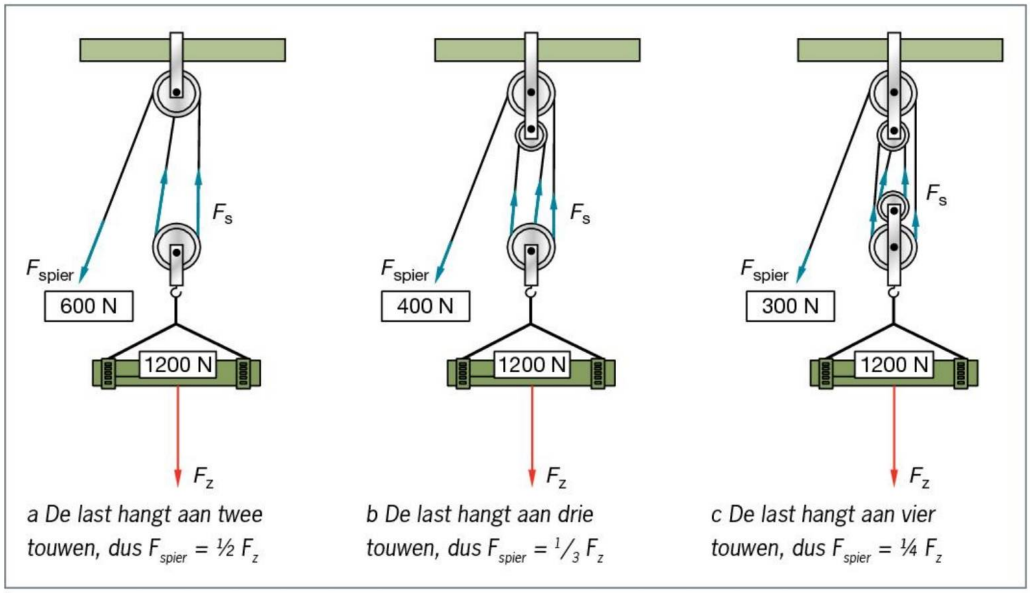
Takels

Als je tijdens het klimmen in de bergen valt, ben je blij dat je aan je partner vastzit. Als je partner voldoende kennis van het gebruik van katrollen heeft, kan hij jou met relatief weinig kracht omhooghijsen. De combinatie van katrollen die hij daarbij gebruikt heet een **takel**. Een takel is een combinatie van vaste en losse katrollen. In figuur 1.17 zie je verschillende soorten takels. Naast een vaste katrol zie je ook een **losse katrol**. Dat is een katrol waar de last aan hangt. Die katrol beweegt met de last mee. De werkkracht is even groot als de zwaartekracht op het voorwerp. De benodigde spierkracht is afhankelijk van het aantal touwen waar de last aan hangt.



1.16 De zeilen hijsen. Je trekt het touw omlaag en het zeil gaat omhoog.

De zwaartekracht die op de last werkt moet worden gecompenseerd door een gelijke, maar omhooggerichte andere kracht. De zwaartekracht creëert een spankracht in het touw die voor evenwicht zorgt. In figuur 1.17a zie je dat de last met zwaartekracht F_z aan een touw hangt. Door de losse katrol hangt de last effectief aan twee touwen. De spankracht F_s zal zich gelijk over beide touwen verdelen.



a De last hangt aan twee touwen, dus $F_{spier} = \frac{1}{2} F_z$

b De last hangt aan drie touwen, dus $F_{spier} = \frac{1}{3} F_z$

c De last hangt aan vier touwen, dus $F_{spier} = \frac{1}{4} F_z$

1.17 Je ziet hier verschillende toepassingen van vaste en losse katrollen.

Om te voorkomen dat de last valt, moet er een spierkracht worden uitgeoefend die gelijk is aan de spankracht. In situatie a hoef je dus maar de helft van de zwaartekracht als spierkracht uit te oefenen om de last op te tillen. In situatie b verdeelt de spankracht zich over drie touwen en hoef je maar een derde van de zwaartekracht als spierkracht uit te oefenen en in situatie c maar een vierde.

Door een takel met meer losse katrollen te maken kun je de werkkracht verder vergroten of juist de benodigde spierkracht verder verkleinen. Met iedere losse katrol die je toevoegt

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

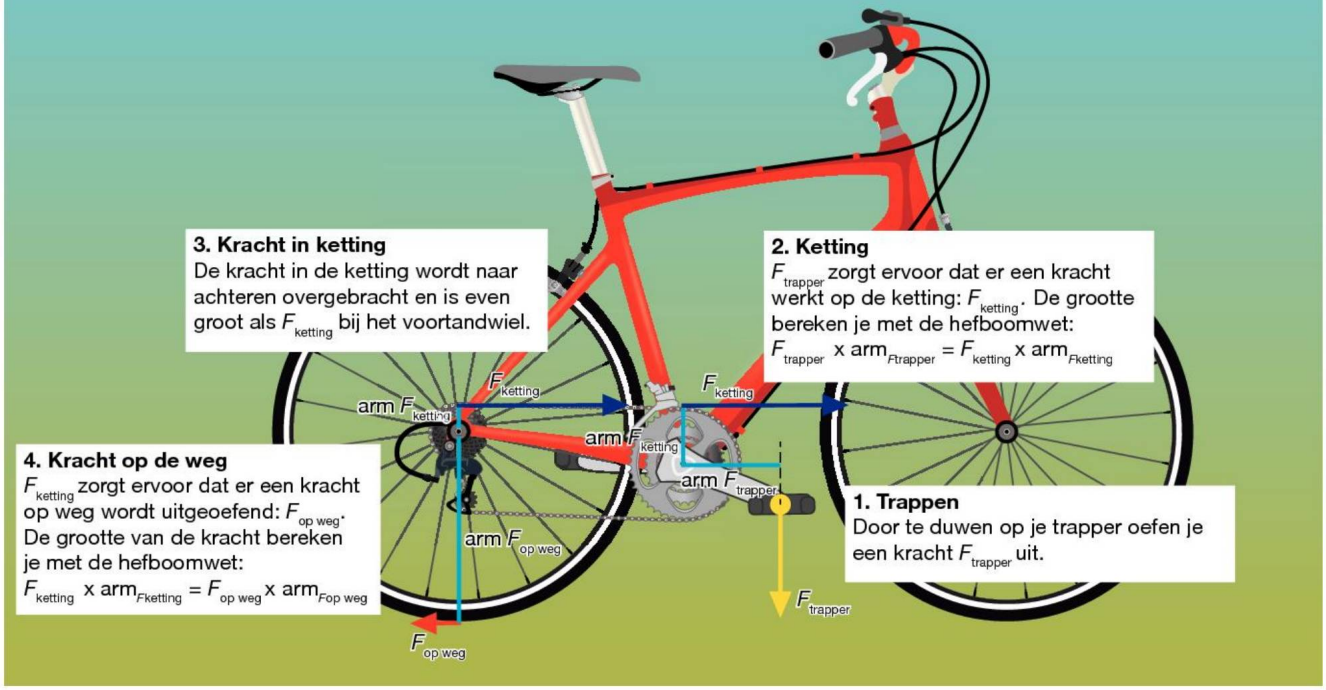
gaat het aantal touwen waar de last aan hangt omhoog en neemt de spankracht, en daarmee ook de spierkracht, af. Je vindt de spierkracht door de werkkracht te delen door het aantal touwen waar het voorwerp aan hangt. De verhouding tussen de werkkracht en de spierkracht is gelijk aan het aantal touwen waar de last aan hangt.

Om de kist op te hijsen moet je touw binnenhalen. Als je met behulp van een takel nog maar de helft van de spierkracht nodig hebt om de last op te hijsen, moet je twee keer zo veel touw binnenhalen. De verhouding van de werkkracht ten opzichte van de spierkracht geeft ook aan hoeveel meer touw je moet binnenhalen. In situatie b moet je drie keer zo veel touw binnenhalen en in situatie c vier keer zo veel.

Tandwielen

Je hebt op een racefiets verschillende versnellingen. Een lichte versnelling voor bergop en een zware voor bergaf. Je kunt tussen versnellingen wisselen door je ketting op een ander tandwiel te leggen. De ketting geeft hierbij de beweging van het voorste tandwiel over op het achterste tandwiel. Dit heet een **overbrenging**.

Tandwieloverbrenging



1.18 Overbrengingen bij een fiets

Als je trappers één keer rondgaan, zijn alle tanden van je voorste tandwiel één keer rondgegaan. De ketting heeft deze beweging een-op-een overgebracht op het achterste tandwiel. Er zijn achter evenveel tanden voorbijgekomen. Als je achter een tandwiel zou hebben dat de helft van het aantal tanden van het voorste tandwiel heeft, dan zou dit tandwiel twee rondjes hebben gedraaid. Het achterwiel is dan twee keer rondgedraaid. Als het achterwiel een omtrek van twee meter heeft, ben je op dat moment dus vier meter vooruit gereden. Het aantal meter dat je aflegt door één keer met je trappers rond te gaan noem je het **verzet**.

Een licht verzet voor bergop krijg je door achter een groot tandwiel in te stellen. Je legt dan relatief weinig afstand af als je benen één keer rondgaan. Je moet op dat moment dus sneller met je benen rondgaan om een bepaalde snelheid te halen.

In figuur 1.18 kun je zien dat het tandwiel als een hefboom werkt. De straal van het tandwiel is de arm en de spankracht in de ketting is de kracht die op deze arm werkt. Door

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

te trappen zet je een spankracht op de ketting. Deze spankracht wordt door de ketting doorgegeven aan het achtertandwiel. Als dit tandwiel een grote arm heeft, heb je een grote hefboomwerking en kun je veel kracht zetten. Nadeel is wel dat je vaker met je benen moet rondgaan om dezelfde afstand af te leggen. Dit is hetzelfde nadeel als je ondervond bij het optillen van een last met behulp van een takel.

Een zwaar verzet voor bergaf krijg je door achter een klein tandwiel in te stellen. Omdat het tandwiel achter kleiner is, heb je een minder sterke hefboomwerking. Je moet meer kracht op de trappers zetten, maar je legt dan een relatief grote afstand af per keer dat je benen rondgaan.



1.19 Verschillende soorten overbrengingen; riem, wormwiel, windas en tandwielen

Er zijn meer typen overbrengingen: met riemen, kettingen, wormwielen, windassen en tandwielen. Zie figuur 1.19. Afhankelijk van de verhouding tussen de omtrekken van de verschillende onderdelen of het aantal tanden, wordt de draaisnelheid van een tandwiel groter of kleiner.

Samengevat

Een vaste katrol verandert alleen de richting van de kracht. De grootte van de spierkracht is gelijk aan de werkkracht.
De spankracht in een touw is overal gelijk.
Een takel is een combinatie van één of meer vaste en losse katrollen. De verhouding tussen de werkkracht en de spierkracht is gelijk aan het aantal touwen waar de last aan hangt.
Als de beweging van het ene onderdeel wordt overgebracht op een volgend onderdeel noem je dit een overbrenging. Afhankelijk van het aantal tanden of de verhouding tussen de omtrekken van de verschillende onderdelen krijg je een hefboomwerking en wordt de draaisnelheid van een tandwiel vergroot of verkleind. Het aantal meter dat je op een fiets aflegt door met je benen één keer rond te gaan, noem je het verzet.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

1.3 Opdrachten

A 25 M

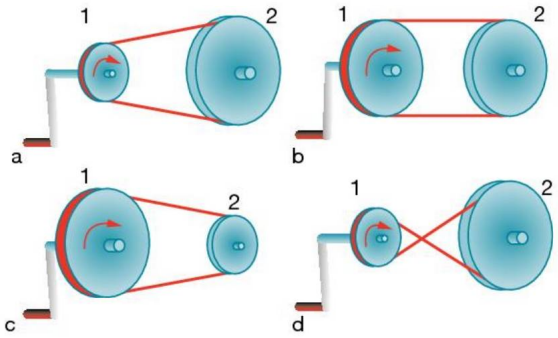
a Welke twee soorten katrollen zijn er?
b Bij welke katrol is de spierkracht gelijk aan de werkkracht?

A 26

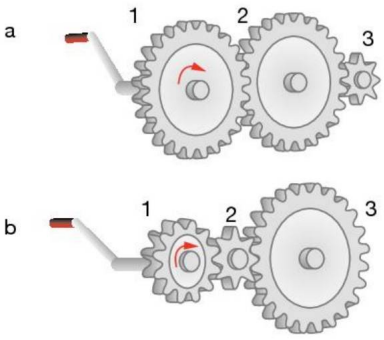
Teken een takel waarbij je spierkracht een derde is van de werkkracht.

B 27

Je ziet hieronder enkele overbrengingen.
a Geef steeds aan welk wiel sneller draait, wiel 1 of wiel 2.
b Geef aan in welke richting wiel 2 steeds draait.

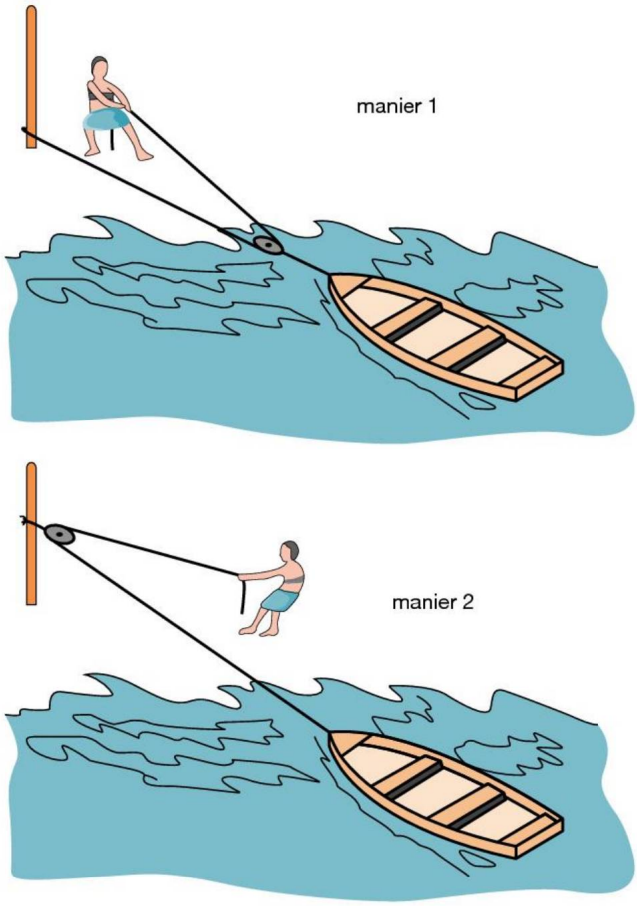


c Zet in de volgende twee situaties de draaisnelheid van de tandwielen in volgorde van langzaam naar snel.
d Geef ook in beide situaties aan of de tandwielen 2 en 3 linksom of rechtsom draaien.



B 28

Mireille heeft een bootje. Om het bootje op de kant te trekken gebruikt ze een paal en een katrol. In de kolom hiernaast zie je twee manieren om het bootje op de kant te trekken.



Leg uit op welke manier Mireille de kleinste kracht nodig heeft.

B 29

De hoge bi die hieronder is afgebeeld is een van de eerste fietsen die werd gemaakt. De fiets heeft geen ketting voor de overbrenging. De trappers zijn vastgemaakt aan het grote voorwiel. De omtrek van het voorwiel is 3,75 m.



© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

a Leg uit dat het verzet van de hoge bi ook 3,75 m is.
b De hoge bi trapt heel zwaar. Leg dit uit aan de hand van de hefboomwerking.

B 30

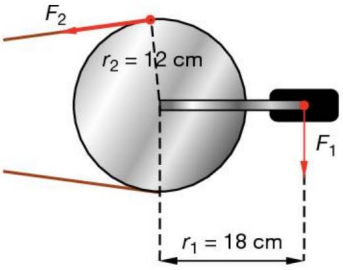
Stefan fietst met een verzet van 5,24 m.
a Leg uit wat dit betekent.

Zijn wielen hebben een omtrek van 2,10 m.
b Bereken hoe vaak zijn achterwiel rondgaat als hij zijn trappers één keer rond trapt.

Zijn voortandwiel heeft 50 tandjes.
c Bereken hoeveel tandjes zijn achterste tandwiel heeft.

C 31 N

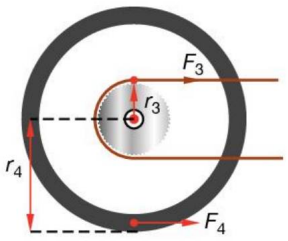
Je oefent op de trapper van een fiets een kracht F_1 uit. De trapper zit op 18 cm van de trapas (arm r_1), de straal r_2 van het tandwiel is 12 cm. Kracht F_2 is de spankracht van de ketting op het tandwiel.



a Leg uit of kracht F_2 groter of kleiner is dan kracht F_1.

Stel dat je een kracht van 500 N op de trapper uitoefent.
b Bereken hoe groot dan de spankracht F_2 is.

De spankracht van de ketting trekt ook aan het achterwiel. Hierbij geldt $F_3 = F_2$. Bij het achterwiel wordt de kracht F_3 van de ketting omgezet in een voorwaartse kracht F_4. De straal r_3 van het tandwiel is 6,0 cm, de straal r_4 van het wiel is 36,0 cm.



c Bereken hoe groot de krachten F_3 en F_4 zijn.

Je hebt nu aan de hand van de spierkracht de uiteindelijke kracht op het wegdek uitgerekend.
d Wat vind je van de verhouding van deze krachten? Is de fiets een goed werktuig om je spierkracht mee over te brengen?

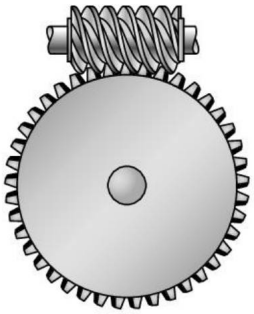
De omtrek van het wiel kun je berekenen met omtrek = $2\pi r$.
e Bereken het verzet van de fiets in meter.

C 32

Een automonteur gebruikt een kettingtakel om een motorblok van 91,0 kg uit een auto te hijsen. Om het motorblok 1,62 m omhoog te hijsen, moet de monteur 7,63 m ketting binnenhalen.
Bereken de spierkracht die de monteur moet uitoefenen.

C 33 N

Als de worm (het bovenste tandwiel) uit de figuur hieronder één keer ronddraait, komt er één tandje van het wormwiel (het onderste tandwiel) voorbij.
a Leg dit uit.



De worm draait met een toerental van 30 rotaties per minuut (rpm). Het wormwiel heeft 41 tandjes.
b Bereken het toerental van het wormwiel.

C 34

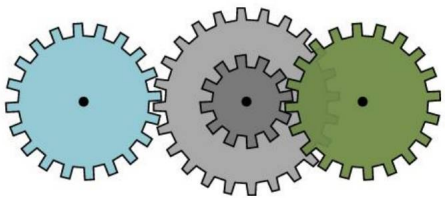
Cortessa moet een verhuiskist van 132 kg naar het balkon van de vierde etage omhooghijsen. De rand van het balkon bevindt zich op 15 m hoogte. Cortessa's maximale spierkracht is 442 N.
a Ontwerp een takel waarmee Cortessa deze klus kan klaren.
b Leg uit of Cortessa met 50 m touw voldoende touw heeft om dit voor elkaar te krijgen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 35 N

Bekijk de tandwielen hieronder.



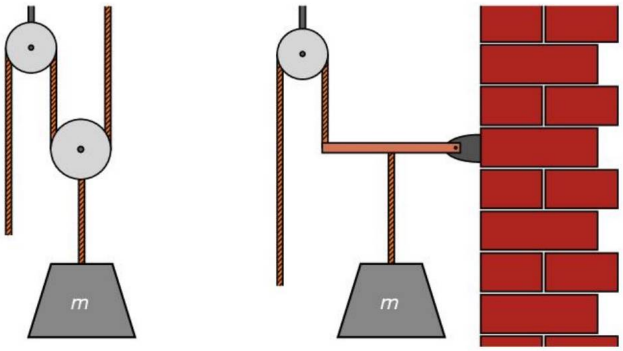
Het blauwe tandwiel is aangesloten op een motor. De motor heeft een toerental van 100 rotaties per minuut (rpm).

a Leg uit of het groene tandwiel een hoger of lager toerental heeft.

b Bereken het toerental van het groene tandwiel.

\+ 36 N

In de situatie hieronder zie je een gewicht met massa m = 10 kg dat op twee verschillende manieren wordt opgehesen.



a Bereken de spierkracht die in beide situaties nodig is om het gewicht op te tillen.

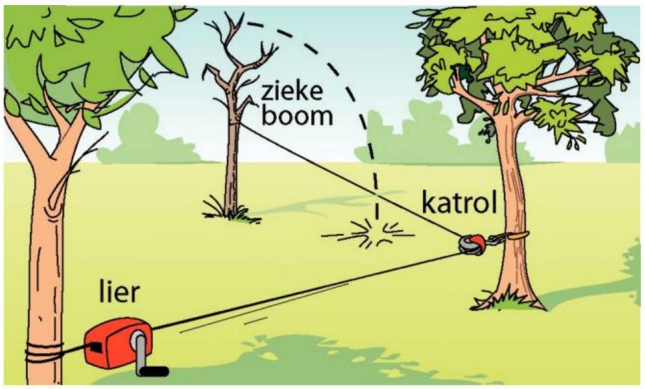
b Leg de overeenkomst uit tussen een hefboom en een katrol.

c Geef een voordeel van het gebruik van een losse katrol ten opzichte van een hefboom.

\+ 37 N

Een houthakker gebruikt een lier om een zieke boom om te trekken.





a Welke twee hefbomen herken je?

b Leg uit waarom het belangrijk is om de katrol en de lier zo laag mogelijk aan de stammen van de gezonde bomen vast te maken.

De maximale spierkracht van de houthakker is 750 N. De hefboom van de lier is 1,0 m lang. De hefboom zit vast aan een tandwiel met een diameter van 9,8 cm. De tandwielen in de lier zorgen nog eens voor een vergroting van de kracht van 48×.

c Bereken de maximale spankracht in het touw.

Je kunt nu

- benoemen hoe je met vaste en losse katrollen, takels en tandwieloverbrengingen je spierkracht kunt overbrengen naar een grotere werkkracht;
- berekeningen met katrollen maken;
- rekenen aan tandwieloverbrengingen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
In 2003 werd boerderij De Vechthoeve 300 m verplaatst vanwege de aanleg van de A1.
Waarom heeft deze vrachtwagen zo veel wielen?
En waarom liggen er staalplaten op de grond waar de vrachtwagen overheen rijdt?

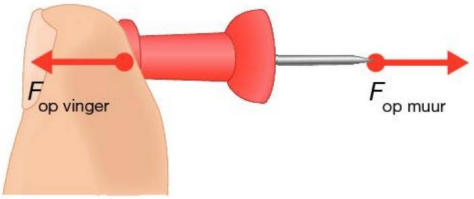
Je leert
- wat het verschil is tussen kracht en druk.

1.4 Druk

Kracht op een oppervlak
Een dokter hoeft niet hard te drukken om een naald in je huid te prikken. Zie figuur 1.20. Boven een bepaalde **druk** gaat de naald je huid in. Je spreekt van druk als een kracht zich kan verdelen over een oppervlakte.
De druk zo groot mogelijk maken is behalve bij een naald ook bij een punaise belangrijk. Je kunt vrij gemakkelijk een punaise in de muur drukken. Het doet geen pijn aan je vinger. De kracht op je vinger is *even groot* als die op de muur. Zie figuur 1.21.
De even grote kracht verdeelt zich bij je vinger over een grotere oppervlakte, waardoor de druk op je vinger *kleiner* is dan op de muur.
De druk kun je dus verkleinen door de oppervlakte te vergroten (of door de kracht te verkleinen) en omgekeerd.



1.20 De oppervlakte van de naald is heel klein; met een kleine kracht oefent de naald een grote druk op je huid uit en prikt erdoorheen.



1.21 Een punaise in de muur drukken

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

▶ Practicum 3

Rekenen met druk

De druk is de kracht die je uitoefent per oppervlakte van een vierkante meter. De druk bereken je met de formule:

$$p = \frac{F}{A}$$

met **p de druk (Engels: pressure) in newton per vierkante meter (N/m²)**
F de kracht in newton (N)
A de oppervlakte (Engels: area) in vierkante meter (m²)

De standaardeenheid van druk is N/m². Deze eenheid noem je ook wel pascal (Pa). Een andere eenheid is N/cm², waarbij geldt dat 1 N/cm² = 10 000 N/m² = 10 000 Pa.



1.22 Een brandweerman redt iemand die door het ijs is gezakt.

Voorbeeld 3: Rekenen aan druk

Een brandweerman redt iemand die door het ijs is gezakt. Zie figuur 1.22.

a Waarom ligt de brandweerman op het ijs en loopt hij niet gewoon?

De brandweerman heeft een massa van 80 kg. De oppervlakte van het plateau waarop hij ligt is 1,2 m².

b Bereken de druk die hij uitoefent op het ijs in N/m².

Uitwerking:

a Als de brandweerman ligt, verdeelt zijn zwaartekracht zich over een grotere oppervlakte en oefent hij een kleinere druk op het ijs uit. Hij zakt er dan minder snel doorheen.

b $F_z = m \cdot g = 80 \times 9{,}81 = 784{,}8$ N

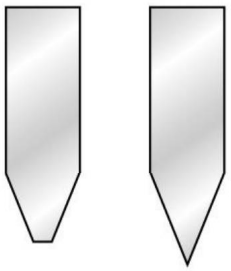
$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{784{,}8}{1{,}2}$$

$p = 654$ N/m²

Omgekeerd evenredig

Wanneer je een mes slijpt, verklein je daarbij het snijoppervlak. Zie figuur 1.23.
Als je bij het slijpen de oppervlakte 2× zo klein maakt, dan oefen je bij een gelijke kracht een 2× zo grote druk uit. Dit heet een **omgekeerd evenredig verband**. Als de ene grootheid n× zo groot wordt, wordt de andere grootheid n× zo klein en omgekeerd. Daardoor snijd je met een scherp mes gemakkelijker door een stuk vlees dan met een bot mes.



1.23 Een mes dat geslepen moet worden en een nieuw mes. Het snijoppervlak is na het slijpen kleiner. Daardoor kun je meer druk uitoefenen en gemakkelijker snijden.

Samengevat

De druk is de kracht die je uitoefent per oppervlakte van een vierkante meter. In formulevorm:

$$p = \frac{F}{A}$$

De druk en de oppervlakte zijn omgekeerd evenredig met elkaar. Als de oppervlakte n× zo klein wordt, wordt de druk bij gelijkblijvende kracht n× zo groot en omgekeerd.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

1.4 Opdrachten

A 38 M

Geef de formule voor druk en schrijf de betekenis van de grootheden met de bijbehorende eenheden op.

A 39 M

Maak de zin af.
Een grootheid is omgekeerd evenredig met een andere grootheid. Als je de ene grootheid 2× zo groot maakt, dan wordt de andere grootheid 2× zo ...

B 40

Neem onderstaande tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Bereken steeds de ontbrekende grootheid. Schrijf je berekening op.

kracht	oppervlakte	druk	druk
900 N	25 cm^2	... N/cm^2	Pa
450 N	0,050 m^2	... N/m^2	Pa
... N	6 cm^2	3,4 N/cm^2	Pa
... N	7 m^2	0,14 N/cm^2	Pa
60 N	... m^2	20 N/cm^2	Pa
150 N	... cm^2	750 N/m^2	Pa

B 41

Een meisje loopt op haar naaldhakken. Ze heeft een massa van 55 kg. De hakken hebben elk een oppervlakte van 2 cm^2. Bereken de druk (in N/m^2) onder de naaldhakken als het meisje stilstaat en geen kracht met haar tenen uitoefent.

B 42

Petra slaat met een kracht van 567 N op een beitel. De punt van de beitel heeft een oppervlakte van 0,27 cm^2.
a Bereken de druk die de beitel uitoefent.

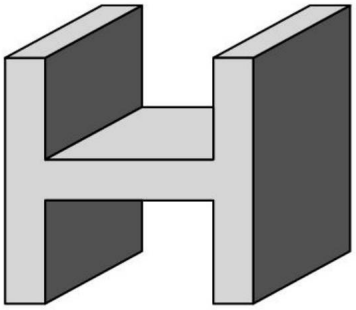
Een scherpe beitel werkt beter dan een botte, zelfs als je met dezelfde kracht slaat.
b Leg uit hoe dit komt.

B 43

Drie volle op elkaar gestapelde kratten bier hebben ieder een massa van 14,8 kg. Het grondoppervlak is 0,012 m^2. Bereken de druk die de kratten op de grond uitoefenen.

B 44

In de kolom hiernaast zie je een driedimensionale H-vormige kubus.



a Op welke kant moet je de kubus plaatsen voor de grootste druk: aan de voorkant, bovenkant of zijkant?
b Op welke kant moet je de kubus plaatsen voor de kleinste druk: voorkant / bovenkant / zijkant?

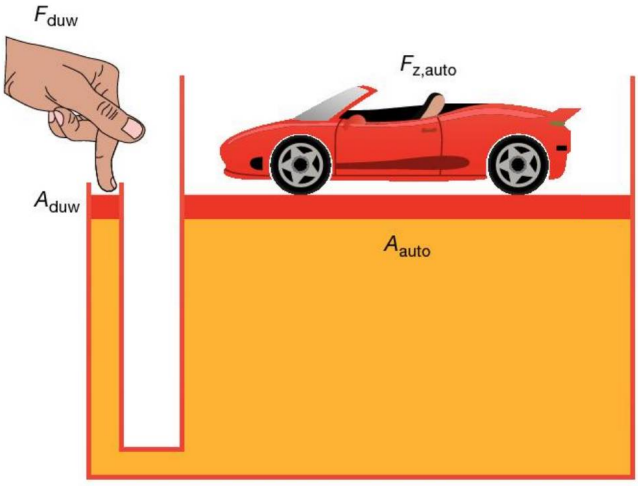
C 45 N

Annabella ligt op een spijkerbed. Het spijkerbed heeft één spijker per vierkante centimeter. Als Annabella ligt, bedekt zij een oppervlakte van 1800 cm^2.
a Bereken op hoeveel spijkers Annabella rust.

Annabella heeft een massa van 50 kg. De spijkerpunt heeft een oppervlakte van 0,0070 cm^2. De menselijke huid wordt doorgeprikt bij een druk van 69 N/cm^2.
b Bereken of Annabella's huid wordt doorgeprikt.
c Leg uit dat ze bij het bij het plaatsnemen moet oppassen.

C 46 N

Met een hydraulische lift kun je met weinig kracht een auto optillen. De lift is gevuld met olie (geel) die de druk doorgeeft. De druk op dezelfde hoogte is altijd gelijk.
Een auto met een massa van 1000 kg staat op een platform met oppervlakte A_{auto} = 9 m^2.



© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Je verplaatst de auto omhoog door op de oppervlakte A_{duw} = 0,010 m² te duwen.

a Bereken de kracht waarmee je moet duwen.

De olie in het reservoir is niet samendrukbaar.

b Bereken hoeveel je jouw kant omlaag moet drukken om de auto 1 meter omhoog te verplaatsen.

C 47

Een memory foam matras behoudt de vorm van wat erop ligt. Leg met behulp van het begrip druk uit hoe deze matras goede ondersteuning biedt.



C 48

Bij het plaatsen van de caravan op een camping legt deze vrouw een plankje onder de vier poten waar de caravan op steunt.



a Leg uit waarom zij dit plankje bij de poten gebruikt.

De caravan heeft een massa van 950 kg.

b Bereken de druk de die caravan op de grond uitoefent. Ga ervan uit dat de banden niet op de grond rusten. Schat daartoe de oppervlakte van het plankje op de foto. De poten passen gemakkelijk op de plankjes.

c Leg uit of de druk op de grond groter of kleiner zou zijn als de vrouw de plankjes niet had gebruikt.

+ 49 N

Als je op je fiets zit, worden je banden een beetje ingedrukt.

a Hoe groot is de massa van je fiets ongeveer?

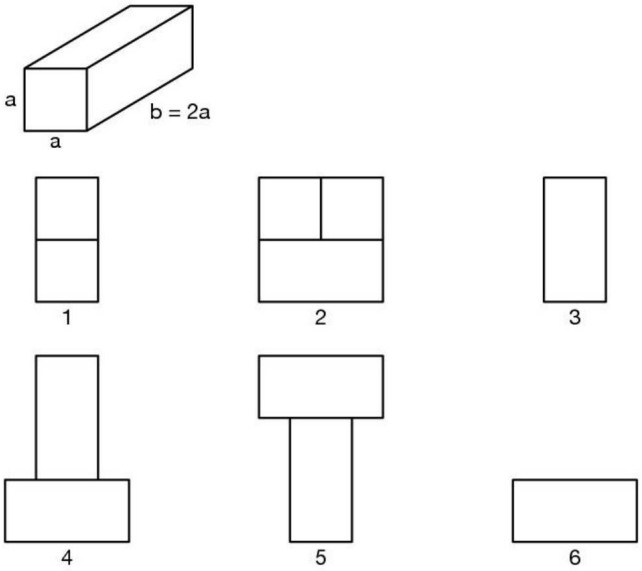
b Hoe groot is je eigen massa?

c Hoe groot is de oppervlakte waar je fiets inclusief jijzelf op steunt? Meet dit na als dat kan, maak anders een schatting.

d Hoe groot is de druk die je op de weg uitoefent als je fietst?

+ 50 N

Hieronder zie je een blok met twee zijden a en een derde zijde b = 2a. Van dit soort blokken zijn bouwwerken gemaakt waarvan de zijaanzichten hieronder zijn te zien. Ieder bouwwerk zorgt voor een bepaalde druk op de ondergrond. Situatie 1 is gebouwd met twee blokken, situatie 2 met vier blokken en situatie 3 met één blok.



a Zet de drie situaties 1 t/m 3 op volgorde van kleinste druk naar grootste druk op de ondergrond.

De situaties 4 t/m 6 zijn als volgt gebouwd: situatie 4 en 5 met twee blokken en situatie 6 met één blok.

b Zet ook deze situaties op volgorde van kleinste druk naar grootste druk zoals bij **a**.

Je kunt nu

- uitleggen hoe druk, kracht en oppervlakte samenhangen;
- berekeningen maken met $p = \frac{F}{A}$;
- voorbeelden noemen waarbij een grote druk en een kleine druk wenselijk zijn en aangeven hoe je dat voor elkaar krijgt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



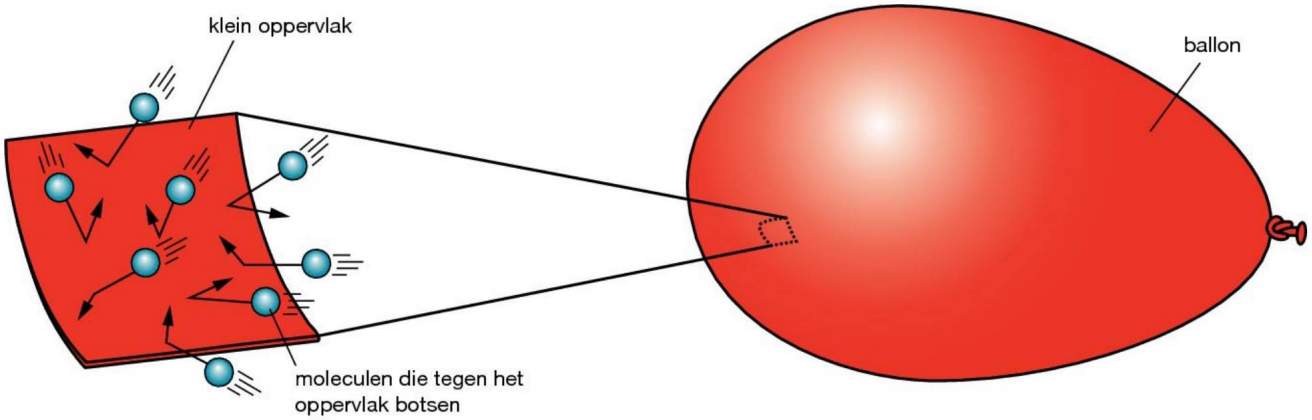
Discussievraag
Deze racefiets heeft hydraulische remmen. Je remt niet door aan een kabel te trekken, maar met behulp van een vloeistof.
Hoe werkt dat?

Je leert
- hoe groot de druk is die lucht en vloeistoffen uitoefenen.

1.5 Lucht- en vloeistofdruk

► Practicum 4

Luchtdruk
Hoe meer lucht je in een ballon blaast, hoe harder hij aanvoelt. De lucht in de ballon drukt steeds harder tegen de wand. Deze **luchtdruk** in de ballon ontstaat door botsende moleculen in de lucht. De moleculen van een gas zijn steeds in beweging. Ze bewegen alle kanten uit en elke keer als ze tegen de wand botsen, oefenen ze er een kracht op uit. Op elk stukje oppervlakte van die wand werkt dus een kracht. De moleculen oefenen dus ook druk uit op de wand. Zie figuur 1.24.



1.24 De botsende moleculen van de lucht in de ballon veroorzaken druk op de wand van de ballon.

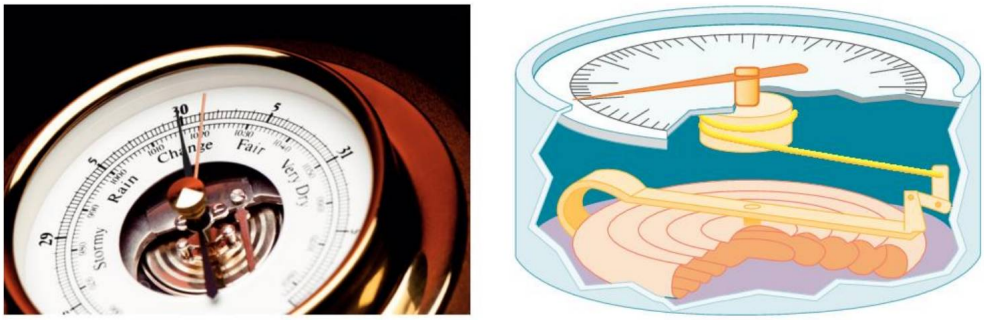
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De druk in de ballon is hoger dan de druk buiten de ballon. Je zegt in dat geval dat de ballon een **overdruk** heeft. De overdruk in de ballon zorgt voor een kracht op het oppervlak van de ballon naar buiten. Daarom staat de ballon bol.
De luchtlaag boven de jam in een nieuwe jampot heeft een **onderdruk**. Dit betekent dat de druk in de pot lager is dan daarbuiten. De overdruk van de lucht erbuiten drukt op het deksel en duwt hem naar binnen. Of ergens over- of onderdruk is, hangt dus altijd van de omgevingsdruk af.

Druk en volume

Als je lucht samenperst tot een kleiner volume, oefent de lucht een grotere druk op de wand uit. De moleculen zitten dan dichter op elkaar en botsen vaker tegen de wand. Het verband is omgekeerd evenredig: als het volume 2× zo klein wordt, wordt de druk 2× zo groot.
De grootte van de luchtdruk meet je met een **luchtdrukmeter**, ook wel barometer genoemd. In zo'n barometer zit een gegolfd doosje waar geen lucht in zit. Als de luchtdruk groter wordt, wordt het doosje ingedrukt en gaat de wijzer draaien. Zie figuur 1.25.
De luchtdruk om je heen, de buitenluchtdruk, varieert tussen de 95 000 en 105 000 N/m^2.
Er is nog een andere eenheid voor druk: de bar. 1 bar = 10 N/cm^2 = 100 000 N/m^2.
De buitenluchtdruk is dus ongeveer 1 bar.
Naarmate je verder van de aarde weggaat, wordt de luchtdruk kleiner. Dit komt doordat het aantal moleculen met toenemende hoogte afneemt: de lucht wordt ijler. Bergbeklimmers merken dat het op grote hoogte moeilijker is om voldoende zuurstof binnen te krijgen.



1.25 Een barometer. Als de luchtdruk stijgt, wordt het gegolfde doosje ingedrukt en draait de wijzer.

Vloeistofdruk

Als je gaat zwemmen en je duikt naar de bodem, dan doen je oren soms pijn. Hoe dieper je in het water komt, hoe groter de druk wordt. Deze druk komt bij de druk van de buitenlucht die altijd al op je oren werkt. De extra vloeistofdruk bereken je door:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

met **p de vloeistofdruk in newton per vierkante meter (N/m^2)**
ρ de dichtheid van de vloeistof in kilogram per kubieke meter (kg/m^3)
g 9,81 N/kg
h de diepte onder het wateroppervlak in meter (m)

Deze druk is een overdruk ten opzichte van de omgevingsdruk die aan het vloeistofoppervlak heerst. De **absolute druk** is het totaal van de omgevingsdruk plus de vloeistofdruk. De absolute druk kun je uitrekenen met:

$$p_{absoluut} = p_{vloeistof} + p_{omgeving}$$

met **$p_{absoluut}$ de absolute druk op de bodem van de vloeistof**
$p_{vloeistof}$ de vloeistofdruk, uit te rekenen met $\rho \cdot g \cdot h$
$p_{omgeving}$ de omgevingsdruk aan het oppervlak van de vloeistof

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Voorbeeld 4: Onder water
Je duikt 10 m diep het water in. Gegeven is dat de dichtheid van water (ρ_{water}) 1000 kg/m^3 is.
a Bereken de overdruk op je lijf als gevolg van het water.
b Wat is de absolute druk op je lijf?

Uitwerking
a $p = \rho \cdot g \cdot h$
$p = 1000 \times 9{,}81 \times 10$
$p = 98\,100$ N/m^2 = 0,98 bar
b $p_{absoluut} = p_{omgeving} + p = 1{,}0 + 0{,}98 = 1{,}98$ bar

Iedere 10 m die een duiker daalt, neemt de druk dus toe met ongeveer 1 bar. Op 40 m diepte is de druk met 4 bar gestegen ten opzichte van de buitenlucht. De druk is dan bijna 5 bar.

Vloeistoffen stapelen
Als je olie op water giet, blijft de olie drijven, zie figuur 1.26. De druk onder in de reageerbuis wordt niet alleen door het water veroorzaakt, ook door de olie. De overdrukken van de verschillende vloeistoffen kun je in zo'n geval apart uitrekenen en bij elkaar optellen.


1.26 Olie drijft op water.

Voorbeeld 5: Olie op water
De reageerbuis hiernaast bevat olie met een dichtheid van 900 kg/m^3 en water met een dichtheid van 1000 kg/m^3. De laag van de olie is 5 cm dik, de laag van het water is 2 cm dik. Bereken de absolute druk onder in de reageerbuis.

Uitwerking:
Gegeven: $\rho_{water} = 1000$ kg/m^3, $h_{water} = 0{,}02$ m, $g = 9{,}81$ N/kg
$\rho_{olie} = 900$ kg/m^3, $h_{olie} = 0{,}05$ m
Gevraagd: absolute druk = ?
Formule: $p = p_{olie} + p_{water} + p_{omgeving}$
Berekenen: $p = 900 \times 9{,}81 \times 0{,}05 + 1000 \times 9{,}81 \times 0{,}02 + 100\,000 = 106\,377$ N/m^2
$p = 1{,}06$ bar
Antwoord: De absolute druk is 1,06 bar.

Samengevat

Luchtdruk ontstaat doordat luchtmoleculen tegen wanden botsen. Hoe harder de botsing en hoe meer botsingen, hoe groter de druk. De druk meet je met een luchtdrukmeter.
Over- of onderdruk geeft aan of een druk hoger of lager is ten opzichte van de omgeving.
1 bar is 100 000 Pa. De omgevingsdruk is ongeveer 1,0 bar.
Als je onder water zit, merk je extra druk op je oren. Deze druk wordt veroorzaakt door de hoeveelheid water die loodrecht boven je zit. De extra vloeistofdruk kun je uitrekenen met de formule $p = \rho \cdot g \cdot h$.
De absolute druk reken je uit met de formule $p_{absoluut} = p_{vloeistof} + p_{omgeving}$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

+1.5 Opdrachten

A 51

Juist of onjuist?

a Moleculen in een gas bewegen niet.
b Als je lucht in een ballon samenperst, wordt de druk groter.
c De buitenluchtdruk is ongeveer 10 000 bar.
d De pijn in je oren bij duiken is op elke diepte even erg.

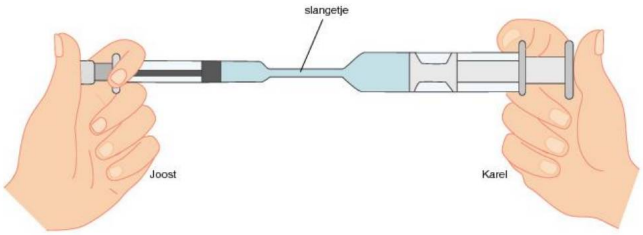
B 52

Geef in de volgende situaties aan of er sprake is van over- of onderdruk ten opzichte van de omgeving.

a Een chipszak staat hoog in de bergen bol.
b Een flesje is in een vliegtuig in elkaar gedrukt.
c Het ruimtestation ISS in de ruimte
d Een duikboot diep in de oceaan
e Je fietsband

B 53

Twee injectiespuiten zijn gevuld met water. Ze zijn via een slangetje met elkaar verbonden. Zie de figuur hieronder. Joost probeert de kleine spuit leeg te spuiten en Karel de grote spuit. Joost en Karel zijn even sterk.



Wie zal er winnen en waarom?

B 54

Een duiker bevindt zich op 25 m diepte onder water.

a Bereken hoe groot de extra druk op zijn lichaam is.

De druk die de duiker op zijn lijf voelt, is gelijk aan deze druk plus de druk van de buitenlucht.

b Bereken de grootte van de totale druk op zijn lichaam.
c Leg uit of deze druk op dezelfde diepte in zout water groter of kleiner is.

B 55

In de petfles op de foto zijn gaatjes gemaakt. Verklaar waarom de waterstralen verschillend van vorm zijn.



C 56

Een zuignap met een oppervlakte van 11 cm^2 is vlak gedrukt tegen een tegel, zonder dat er lucht tussen de tegel en de zuignap zit. Je probeert de zuignap los te trekken met een unster. Bij een kracht van 105 N komt de zuignap los. Bereken de luchtdruk.

C 57 **N**

Het glas van deze telefoon wordt met een zuignap opgetild. Er is een kracht van 40 N nodig om de glasplaat uit zijn behuizing te trekken.

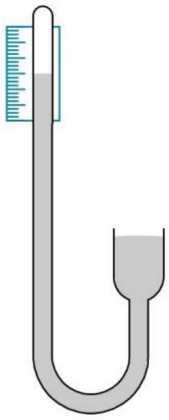


Bereken hoe groot de oppervlakte van de zuignap minimaal moet zijn om de glasplaat uit zijn behuizing te trekken.

C 58 **N**

Je kunt een kwikbarometer zoals hiernaast is weergegeven gebruiken om de luchtdruk te meten. Het afgesloten compartiment boven het kwik is vacuüm.

a Leg uit waarom de vloeistofdruk van het kwik links er niet voor zorgt dat het kwik er rechts uit loopt.

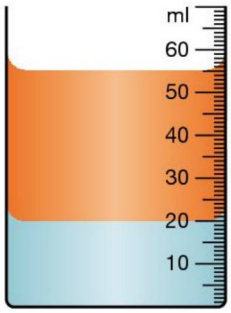


© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Een hoge druk resulteert in mooi weer.
b Leg uit of het kwikniveau bij mooi weer hoog of laag is.

C 59
In een bekerglas zit paraffineolie ($\rho_{paraffinolie}$ = 0,90 g/mL) en daaronder water (ρ_{water} = 1,0 g/mL), zie de figuur.
a Bereken de massa van het water en de olie samen.



Het bekerglas heeft een bodemoppervlakte van 10 cm^2.
b Bereken met behulp van de totale massa de druk van de vloeistoffen op de bodem.
c Bereken de hoogte van de beide vloeistoffen in meter.

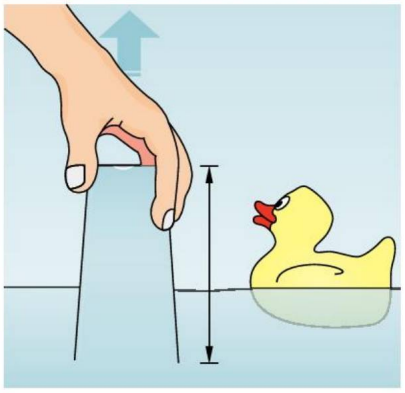
In andere eenheden heeft paraffineolie een dichtheid van $\rho_{paraffineolie}$ = 900 kg/m^3 en water ρ_{water} = 1000 kg/m^3.
d Bereken de vloeistofdruk van beide vloeistoffen.

De maatcilinder wordt overgegoten in een smallere maatcilinder met een bodemoppervlakte van 5 cm^2.
e Leg uit dat je antwoord bij **b** niet kan veranderen.
f Leg uit wat er in je berekening bij **d** zal veranderen zodat het eindantwoord niet verandert.

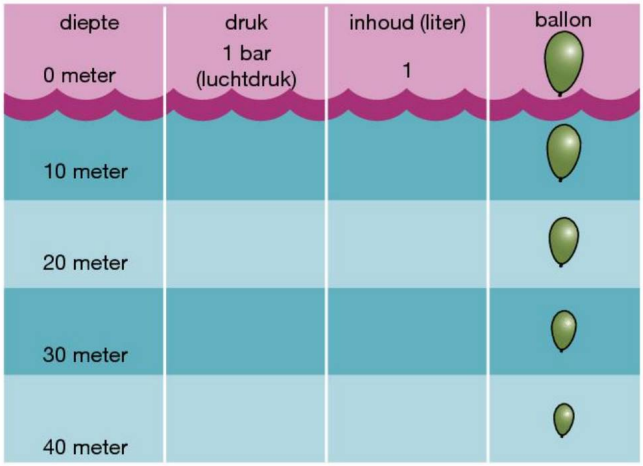
+ 60
Als je een wijnfles 300 m mee onder water neemt, is de druk van het water genoeg om de kurk terug de fles in te duwen.
De dichtheid van zout water is 1025 kg/m^3.
a Bereken de druk van het water op deze diepte.

De lucht in de wijnfles heeft aan de oppervlakte een overdruk van 6,0 bar.
b Bereken op welke diepte er een druk van 6 bar heerst.
c Geef een verklaring waarom de kurk pas op een veel grotere diepte de fles in wordt gedrukt.

+ 61 N
Als je een glas ondersteboven uit het water haalt, blijft er water in het glas zolang het glas niet volledig uit het water is. Zie de figuur hieronder. Verklaar dit.



+ 62 N
In deze figuur zie je hoe de grootte van de druk onder water is en wat dit doet met de grootte van een ballon.



Als de druk 5× zo groot wordt, dan wordt het volume 5× zo klein.
a Hoe heet een dergelijk verband?

De tabel is niet compleet.
b Neem de tabel over en maak de kolom voor de druk compleet.

Hoe dieper de ballon komt, hoe kleiner hij wordt.
c Maak de kolom voor het volume van de ballon compleet.

Je kunt nu

- uitleggen waarom er luchtdruk is en hoe je deze kunt meten;
- uitleggen wanneer er sprake is van over- en onderdruk;
- de grootte van de druk op een bepaalde diepte in de vloeistof uitrekenen;
- uitrekenen wat de totale druk is.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Practica

1 Meten aan hefbomen

► **45 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

In het dagelijks leven gebruik je allerlei hefbomen zoals een notenkraker, een pincet of een breekijzer. Bij een hefboom wil je meestal een zo groot mogelijke werkkracht realiseren bij een zo klein mogelijke spierkracht. Met een ongelijke wip en drie massa's bekijk je hoe je dat voor elkaar krijgt.

Onderzoeksvraag

Welk verband is er tussen de lengte van de arm en de benodigde kracht bij een hefboom?

Voorspelling

Noteer wat je denkt dat het verband is tussen de lengte van de arm en de verhouding tussen de zwaartekracht op de massa's.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- driehoekig blok
- lange lat
- drie massa's: 100 g, 50 g en 20 g
- liniaal



1. Maak van het driehoekige blokje en de lat een ongelijke wip.
2. Zet aan de linkerkant een massa van 100 g op de wip.
3. Zet aan de rechterkant vlakbij het draaipunt een massa van 50 g op de wip en schuif deze massa naar rechts totdat de wip in evenwicht is.
4. Als de wip in evenwicht is, meet je aan beide kanten de arm. Dit is van het draaipunt tot midden onder de massa.
5. Vervang de massa van 50 g door een massa van 20 g.
6. Schuif deze massa weer naar rechts tot de wip weer in evenwicht is.
7. Meet bij het evenwicht weer de armen op.
8. Controleer of $(F \cdot r)_{\text{linksom}} = (F \cdot r)_{\text{rechtsom}}$ hier opgaat.

Vragen

a Bij wat voor soort werktuigen is de werkkracht kleiner dan de spierkracht?
b Waarom is het toch zinvol om zo'n werktuig te gebruiken?
c Als $(F \cdot r)_{\text{linksom}} = (F \cdot r)_{\text{rechtsom}}$ niet goed uitkomt, waar zou dat aan kunnen liggen? Wat zou de invloed van het latje kunnen zijn?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2 Werken met een katrol en een takel

► 30 minuten leerlingpracticum

Inleiding

In het dagelijks leven worden katrollen en takels gebruikt om dingen op te hijsen. Er zijn vaste katrollen die zijn vastgemaakt aan een punt en losse katrollen die meebewegen met de last. Door een vaste en losse katrol te combineren krijg je een takel. Je werkt met een katrol en een takel waarbij je de hijskracht bepaalt met een veerunster en kijkt naar de benodigde lengte touw.

Onderzoeksvraag

Welk verband is er tussen de hijskracht en de benodigde lengte touw bij het gebruik van een katrol en een takel?

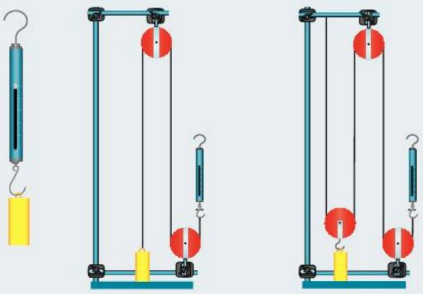
Voorspelling

Wat denk je dat het verband is tussen de hijskracht en de benodigde lengte touw bij het gebruik van een katrol en een takel?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- statief
- twee extra stukjes staaf
- vier kruiskoppelingen
- veerunster 1 N
- losse katrol
- twee vaste katrollen
- een massa 25 g
- liniaal
- touw



1 Meet eerst de zwaartekracht op de massa met behulp van de veerunster.
2 Bouw de opstelling zoals in de tweede figuur is afgebeeld met het statief, de extra stukken stang, de koppelingen en de vaste katrollen. Je gebruikt twee vaste katrollen om ervoor te zorgen dat je met de veerunster omhoog kunt hijsen. Dan heeft de zwaartekracht op de veerunster geen invloed op de gemeten werkkracht.
3 Maak het touw aan de massa vast en hang het over de bovenste vaste katrol. Haal het touw door de onderste vaste katrol en maak de veerunster aan het andere uiteinde vast.
4 Markeer de plaats van het touw zodat je kunt meten hoeveel touw je bij het ophijsen gebruikt.
5 Hijs de massa met een gelijkmatige snelheid op en lees de kracht op de veerunster af.
6 Laat de massa vervolgens 10 cm boven het tafeloppervlak hangen. Meet hierbij de hoeveelheid touw die je hebt gebruikt om de massa zo hoog op te hijsen.
7 Maak de massa los van het touw en hang hem aan de losse katrol. Haal het touw door de losse katrol en maak het vast boven aan bij het statief. Je hebt nu de opstelling zoals in de derde figuur is afgebeeld.
8 Hijs de massa met een gelijkmatige snelheid op en lees de kracht op de veerunster af.
9 Laat de massa vervolgens 10 cm boven het tafeloppervlak hangen. Meet hierbij de hoeveelheid touw die je hebt gebruikt om de massa zo hoog op te hijsen.

Vragen

a Je hebt gezien dat gebruik van vaste katrollen de werkkracht niet vergroot. Waarbij is het toch gemakkelijk om er een te gebruiken?
b Als je heel nauwkeurig hebt gemeten, zie je dat je bij het gebruik van de vaste katrollen zelf een iets grotere werkkracht nodig hebt dan zonder katrollen. Waar ligt dit aan?
c Als je de verhoudingen tussen de touwlengtes en de werkkracht vergelijkt, kloppen je metingen dan met de theorie?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3 Druk op een zuignap

► 30 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Als je een zuignap op een vlak oppervlak drukt en daarna loslaat, blijft hij hangen. Dit komt doordat de lucht met een bepaalde druk tegen de zuignap duwt. Door te bepalen wat de benodigde kracht is om de zuignap los te trekken en wat het oppervlak van de zuignap is, kun je deze (lucht)druk berekenen.

Onderzoeksvraag

Wat is de druk waarmee de lucht tegen een zuignap duwt?

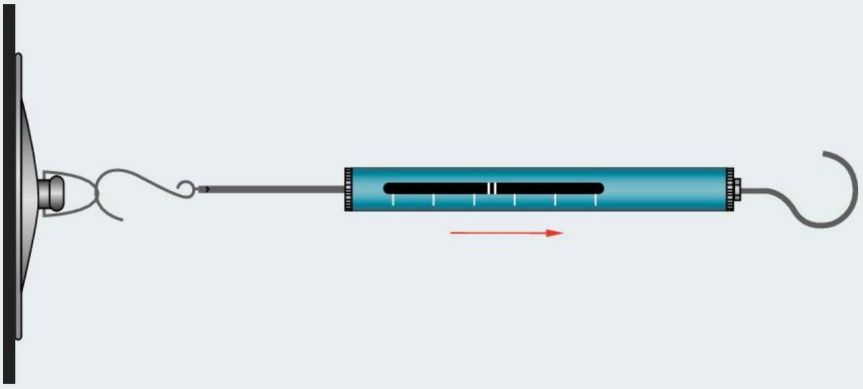
Voorspelling

Noteer wat volgens jou de luchtdruk zal zijn.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- zuignap
- veerunster
- schuifmaat



1 Druk de zuignap stevig op een vlakke ondergrond vast. Zorg dat er geen lucht meer onder zit.
2 Meet met de schuifmaat de diameter van de zuignap.
3 Haak de veerunster in het oog van de zuignap en trek er langzaam steeds harder aan tot de zuignap losschiet. Probeer zo nauwkeurig mogelijk de kracht te bepalen die je daar voor nodig hebt. Maak eventueel een filmpje met je mobiel of tablet zodat je deze situatie nog een keer kunt bekijken.
4 Bereken uit de diameter van de zuignap de straal (r), en bereken het oppervlak (A) met de formule $A = \pi \cdot r \cdot r$ (in cm^2).
5 Bereken uit de kracht en het oppervlak de druk in N/cm^2.

Vragen

a Komt je uitkomst enigszins overeen met de waarde voor de luchtdruk die een barometer aangeeft?
b Als je twee zuignappen op elkaar drukt, hoeveel kracht is er dan nodig om ze van elkaar te trekken? (Probeer het maar eens uit.)

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4 Lucht- en vloeistofdruk

► 20 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Als je een luchtbel onder water hebt, is de luchtdruk in deze bel hetzelfde als de waterdruk. Als de waterdruk verandert, heeft dat ook invloed op de luchtbel. Je gebruikt dit bij het maken van een 'cartesiaanse duiker'.

Onderzoeksvraag

Wat gebeurt er met een luchtbel onder water als de waterdruk verandert?

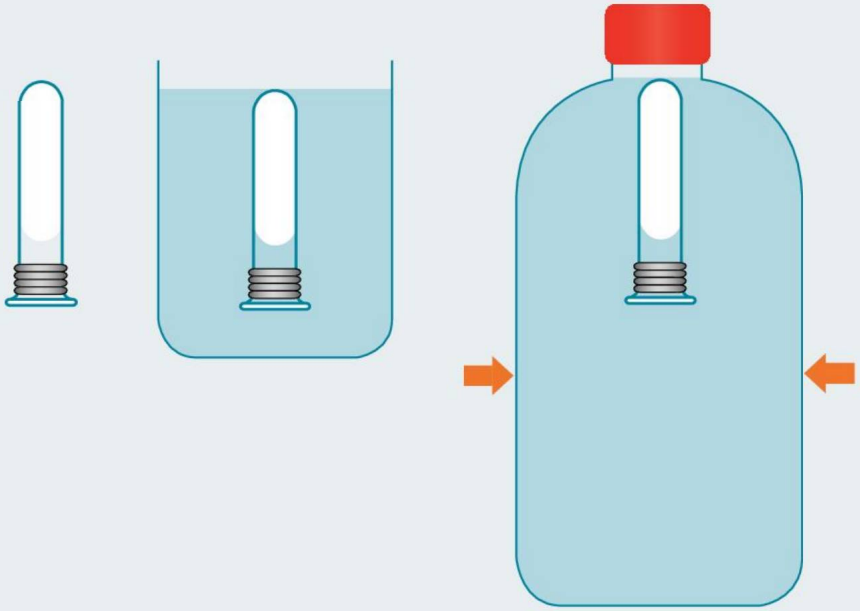
Voorspelling

Noteer wat er met een luchtbel zal gebeuren als de waterdruk hoger wordt.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- reageerbuisje
- ijzerdraad
- kniptang
- bekerglas
- petfles
- water



1. Neem een klein reageerbuisje en wikkel er een stuk ijzerdraad omheen.
2. Vul het bekerglas met water en laat het reageerbuisje erin zakken. Kijk wat er gebeurt.
3. Als het reageerbuisje zinkt, knip dan een stukje van het ijzerdraad af. Steekt het reageerbuisje een stuk boven water uit, wikkel er dan wat meer ijzerdraad om. Zorg ervoor dat het buisje net blijft drijven.
4. Vul de petfles met water, laat het reageerbuisje in de fles zakken en draai de dop op de fles.
5. Kijk wat er gebeurt als je zachtjes in de fles knijpt en zo de waterdruk verhoogt. Kijk wat er gebeurt als je hard knijpt. Let vooral ook op de luchtbel.

Vragen

a Probeer een verklaring voor je waarnemingen te geven.
b Bedenk een leuke goocheltruc met deze duiker.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Oefentoets

Juist of onjuist?

1 Het draaipunt is altijd het punt waar de spierkracht werkt.

2 Hoe langer de arm van de spierkracht bij een hefboom, hoe groter de werkkracht die je kunt uitoefenen.

3 Een takel bestaat uit een combinatie van vaste katrollen.

4 Tandwielen die via een niet-gekruiste ketting zijn verbonden, draaien in dezelfde richting rond.

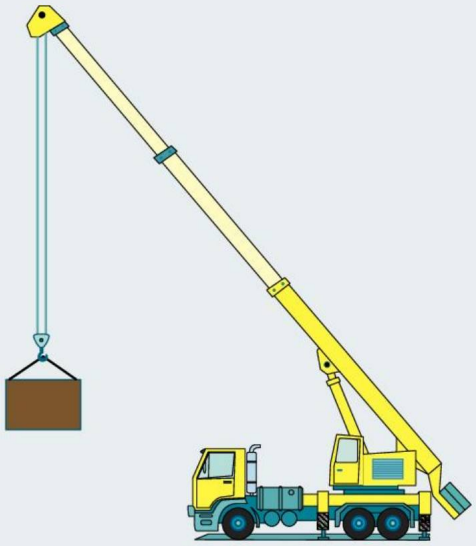
5 In $p = \frac{F}{A}$ is de druk recht evenredig met de oppervlakte waar de kracht op werkt.

Hijskraan

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

6 Arceer de positie van het steunvlak.

7 Geef met een dubbele pijl in de figuur aan in welk gebied het zwaartepunt zich moet bevinden om stabiel te staan.



De kraan laat zijn arm zakken om de kist verder voor zich op de grond te kunnen plaatsen. De kraan kan niet alle lasten even ver voor zich uit op de grond plaatsen.

8 Leg dit uit.

Schoenen

Je staat op de grond. Je schoenen hebben elk een oppervlakte van 200 cm^2. Je massa is 55 kg.

9 Bereken de kracht die je op de grond uitoefent.

10 Bereken de kracht die je per m^2 uitoefent.

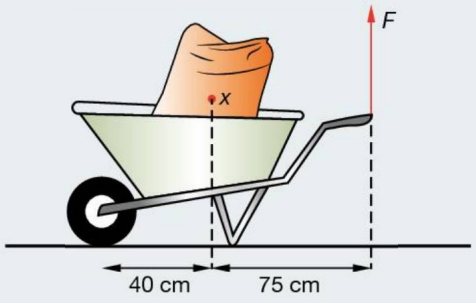
11 Hoe groot is de druk?

Er komt iemand naast je staan die 1,5 keer zo zwaar is en wiens schoenen een oppervlakte van 220 cm^2 hebben.

12 Leg uit of de druk die deze persoon op de grond uitoefent groter of kleiner is dan jouw druk.

De kruiwagen

Een tuinman heeft een zak aarde op zijn kruiwagen liggen. De massa van de kruiwagen en de zak is samen 90 kg. Het zwaartepunt van de kruiwagen en de zak samen is aangegeven met een *X*.



13 Bereken de spierkracht die de tuinman moet uitoefenen om de kruiwagen aan één kant op te tillen.

De tuinman wil een tweede zak aarde meenemen.

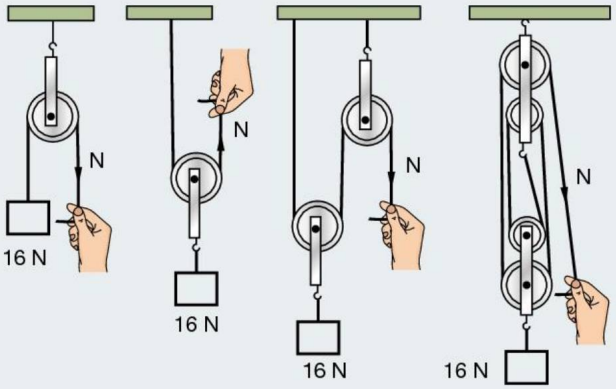
14 Leg uit of de tuinman deze zak het beste *op* of *achter* de eerste zak kan leggen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Katrollen

Een voorwerp met een zwaartekracht van 16 N wordt op vier manieren opgetild.



15 Bereken in elke situatie de spierkracht die je moet uitoefenen.

Auto

De banden van een auto worden door de massa van de auto wat ingedrukt. Het contactoppervlak van een band met de weg is 25 cm bij 8,0 cm.

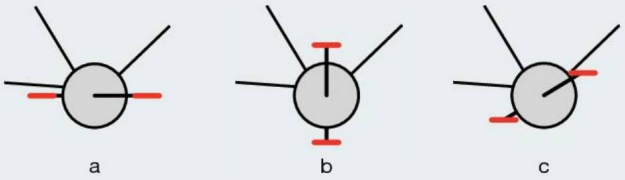
16 Bereken de totale contactoppervlakte van de auto in m^2.

Als de auto op een krik staat en de banden geen contact met de weg maken, is de druk in de banden 1,51 bar. Zodra de auto zelfstandig op de weg staat is de druk 1,66 bar.

17 Bereken de massa van de auto.

Fietsen

Bekijk de figuur hiernaast.



18 In welke stand van de trappers kun je het beste wegfietsen? Geef uitleg bij je antwoord.

A stand a **C** stand c
B stand b **D** Dit maakt niet uit.

Het voorste tandwiel van de fiets heeft 40 tandjes, het achterste tandwiel 15.

19 Bereken hoeveel rondjes het achterwiel ronddraait als je één keer met de trappers rondgaat.

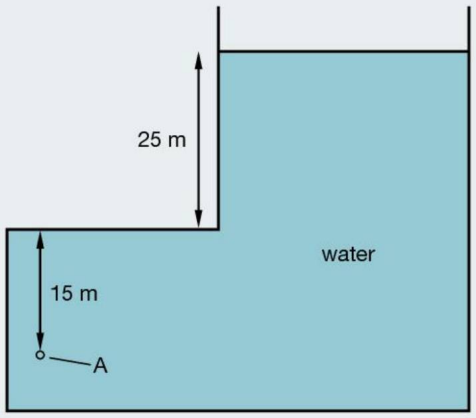
De achterband heeft een omtrek van 2,20 m.

20 Bereken het verzet van de fiets.

Duiken

De figuur hiernaast stelt het zijaanzicht van een zwembad voor duikers voor.

+21 Toon aan dat de druk bij A 392 kN/m^2 groter is dan boven water.

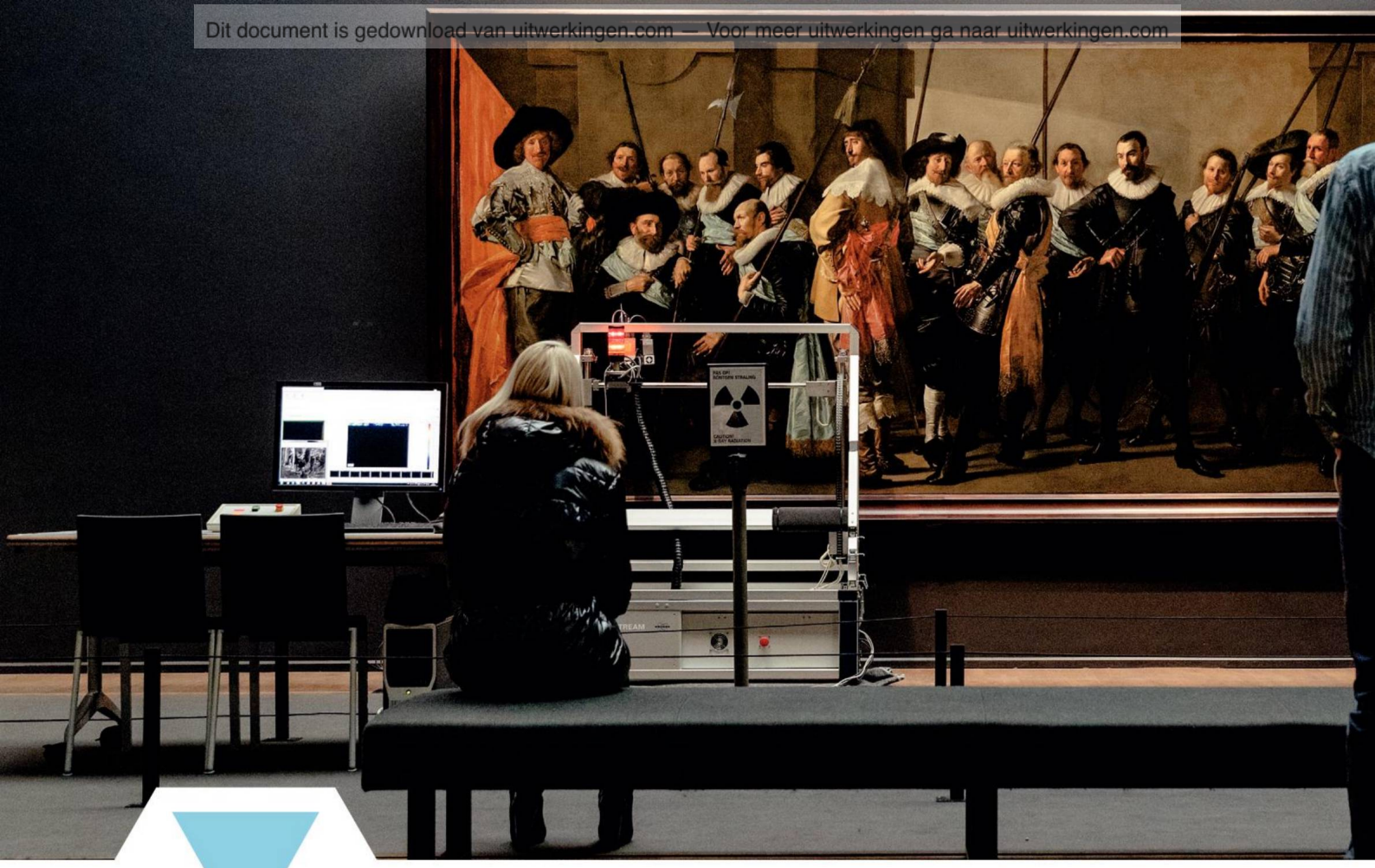


Quirine duikt het water in en zwemt naar punt A. Ze heeft een duikbril op en het glas heeft een oppervlakte van 125 cm^2. De luchtdruk buiten het zwembad is 1,0 bar.

+22 Bereken de kracht die het water op het glas uitoefent.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



2 Straling

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Frans Hals begon in 1637 aan het schilderij *De Magere Compagnie*. Hij maakte dit werk niet zelf af. Nu wordt het schilderij met röntgenstraling onderzocht. De straling laat de samenstelling van de verf zien. Zo kunnen onderzoekers nagaan welke stukken met gelijke verf zijn geschilderd en wie welke stukken schilderde.

Paragraaf	Practica
2.1 Elektromagnetische straling	
2.2 Het atoom	**1** De halveringstijd van schuim **2** Het verval van een punaise
2.3 Gevaren van straling	
2.4 Straling gebruiken	
+2.5 De kerncentrale	
Oefentoets	

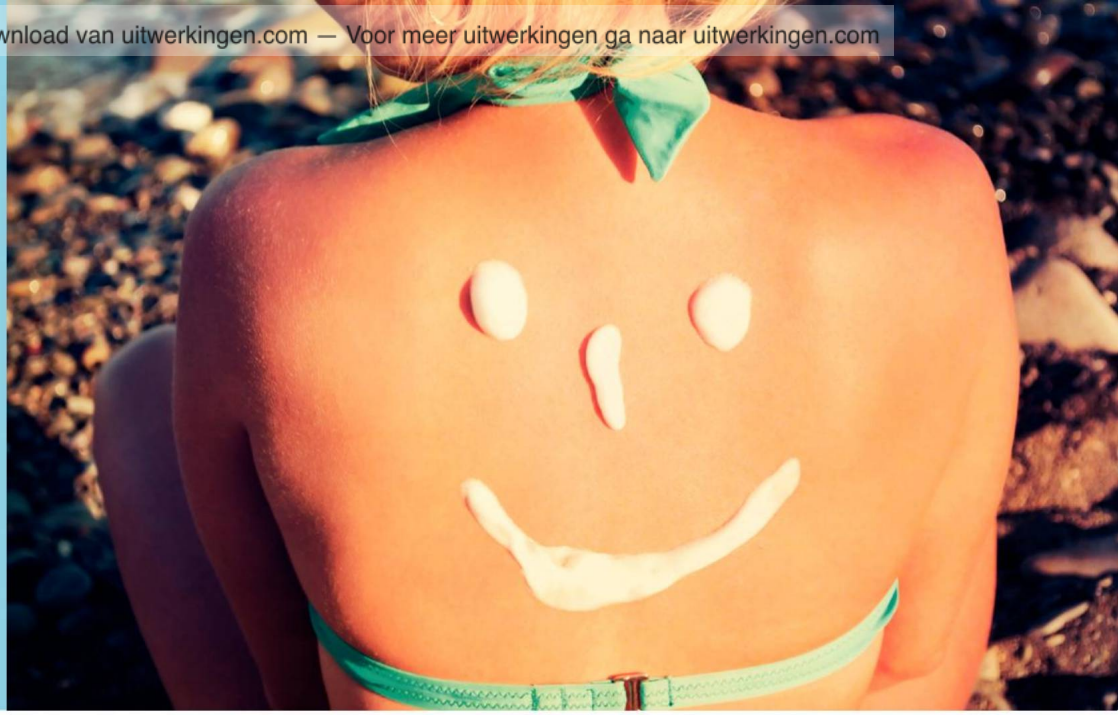
Overal online

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
Als je lang ligt te zonnen loop je kans te verbranden. Je kunt dit voorkomen door zonnebrandcrème op je huid te smeren.
Wat doet zonnebrandcrème met de straling die van de zon komt?



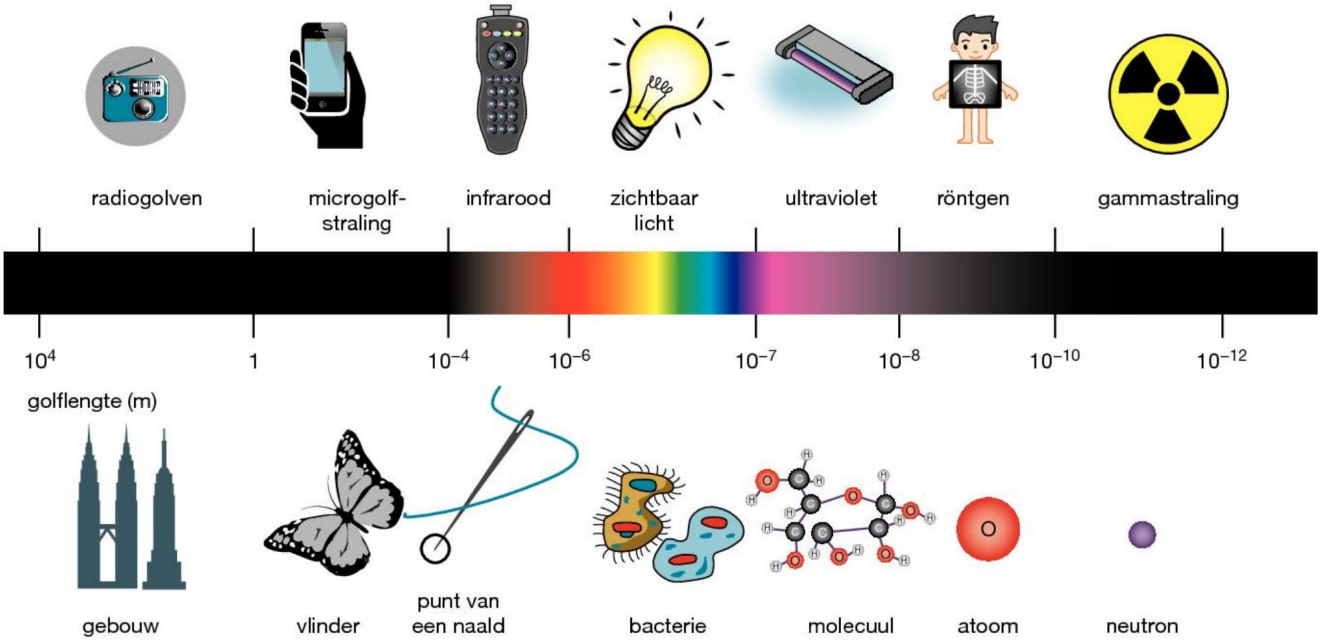
Je leert
- welke soorten straling er bestaan.

2.1 Elektromagnetische straling

Het elektromagnetisch spectrum
De straling die van de zon komt kan lekker warm aanvoelen en kan je huid bruin maken. Deze straling bestaat uit verschillende soorten **elektromagnetische straling**. Dit is een verzamelnaam voor allerlei soorten straling: licht, radiogolven, microgolvenstraling, enzovoort. Al deze soorten straling zie je terug in het **elektromagnetisch spectrum**. Zie figuur 2.1. De stralingssoorten in het elektromagnetisch spectrum zijn:
- **Radiogolven**. Veel apparaten gebruiken deze straling om informatie uit te wisselen. Je radio en je gps maken hiervan gebruik.
- **Microgolfstraling**. Je mobiele telefoon gebruikt deze straling, onder andere voor het telefoneren en voor contact met wifi. De magnetron verwarmt er eten mee.
- **Ir-straling** (infrarood). Dit is warmtestraling en is een onderdeel van de straling van de zon. Met ir-straling kun je ook informatie overdragen, zoals met een afstandsbediening.
- **Zichtbaar licht**. Dit is straling die voor mensen zichtbaar is.
- **Uv-straling** (ultraviolet). Dit is de straling van de zon waar je bruin van wordt, maar die je huid ook kan beschadigen. Uv-straling kom je op meer plekken tegen, zoals in blacklight en in een apparaat waarmee je controleert of bankbiljetten vals zijn.
- **Röntgenstraling**. Hiermee kun je botbreuken zichtbaar maken.
- **Gammastraling**. Dit is straling die sommige deeltjes spontaan uit kunnen zenden. In het ziekenhuis worden deze deeltjes soms in je bloedbaan gespoten. De gammastraling die ze uitzenden, kun je meten. Je kunt zo de baan van je bloed volgen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

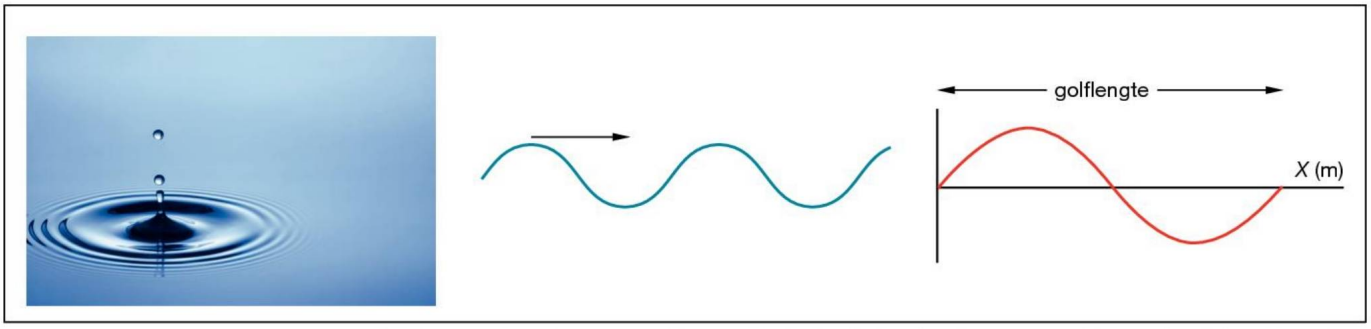


2.1 Het elektromagnetisch spectrum met alle stralingssoorten, hun golflengte en een object van vergelijkbare grootte

Golflengte en machten van tien

Radiogolven kun je niet zien, je hebt een grote antenne nodig om ze op te vangen. Zichtbaar licht kun je wel met de 'antennes' in je ogen zien, maar niet met de antenne van je radio. Toch zijn het allebei elektromagnetische golven. Het verschil is dat de grootte van de antennes moet passen bij de grootte van de golven. De grootte van de golf wordt de **golflengte** genoemd. Die wordt uitgedrukt in meter, zie figuur 2.2. Je spreekt van radiogolven bij golflengtes tussen de 10 000 m en 1 m. Om te voorkomen dat je zo veel nullen op moet schrijven, maak je gebruik van **machten van tien**. 10 000 m is $1 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10$ m en dit kun je schrijven als $1 \cdot 10^4$ m. Zo kun je 420 km ook omschrijven in machten van tien: 420 km = $420 \cdot 10^3$ m = $4{,}2 \cdot 10^5$ m.

Dit werkt ook voor kleine getallen: 0,000 15 m = $1{,}5 \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} = 1{,}5 \cdot 10^{-5}$ m.



2.2 Een waterdruppel veroorzaakt een golf in het water. De lengte van een golfpatroon heet de golflengte.

Fotonen en energie

Onder een zonnebank kun je verbranden, maar onder een infraroodlamp om pijnlijke spieren op te warmen niet. Blijkbaar is uv-straling schadelijker voor je huid. Elektromagnetische straling bestaat uit **fotonen**. Fotonen zijn stralingspakketjes die **stralingsenergie** bevatten. Dit is de energie die het foton met zich mee draagt. Uv-fotonen dragen meer energie met zich mee dan infrarode fotonen. Dit komt doordat de uv-straling een kleinere golflengte heeft

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

dan infraroodstraling. Hoe kleiner de golflengte van de straling, hoe groter de stralingsenergie. Deze energie kan de volgende gevolgen voor je hebben:

- Radiogolven, microgolvenstraling en infraroodstraling hebben maar heel weinig energie. Een radiofoton is niet gevaarlijk voor je.
- Uv-straling kan gezond voor je zijn: je huid wordt bruin en in de huid wekt ze de productie van vitamine D op. Je moet echter de blootstelling aan uv-straling beperkt houden. Te veel uv-straling kan je huid verbranden en kan kankerverwekkend zijn.
- Röntgenstraling kan door het zachte weefsel in je lichaam heen doordat de pakketjes veel energie hebben. Je botten hebben een grotere dichtheid; de röntgenstraling heeft niet genoeg energie om door je botten heen te gaan. Zie figuur 2.1. Een enkele röntgenfoto kan geen kwaad, maar als je te veel röntgenstraling ontvangt, kunnen moleculen in je lichaam beschadigd raken. Ook dit kan tot kanker leiden.
- Gammastraling bestaat uit nog grotere energiepakketjes waarvan de meeste door je lichaam gaan. Gammastraling kan daarbij schade in je lichaam aanrichten; je moet de blootstelling aan gammastraling dan ook tot een minimum beperken.

Fotonen van een uv-lampje hebben meer energie dan de fotonen van de zon. Toch is de intensiteit van het zonlicht hoger. Het zonlicht bevat veel meer fotonen dan het uv-lampje. De totale energie van de elektromagnetische straling hangt af van de hoeveelheid fotonen. De totale energie die je per seconde van alle fotonen samen ontvangt, noem je het **vermogen**.

Stralingsbronnen

Er zijn veel verschillende bronnen van elektromagnetische straling. De stralingsbronnen die in de natuur voorkomen, heten **natuurlijke stralingsbronnen**. Stralingsbronnen die door de mens zijn gecreëerd, heten **kunstmatige stralingsbronnen**. Zendmasten wekken straling op door een elektrische stroom in een antenne steeds snel heen en weer te laten gaan. De lengte van de antenne bepaalt de uiteindelijke golflengte. Op deze manier kun je radiogolven, maar ook microstraling opwekken. Niet alleen een zendmast, maar ook je mobiele telefoon en wifi-zender wekken zo radiostraling op.

Hete stoffen zenden straling uit. Hoe hoger de temperatuur van een stof, hoe groter de stralingsenergie van de uitgezonden straling. De mens is ook een stralingsbron. Bij lichaamstemperatuur wordt vooral infraroodstraling uitgezonden. Als de temperatuur stijgt, zenden de stoffen eerst voornamelijk rood licht uit (ze worden 'roodgloeiend'). Bij nog hogere temperaturen wordt van alle kleuren ongeveer evenveel straling uitgezonden en is een stof 'witheet' geworden. Het licht van een gloeilamp is wit omdat de gloeidraad zeer heet is. Uv-straling en röntgenstraling kunnen bij heel hoge temperaturen ontstaan, bijvoorbeeld in de zon. Als je een buis met gas onder een spanning zet, kun je straling opwekken. In een spaarlamp en een tl-buis kun je zo zichtbaar licht maken. Hoe hoger de spanning, hoe groter de stralingsenergie van de uitgezonden straling. Op deze manier wordt in een röntgenbuis onder hoge spanning röntgenstraling opgewekt.
Sommige stoffen zenden van zichzelf straling uit. Dit gebeurt met stoffen die zich op aarde bevinden. Hierbij ontstaat onder andere gammastraling. Vaak komt er ook nog een ander soort straling vrij die geen elektromagnetische straling is. Om dit te begrijpen moet je eerst meer weten over waaruit moleculen zijn opgebouwd.

Samengevat

Het elektromagnetisch spectrum bestaat uit verschillende typen straling: radio, microgolf, infrarood, zichtbaar licht, ultraviolet, röntgen en gammastraling.
Heel grote of kleine getallen schrijf je met behulp van machten van tien.
Elektromagnetische straling bestaat uit fotonen.
De verschillende stralingssoorten hebben hun eigen golflengtes.
Hoe kleiner de golflengte, hoe hoger de stralingsenergie van de fotonen.
Het vermogen is de totale hoeveelheid stralingsenergie per seconde.
Er bestaan natuurlijke en kunstmatige stralingsbronnen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2.1 Opdrachten

A 1 M

Juist of onjuist?

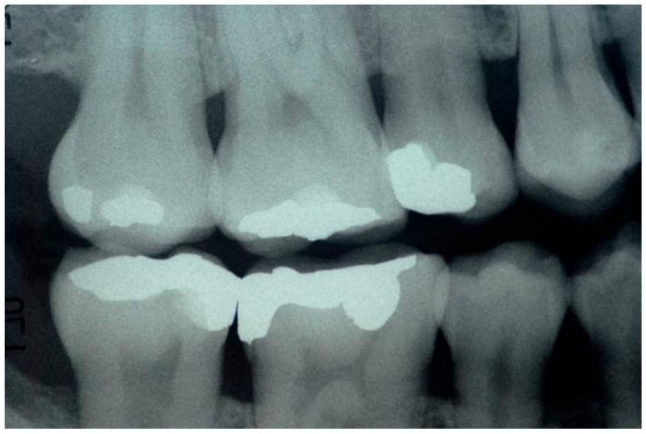
a Infrarode straling is geen elektromagnetische straling.
b Microgolfstraling heeft meer stralingsenergie dan radiogolven.
c Uv-straling is altijd gevaarlijk voor je.
d Hoe groter de golflengte, hoe groter de stralingsenergie.

A 2

a Leg uit wat het elektromagnetisch spectrum is.
b Leg uit waarom röntgenstraling gemakkelijker door je huid dan door je botten gaat.
c Leg uit wat een foton is.

B 3

Op de foto hieronder zie je een röntgenfoto die bij de tandarts is gemaakt.



Tristan zegt: 'Deze foto laat eigenlijk de schaduw van de tanden onder röntgenlicht zien.'

a Leg uit dat Tristan hierin gelijk heeft.
b Leg uit of de schaduw is te zien in de witte, of in de donkere delen van de foto.
c Leg uit wat de allerwitste stukken op de foto voorstellen.

B 4

Een stoplicht heeft lampen die rood, oranje en groen licht geven.
Zet de kleuren licht op volgorde van stralingsenergie. Begin met de meeste en eindig met de minste stralingsenergie.

B 5 M

Lava kan verschillende kleuren hebben. De kleur hangt af van de temperatuur van de lava.
Leg uit wat de hoogste temperatuur heeft, gele of rode lava.

B 6

Schrijf de volgende golflengtes op in machten van tien.

a 4300 m
b 0,0015 m
c 31,02 cm
d 270 km

C 7

Een camera heeft een 390 nm (10^{-9} m) filter.
Leg uit aan welke kant van het visuele spectrum dit filter licht tegenhoudt, de rode of de paarse kant.

C 8

Een infrarode led en een uv-led zenden het zelfde stralingsvermogen uit. Leg uit welke led de meeste fotonen per seconde uitzendt.

+ 9 N

Zonnebrandcrème filtert de uv-straling uit het zonlicht, maar laat ir-straling wel door.

a Leg uit hoe je dit weet.

Niet alleen zonnebrandcrème filtert uv-straling uit het zonlicht.

b Noem nog een soort stof die wel zichtbaar licht en ir-straling doorlaat, maar geen uv-straling.

Je kunt nu

- uitleggen wat het elektromagnetisch spectrum is;
- verschillende soorten elektromagnetische straling beschrijven;
- uitleggen wat de relatie is tussen golflengte en stralingsenergie van een foton;
- verschillende stralingsbronnen noemen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

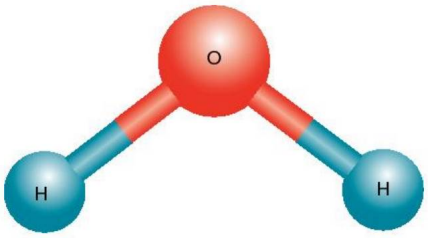
Discussievraag
In de middeleeuwen zochten alchemisten naar manieren om gewone, waardeloze, materialen zoals lood in goud te veranderen.
Is het echt mogelijk om lood in goud te veranderen?



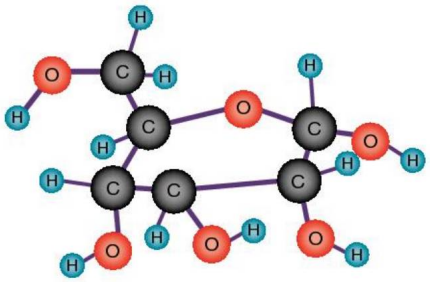
Je leert
- waaruit moleculen zijn opgebouwd.

2.2 Het atoom

Moleculen bestaan uit atomen
Moleculen zijn ontzettend kleine deeltjes. Toch bestaan er deeltjes die nog kleiner zijn dan moleculen: **atomen**. Moleculen zijn stoffen die zijn opgebouwd uit twee of meer atomen. Een watermolecuul is opgebouwd uit drie atomen: twee waterstofatomen en een zuurstofatoom. Zie figuur 2.3. Een glucosemolecuul (druivensuiker) is veel groter, het is opgebouwd uit zes koolstofatomen, twaalf waterstofatomen en zes zuurstofatomen. Zie figuur 2.4.



2.3 Een watermolecuul is opgebouwd uit twee waterstofatomen (H) en een zuurstofatoom (O).

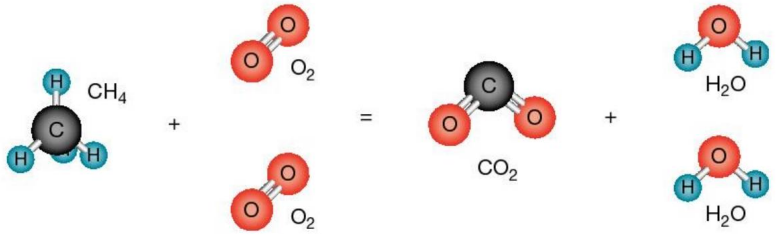


2.4 Een glucosemolecuul is opgebouwd uit waterstof-, zuurstof- en koolstofatomen (C).

Het verbranden van aardgas is een chemische reactie. Bij een chemische reactie valt een molecuul uit elkaar en ontstaan er nieuwe moleculen. De atomen zelf veranderen bij een chemische reactie niet. Zie figuur 2.5.

© Noordhoff Uitgevers bv

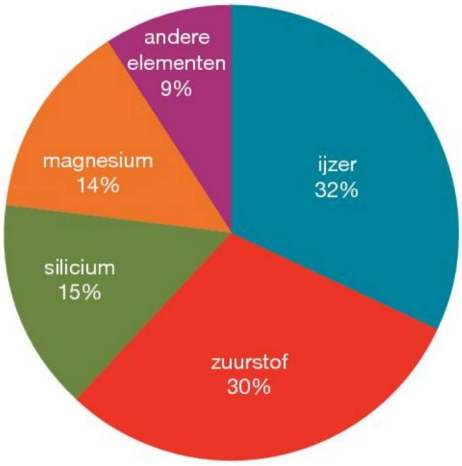
Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



2.5 Bij de verbranding van aardgas (een chemische reactie met zuurstofmoleculen) veranderen de moleculen, de atomen blijven gelijk.

Elementen

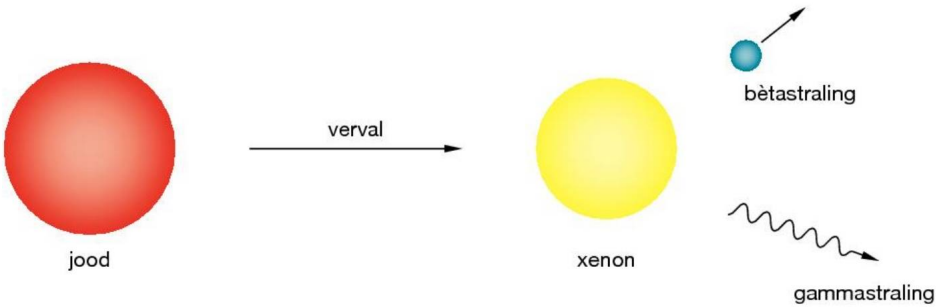
Er komen 94 soorten atomen van nature op aarde voor. Deze atoomsoorten zijn de bouwstoffen voor alle moleculen op aarde. Een atoomsoort heet ook wel een **element**. Van sommige elementen zijn er heel veel op aarde, zoals ijzer, zuurstof en silicium. Zie figuur 2.6. Andere elementen zijn zeldzamer.
De massa van de verschillende elementen verschilt. Een ijzeratoom is ongeveer 56 keer zo zwaar als waterstof, het lichtste atoom dat er is. Plutonium is het zwaarste atoom dat van nature op aarde voorkomt. Het is ongeveer 244 keer zo zwaar als waterstof.



2.6 Het grootste deel van de massa van de aarde bestaat uit ijzeratomen.

Instabiele atomen

De elementen die in het laboratorium zijn gemaakt, vallen meestal na een tijdje weer uit elkaar. Deze atomen zijn **instabiel**; ze kunnen niet lang bestaan. Het uit elkaar vallen van een atoom heet **vervallen**. Bij een vervalreactie ontstaat er een ander atoom en wordt er straling uitgezonden. Een atoom dat vervalt onder het uitzenden van straling noem je een **radioactief** atoom. 'Radio' is een ander woord voor straling.
Als een atoom vervalt, kan er alfastraling, bètastraling en/of gammastraling ontstaan. Gammastraling heb je in paragraaf 1 al gezien, dit is elektromagnetische straling. **Alfastraling** en **bètastraling** zijn heel anders. Deze straling bestaat uit zeer snel bewegende deeltjes. Ze hebben massa en horen niet in het elektromagnetisch spectrum. Alfadeeltjes hebben veel meer massa dan bètadeeltjes.
Bij de verbranding van aardgas, een chemische reactie (zie figuur 2.5), vallen moleculen uit elkaar in andere moleculen. De energie die vrijkomt bij deze reactie gebruik je om bijvoorbeeld huizen te verwarmen. Bij een vervalreactie (figuur 2.7) vallen atomen uit elkaar in andere atomen. De energie die hierbij vrijkomt, is vele malen groter dan bij een verbrandingsreactie. In een kerncentrale wordt deze energie gebruikt om elektriciteit op te wekken.



2.7 Bij het verval van jood ontstaat een xenonatoom en komt bèta- en gammastraling vrij.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

► Practicum 1
► Practicum 2

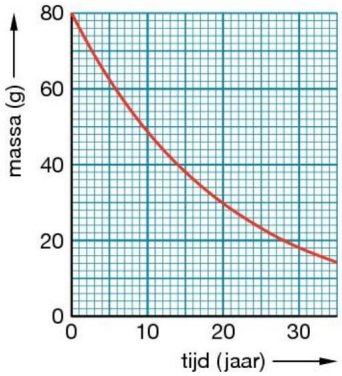
Halveringstijd

Als een stof radioactief is, neemt de hoeveelheid stof steeds verder af. Hoe snel een stof vervalt, geef je weer met de **halveringstijd**. De halveringstijd geeft aan na hoeveel tijd het aantal atomen is gehalveerd. Na elke halveringstijd is de helft van de aanwezige radioactieve atomen omgezet in een ander atoom. Een bepaalde vorm van jood is een radioactieve stof. Het aantal joodatomen is na acht dagen gehalveerd. Als je met 100 g jood begint, heb je na acht dagen nog maar 50 g over. Na 16 dagen heb je nog maar 25 g over, de helft van de helft. Na 24 dagen, drie keer de halveringstijd, heb je nog maar de helft van de helft van de helft over. Dit is $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$ van het totaal, dus 12,5 g.

Het percentage overgebleven radioactieve atomen kun je berekenen met:

percentage overgebleven atomen = $\left(\frac{1}{2}\right)^n \times 100\%$

met n **het aantal halveringstijden dat is verstreken**



2.8 Het verval van 80 g plutonium

Voorbeeld 1: De halveringstijd bepalen

In figuur 2.8 zie je het diagram van het verval van plutonium. Bij het begin van de meting is 80 g plutonium aanwezig.

a Bepaal de halveringstijd van plutonium.

b Bereken na hoeveel tijd er nog 1/16 deel van het plutonium over is.

Uitwerking:

a In het diagram kun je aflezen dat er na 14 jaar nog 40 g plutonium over is. De hoeveelheid plutonium is dan gehalveerd. De halveringstijd is daarom 14 jaar.

b $\frac{1}{16} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$, dus $n = 4$. Ofwel $4 \times 14 = 56$ jaar.

Samengevat

Moleculen zijn opgebouwd uit atomen. Bij een chemische reactie veranderen de moleculen en blijven de atomen gelijk. Een atoomsoort heet een element. Er komen 94 elementen van nature op aarde voor.

Als een atoom instabiel is, kan het vervallen. Dit heet radioactief verval. Bij een vervalreactie veranderen de atomen en komt straling vrij. Sommige straling bestaat uit deeltjes, alfa- en bètadeeltjes. Alfadeeltjes hebben meer massa dan bètadeeltjes.

De hoeveelheid radioactieve stoffen is na de halveringstijd gehalveerd.

Het percentage overgebleven radioactieve atomen is $\left(\frac{1}{2}\right)^n \times 100\%$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2.2 Opdrachten

A 10 M

Juist of onjuist?

a Alfadeeltjes zijn zwaarder dan bètadeeltjes.
b Na drie halveringstijden is nog maar een derde van de radioactieve stof over.
c Atomen zijn opgebouwd uit moleculen.
d Bij een chemische reactie veranderen de moleculen.
e Radioactieve atomen zijn altijd instabiel.
f Bij het verval van een atoom komt altijd straling vrij.

A 11

De halveringstijd van jood is acht dagen.

a Leg uit wat dit betekent.

Bij het verval van jood komt straling vrij.

b Welke soorten straling kunnen ontstaan bij een vervalreactie?

A 12 M

a Noem een overeenkomst tussen alfa- en bètastraling.
b Noem een verschil tussen alfa- en bètastraling.

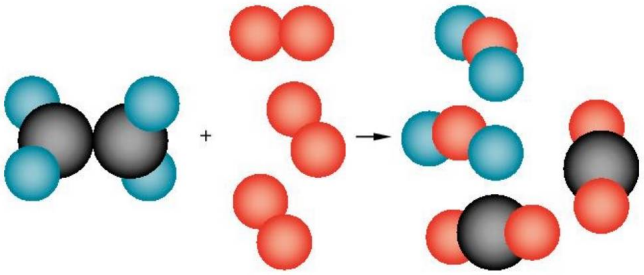
B 13

Als een atoom instabiel is, kan het vervallen.

a Leg uit wat er gebeurt bij het radioactief verval van een deeltje.
b Leg uit wat het verschil is tussen een vervalreactie en een chemische reactie.

Hieronder zie je een illustratie van een reactie.

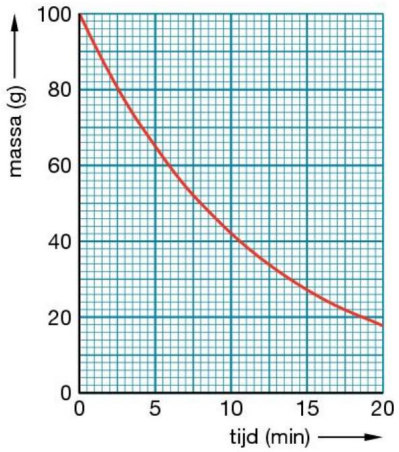
c Leg uit of dit een chemische reactie of een vervalreactie is.



B 14

In de kolom hiernaast zie je van een radioactieve stof het aantal gram van deze stof uitgezet tegen de tijd.

a Bepaal aan de hand van het diagram de halveringstijd van deze stof.
b Bereken na hoeveel minuten er nog maar 6,25 g van de stof over is.
c Bereken de massa van de overgebleven radioactieve stof na 40 min.



B 15

Tritium is een radioactief materiaal dat wordt gebruikt om horlogewijzers zonder gebruik van een batterij licht te laten geven. Het heeft een halveringstijd van 12 jaar.
Jorien zegt: 'Na 12 jaar is het horloge op en geeft het geen licht meer.'

a Leg uit of Jorien hierin gelijk heeft.

Een horloge bevat 5 µg tritium.

b Bereken hoeveel gram tritium er na 24 jaar over is.
c Bereken na hoeveel tijd er nog 1/64 deel van het tritium over is.

C 16

Radon is een radioactief edelgas. Corneel vraagt zich af: 'Hoe kan een edelgas radioactief zijn? Edelgassen reageren toch nergens mee?'
Leg uit dat radon toch radioactief en edel is.

C 17 N

In het ziekenhuis wordt soms de radioactieve stof technetium gebruikt. Technetium heeft een halveringstijd van 6,0 h. Je hebt een potje met daarin technetium. Je bepaalt de massa van het technetium. Op het tijdstip $t = 0$ heb je 300 g.
Op de volgende bladzijde zie je een tabel met tijdstip, aantal halfwaardetijden (n), en overgebleven massa.

a Neem de tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul de tabel verder in.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

tijdstip (h)	*n*	massa technetium (g)
0	0	300
6	2	
12		
18		
24		
30		

b Maak een diagram van de massa tegen de tijd.
c Bepaal met behulp van je diagram de massa van het resterende technetium op het tijdstip $t = 20$ h.
d Controleer je antwoord door deze massa ook te berekenen.

C 18

Sommige kampeerlantaarns zijn voorzien van gaskousjes, zie de foto's hieronder. Deze gaskousjes lichten helder wit op als ze gloeien. In deze gaskousjes zat vroeger thorium, dit is een licht radioactief atoom. Thorium heeft een halveringstijd van 14 miljard jaar.
a Leg uit na hoeveel jaar nog maar 25% van de oorspronkelijke hoeveelheid thorium over is.

Michael zegt dat de radioactieve gaskousjes geen gevaar meer vormen als ze zijn verbruikt: het thorium is dan verbrand. Femke is het hier niet mee eens, ze zegt dat het thorium na verbranding nog steeds radioactief is.
b Leg uit met wie jij het eens bent.

Thorium komt van nature nog op aarde voor, ondanks dat het atoom instabiel is.
c Hoe zou dat kunnen?





+ 19 N

Een zuurstofatoom heeft een massa van $26{,}5 \cdot 10^{-27}$ kg, een watermolecuul (zie figuur 2.3) heeft een massa van $29{,}82 \cdot 10^{-27}$ kg.
a Bereken de massa van een waterstofatoom.

Water heeft een soortelijke massa van 1,00 kg/L. In een glas zit 0,30 L water.
b Bereken hoeveel watermoleculen er in het glas water zitten.

De aarde heeft een massa van $5{,}972 \cdot 10^{24}$ kg. De aarde bestaat voor een groot deel uit ijzer. Zie figuur 2.6.
c Bereken de massa van het aanwezige ijzer en zuurstof in de aarde.

Een ijzeratoom heeft een massa van $9{,}27 \cdot 10^{-26}$ kg.
d Ga na welk element, in aantallen atomen, het meest op aarde voor komt, ijzer of zuurstof.

+ 20 N

Er bestaan elementen die nog zwaarder zijn dan plutonium. Deze elementen worden in een laboratorium gemaakt door andere elementen met hoge snelheid op elkaar te schieten. De nieuwe elementen die ontstaan zijn alle instabiel met een kleine halveringstijd.
Leg uit dat je deze elementen nooit van nature op aarde zult vinden.

Je kunt nu

- uitleggen waaruit een molecuul is opgebouwd en wat een element is;
- uitleggen wat de begrippen instabiliteit en radioactief betekenen;
- uitleggen wat het verschil is tussen een chemische reactie en een vervalreactie;
- uitleggen wat de verschillen zijn tussen alfa-, bèta- en gammastraling;
- rekenen met het begrip halveringstijd.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
Na het ongeluk in de kerncentrale van Fukushima zijn er robots naar binnen gestuurd om de schade aan de centrale te herstellen.
Waarom zijn er geen werknemers naar binnen gestuurd?

Je leert
- welke schadelijke gevolgen straling kan hebben.

2.3 Gevaren van straling

Schadelijke effecten van radioactiviteit
In 2006 werd de voormalige Russische spion Aleksandr Litvinenko (figuur 2.9) vergiftigd met een radioactieve stof. Straling uit radioactieve stoffen kan op mensen en dieren verschillende schadelijke effecten hebben, op lange en korte termijn. Als je in korte tijd veel stralingsenergie ontvangt, gaan veel lichaamscellen dood. Dit kan een rode huid of blaarvorming tot gevolg hebben, maar kan ook leiden tot stralingsziekte. Nadat atoombommen op de Japanse steden Nagasaki en Hiroshima waren gegooid, leden veel bewoners van deze steden die de ontploffing hadden overleefd aan stralingsziekte. De symptomen van stralingsziekte zijn onder andere vermoeidheid, misselijkheid en braken. Als door de straling je haarwortelcellen beschadigen, valt je haar uit. Uiteindelijk kan stralingsziekte de dood tot gevolg hebben.

Bron: nu.nl

Vergiftigd met polonium

LONDEN, 24-11-2006 – De voormalige geheim agent en criticus van de regering-Poetin in Rusland, Aleksandr Litvinenko, is vermoord met 'een grote dosis' polonium. Dit hebben Britse gezondheidsautoriteiten vrijdag gezegd. Litvinenko overleed donderdag in Londen.
Polonium is een stof die in hoge mate radioactief en kankerverwekkend is. Litvinenko werd begin november vergiftigd. Hij heeft op de een of andere manier het polonium opgegeten, ingeademd of het is via een wond in zijn lichaam gekomen.

2.9 Litvinenko werd met polonium vergiftigd.

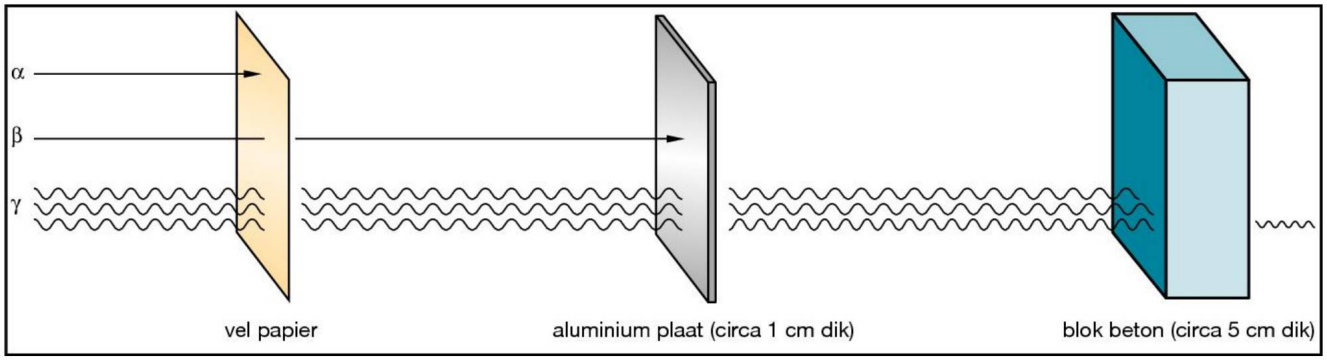
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Straling kan ook op lange termijn gevolgen hebben. DNA-moleculen in cellen kunnen beschadigd raken. Een cel kan dan afsterven; dit is geen groot probleem. Als DNA-moleculen beschadigd raken, kan het ook voorkomen dat de cel zich zeer snel gaat delen: dit leidt tot kanker. Als DNA-moleculen in geslachtscellen worden beschadigd, kan dit gevolgen hebben voor eventueel nageslacht. Kinderen kunnen dan met afwijkingen worden geboren.
Na de ontploffing van de kerncentrale bij Tsjernobyl in Oekraïne zijn alle mensen in de directe omgeving geëvacueerd. De dieren zijn gebleven. In deze omgeving worden veel dieren geboren met bijvoorbeeld kleinere hersenen, misvormde lichaamsdelen en tumoren. Sommige planten zijn in staat om veel stalingsenergie te ontvangen zonder schadelijke gevolgen te ondervinden. Omdat andere planten hier niet goed tegen kunnen, gedijen deze planten in de omgeving van Tsjernobyl heel goed.

Doordringend vermogen

Alfastraling kan erg gevaarlijk voor je zijn, maar je kunt haar met een blaadje papier al tegenhouden. Alfastraling heeft een laag **doordringend vermogen**. Dit geeft aan hoe gemakkelijk straling ergens doorheen gaat. Omdat alfastraling bestaat uit zware, grote deeltjes kan ze niet door de huid heen dringen. Bètadeeltjes hebben een groter doordringend vermogen: ze kunnen wel door je huid heen. Het doordringend vermogen van gammastraling is erg groot: je hebt een dikke betonnen muur nodig om gammastraling tegen te houden. Hoe groter de dichtheid van het materiaal, des te beter het straling kan stoppen. Zie figuur 2.10.



2.10 Een vel papier kan alfadeeltjes al tegenhouden, gammastraling heeft een veel groter doordringend vermogen.

Als het heel zonnig is, zet je een zonnebril op om een deel van het zonlicht tegen te houden. Gammastraling is net als zichtbaar licht elektromagnetische straling en gedraagt zich als een golf. Golven kun je in tegenstelling tot deeltjes niet helemaal tegenhouden. Wel kun je de intensiteit verminderen. Met zichtbaar licht kun je dat met donker glas doen.
Gammastraling heeft veel meer stralingsenergie en je moet haar met andere materialen tegenhouden. Beton en lood worden hiervoor veel gebruikt.

materiaal	halveringsdikte
lucht	91 m
water	98 cm
hout	29 cm
beton	4,6 cm
staal	2,5 cm
lood	0,89 cm

2.11 De halveringsdikte voor gammastraling van verschillende materialen

Ondanks dat beton en lood de straling goed tegenhouden, kunnen ze niet alles tegenhouden. Tweeënhalve centimeter staal laat nog de helft van de gammastraling door. Vijf centimeter staal laat nog een kwart van de straling door. Alle materialen hebben een **halveringsdikte**. Een laag materiaal met een dikte van een halveringsdikte laat maar de helft van de straling door die erop valt. Figuur 2.11 geeft een aantal materialen met hun halveringsdikte.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Het percentage van de gammastraling dat nog door een materiaal komt, kun je uitrekenen met:

$$\text{percentage doorgelaten gammastraling} = \left|\frac{1}{2}\right|^{n} \times 100\%$$

met n het aantal halveringsdikten waar de gammastraling doorheen is gegaan

Besmetting en bestraling

Alfa- en bètastraling zijn vooral gevaarlijk als je een radioactieve stof inademt of inslikt. In dat geval spreek je van **besmetting**. De stralingsbron zit dan in je lichaam en bombardeert de moleculen van je lichaam van binnenuit. Vooral alfastraling kan door haar grote massa dan veel schade aanrichten.
Bij het ongeluk met de kerncentrale van Fukushima na een tsunami kwamen er radioactieve deeltjes in de lucht. Reddingswerkers moesten een beschermend masker dragen om te voorkomen dat ze radioactieve deeltjes binnenkregen. Zie figuur 2.12.



2.12 Een beschermend masker voorkomt radioactieve besmetting.

Als je alfa-, beta- of gammastraling van een radioactieve bron ontvangt, word je door deze bron **bestraald**. Als je besmet bent, word je van binnenuit bestraald. Als de bron zich buiten je lichaam bevindt, ben je niet besmet, maar word je wel bestraald.

Beschermen tegen straling

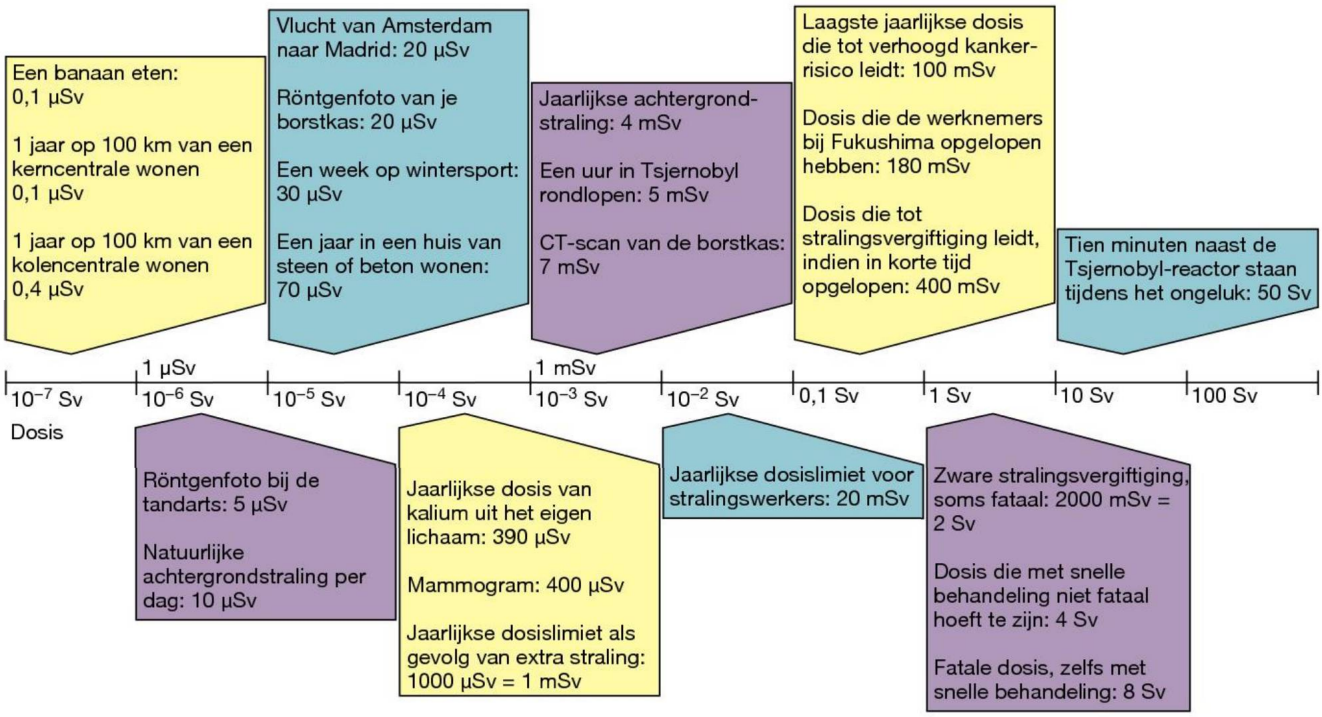
Werknemers van een kerncentrale of van de radiologieafdeling van een ziekenhuis werken met radioactieve stoffen en worden hierbij bestraald. Ze moeten de hoeveelheid stralingsenergie die ze ontvangen zo laag mogelijk houden.
De stralingsenergie die je ontvangt kun je op de volgende manieren zo laag mogelijk houden:

- De blootstellingstijd beperken. Hoe korter je staat blootgesteld aan het stralingsvermogen, hoe minder stralingsenergie je ontvangt.
- De afstand vergroten. Hoe verder je van de bron staat, hoe veiliger. Alfadeeltjes hebben een laag doordringend vermogen en komen zelfs in de lucht niet ver.
- De bron afschermen. Als er veel materiaal met een grote dichtheid tussen jou en de bron zit, komt er maar weinig straling bij je. Hoe meer materiaal er tussen jou en de bron zit, hoe beter.

Hoeveel straling is eigenlijk schadelijk voor je? De hoeveelheid stralingsenergie die een kg weefsel in je lichaam opneemt, bepaalt het effect van straling op je lichaam. Dit heet de **stralingsdosis**. De stralingsdosis wordt aangegeven in het aantal millisievert (mSv). Als je bij de tandarts een röntgenfoto laat maken ontvang je ongeveer 0,005 mSv. De maximale stralingsdosis aan kunstmatige straling die je per jaar mag opnemen, is de **dosislimiet**. De dosislimiet voor een volwassene is 1 mSv per jaar. Voor iemand die voor zijn beroep met straling werkt, is de dosislimiet 20 mSv per jaar. Dit zijn richtlijnen; het is het beste om de stralingsdosis zo laag mogelijk te houden. Figuur 2.13 geeft een overzicht van de dosis die je bij verschillende activiteiten oploopt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



2.13 Verschillende activiteiten en de bijbehorende dosis

Op de radiologische afdeling van een ziekenhuis dragen alle artsen een dosismeter. Zie figuur 2.14. Een **dosismeter** meet hoe groot de stralingsdosis is die iemand ontvangt. Mensen die voor hun werk met straling in contact komen, dragen vaak een dosismeter. Als ze over de dosislimiet heen gaan, mogen ze een tijdlang niet meer met straling werken. Dosismeters zijn geschikt om stralingsenergie van röntgen-, gamma- en bètastraling te meten. Alfastraling heeft een te laag doordringend vermogen om door de buitenkant van de dosismeter heen te gaan. Uv-straling heeft te weinig energie. Je kunt een dosismeter dus niet gebruiken om te weten wanneer je uit de zon moet gaan.



2.14 Met een dosismeter kun je de ontvangen stralingsdosis meten.

Samengevat

Straling kan op lange en korte termijn schadelijk voor je lichaam zijn, bijvoorbeeld door stralingsziekte te veroorzaken of door DNA-moleculen te beschadigen.
Het doordringend vermogen geeft aan hoe gemakkelijk straling ergens doorheen kan gaan.
Alfastraling heeft een klein en gammastraling een groot doordringend vermogen.
De halveringsdikte van een materiaal is de dikte die de helft van de gammastraling doorlaat.
Het percentage doorgelaten gammastraling reken je uit met $\left(\frac{1}{2}\right)^n \times 100\%$.
Als je radioactief bent besmet, heb je een radioactieve stof in je lichaam gekregen.
De hoeveelheid stralingsenergie die je lichaam ontvangt hangt onder andere af van de blootstellingsduur, de afstand tot de bron en de afscherming van de bron.
De stralingsdosis geeft aan hoeveel stralingsenergie je per kilogram hebt ontvangen. Met een dosismeter kun je meten of je de dosislimiet hebt bereikt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2.3 Opdrachten

A 21 M

a Wat betekent het begrip doordringend vermogen?
b Welke straling heeft het grootste doordringend vermogen?

A 22 M

a Noem drie manieren om je tegen straling te beschermen.
b Wat heb je nodig om bètastraling tegen te houden?
c Moet je je extra beschermen tegen alfastraling?

B 23 M

Bij het werken met straling wordt er voor bescherming soms gekozen voor een dikke glazen ruit. Leg uit met welke soorten straling je dan veilig kunt werken.

B 24 M

Een banaan bevat 500 mg kalium, 0,011% van het kalium is radioactief. Is het eten van een banaan gevaarlijk? Gebruik in je antwoord de termen *besmetting* en *bestraling*.

B 25

Op de radiologische afdeling van ziekenhuizen dragen de artsen een stralingsbadge. Het is een plastic omhulsel met een stukje fotopapier dat verkleurt als er straling op valt.

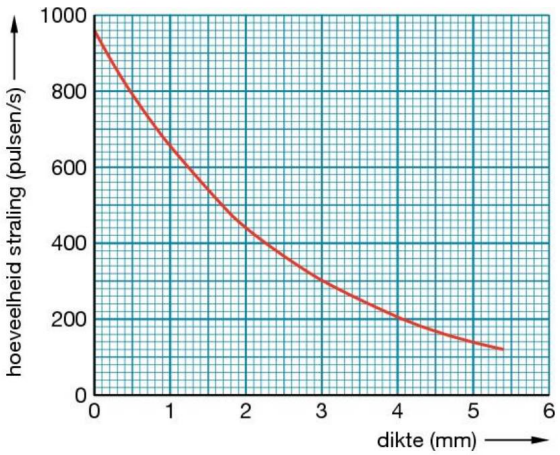


a Leg uit of de dosismeter geschikt is om alfastraling te detecteren.
b Kan een dosismeter je op tijd waarschuwen als je in een ruimte met veel straling bent?

B 26

Carel en Nico voeren een proef met een radioactieve bron en plaatjes aluminium uit. Ze meten bij verschillende diktes van het aluminium de hoeveelheid straling. Ze zetten hun resultaten in een diagram.

a Bepaal de halveringsdikte.



b Lees in het diagram af welke dikte nodig is om de helft van die helft door te laten (dus een kwart van de beginwaarde).
c Leg uit welke dikte een aluminiumplaat moet hebben om 1/16 deel van de straling achter de plaat te meten.

B 27

In figuur 2.13 vind je een aantal activiteiten en de dosis die je hierbij oploopt.
a Leg uit dat de ontvangen stralingsdosis tijdens een vliegreis lager is voor iemand die zwaarder is.
b Bereken hoe vaak je een foto bij de tandarts kunt laten maken voordat je aan de dosislimiet zit.

Koolstof bestaat voor een klein gedeelte uit radioactief koolstof.
c Leg uit waarom je minder dosis oploopt 100 km naast een kerncentrale dan naast een kolencentrale.

Het radioactieve gas radon ontstaat in steen en beton na het verval van andere elementen.
d Leg uit waarom je de kruipruimte onder een huis goed moet ventileren en er niet te lang in mag blijven.

B 28

In 1917 wist men nog niet veel over de gevaren van radioactiviteit. Om horloges zonder batterij licht te laten geven werd verf gebruikt waarin de bètastraler radium zat. Meisjes in de fabriek deden dit precisiewerk met de hand. Ze likten aan het penseel om een scherpe punt te krijgen.
a Is dit werk gevaarlijk voor de meisjes?
b Loopt de drager van het horloge gevaar?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 29

Lees het onderstaande nieuwsbericht.

Brazilië wil muggen steriliseren met gammastraling

Brazilië wil miljoenen muggen die het zikavirus kunnen verspreiden blootstellen aan gammastraling. De mannetjesmuggen worden dan gesteriliseerd zodat ze geen eitjes meer kunnen bevruchten.

De bedoeling is om zo'n 12 miljoen mannetjesmuggen per week te kweken die worden bestraald en vervolgens uitgezet in gebieden waar de mug veel voorkomt. Als ze gepaard hebben, leggen de vrouwtjesmuggen eitjes waar geen nieuwe muggen uitkomen.
Bron: nos.nl

Manon vindt dat het bestralen van muggen geen goed idee is. Gammastraling kan ook voor mensen schadelijk zijn! Julia is het niet met haar eens, de gebruikte straling vormt volgens haar voor mensen geen gevaar.

a Leg uit wie er volgens jou gelijk heeft.

In het dagblad *NRC* stond dezelfde week een cartoon over het bestralen van de muggen, zie de figuur hieronder.

b Op welk effect van straling doelen de cartoontekenaars?



C 30

Merel merkt op dat iedere keer als ze bij de tandarts een röntgenfoto laat maken, de tandarts bij het röntgenapparaat wegloopt. Ze heeft op school geleerd dat de dosis van een röntgenfoto helemaal niet gevaarlijk is. Ze vraagt zich daarom af waarom de tandarts toch iedere keer wegloopt. Leg uit waarom de tandarts dit doet.

C 31 N

De halveringsdikte van materialen hangt af van de stralingsenergie van de gammastraling. Hoe hoger de stralingsenergie, hoe groter de halveringsdikte.
Geef hiervoor een verklaring.

C 32 N

a Bereken hoeveel procent van de gammastraling je tegenhoudt als je de straling door tien halveringsdiktes laat gaan.

b Kun je gammastraling ooit voor 100% tegenhouden?

C 33 N

Alfastraling buiten je lichaam is niet zo gevaarlijk. Als je echter een alfastraler binnenkrijgt, is dit veel gevaarlijker dan wanneer je een gammastraler binnenkrijgt.
Geef hiervoor een verklaring.

+ 34 N

Je kunt straling ook met een geigerteller meten. Elke keer als deze teller straling meet, geeft hij een tik. Als de meter heel veel straling meet, hoor je een krakend geluid; dit zijn heel veel tikken achter elkaar.
Sanne doet een proef met een geigerteller en een aantal bakjes met de radioactieve stof radium. Ze komt tot de volgende conclusies:

1 Hoe groter de massa van de stof die ze heeft, hoe meer straling ze meet.
2 De hoeveelheid straling die ze meet, is de volgende dag lager geworden.

a Leg beide conclusies uit.

Sanne neemt vervolgens twee potjes met in elk potje een andere radioactieve stof. Ze wil met de geigerteller bepalen welke stof de kortste halveringstijd heeft.

b Leg uit hoe ze dit kan doen.

Je kunt nu

- uitleggen wat de schadelijke gevolgen van straling zijn;
- uitleggen hoe je je kunt beschermen tegen straling;
- rekenen met het begrip halveringsdikte;
- uitleggen wat de term stralingsdosis betekent.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
Radioactieve stoffen kunnen erg gevaarlijk zijn. Op de foto hiernaast zie je dat deze stoffen toch in ziekenhuizen worden gebruikt.
Waarom worden radioactieve stoffen in een ziekenhuis gebruikt?

Je leert
- hoe je straling nuttig kunt gebruiken.

2.4 Straling gebruiken

Straling en communicatie
Eén van de toepassingen van straling is in de communicatie. Om apparaten met elkaar te laten communiceren gebruik je elektromagnetische straling: van radiogolven tot zichtbaar licht.

Radio en gps maken gebruik van radiogolven; je mobieltje, wifi en bluetooth maken gebruik van microgolfstraling.
In de praktijk geldt dat straling gemakkelijker langs objecten kan die kleiner zijn dan de golflengte van de straling. Radiogolven kunnen dus verder komen dan microgolfstraling. In een radiomast (figuur 2.15) heeft de radiozender een veel groter bereik dan de gsm-zender die met je mobieltje communiceert.



2.15 In een radiomast hangen vaak gsm-zenders. Het radiosignaal komt veel verder dan het gsm-signaal.

Het totale bereik hangt ook af van het vermogen van de zender. Hoe hoger het vermogen van het signaal, hoe meer signaal er op grotere afstand overblijft.

Ir-straling kun je ook gebruiken om te communiceren. In de afstandsbediening van je tv zit een led. Als je op een knop drukt, gaat de led een paar keer snel achter elkaar aan en uit. Elke knop heeft zijn eigen patroon van aan- en uitgaan. De tv ontvangt dit knippersignaal en weet zo welke knop is ingedrukt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Een ander voorbeeld van het gebruik van infrarode straling is communicatie via glasvezels. Een lichtsignaal kan ongestoord over grote afstanden door glasvezel heen. Ook bij deze vorm van communicatie wordt gecommuniceerd door het lichtsignaal snel aan en uit te doen. Het infrarode licht wordt met speciale lasers gemaakt. Met glasvezelskabels kan heel veel informatie over zeer grote afstanden worden getransporteerd. Dit maakt het bijvoorbeeld mogelijk om heel snelle internetverbindingen te hebben.

Zichtbaar licht is de enige straling die je ogen kunnen waarnemen. Communiceren met zichtbaar licht (figuur 2.16) is daarom één van de belangrijkste vormen van communiceren voor de mens. Denk hierbij bijvoorbeeld aan communiceren met gebaren en aan lichaamstaal, maar ook aan lezen. De afstand waarover je kunt communiceren is beperkt: als je het licht niet kunt zien, kun je niet meer communiceren.

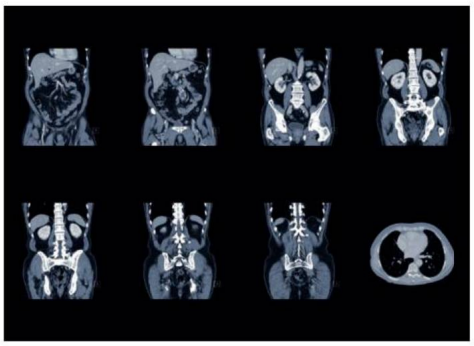


2.16 Een vuurtoren communiceert met zichtbaar licht.

Straling en onderzoek

Röntgenstraling wordt veel gebuikt in het ziekenhuis. Met een röntgenfoto kan een arts zonder te opereren in het lichaam kijken. Botbreuken zijn op een röntgenfoto meestal duidelijk zichtbaar. Dit komt doordat bot een grotere dichtheid heeft dan het zachte weefsel eromheen. Het bot laat veel minder röntgenstraling door en is daardoor op de foto wit. Röntgenstraling kan ook worden gebruikt voor het ontdekken van tumoren. Tumoren hebben een grotere dichtheid dan het weefsel eromheen. Omdat het meer straling absorbeert, is het daardoor als een witte plek zichtbaar.

Met behulp van röntgenstraling kan een **CT-scanner** 3D-beelden van je lichaam maken. Een CT-scanner maakt met röntgenstraling beelden van dwarsdoorsneden ('plakjes') van je lichaam. Zie figuur 2.17. De patiënt wordt steeds verder de scanner in geschoven. Zie figuur 2.18. De computer kan later van al deze beelden een 3D-beeld maken. Hierdoor is het mogelijk om afwijkingen aan bloedvaten, herseninfarcten en kleine tumoren op te sporen. De röntgenstraling bij een CT-scan is veel intenser dan bij een gewone röntgenfoto. De ontvangen stralingsdosis is daardoor groter, maar op de beelden zijn wel meer details te zien.

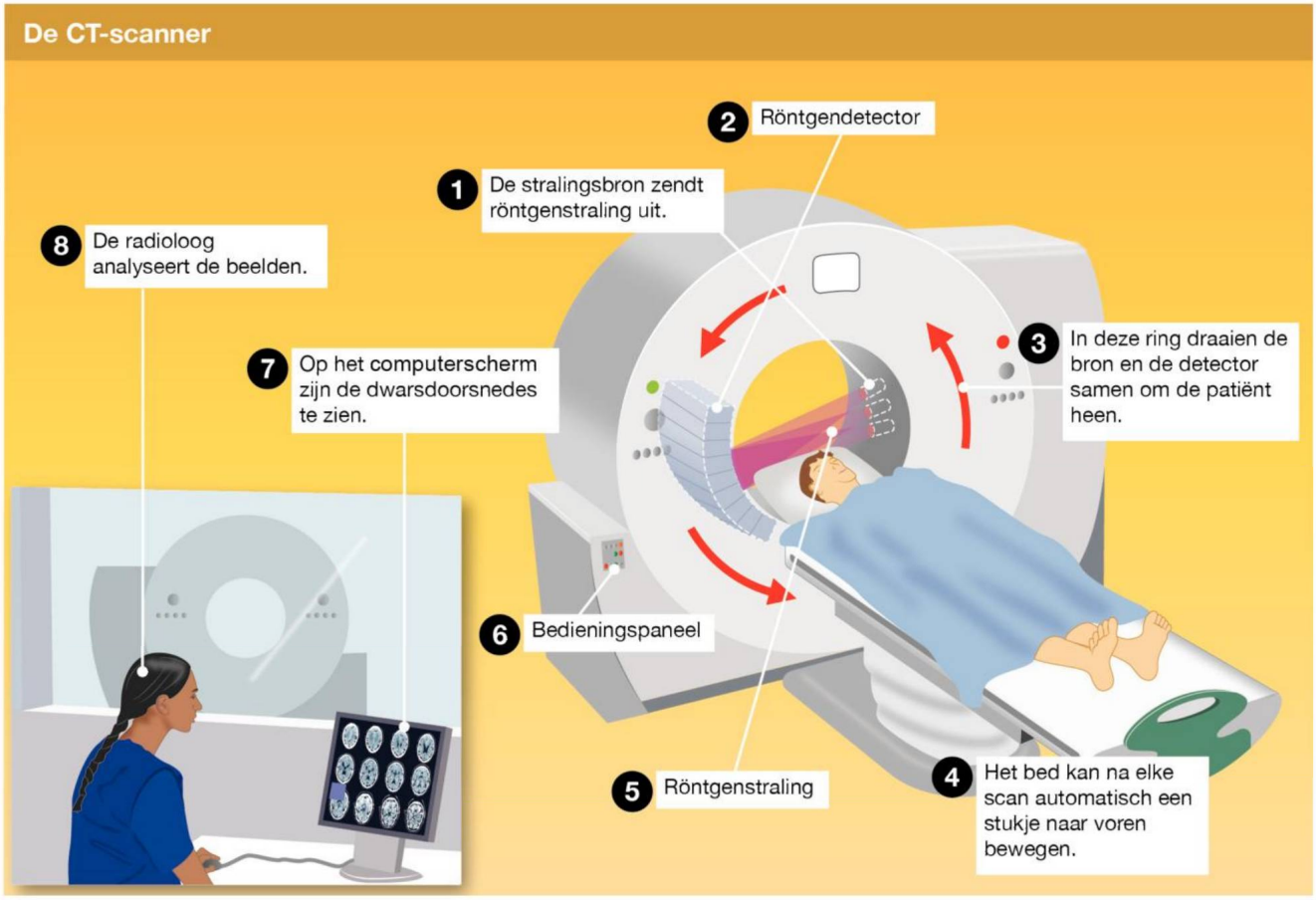


2.17 Met een CT-scan kun je dwarsdoorsneden van je lichaam maken.

Niet alleen de medische wereld maakt gebruik van straling om onderzoek te doen. Op vliegvelden gebruikt de beveiliging bijvoorbeeld röntgenstraling om de bagage van passagiers door te lichten. Ze kan zo controleren of er geen wapens mee worden genomen, zonder de bagage open te maken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



2.18 Met behulp van een CT-scanner kun je een 3D-beeld van je lichaam maken.

In het ziekenhuis maakt men niet alleen gebruik van röntgenstraling, maar ook van radioactieve stoffen. Artsen kunnen een licht radioactieve stof, een **tracer**, in je bloedbaan brengen. Deze tracer zendt gammastraling uit. Met behulp van een **gammacamera** kun je bepalen waar de gammastraling precies vandaan komt. De tracer verspreidt zich over de cellen in je lichaam. Omdat tumorcellen zich sneller delen en beter zijn doorbloed dan normale cellen, bevatten tumorcellen relatief veel tracermateriaal. Met behulp van een gammacamera kun je dus de locatie van tumorcellen vinden. De werking van de schildklier is ook met een tracer te onderzoeken. De patiënt slikt een capsule met daarin radioactief jood. Zie figuur 2.19. De schildklier neemt het jood op. Zo is te onderzoeken of een schildklier goed werkt.



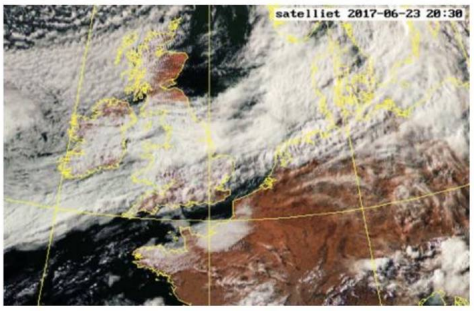
2.19 Radioactief jood kun je gebruiken om de werking van de schildklier te onderzoeken.

Om te controleren of iemand koorts heeft, kun je een speciale infraroodthermometer gebruiken. Je lichaam zendt ir-straling uit. Hoe hoger je lichaamstemperatuur, hoe meer

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

ir-straling je uitzendt. De thermometer kan door die ir-straling te meten je temperatuur bepalen. De temperatuur van de aarde is zo ook te bepalen: rond de aarde bevinden zich veel satellieten. Sommige satellieten meten de ir-straling die van de aarde komt. Zie figuur 2.20. Zo kun je bepalen wat de temperatuur op een bepaalde plek op aarde is en waar zich bijvoorbeeld koudere wolken bevinden. Hiermee is het mogelijk het weer beter te voorspellen.



2.20 Op infrarood satellietbeelden kun je goed de wolkvorming volgen, ook als de zon onder is.

Straling als behandeling

Van straling kun je ziek worden, maar ze kan je ook helpen genezen. Je kunt tumorweefsel vernietigen door het te bestralen. Je richt dan een bundel straling op de tumor. Je lichaam voert vervolgens de dode tumorcellen af. Door de bundel straling goed te richten is het mogelijk om het omliggende goede weefsel van de patiënt zo weinig mogelijk aan te tasten.
Bij **uitwendige bestraling**, het bestralen van buiten je lichaam, wordt vaak gammastraling gebruikt. Gammastraling kan diep in je lichaam doordringen. Bestraling met bètastraling is ook mogelijk als de tumor niet te diep in het lichaam zit.
Het is ook mogelijk om een kleine bron met radioactief materiaal in het lichaam van de patiënt te brengen en zo de patiënt te besmetten. Dit heet **inwendige bestraling**. Door een klein staafje met een radioactieve stof die alfastraling uitzendt dicht bij een tumor te plaatsen, kan de tumor van dichtbij worden bestraald. Omdat het doordringend vermogen van alfastraling niet groot is, wordt er geen schade aan ander weefsel aangericht. Omdat alfastraling zo veel stralingsenergie en massa heeft, richt ze aan de tumoren wel veel schade aan.

Andere soorten straling kunnen ook voor behandeling worden gebruikt. Zo kan infrarood licht helpen bij spier- en gewrichtspijn. Lichttherapie met zichtbaar licht kan soms tegen winterdepressies helpen.

Samengevat

Straling wordt veel voor communicatiedoeleinden gebruikt. Voor radiozenders geldt in het algemeen: hoe groter de golflengte, hoe groter het bereik.
Ook voor onderzoeksdoeleinden wordt straling gebruikt, bijvoorbeeld röntgenstraling in een CT-scanner. Door een radioactieve tracer te injecteren, kun je met een gammacamera tumoren opsporen. Ir-straling wordt gebruikt om de temperatuur te bepalen.
Met inwendige en uitwendige bestraling kun je tumoren bestrijden.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2.4 Opdrachten

A 35 M

a Waarom kun je op een röntgenfoto verschil zien tussen tumorweefsel en gezond weefsel?
b Wat is een tracer?
c Leg uit hoe een arts na het inspuiten van een tracer de aangetaste cellen kan opsporen.

A 36

a Welke soorten straling worden gebruikt bij de bestrijding van tumoren?
b Wat is het belangrijkste voordeel van een inwendige bestraling?
c Waarom moet de bundel bij uitwendige bestraling goed worden gericht?

B 37

Geef in de onderstaande gevallen aan of de straling bij uitwendige bestraling de tumor kan bereiken.

een tumor in de:	alfa-straling	bèta-straling	gamma-straling
lever			
bot van arm			
huid			
hersenen			

B 38 M

Bij grotere tumoren kun je een röntgenfoto maken, maar voor het opsporen van kleinere tumoren is een CT-scan beter. Leg uit wat het verschil is tussen de röntgenstraling bij een CT-scan en bij een röntgenfoto.

B 39

Bij bestraling van bepaalde tumoren kunnen er brandwonden op de huid ontstaan.
a Leg uit hoe dat kan gebeuren.

Inwendig bestralen heeft veel voordelen. Je zou je kunnen afvragen waarom artsen niet altijd inwendig bestralen.
b Leg met een voorbeeld uit waarom inwendige bestraling niet altijd mogelijk is.

Bij een uitwendige bestraling richt je een heel smalle bundel straling op de tumor.
c Leg uit waarom de bundel zo smal mogelijk moet zijn.

B 40

In het land zijn heel veel gsm-masten te vinden, veel meer dan radiomasten.
a Waarom zijn er zoveel gsm-masten nodig?
b Leg uit welk signaal verder komt: een wifi-signaal of een gps-signaal.

Wifi-routers maken gebruik van een 12 cm (2,5 GHz) golf en een 6 cm (5,0 GHz) golf.
c Leg uit welke golflengte een groter bereik heeft.

Te veel wifi-signalen door elkaar kunnen elkaar gaan storen.
d Leg uit waarom de 6 cm golf minder last van storing heeft.

Ook met zichtbaar licht kun je communiceren.
e Leg uit hoe groot het bereik van zichtbaar licht is.

B 41 M

Op het vliegveld wordt je bagage met behulp van röntgenstraling onderzocht op verboden voorwerpen.
a Leg uit waarom dit handig is.

Ook bij de haven in Rotterdam worden alle containers met dezelfde techniek van röntgenstraling onderzocht. De grote zeecontainers zijn echter van staal gemaakt. Staal kan röntgenstraling behoorlijk goed tegenhouden.
b In welk opzicht moet de techniek worden aangepast om de containers toch te kunnen doorzoeken?
c Leg uit waar je meer afstand moet houden: bij een röntgenapparaat in het vliegveld of bij een röntgenapparaat om zeecontainers te controleren?

C 42 N

Bij uitwendige bestraling met gammastraling wordt de tumor meerdere malen onder verschillende invalshoeken van het lichaam bestraald. Leg uit waarom dit wordt gedaan.

C 43

Er wordt weleens gezegd dat straling levensbedreigend is, maar tegelijk levensreddend. Leg uit dat deze uitspraak klopt.

C 44

Met een echoscoop kun je ook in je lichaam kijken, je maakt dan een echogram. Op de foto op de volgende bladzijde zie je zo'n echogram.
a Leg uit hoe je een echogram maakt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Met een CT-scan kun je ook heel goed in je lichaam kijken.

b Leg uit waarom men vooral bij zwangere vrouwen ervoor kiest om een echogram te maken en geen CT-scan.

C 45

Patiënten met schildklierkanker krijgen radioactief jood toegediend om de kanker inwendig te bestralen. Deze patiënten moeten naar een speciale wc waar hun urine en ontlasting worden opgevangen en opgeslagen. Deze urine en ontlasting mogen pas na enkele weken het riool in.
Leg uit waarom een ziekenhuis dit moet doen.

C 46 N

Jelle moet een foto van zijn blaas laten maken. Tijdens het maken van de foto krijgt hij een loden zakje ('loodportemonnee') om zijn teelballen. Leg uit waarom de arts dat doet.

C 47 N

Een patiënt die een uitwendige bestraling heeft ondergaan gaat na de behandeling gewoon naar huis. Er zijn geen gevolgen voor de anderen in het gezin. Dat is bij een inwendige bestraling niet zo, want dan blijft de patiënt in de behandelruimte en mogen gezinsleden niet bij de patiënt in de buurt komen.

a Waarom is uitwendige bestraling voor gezinsleden niet gevaarlijk?

b Waarom is inwendige bestraling voor gezinsleden wel gevaarlijk?

+ 48 N

Buienradar maakt gebruik van radarsignalen om regenbuien te volgen. De straling reflecteert tegen de regenwolk en wordt bij het radarstation weer opgevangen.

a Zoek op van welke stralingssoort radar gebruikmaakt.

b Hoe kun je de afstand tussen het radarstation en de regenwolk bepalen?

Water kan de straling goed absorberen.
Kies het juiste antwoord.

c De intensiteit van de straling bij een teruggekaatst signaal van een regenwolk is: *lager / gelijk / hoger* dan bij een gewone wolk.

d De stralingsenergie van de straling bij een teruggekaatst signaal van een regenwolk is: *lager / gelijk / hoger* dan bij een gewone wolk.

+ 49 N

Om straling te ontvangen moet de bron een afmeting hebben die vergelijkbaar is met een vierde of een achtste van de golflengte.

a Maak een schatting van de lengte van de radioantenne van een auto.

b Hoe groot is de golflengte van de straling die hiermee is op te vangen?

FM-frequenties liggen rond de 90 MHz. Om een frequentie om te rekenen naar een golflengte kun je de volgende formule gebruiken: $\text{golflengte} = \frac{3 \cdot 10^8}{\text{frequentie}}$

c Ga na of de antenne inderdaad in staat is de FM-radio te ontvangen.

In de films kan Superman met zijn ogen röntgen- en gammastraling zien.

d Ga met behulp van figuur 2.1 na of de cellen in de ogen van Superman werkelijk in staat zijn deze straling te zien.

Je kunt nu

- beschrijven hoe straling in de communicatie, in het onderzoek en voor de behandeling van tumoren wordt gebruikt;
- uitleggen waar het bereik van straling van afhangt;
- uitleggen op welke manieren enkele medische apparaten straling gebruiken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

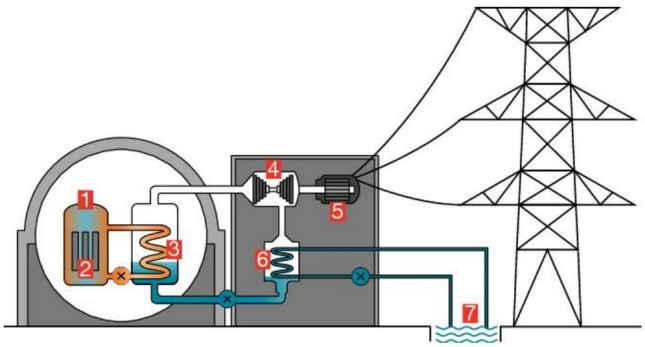


Discussievraag
Op de foto zie je een stralingswerker die een schijf uranium vast heeft. Uranium is een radioactief zwaar metaal dat in kerncentrales wordt gebruikt.
Hoe kan een metaal worden gebruikt om energie op te wekken?

Je leert
- hoe een kerncentrale elektrische energie produceert.

2.5 De kerncentrale

De kerncentrale
Radioactieve stoffen vervallen en zenden straling uit. Hier komt een klein beetje energie bij vrij. Sommige radioactieve stoffen voelen dan ook warm aan. Alfa-, bèta- en gammaverval zijn alle vormen van **natuurlijk verval**, je kunt ze niet beïnvloeden.
Er zijn ook processen die wel door mensen kunnen worden beïnvloed. Heel zware elementen zoals uranium en plutonium zijn van nature instabiel en radioactief. Ze zijn zelfs zo instabiel dat het atoom in twee stukken kan breken. Dit wordt **splijting** genoemd. Bij de splijting van een atoom ontstaat heel veel energie, veel meer dan bij natuurlijk verval. In een **kerncentrale** wordt deze energie omgezet in elektrische energie. Zie figuur 2.21.
Een kerncentrale bestaat uit een aantal onderdelen. In het reactorvat (1) bevinden zich uranium kernstaven (2). De warmte die wordt ontwikkeld in de kernstaven wordt via een warmtewisselaar (3) doorgegeven. Het water verandert onder hoge druk in stoom die de turbine (4) aandrijft. De turbine drijft een generator (5) aan die elektriciteit levert aan het

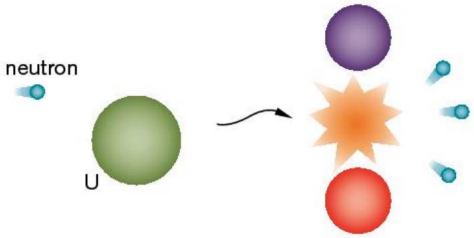


2.21 De schematische werking van een kerncentrale

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

elektriciteitsnet. De afgewerkte stoom wordt verder gekoeld met een warmtewisselaar (6) die gekoeld wordt met rivierwater (7).
In het reactorvat worden **neutronen** op de uraniumatomen afgevuurd om deze te splijten. Neutronen zijn deeltjes die onderdeel van het atoom zijn. Bij de splijting van het uranium komt veel energie vrij. Ook komen er drie nieuwe neutronen vrij, die weer een nieuw atoom kunnen splijten. Zie figuur 2.22. Iedere splijting kan dus drie nieuwe splijtingen veroorzaken, waardoor het aantal atomen dat splijt steeds groter wordt en er uiteindelijk een ongecontroleerde **kettingreactie** zou kunnen plaatsvinden. Als er sprake is van een ongecontroleerde kettingreactie komt er zo veel energie vrij dat het reactorvat oververhit kan raken en kan ontploffen. Dit gebeurde bij de kernramp in Tsjernobyl en bijna in Fukushima. Om dit te voorkomen plaatst men zogenoemde **regelstaven** tussen de uraniumstaven. De regelstaven vangen precies zo veel neutronen weg dat er per splijting steeds maar één neutron voor een nieuwe splijting beschikbaar is. De reactie in de reactor blijft daardoor gecontroleerd verdergaan.



2.22 Bij de splijting van uranium komen onder andere energie en drie neutronen vrij.

Radioactief afval

Een van de problemen bij kerncentrales is dat er bij elke reactie ook andere radioactieve stoffen ontstaan. Deze stoffen noem je **radioactief afval**. Omdat deze stoffen een grote halveringstijd hebben, blijven ze lange tijd radioactief, tot wel duizenden jaren. Op dit moment is er nog geen goede oplossing gevonden voor het probleem van radioactief afval. Tot die tijd moet het afval daarom voor lange tijd veilig worden opgeborgen. Het afval krijgt hiervoor een verpakking van lood en beton om de straling tegen te houden. Zie figuur 2.23.
In Nederland wordt dit afval in bunkers nabij Borssele opgeslagen. In Borssele staat de enige werkende kerncentrale van Nederland. De Duitse centrales slaan hun afval in oude zoutmijnen of kolenmijnen op, waar het afval vele duizenden jaren kan blijven liggen zonder dat mensen er last van hebben. In het verleden zijn vaten met radioactief afval ook in oceanen gedumpt, waar ze tot op de dag van vandaag liggen. Dit is een minder verstandige manier van opslaan, want door de inwerking van de straling op het beton, samen met de invloed van het zout, wordt het beton langzaam maar zeker aangetast. Hierdoor komt er radioactief materiaal in de oceanen terecht.



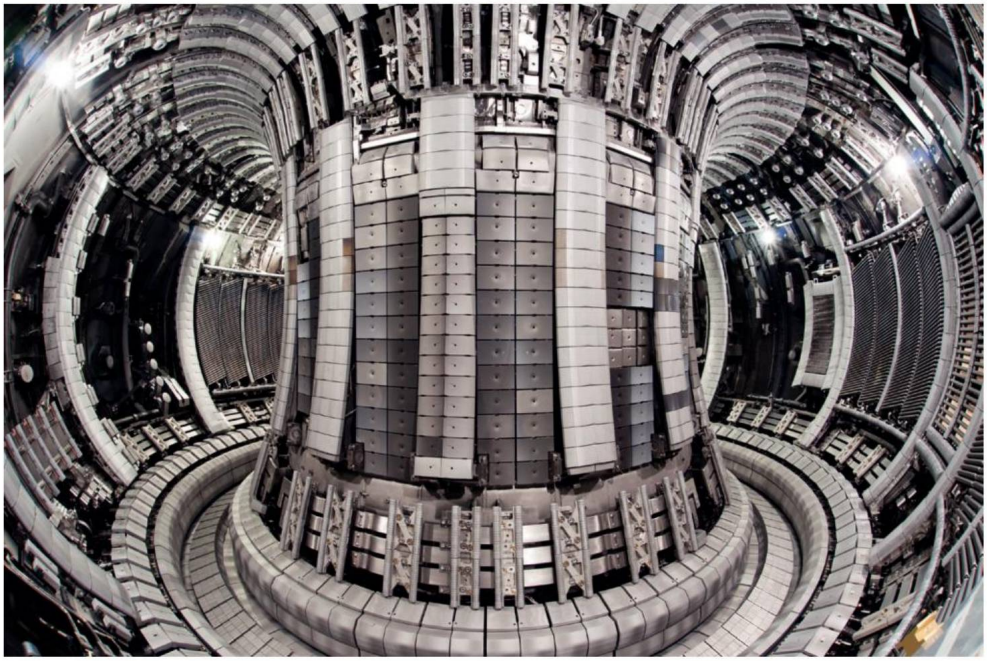
2.23 In Borssele is radioactief afval in betonnen containers opgeslagen.

Kernfusie

Kernsplijting heeft heel veel nadelige gevolgen. Bovendien zal op den duur het beschikbare uranium opraken, net als fossiele brandstoffen. Voor de langere termijn is kernsplijting dus geen oplossing.
Wereldwijd zijn wetenschappers op zoek naar duurzame manieren van energieproductie. Kernfusie wordt gezien als een schone en veilige oplossing omdat er geen kettingreacties plaatsvinden. Bij **kernfusie** worden waterstofatomen met elkaar samengesmolten tot een heliumatoom. Bij deze fusie komt erg veel energie vrij. Er komt per kilogram waterstof veel meer energie vrij dan per kilogram uranium of olie. Het afvalproduct, helium, is niet radioactief en is geen broeikasgas zoals koolstofdioxide.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



2.24 De binnenkant van de experimentele JET fusiereactor in Engeland

In figuur 2.24 zie je de binnenkant van de experimentele fusiereactor JET. De binnenkant wordt in de jaren dat de reactor in gebruik is wel langzaam radioactief door het fusieproces. Toch is de radioactiviteit veel minder dan bij kerncentrales. De reactorwand zal zodra de hele centrale aan vervanging toe is nog zo'n 75 jaar radioactief blijven.
In de binnenkant van de reactor wordt 0,5 gram waterstofgas tot miljoenen graden Celsius verhit en door middel van magneten dicht op elkaar gedrukt. Onder deze omstandigheden is waterstof in staat te fuseren tot helium. Wetenschappers zijn nog niet in staat om alle vrijgekomen energie op te slaan en om de reactie lang in stand te houden. Hierdoor kost het opstarten van de centrale op dit moment nog meer energie dan hij levert.
Wetenschappers hebben veel geleerd bij experimenten met JET. Er zijn al plannen voor een nieuwe reactor, ITER, die vijf keer zo veel energie moet opleveren als dat hij kost.

Samengevat

Vervalreacties met alfa-, bèta- en gammastraling worden natuurlijke vervalreacties genoemd.
De energie die bij splijtingsreacties vrijkomt, wordt in een kerncentrale gebruikt om elektrische energie te produceren.
Door uranium met neutronen te beschieten ontstaat er een kernreactie. Regelstaven voorkomen dat een kettingreactie uit de hand loopt.
Het radioactief afval dat ontstaat moet voor langere tijd veilig worden opgeslagen.
Kernfusie is het samensmelten van atomen tot een nieuw atoom. Hierbij ontstaat veel energie.
Bij kernfusie komen geen broeikasgassen en weinig radioactief afval vrij.

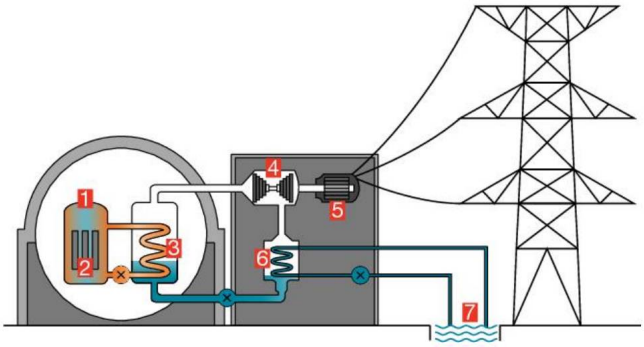
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

+2.5 Opdrachten

A 50
a Welk stof is de 'brandstof' in een kernreactor?
b Leg uit wat een kettingreactie is.
c Geef aan wat de functie van een regelstaaf is.
d Wat zal een fusiereactor als afvalstof produceren?

A 51 M
Geef aan hoe de onderdelen bij de nummers 1 t/m 7 in de figuur hieronder heten.



B 52 M
Kernafval kan worden opgeslagen in oude zoutmijnen.
a Leg uit wat hier een voordeel van is.
b Leg uit waarom dit geen oplossing is voor het probleem van kernafval.

B 53
In figuur 2.21 zie je een schematische weergave van een kerncentrale.
a Leg uit waarom je het water uit de reactor gescheiden moet houden van het water dat wordt omgezet in stoom.

Het water dat wordt omgezet in stoom wordt door een pomp rondgepompt.
b Leg uit wat er kan gebeuren als deze pomp kapotgaat.
c Leg uit waarin een kerncentrale verschilt ten opzichte van bijvoorbeeld een gasgestookte centrale.

B 54 M
a Leg uit waarom vee niet meer op het land mag grazen als er een ontploffing in een kerncentrale heeft plaatsgevonden.
b Leg uit of het vee, als het toch op het land graast, wordt bestraald, besmet of dat beide plaatsvindt.
c Leg uit wat gevaarlijker is voor de consumptie van melk en vlees: besmetting of bestraling?

B 55
De halveringstijd van een radioactieve stof is op geen enkele manier te beïnvloeden. Leg uit waarom dit zo'n groot probleem voor het radioactieve afval is.

B 56
De reactorwand van een fusiereactor wordt ook radioactief. Toch is dit een minder groot probleem dan het kernafval van een kerncentrale. Leg dit uit.

B 57
a Leg uit wat het verschil is tussen natuurlijk verval en splijting.
b Leg uit wat de overeenkomst is tussen natuurlijk verval en splijting.

C 58 N
Bij de splijting van een uraniumatoom komt een grote hoeveelheid warmte vrij. Het water in de reactor stijgt daardoor tot temperaturen van wel 300 °C. Maar water kookt al bij 100 °C, hoe kan het dan 300 °C bereiken?
a Zoek op internet hoe je water bij een hogere temperatuur kunt laten koken.
b Leg uit wat er dan moet gelden voor de wand van de kernreactor.

C 59 N
Bij de splijting van een uraniumkern komen drie neutronen vrij. De neutronen hebben echter een te hoge snelheid om nog een uraniumkern te splijten. Het uranium is nagenoeg 'transparant' voor de snelle neutronen. Sander vindt dat dit effect lijkt op de halveringsdikte bij gammastraling.
a Geef een overeenkomst en een verschil van Sanders vergelijking.

Om de neutronen af te remmen wordt een moderator gebruikt. De meest gebruikte moderator is water. De neutronen verliezen in het water snelheid waardoor ze veel beter in staat zijn om het uranium te splijten.
b Geef een verklaring waarom er altijd meerdere uraniumstaven in de reactor moeten zijn.

C 60
Bij natuurlijk verval komen geen neutronen vrij. Leg uit of het mogelijk is om met radioactief radon (een natuurlijke stralingsbron) een kettingreactie op gang te krijgen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 61

In 1986 ontplofte de kerncentrale in Tsjernobyl, Oekraïne. De ontploffing ontstond door een combinatie van een ontwerpfout en een menselijke fout. Na een proef konden de regelstaven niet meer goed naar beneden worden gebracht.

a Leg uit waarom regelstaven in een kernreactor nodig zijn.

Als gevolg van deze fout werd het water in het reactorvat omgezet in stoom.

b Leg uit hoe dat kan gebeuren.

Door de stoomvorming nam de druk snel toe en ontplofte het dak. De reddingswerkers die op het dak de ontstane brand bestreden, mochten steeds maar een korte periode blussen.

c Leg uit waarom de reddingswerkers niet lang mochten blussen.

Veel reddingswerkers raakten besmet met radioactieve stoffen. Zelfs als ze maar kort hadden geblust, bezweken ze uiteindelijk aan de gevolgen van straling.

d Waarom maakt het bij een besmetting niet uit hoelang je op het dak hebt geblust?

C 62

Het opwekken van elektriciteit met behulp van kernenergie heeft voordelen en nadelen.

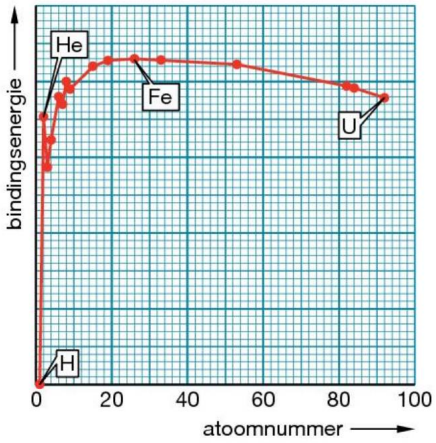
a Maak een overzicht van drie voor- en nadelen van het gebruik van kernenergie. Geef duidelijk aan welk voor- en welk nadeel voor jou de grootste waarde heeft in het besluit om door te gaan of te stoppen met kernenergie.

Voor meer onderzoek naar een goed werkende fusiereactor zijn vele miljoenen euro's onderzoeksgeld nodig.

b Geef drie redenen voor- en tegen het onderzoek naar een fusiecentrale.

+ 63 N

In de figuur hierna zie je de bindingsenergie van verschillende atomen. Een stap omhoog levert energie op.



a Leg aan de hand van de grafiek uit dat de fusie van waterstof tot helium meer energie oplevert dan de splijting van uranium.

b Leg uit of het mogelijk is om door middel van kernfusie of kernsplijting energie aan ijzer te onttrekken.

c Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Geef in de figuur aan welke elementen bij kernfusie energie opleveren en welke bij kernsplijting.

+ 64 N

Bij een vervalreactie is de totale massa voor de reactie groter dan na de reactie. Door dit verschil in massa komt energie vrij. De hoeveelheid energie die vrijkomt, kun je berekenen met de beroemde formule van Einstein: $E = mc^2$.
Hierbij is:
E de energie in J,
m het massaverschil in kg, en
c de lichtsnelheid in m/s, met een waarde van $3{,}0 \cdot 10^8$ m/s.

a Bereken hoeveel energie er vrijkomt als 2,0 kg massa wordt omgezet in energie.

Bij het verval van radon ($m = 3{,}620\ 07 \cdot 10^{-25}$ kg) komt een alfadeeltje vrij en ontstaat de stof polonium met een massa van $3{,}553\ 47 \cdot 10^{-25}$ kg.

b Bereken het massaverschil tussen het radon- en het poloniumatoom.

c Leg uit waarom dit niet het massaverschil van de vervalreactie is.

De energie die vrijkomt bij de reactie is gelijk aan $1{,}1667 \cdot 10^{-12}$ J.

d Bereken hiermee het massaverschil vóór en na de reactie.

e Bereken de massa van het alfadeeltje.

Je kunt nu

- uitleggen hoe een kerncentrale werkt;
- uitleggen wat kernsplijting en kernfusie is;
- voor- en nadelen van kerncentrales noemen;
- uitleggen welke elementen met kernsplijting en kernfusie energie opleveren.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Practica

1 De halveringstijd van schuim

► 40 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Als een stof radioactief is, neemt het aantal radioactieve atomen steeds verder af. Hoe snel dat gaat, geef je weer met de halveringstijd. Werken met radioactieve stoffen kan schadelijke effecten hebben voor mens en dier. Maar je kunt ook van andere dingen de halveringstijd bepalen, zoals van de hoeveelheid bierschuim. De halveringstijd van radioactieve elementen kun je niet beïnvloeden, maar de halveringstijd van schuim misschien wel.

Onderzoeksvragen

Wat is de halveringstijd van bierschuim en is deze afhankelijk van de temperatuur van het bier?

Voorspellingen

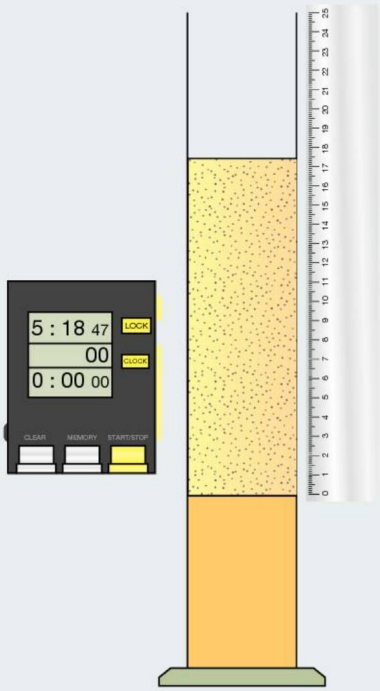
Noteer hoelang je denkt dat het duurt voordat de schuimkraag van bier is gehalveerd en of je denkt dat de temperatuur invloed heeft.

Je hebt nodig:

- maatcilinder van 250 mL
- liniaal
- twee flesjes bier, één koud en één op kamertemperatuur
- stopwatch
- thermometer

Opstelling en werkwijze

1 Meet de temperatuur van het bier en noteer deze.
2 Schenk het bier met een dun straaltje in de maatcilinder tot ongeveer 150 mL, zodat je veel schuim krijgt en weinig bier.
3 Wacht tot de grootste bellen zijn geknapt, meet de hoogte van de schuimkraag en druk daarna de stopwatch in.
4 Meet gedurende 10 minuten, om de 30 seconden, de hoogte van de schuimkraag. Noteer je metingen in een tabel.
5 Maak van je metingen een grafiek en bepaal hieruit de halveringstijd van het bierschuim.
6 Herhaal de proef met hetzelfde bier van een andere temperatuur.



Vragen

a Zat er verschil in de halveringstijden bij verschillende temperaturen?
b Wat is dan het beste voor een stabiele schuimkraag?
c Welke factoren zouden nog meer van invloed kunnen zijn?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2 Het verval van een punaise

► **45 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Radioactieve stoffen hebben een halveringstijd. Na een halveringstijd is de helft van de atomen vervallen en verdwenen. In dit practicum doe je dit proces met punaises na. Je kijkt naar het 'verval' van een punaise.

Onderzoeksvraag

Wat is de halveringstijd van een punaise?

Voorspelling

Na hoeveel keer gooien liggen er geen punaises meer met de punt omlaag?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- vijftig punaises
- bakje



1. Je gooit de punaises in je bakje.
2. Verwijder alle punaises die met de punt omhoog zijn geland. Deze zijn 'vervallen'.
3. Tel de overige punaises en zet het aantal in een tabel zoals hieronder.
4. Gooi de overgebleven punaises nogmaals in je bakje en ga door tot er geen punaises meer over zijn.
5. Maak aan het einde een grafiek met op de *x*-as het aantal worpen en op de *y*-as het aantal overgebleven punaises.

aantal worpen	aantal punaises
0	50
1	
2	
...	

Vragen

a Wat heb je nog meer nodig om de halveringstijd van een punaise te bepalen?
b Bepaal de halveringstijd van een punaise.
c Is de halveringstijd van de allerlaatste punaise anders dan die van de andere punaises? Geef uitleg bij je antwoord.
d Stel dat je het experiment zou herhalen met dobbelstenen in plaats van punaises. Een zes betekent dat de dobbelsteen is 'vervallen'. Hoeveel groter of kleiner zal de halfwaardetijd van een dobbelsteen zijn in vergelijking met een punaise?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Oefentoets

Juist of onjuist?

1 Alfastraling is een vorm van elektromagnetische straling.
2 Atomen bestaan uit moleculen.
3 Door een röntgenfoto word je zelf een bron van straling.
4 Alle radioactieve bronnen stoppen na een paar uur met het uitzenden van straling.
5 Infrarood licht heeft meer stralingsenergie dan uv-licht.
6 Radiostraling heeft een groter bereik dan microgolfstraling.

Leg uit wat er wordt bedoeld met de onderstaande termen.

7 De dosislimiet
8 Het elektromagnetisch spectrum
9 Het doordringend vermogen
10 Het vervallen van een atoom
11 Uitwendige bestraling

Schadelijke gevolgen

12 Noem twee mogelijke schadelijke gevolgen van straling voor je lichaam.
13 Leg uit wat het verschil tussen radioactieve bestraling en radioactieve besmetting is.

Bariumpap

Als een arts wil bekijken hoe de darmen van een patiënt er aan toe zijn, laat hij de patiënt bariumpap drinken. Na twintig minuten maakt hij dan een röntgenfoto. Hierop zijn de darmen dan met goed contrast te zien.

14 Wat kun je zeggen over de halveringsdikte van de bariumpap ten opzichte van die van het darmweefsel?
15 Is de bariumpap zelf radioactief geworden na de behandeling? Leg uit.

Het verval van radioactief koolstof

Radioactief koolstof is een bètastraler die een halveringstijd heeft van 5736 jaar.

16 Wat betekent een halveringstijd van 5736 jaar?

Bij een experiment is 6,4 g radioactief koolstof beschikbaar.

17 Bereken na hoelang hier nog 1,6 g van over is.
18 Schets een diagram van de hoeveelheid radioactief koolstof gedurende 25 000 jaar, uitgaande van 6,4 g.

Zonnebrillen

Uv-straling is schadelijk voor menselijke ogen. Vroeger gebruikte men weleens stukjes glas met roetaanslag als een soort van primitieve zonnebril, hierdoor komt er minder zonlicht in je ogen. Tegenwoordig gebruik je glazen die bepaalde golflengtes uit het zonlicht filteren.

19 Noem een verschil en een overeenkomst in de beschermende werking van een roetglaasje en een moderne zonnebril.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Bestraling

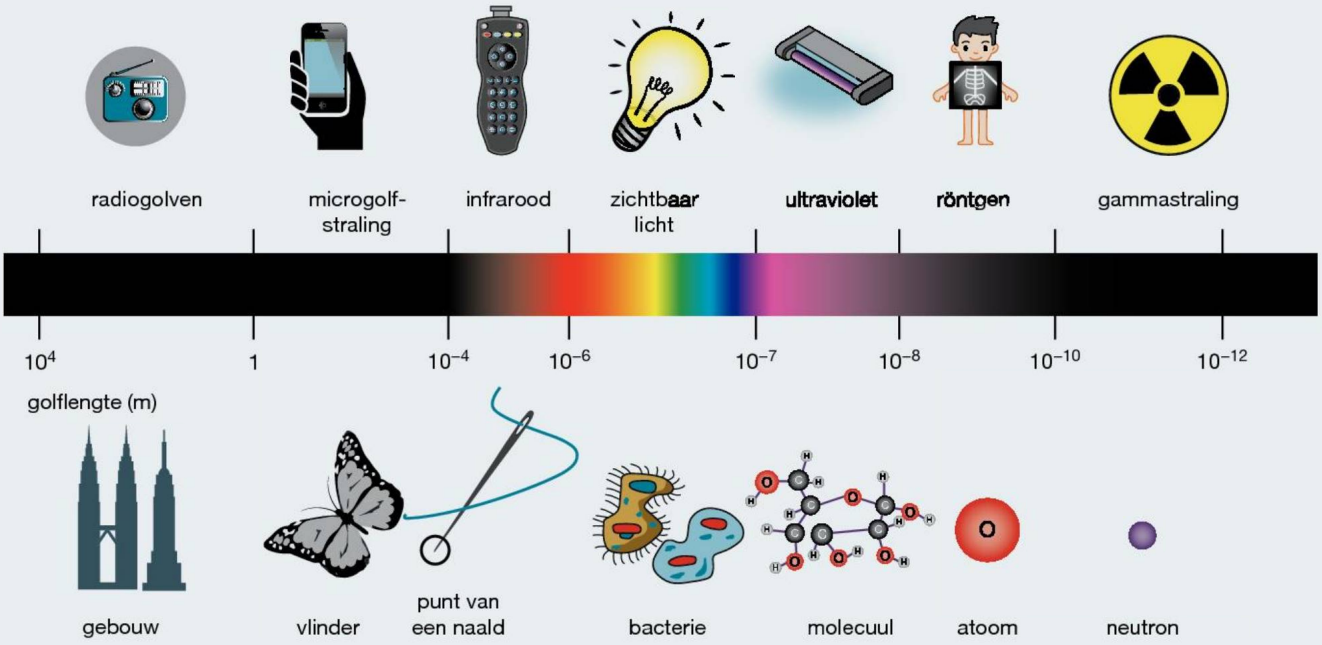
Tumoren kun je bestrijden door ze te bestralen. Je kunt zowel met alfastraling als met gammastraling bestralen. Voor uitwendige bestraling is gammastraling veel geschikter dan alfastraling.

20 Leg uit waarom alfastraling niet geschikt is voor uitwendige bestraling.

21 Leg uit waarom alfastraling wel erg geschikt is voor inwendige bestraling.

Zendmasten

Vroeger waren zendmasten nog erg duur om te bouwen. Toen gebruikte men AM-zenders met golflengtes tussen de 100 en 1000 m. Pas veel later, toen zendmasten goedkoper werden, is er overgestapt op FM-zenders met golflengtes tussen de 10 en de 100 m.



22 Geef hiervoor een verklaring.

Om straling effectief op te vangen moet de antenne een vierde of een achtste van de grootte van de golflengte van de straling hebben.

23 Leg uit waarom je altijd je bedrade koptelefoon in je mobiele telefoon moet steken om FM-radio te luisteren.

Kettingreacties

Een kerncentrale geeft een constant elektrisch vermogen. Er zijn per seconde 10^{10} reacties. Stel dat er gemiddeld per reactie 1,1 neutron vrijkomt die een nieuwe reactie start.

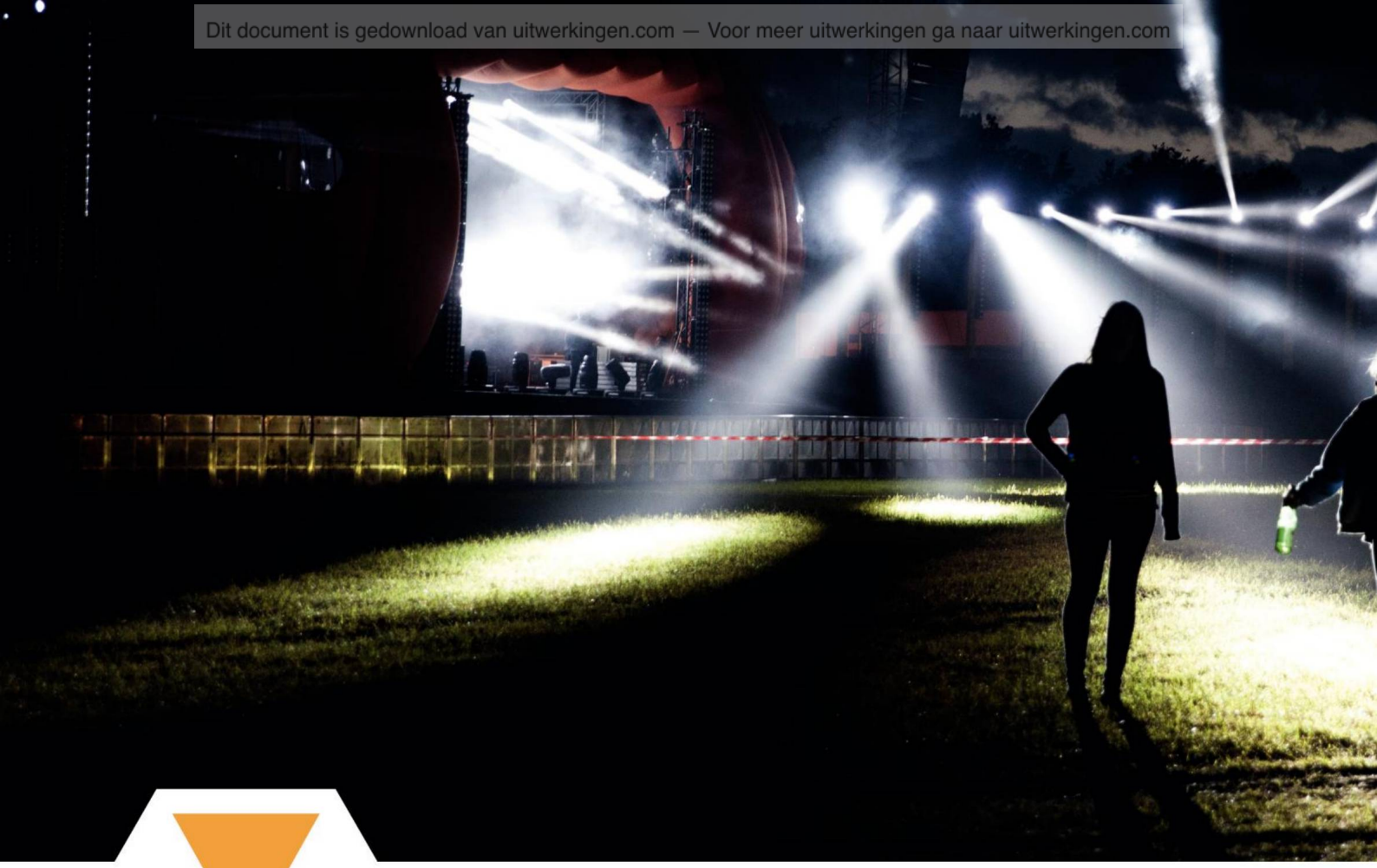
+24 Bereken hoeveel reacties per seconde er na 10 seconden zijn.

+25 Wat gebeurt er nu met het vermogen van de reactor?

+26 Waarmee wordt het gemiddeld aantal neutronen dat een reactie kan veroorzaken geregeld?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



3 Elektriciteit

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Op de foto zie je een lichttest bij het podium van popfestival Roskilde in Denemarken. Elektriciteit is niet weg te denken uit de maatschappij. Kijk maar eens om je heen hoeveel apparaten, gadgets en speelgoed je ziet die op elektriciteit werken.
Ook bij shows en concerten is elektriciteit nodig.

Paragraaf	Practica
3.1 Elektriciteit en lading	**1** Lampje, draad en batterij
3.2 Geleidbaarheid en weerstand	**2** Het (*I*,*U*)-diagram van een dun draadje
3.3 Parallel en serie	**3** Parallel en serie
3.4 Energie en vermogen	**4** Energiegebruik van apparaten
+3.5 Elektromagnetisme	**5** Elektromagnetisme met een spoel
Oefentoets	

Overal online

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
Dit meisje heeft bij droog weer trampoline gesprongen. Haar haren staan nu overeind. Hoe verklaar je dit?



Je leert
- hoe lading elektrische verschijnselen veroorzaakt.

3.1 Elektriciteit en lading

► Practicum 1

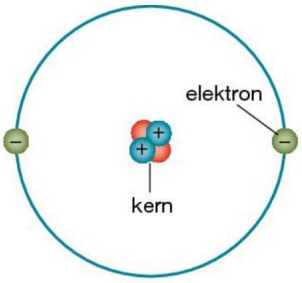
Elektrische lading en kracht

Als het meisje op de trampoline springt, komt er lading op haar en op haar haren. Omdat de haren dezelfde soort lading krijgen, stoten ze elkaar af en gaan ze uit elkaar staan. Verschijnselen die met lading hebben te maken, noem je **elektrische verschijnselen**. Elektrische verschijnselen ontstaan doordat **ladingen** krachten op elkaar uitoefenen. Het is moeilijk te omschrijven wat lading is, maar je kunt er wel de eigenschappen van omschrijven:

- Er zijn twee soorten lading. Die twee soorten noem je **positief** en **negatief**.
- Een positieve lading en een negatieve lading trekken elkaar aan.
- Een positieve lading en een positieve lading stoten elkaar af.
- Een negatieve lading en een negatieve lading stoten elkaar af.

Ongelijksoortige ladingen trekken elkaar dus aan, gelijksoortige ladingen stoten elkaar af. Blijkbaar zaten er gelijksoortige ladingen op de haren van het meisje op de trampoline.

Stoffen zijn opgebouwd uit atomen en die bevatten lading. Zie figuur 3.1. Atomen bestaan uit een kern met daarin positieve deeltjes (protonen) en ongeladen of neutrale deeltjes (neutronen). Om de kern heen bewegen negatieve deeltjes (elektronen).



3.1 Een atoom

Omdat er in een atoom evenveel negatieve elektronen als positieve protonen zitten, is een atoom elektrisch **neutraal**. Stoffen zijn opgebouwd uit atomen, dus stoffen zijn normaal gesproken ook neutraal. Er kan echter extra lading bijkomen of van afgaan. De stof is dan niet meer neutraal,

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

maar **geladen**. Er werken dan elektrische krachten op als er andere ladingen in de buurt zijn.
Bij elektrische verschijnselen zijn het meestal de elektronen die bewegen. Stoffen zoals het rubber van een ballon hebben de eigenschap dat je ze kunt laden door erover te wrijven. Daardoor gaan er elektronen van het ene materiaal naar het andere.

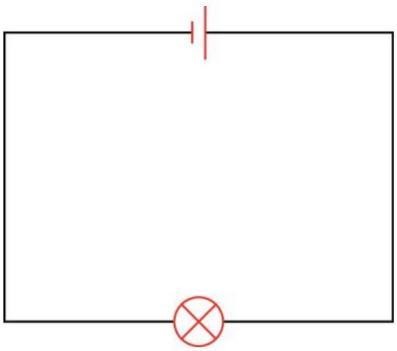
Stroom is bewegende lading

Als je in de winter op een droge dag een wollen trui uittrekt, hoor je weleens geknetter en zie je soms vonkjes. Die vonkjes ontstaan doordat lading in één keer overspringt tussen jou en je trui. Bewegende lading is wat je elektrische **stroom** noemt. Bij onweer zie je iets vergelijkbaars, maar groter: er springt in één keer veel lading over tussen de aarde en de wolken en in plaats van kleine vonkjes zie je grote bliksemschichten. In de negentiende eeuw is ontdekt hoe je een blijvende stroom kunt maken in plaats van eenmalig een kort stroompje: stroom blijft alleen lopen als een stroomkring is gesloten. Zie figuur 3.2.

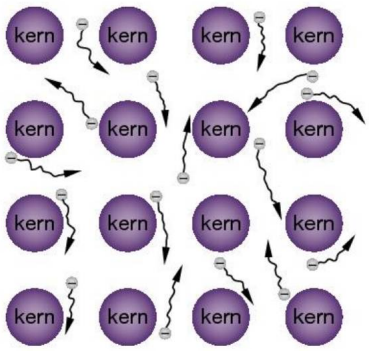
Metalen draden zijn geschikt om stroom door te laten lopen. Metaal is namelijk een goede **geleider**; dat betekent dat de elektronen er gemakkelijk doorheen kunnen. In een metaal zit het grootste deel van ieder atoom op een vaste plaats, op één of enkele elektronen per atoom na. Die elektronen kunnen door het gehele metaal bewegen. Je noemt ze **geleidingselektronen**. Zie figuur 3.3.
Met de **stroomsterkte** (*I*) geef je aan hoeveel lading er per seconde door een punt of draad stroomt. De eenheid van stroomsterkte is ampère (A).

Door sommige draden gaat een grotere stroom dan door andere. De stroomsterkte die door de draden in je telefoon gaat is bijvoorbeeld veel kleiner dan de stroomsterkte door de lampen in de klas. Kleine stromen geef je vaak aan in mA of µA, waarbij geldt dat:
1 mA = 0,001 A en 1 µA = 0,000 000 1 A.

Elektrische stroom is belangrijk, want er zijn veel toepassingen. Met elektrische stroom kun je bijvoorbeeld beweging opwekken (elektromotor), warmte creëren (zoals in een waterkoker), communiceren (bijvoorbeeld je mobieltje, radio en televisie) en licht maken.



3.2 Een gesloten stroomkring



3.3 Geleidingselektronen

Spanning veroorzaakt stroom

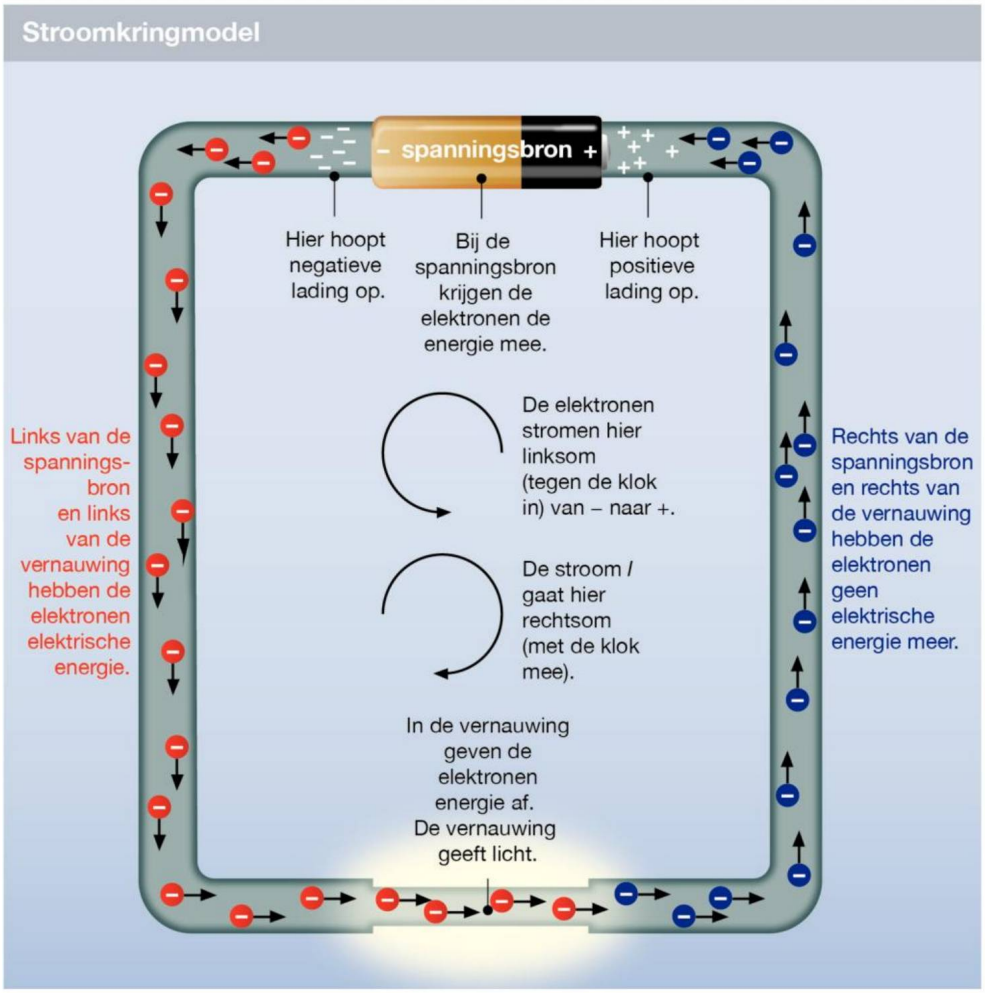
Als je een lampje aansluit op een batterij loopt er stroom en brandt het lampje. Voor een blijvende elektrische stroom is behalve een gesloten stroomkring ook een spanningsbron nodig. Een batterij is een spanningsbron. Een spanningsbron 'pompt' de lading rond. Bovendien geeft hij energie aan de lading mee. De **spanning** (*U*) geeft aan hoeveel energie de lading meekrijgt. De eenheid is volt (V).

Hoe de spanning van een spanningsbron stroom veroorzaakt, is het gemakkelijkst te begrijpen bij een batterij. Een batterij heeft twee polen: een minpool en een pluspool. Bij de

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

minpool hoopt zich negatieve lading (elektronen) op. Daardoor is de minpool negatief geladen. Bij de pluspool ontbreken juist elektronen. Daardoor is de pluspool positief geladen. Er is dus een ladingsverschil tussen de pluspool en de minpool. Als ergens een ladingsverschil is, is er sprake van spanning. Daardoor ontstaan krachten: de minpool stoot elektronen af en de pluspool trekt ze aan. De elektronen krijgen dan elektrische energie. Verbind je de polen met een geleidende draad, dan lopen daar elektronen doorheen van de min- naar de pluspool. Vroeger voordat elektronen bekend waren is afgesproken dat in een stroomkring de stroom van de plus- naar de minpool gaat. We weten nu dat de elektronen dan juist de andere kant op gaan, dus van de min- naar de pluspool. Zie figuur 3.4.



3.4 Een model voor een stroomkring met een spanningsbron en een gloeidraad

In dik koperdraad verliezen de elektronen nauwelijks energie, in een vernauwing zoals een gloeidraadje van een lamp gebeurt dat wel. Zie figuur 3.4. Het kost energie om door de vernauwing te komen. De vernauwing wordt zo warm dat ze licht gaat geven. De elektrische energie van de spanningsbron wordt zo omgezet in warmte en stralingsenergie.
De spanningsbron geeft de geleidingselektronen dus energie mee. Bij de vernauwing geven ze die energie weer af. De hele stroomkring zorgt voor dat energietransport.

De batterij is een soort pomp die het ladingsverschil en dus de spanning tussen de plus- en de minpool in stand houdt. De batterij vult de elektronen die wegstromen van de minpool meteen weer aan en haalt de elektronen die bij de pluspool aankomen direct weer weg. Dit pompen van elektronen kost energie. Als er geen stroom loopt, levert de batterij geen energie. Als de batterij leeg is, kan ze niet meer pompen en houdt de stroom op te bestaan.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Vergelijk een stroomkring met batterij met een fietsketting. Zie figuur 3.5. Je trapt (levert energie) waardoor de ketting in zijn geheel ronddraait en het achterwiel aandrijft (het achterwiel neemt de energie op). De hele fietsketting zorgt zo voor energietransport van je benen naar het achterwiel. Als je stopt met trappen (de batterij is op), stopt het wiel met draaien.



3.5 Een fietsketting kun je vergelijken met een stroomkring.

Samengevat

Verschijnselen die met lading hebben te maken noem je elektrische verschijnselen. Er bestaat positieve en negatieve lading. Ladingen oefenen krachten op elkaar uit: gelijksoortige ladingen stoten elkaar af, ongelijksoortige ladingen trekken elkaar aan. Stoffen zijn normaal gesproken neutraal, maar worden geladen als er extra lading bijkomt of afgaat.
Bij elektrische stromen zijn het meestal de geleidingselektronen die bewegen. Door een geleider kunnen elektronen gemakkelijk stromen. Elektronen stromen de andere kant op dan de elektrische stroom.
De stroomsterkte I in ampère geeft aan hoeveel lading per seconde door een bepaald punt stroomt.
De spanning U in volt geeft aan hoeveel energie de lading meekrijgt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3.1 Opdrachten

A 1 M
a Noem de drie soorten deeltjes die in een atoom zitten.
b Geef van ieder deeltje aan of het positief geladen, negatief geladen of neutraal is.

A 2 M
a Noem de deeltjes die in een stroomdraad bewegen.
b Als de stroom van rechts naar links gaat, in welke richting bewegen die deeltjes dan?

A 3 M
Leg uit wat spanning met energie heeft te maken.

A 4
Vul in: *plus* of *min*.
In een stroomkring gaat de stroom buiten de bron om van de ...pool naar de ...pool, de elektronen gaan juist van de ...pool naar de ...pool.

B 5 M
Reken om naar A.
a 1200 mA
b 450 mA
c 80 kA
d 4 µA

Reken om naar mA.
d 2,818 A
e 0,347 A
f 263 kA
g 70 µA

B 6
Bekijk figuur 3.4. Je knipt de linker draad door.
a Leg uit of de gloeidraad nu nog gloeit.

Je vervangt de doorgeknipte draad door een nieuwe draad en knipt vervolgens de rechter draad door.
b Leg uit of de gloeidraad nu nog gloeit.
c Leg uit waarom de hele stroomkring nodig is om energie van de spanningsbron naar een gloeilamp te transporteren.

B 7
Bij een batterij heb je te maken met spanning en stroom.
a Welke van de twee is de oorzaak van de ander?
b Licht je antwoord op **a** toe: *hoe* veroorzaakt de ene de andere? Verklaar dit of met behulp van krachten of met behulp van energie.
c Leg uit hoe volgens de tekst de spanning van een batterij tot stand komt.

B 8 M
a Teken een schakelschema waarin een lampje met twee draden is aangesloten op een spanningsbron.

De elektronen krijgen bij de spanningsbron energie en geven die weer af bij de gloeidraadjes van de lampjes. Je verwaarloost de energie die elektronen nodig hebben om door de verbindingsdraden te stromen.
b Geef in je schakelschema met rood aan in welke van de vier draden de elektronen wel elektrische energie hebben. Geef vervolgens met blauw aan in welke van de vier draden ze geen elektrische energie hebben.

C 9 N
Je vergelijkt een stroomkring met een verwarmingsinstallatie. Zet bij elkaar wat bij elkaar hoort.

de spanningsbron	het buizenstelsel
de stroomkring	een radiator
het lampje	de ketel

C 10
a Leg uit waarom je niet mag zeggen dat iets ‘onder stroom staat’.
b Hoe formuleer je bovenstaande zin wel correct?

C 11 N
Leg uit waarom een materiaal positief geladen wordt als je er elektronen vanaf haalt.

C 12 N
Als je met een wollen doek of trui over een pvc-buis wrijft, dan wordt de buis negatief geladen.
Beschrijf hoe je hiermee kunt uitzoeken of de haren van het meisje op de openingsfoto van deze paragraaf positief of negatief zijn geladen.

C 13
a Hoe groot is de spanning op het stopcontact in Nederland?

De spanning van een batterij veroorzaakt stroom die buiten de bron om van de plus- naar de minpool loopt. Die stroom loopt dus altijd dezelfde kant op. Daarom spreek je van gelijkstroom en van gelijkspanning. Er bestaat ook een

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

andere vorm van stroom: wisselstroom, die wordt veroorzaakt door wisselspanning.

b Hebben we in Nederland in het stopcontact gelijkstroom of wisselstroom?

c Beschrijf het verschil tussen gelijkstroom en wisselstroom.

+ 14 N

Bij een elektrische stroom is de stroomsterkte de hoeveelheid lading die per seconde langs een punt stroomt. De eenheid van lading is coulomb (C). Er geldt:

- 1 ampère is 1 coulomb per seconde (1 A = 1 C/s).
- Een elektron heeft een lading van $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

De stroomsterkte door een draad is 3A.

a Bereken hoeveel elektronen er per seconde door de draad stromen.

b Bereken in welke tijdsduur er een miljard elektronen door de draad gaan.

+ 15 N

Meestal bestaat een elektrische stroom uit bewegende elektronen, maar soms bewegen andere ladingsdragers. Een voorbeeld daarvan is de stroom in kraanwater. In kraanwater zit onder andere keukenzout. Keukenzout noem je ook wel natriumchloride (NaCl) omdat het bestaat uit natriumatomen (Na) en chlooratomen (Cl).

Een atoom dat te veel of te weinig elektronen heeft noem je geen atoom, maar een ion. Als keukenzout in water oplost, ontstaan er ionen. In het water zitten dan natriumionen met een elektron te weinig (Na^+) en chloorionen met een elektron te veel (Cl^-).

In het kraanwater hang je twee metalen plaatjes. Plaatje 1 is verbonden met de pluspool van een spanningsbron, plaatje 2 is verbonden met de minpool van die spanningsbron.

a Naar welk plaatje bewegen de natriumionen en naar welk plaatje bewegen de chloorionen?

b Leg uit of er nu stroom loopt.

c Waarom is het gevaarlijk om een stopcontact aan te raken als je nat bent?

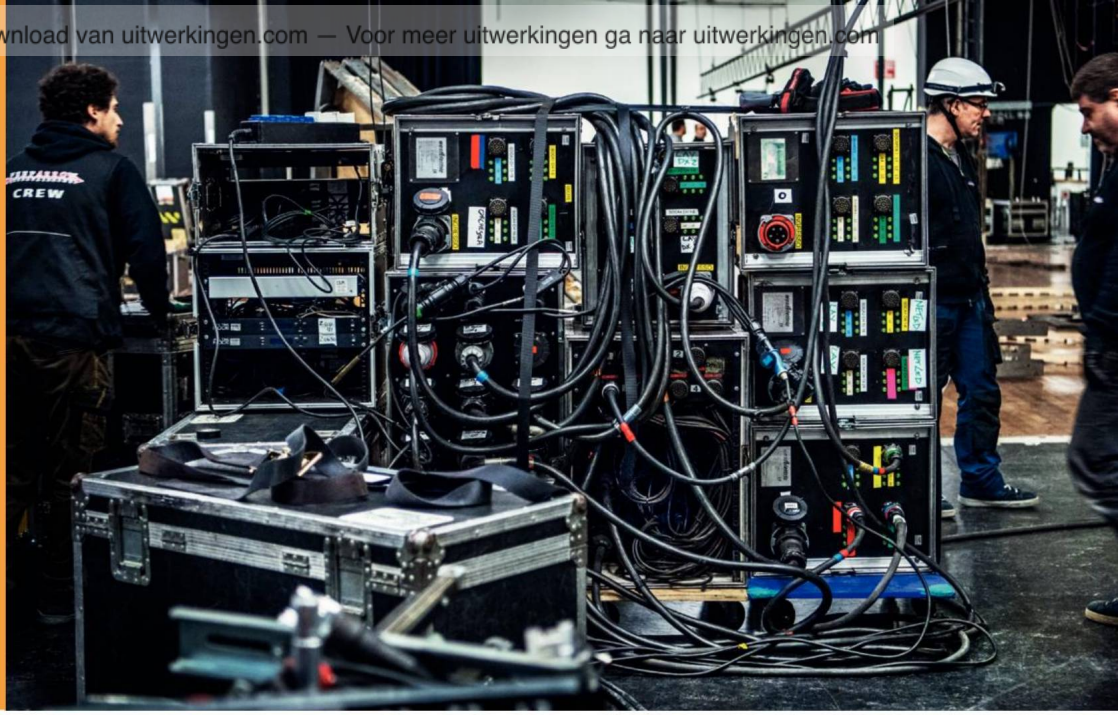
Je kunt nu

- noemen welke twee soorten lading er zijn;
- uitleggen hoe ladingen elektrische krachten op elkaar uitoefenen;
- uitleggen wat elektrische stroom is;
- uitleggen wat nodig is voor een blijvende stroom;
- uitleggen hoe een spanningsbron stroom veroorzaakt;
- uitleggen wat de betekenis van het begrip spanning is;
- in een stroomkring de richting van de stroom en van de elektronen aangeven;
- toepassingen van elektrische stroom noemen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
Bij de musical Jesus Christ Superstar moeten de muziek en de zang genoeg volume hebben. De energie die voor dit geluid nodig is, komt via kabels naar de versterkers.
Waarom moeten de kabels dik zijn?



Je leert
- waar de grootte van de stroomsterkte van afhangt.

3.2 Geleidbaarheid en weerstand

Geleidbaarheid
Muziekliefhebbers vervangen de dunne standaardsnoertjes van hun luidsprekers vaak door dikkere koperkabels. Die geleiden de stroom namelijk beter en daardoor klinken de luidsprekers beter, zeggen ze. De **geleidbaarheid** (*G*) geeft aan hoe goed een voorwerp of draad elektrische stroom geleidt. De eenheid van geleidbaarheid is siemens (S). De geleidbaarheid van geleiders is groot, de geleidbaarheid van isolatoren is klein. Voorbeelden van goede geleiders zijn metaaldraden, koolstof en kraanwater. Voorbeelden van slechte geleiders zijn hout, plastic en steen.

De geleidbaarheid van een draad hangt af van:
- de dikte van de draad: hoe dikker de draad, hoe groter de geleidbaarheid;
- de lengte van een draad: hoe langer de draad, hoe kleiner de geleidbaarheid;
- het materiaal waarvan de draad is gemaakt.

Een dikke, korte draad geleidt dus beter dan een dunne, lange draad. Denk aan ademen door een rietje: door een dik, kort rietje adem je gemakkelijker dan door een dun, lang rietje.

Geleidbaarheid berekenen
Door een draad met een grote geleidbaarheid loopt bij gelijke spanning een grotere stroom dan door een draad met een kleine geleidbaarheid. Je berekent geleidbaarheid als volgt:

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

$G = \frac{I}{U}$ wat je ook kunt schrijven als $I = G \cdot U$

met **G de geleidbaarheid in siemens (S)**
I de stroomsterkte in ampère (A)
U de spanning in volt (V)

Voorbeeld 1: De geleidbaarheid berekenen
Door lampje 1 gaat een stroom van 4 A bij een spanning van 8 V. Door lampje 2 gaat een stroom van 8 A bij een spanning van 8 V.
a Leg zonder te rekenen uit welk lampje de grootste geleidbaarheid heeft.
b Bereken de geleidbaarheid van beide lampjes.

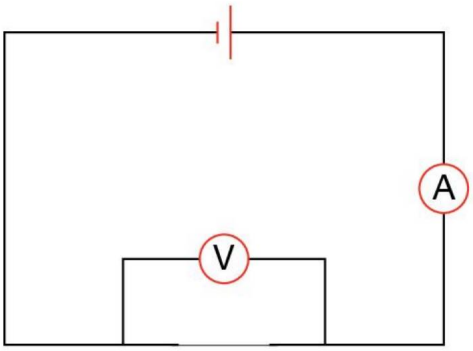
Uitwerking:
a Door lampje 2 loopt bij dezelfde spanning meer stroom. Lampje 2 geleidt het beste en heeft dus de grootste geleidbaarheid.
b $G_1 = \frac{I_1}{U} = \frac{4}{8} = 0{,}5$ S en $G_2 = \frac{I_2}{U} = \frac{8}{8} = 1$ S

▶ Practicum 2

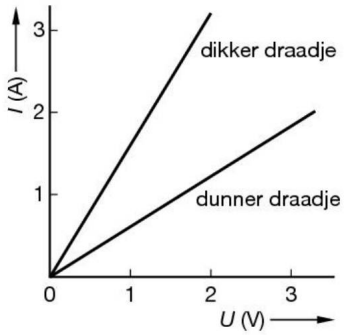
Geleidbaarheid en het (*I*,*U*)-diagram
Je kunt de geleidbaarheid van een dun constantaandraadje bepalen met de schakeling in figuur 3.6. Het dunne draadje kun je vergelijken met de vernauwing in figuur 3.4. Je varieert de spanning over het draadje en meet de stroomsterkte door het draadje. Met de formule $I = G \cdot U$ kun je dan voor iedere meting de geleidbaarheid berekenen.

Hierna maak je een **(*I*,*U*)-diagram** van het draadje en ook één van een dikker draadje. Zie figuur 3.7. Als de grafiek daarin een rechte lijn door de oorsprong is, is de geleidbaarheid van het draadje constant. Je ziet in figuur 3.7 dat de grafiek van het dikkere draadje een grotere helling heeft. Een dikker draadje heeft namelijk een grotere geleidbaarheid. Hoe groter de geleidbaarheid, hoe groter de helling van de grafiek.

De grafieken in figuur 3.7 zijn beide een rechte lijn door de oorsprong. Het verband dat bij zo'n grafiek hoort, heet een **recht evenredig verband**. Bij zo'n verband geldt: als de waarde van de ene grootheid *n* keer zo groot wordt, wordt de waarde van de andere grootheid ook *n* keer zo groot. In de natuurkunde komen meer recht evenredige verbanden voor.



3.6 Een schakeling met een dun draadje



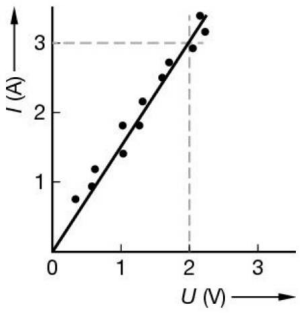
3.7 Het (I,U)-diagram van een dunner en een dikker constantaandraadje

Opmerking: in de natuurkunde spreek je van een (*I*,*U*)-diagram. Je noemt dan eerst de grootheid die je meet en die je op de verticale as zet. In dit geval is dat de stroomsterkte *I*. Daarna noem je de grootheid die je instelt en die je op de horizontale as zet. Hier is dat de

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

spanning U. Bij wiskunde noem je dat omgekeerd. In de wiskunde spreek je van een (x,y)-diagram, in de natuurkunde noem je dat een (y,x)-diagram.



3.8 Geleidbaarheid bepalen

Voorbeeld 2: De geleidbaarheid bepalen
Van een constantaandraad staan in het (I,U)-diagram de meetpunten en de grafiek weergegeven. Zie figuur 3.8. Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de geleidbaarheid van de draad.

Uitwerking:
Omdat de grafiek een rechte lijn door de oorsprong is, is de geleidbaarheid constant. Om de geleidbaarheid te bepalen kun je daarom ieder meetpunt gebruiken. De grafiek vormt de nauwkeurigste samenvatting van je meetpunten. Kies een zo gemakkelijk mogelijk afleesbaar punt van de grafiek. Gebruik nooit meetpunten, tenzij die precies op de grafiek liggen. Gebruik altijd minimaal de helft van een grafiek, anders werk je niet nauwkeurig genoeg.
Je leest af dat als de spanning 2 V is, de stroomsterkte dan 3 A is.

De geleidbaarheid is dus: $G = \frac{I}{U} = \frac{3}{2} = \frac{1{,}5\ \text{A}}{\text{V}} = 1{,}5\ \text{S}$.

Je kunt ook andere materialen voor je draad gebruiken. Er zijn materialen waarbij de grafiek in het (I,U)-diagram een kromme lijn door de oorsprong is. De geleidbaarheid is dan niet constant. Ook hier bereken je de geleidbaarheid bij een bepaalde spanning via de formule $I = G \cdot U$. Weerstanden met een constante geleidbaarheid noem je **ohmse weerstanden**, overige weerstanden noem je **niet-ohmse weerstanden**.

Weerstand
Het is gevaarlijk om een ijzerdraadje in een stopcontact te steken. Zonder **weerstand** tussen jou en het stopcontact kan er namelijk een gevaarlijk grote stroom door je lichaam gaan. Weerstand geeft aan hoe slecht een voorwerp of draad stroom geleidt. De weerstand R is het omgekeerde van de geleidbaarheid. De eenheid van weerstand is ohm (Ω). In formulevorm:

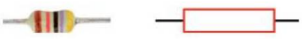
$$R = \frac{1}{G} \quad \text{ofwel} \quad G = \frac{1}{R}$$

met **R de weerstand in ohm (Ω)**
G de geleidbaarheid in siemens (S)

Geleiders hebben een grote geleidbaarheid en dus een kleine weerstand. Isolatoren hebben juist een kleine geleidbaarheid en dus een grote weerstand.
Uit de formules in deze paragraaf volgt dat voor de weerstand de volgende formule geldt:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{wat je ook kunt schrijven als} \quad U = I \cdot R$$

met **R de weerstand in ohm (Ω)**
I de stroomsterkte in ampère (A)
U de spanning in volt (V)


3.9 Een weerstand en een weerstandsymbool

Het woord 'weerstand' gebruik je ook om een onderdeel aan te geven dat weerstand heeft. Zie figuur 3.9.

Een schakeling bestaat altijd minimaal uit een spanningsbron, verbindingsdraden en een elektrische component. Met een elektrische component bedoel je een onderdeel van een schakeling, zoals een weerstand, een apparaat of een lampje. De spanning op een stopcontact is 230 V. Door de elektriciteitsdraden in je huis mag niet meer dan 16 A lopen, anders worden ze te warm. Een component die je rechtstreeks op het stopcontact aansluit moet daarom minimaal een weerstand van zo'n 230 / 16 = 14 Ω hebben.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Een stofzuiger heeft een weerstand van enkele tientallen ohm, afhankelijk van in welke stand je hem zet. Zie figuur 3.10. Een strijkijzer heeft een weerstand van enkele honderden ohm. Een spaarlamp heeft een weerstand van enkele kilo-ohm.

Je mag de weerstand van de verbindingsdraden verwaarlozen. Zonder weerstand in een stroomkring krijg je kortsluiting en is er dus brandgevaar.



3.10 Van deze stofzuiger kun je het vermogen variëren van 300 tot 1800 watt.

Voorbeeld 3: Geleidbaarheid en weerstand berekenen
Door een lampje loopt een stroom van 3 A bij een spanning van 6 V.
a Bereken de geleidbaarheid van het lampje.
b Bereken uit de geleidbaarheid de weerstand van het lampje.
c Controleer die weerstandswaarde met een tweede formule.

Uitwerking:

a $G = \frac{I}{U} = \frac{3}{6} = 0{,}5\ \text{S}$ **b** $R = \frac{1}{G} = \frac{1}{0{,}5} = 2\ \Omega$ **c** $R = \frac{U}{I} = \frac{6}{3} = 2\ \Omega$

Samengevat

De geleidbaarheid van een draad is groot als stroom er gemakkelijk doorheen gaat. De weerstand is groot als stroom ergens moeilijk doorheen gaat. Weerstand en geleidbaarheid zijn elkaars omgekeerde, het volgende verband geldt ertussen: $R = \frac{1}{G}$

Met de volgende twee formules kun je rekenen in schakelingen: $I = G \cdot U$ en $U = I \cdot R$.
Bij ohmse weerstanden is de stroomsterkte recht evenredig met de spanning en zijn de geleidbaarheid en de weerstand constant. Bij niet-ohmse weerstanden zijn de geleidbaarheid en weerstand niet constant.
In een (I,U)-diagram zie je bij een recht evenredig verband een rechte lijn door de oorsprong.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3.2 Opdrachten

A 16 M

a Geef het symbool en de eenheid van weerstand.
b Geef het symbool en de eenheid van geleidbaarheid.
c Met welke formule bereken je uit de spanning en stroomsterkte de geleidbaarheid?
d Met welke formule bereken je uit de spanning en stroomsterkte de weerstand?
e Met welke formule kun je weerstand en geleidbaarheid in elkaar omrekenen?

A 17 M

Leg uit wat het verschil is tussen een ohmse weerstand en een niet-ohmse weerstand.

A 18

Noem de twee eigenschappen van de grafiek van een recht evenredig verband.

B 19

Jannette heeft twee grootheden gemeten: grootheid *T* en grootheid *W*. Ze maakt een (*T*,*W*)-diagram.

a Welke grootheid staat op de horizontale as, welke op de verticale as?

Jannette maakt een diagram met op de horizontale as de grootheid *B* en op de verticale as de grootheid *Z*.

b Hoe heet dit diagram?

Ten slotte voert Jannette een meting uit. Ze verandert de grootheid *N* en ze meet daarbij steeds de waarde van grootheid *C*.

c Leg uit welke grootheid ze uitzet op de horizontale as en welke op de verticale as.
d Hoe heet dit diagram?

B 20 M

Je sluit een weerstand aan op een spanningsbron. Als je de spanning over de weerstand met 1 V laat toenemen, neemt de stroomsterkte toe met 3 A. Bij 0 V loopt er 0 A.

a Bereken de stroom als je er 7 V over zet.
b Bereken bij welke spanning er 10,7 A loopt.
c Bereken de geleidbaarheid van deze weerstand.
d Bereken de weerstandswaarde van deze weerstand.

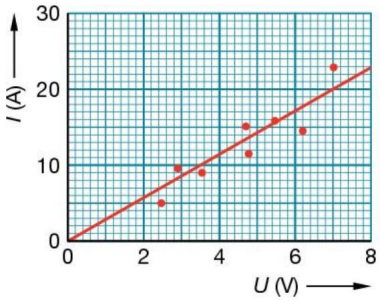
B 21 M

In een stroomkring meet je bij een lampje een spanning van 9 V als er een stroom van 20 mA doorheen loopt.

a Bereken de weerstand van het lampje.
b Bereken op twee manieren de geleidbaarheid van het lampje.

B 22

Onderstaande figuur toont een (*I*,*U*)-diagram. Myrthe bepaalt zo nauwkeurig mogelijk de geleidbaarheid. Ze leest het volgende punt af: (2,6).



a Bereken uit dit grafiekpunt de helling.
b Leg uit waarom Myrthe op haar proefwerk niet alle punten krijgt voor het meetpunt waarmee ze de geleidbaarheid bepaalt.
c Leg uit of ze het punt (7,23) of het punt (7,20) mag gebruiken om de geleidbaarheid te bepalen.

B 23

In je huis mag door een groep niet meer dan 16 A lopen. Je sluit één apparaat aan op een stopcontact.

a Bereken bij welke weerstand er 16 A door dat apparaat gaat.

Als je een spaarlamp aansluit op het stopcontact, loopt er een stroom van 0,04 A.

b Bereken de geleidbaarheid van de spaarlamp.

Als je een stofzuiger aansluit op het stopcontact en je zet de stofzuiger in de hardste zuigstand, heeft hij een weerstand van 33 Ω.

c Bereken de stroomsterkte door de stofzuiger.

Een mobiele telefoon heeft een geleidbaarheid van 0,2 S. Je laadt hem op met een adapter. Bij het opladen loopt er 750 mA door de mobiele telefoon.

d Bereken de spanning van de adapter.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

B 24 M

Een spanningszoeker (zie de figuur) mag je rechtstreeks in een stopcontact steken.



Leg uit of de weerstand van een spanningszoeker heel groot of heel klein is.

C 25

a Leg uit waarom het dunne gloeidraadje in een gloeilamp wel heet wordt, maar het dikke aansluitsnoer niet.

b Leg uit waarom een lamp niet merkbaar zwakker gaat branden als je hem met een lang verlengsnoer op het stopcontact aansluit.

C 26

De weerstand van een constantaandraad is recht evenredig met de lengte van de draad.
Door een constantaandraad van 20 cm loopt bij een bepaalde spanning een stroom van 330 mA.

a Bereken de stroom die bij dezelfde spanning in een even dikke constantaandraad met een lengte van 1,20 m loopt.

Je maakt een (*I*,*U*)-diagram van beide draden.

b Leg uit of de grafiek van de langere draad een grotere of een kleinere helling heeft dan die van de kortere draad.

C 27 N

Recht evenredige verbanden komen vaker voor in de natuurkunde. In deze opgave kijk je naar voorbeelden van zulke recht evenredige verbanden.
In een diagram waarin de massa van een blokje op de verticale as is uitgezet tegen het volume van het blokje op de horizontale as is de grafiek een rechte lijn door de oorsprong te zien.

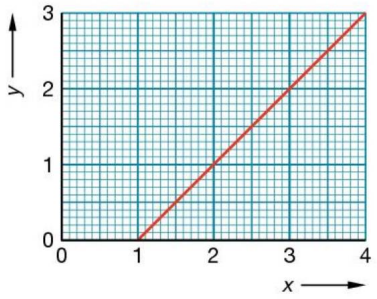
a Wat is de eenheid van de helling?

b Wat stelt deze helling natuurkundig voor?

c Bedenk zelf een ander voorbeeld van een recht evenredig verband.

C 28 N

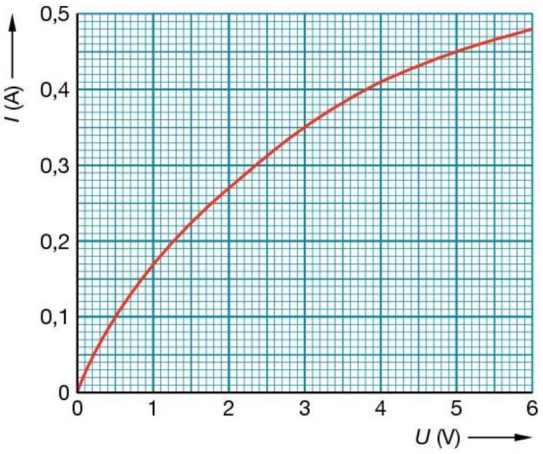
Onderstaand (*y*,*x*)-diagram toont een rechte grafiek die niet door de oorsprong gaat.



Ga na of geldt dat als grootheid *x* *n* keer zo groot wordt, dat grootheid *y* ook *n* keer zo groot wordt.

C 29 N

Een gloeidraad is een niet-ohmse weerstand. In onderstaande figuur zie je het (*I*,*U*)-diagram van de gloeidraad van een gloeilamp.



a Bepaal de weerstand van de gloeidraad bij een spanning van 4,0 V.

b Leg uit of dit de helling van de grafiek is bij 4 V.

+ 30 N

Bekijk opdracht C29 en de bijbehorende figuur nog eens. Hoe groter de stroomsterkte, hoe hoger de temperatuur. Beredeneer zonder te rekenen of de weerstand van een gloeidraad toeneemt of afneemt naarmate de temperatuur stijgt.

Je kunt nu

- recht evenredige verbanden herkennen;
- zo nauwkeurig mogelijk de geleidbaarheid bepalen uit een (*I*,*U*)-diagram;
- uitleggen wat ohmse en niet-ohmse weerstanden zijn;
- rekenen met de formules $G = \frac{I}{U}$, $R = \frac{U}{I}$ en $R = \frac{1}{G}$;
- uitleggen hoe weerstand en geleidbaarheid de stroomsterkte beïnvloeden;
- uitleggen hoe weerstand en geleidbaarheid met elkaar samenhangen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
Op het wegennet in de foto hiernaast komen wegen samen en splitsen wegen zich. Ook zie je parallelbanen.
Welke weg op deze foto kan per seconde de meeste auto's verwerken?

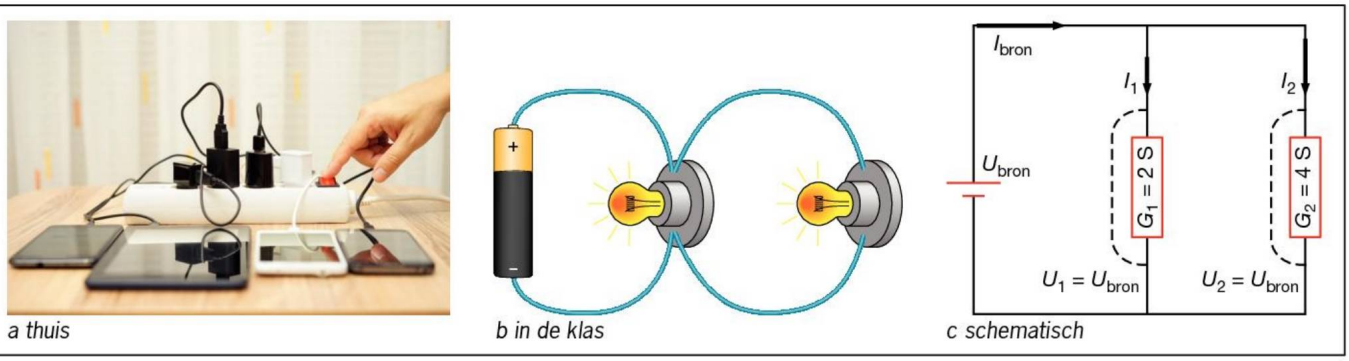


Je leert
- rekenen aan parallel- en serieschakelingen.

3.3 Parallel en serie

► Practicum 3

Stroom en spanning in een parallelschakeling
Als je via een stekkerdoos meerdere apparaten aansluit op één stopcontact (figuur 3.11a), werken die apparaten correct. Ze krijgen dus allemaal de juiste spanning van 230 V. Wel loopt er bij meer apparaten meer stroom door het snoer naar de stekkerdoos. Apparaten die je in huis op één stekkerdoos aansluit, zijn **parallel** aan elkaar geschakeld. Zie figuur 3.11.
In een parallelschakeling geldt:
- de spanning over iedere weerstand is gelijk aan de bronspanning: $U_{bron} = U_1 = U_2 (= U_3 = U_4 = ...)$;
- de stroom door de spanningsbron is de som van de stromen door de weerstanden: $I_{bron} = I_1 + I_2 (+ I_3 + I_4 + ...)$;
- de stroom verdeelt zich evenredig met de geleidbaarheid: de grootste stroom loopt dus door de weerstand met de grootste geleidbaarheid. Zie figuur 3.11c.



a thuis *b in de klas* *c schematisch*

3.11 Een parallelschakeling

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

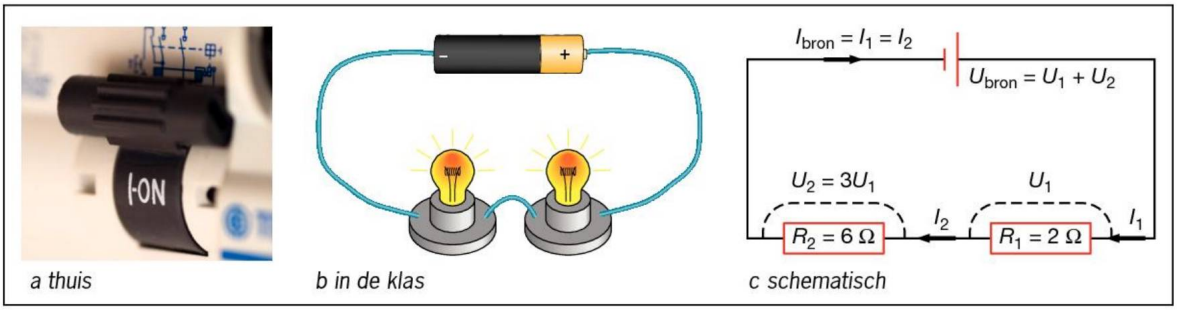
Voorbeeld 4: Stroomsterkte in een parallelschakeling berekenen
Gegeven:
In de schakeling van figuur 3.11c is de bronspanning 2 V.
a Bereken de stroomsterkte door weerstand 1 en door weerstand 2.
b Bereken de stroomsterkte door de spanningsbron.

Uitwerking:
a $U_{bron} = U_1 = U_2$. Over zowel weerstand 1 als weerstand 2 staat dus een spanning van 2 V.
$I_1 = G_1 \cdot U_1 = 2 \times 2 = 4$ A
$I_2 = G_2 \cdot U_2 = 4 \times 2 = 8$ A
b $I_{bron} = I_1 + I_2 = 4 + 8 = 12$ A

Opmerking: in voorbeeld 4 is de stroom inderdaad evenredig verdeeld met de geleidbaarheden. Omdat weerstand 2 een twee keer zo grote geleidbaarheid heeft als weerstand 1, gaat door weerstand 2 twee keer zo veel stroom als door weerstand 1.
1/3 deel van de bronstroom (4 A van de 12 A) loopt daarom door weerstand 1.
2/3 deel van de bronstroom (8 A van de 12 A) loopt daarom door weerstand 2.

Stroom en spanning in een serieschakeling
Door een zekering (figuur 3.12a) moet de totale stroom van een groep gaan. Ze is daarom **in serie** aangesloten met alle apparaten op een groep.
In een serieschakeling geldt:
- de stroomsterkte door iedere weerstand is gelijk aan de stroomsterkte door de bron: $I_{bron} = I_1 = I_2$ (= $I_3 = I_4 = \ldots$);
- de spanning van de bron is gelijk aan de som van de spanningen over de weerstanden: $U_{bron} = U_1 + U_2$ (+ $U_3 + U_4 + \ldots$);
- de spanning verdeelt zich evenredig met de weerstand: de grootste spanning staat over de grootste weerstand.

In figuur 3.12c staan deze drie regels weergegeven.



a thuis *b in de klas* *c schematisch*

3.12 Een serieschakeling

Voorbeeld 5: Spanning in een serieschakeling berekenen
Gegeven:
In figuur 3.12c is de stroomsterkte 1,5 A.
a Bereken de spanning over weerstand 1 en over weerstand 2.
b Bereken de spanning van de spanningsbron.

Uitwerking:
a $I_{bron} = I_1 = I_2$. Door zowel weerstand 1 als door 2 loopt dus een stroom van 1,5 A.
$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 2 \times 1{,}5 = 3$ V
$U_2 = I_2 \cdot R_2 = 6 \times 1{,}5 = 9$ V
b $U_{bron} = U_1 + U_2 = 3 + 9 = 12$ V

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Opmerking: in voorbeeld 5 is de spanning inderdaad evenredig verdeeld met de weerstandswaarden. Omdat de weerstandswaarde van weerstand 2 drie keer zo groot is als die van weerstand 1, staat over weerstand 2 drie keer zo veel spanning als over weerstand 1.
1/4 deel van de bronspanning (3 V van de 12 V) staat daarom over weerstand 1.
3/4 deel van de bronspanning (9 V van de 12 V) staat daarom over weerstand 2.

Bij het parallel schakelen van weerstanden wordt de totale geleidbaarheid dus groter. Bij het in serie schakelen van weerstanden wordt de totale weerstand groter. Je kunt je dit ook voorstellen als ademen door twee rietjes vergeleken met ademen door één rietje. Ademen door twee rietjes naast elkaar (parallel) in je mond gaat gemakkelijker (grotere 'geleidbaarheid'). Ademen door twee rietjes achter elkaar (in serie) gaat juist moeilijker (grotere 'weerstand').

De totale geleidbaarheid en de vervangingsweerstand
De totale geleidbaarheid van een parallelschakeling bereken je met:

$$G_{tot} = G_1 + G_2 (+ G_3 + \ldots)$$

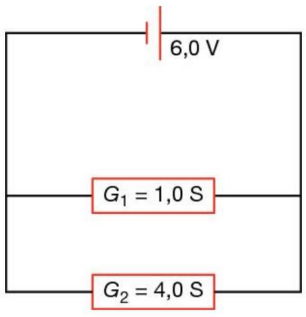
met G_{tot} **de totale geleidbaarheid in siemens (S)**
$G_1, G_2, \ldots$ **de geleidbaarheid van de losse weerstanden in siemens (S)**

Stroomsterkte en spanning bereken je bij een parallelschakeling via de geleidbaarheid:
$G = \frac{I}{U}$, die formule kun je ook schrijven als $I = G \cdot U$.
Met de volgende formule bereken je de totale weerstand van een serieschakeling:

$$R_{tot} = R_1 + R_2 (+ R_3 + \ldots)$$

met R_{tot} **de totale weerstand in ohm (Ω)**
$R_1, R_2, \ldots$ **de weerstand van de losse weerstanden in ohm (Ω)**

Stroomsterkte en spanning bereken je bij een serieschakeling via de weerstand: $R = \frac{U}{I}$, die formule kun je ook schrijven als: $U = I \cdot R$.



3.13 Een parallelschakeling

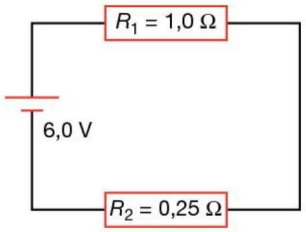
Voorbeeld 6: Stroomsterkte in een parallelschakeling berekenen
In figuur 3.13 zie je een parallelschakeling.
a Bereken de totale geleidbaarheid.
b Bereken de stroomsterkte door de spanningsbron.
c Bereken de stroomsterkte door beide weerstanden.

Uitwerking:
a $G_{tot} = G_1 + G_2 = 1{,}0 + 4{,}0 = 5{,}0$ S
b $I_{bron} = G_{tot} \cdot U = 5{,}0 \times 6{,}0 = 30$ A
c $I_1 = G_1 \cdot U = 1{,}0 \times 6{,}0 = 6{,}0$ A
$I_2 = G_2 \cdot U = 4{,}0 \times 6{,}0 = 24$ A

Opmerking: je kunt dat laatste ook als volgt berekenen: de stroom verdeelt zich evenredig met de geleidbaarheden, weerstand 2 krijgt dus vier keer zo veel stroom als weerstand 1:
$I_1 = \frac{1{,}0}{1{,}0 + 4{,}0} \times 30 = 6{,}0$ A en $I_2 = \frac{4{,}0}{1{,}0 + 4{,}0} \times 30 = 24$ A

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



3.14 Een serieschakeling

Voorbeeld 7: Stroomsterkte in een serieschakeling berekenen

In figuur 3.14 zie je een serieschakeling.

a Bereken de totale weerstand.

b Bereken de stroomsterkte door de spanningsbron.

c Bereken de spanning over weerstand 1 en de spanning over weerstand 2.

Uitwerking:

a $R_{tot} = R_1 + R_2 = 1{,}0 + 0{,}25 = 1{,}25\ \Omega$

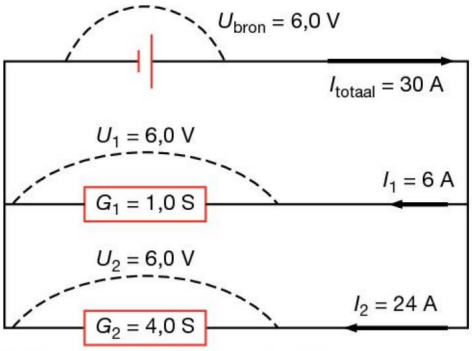
b $U = I \cdot R \rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{6{,}0}{1{,}25} = 4{,}8\ \text{A}$

c $U_1 = I \cdot R_1 = 4{,}8 \times 1{,}0 = 4{,}8\ \text{V}$
$U_2 = I \cdot R_2 = 4{,}8 \times 0{,}25 = 1{,}2\ \text{V}$

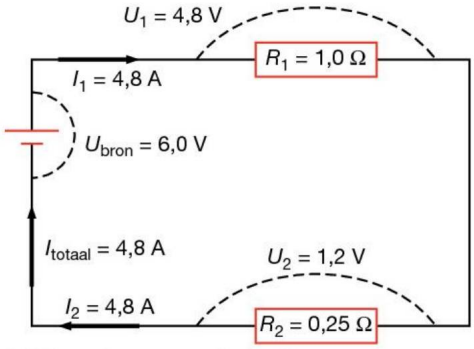
Opmerking: je kunt dat laatste ook als volgt berekenen: de spanning verdeelt zich evenredig over de weerstanden, dus over weerstand 1 staat vier keer zo veel spanning als over weerstand 2:

$U_1 = \frac{1{,}0}{1{,}0 + 0{,}25} \times 6{,}0 = 4{,}8\ \text{V}$ en $U_2 = \frac{0{,}25}{1{,}0 + 0{,}25} \times 6{,}0 = 1{,}2\ \text{V}$

De uitkomsten van voorbeeld 6 en voorbeeld 7 staan weergegeven in figuur 3.15.



3.15a Uitkomsten van voorbeeld 6



b Uitkomsten van voorbeeld 7

Een parallelschakeling heeft altijd een grotere totale geleidbaarheid dan iedere individuele geleidbaarheid die erin zit. Een serieschakeling heeft altijd een grotere totale weerstand dan iedere individuele weerstand die erin zit.

Samengevat

In een parallelschakeling is de stroom evenredig verdeeld met de geleidbaarheden, de spanning over iedere weerstand is gelijk. Je rekent met de volgende formules:

$I = G \cdot U$ $\qquad$ $U_{bron} = U_1 = U_2\ (= U_3 = \ldots)$

$G_{tot} = G_1 + G_2\ (+ G_3 + \ldots)$ $\qquad$ $I_{bron} = I_1 + I_2\ (+ I_3 + \ldots)$

Bij een serieschakeling is de spanning evenredig verdeeld met de weerstanden, de stroomsterkte is overal gelijk. Je rekent met de volgende formules:

$U = I \cdot R$ $\qquad$ $U_{bron} = U_1 + U_2\ (+ U_3 + \ldots)$

$R_{tot} = R_1 + R_2\ (+ R_3 + \ldots)$ $\qquad$ $I_{bron} = I_1 = I_2\ (= I_3 = \ldots)$

Bij een parallelschakeling reken je met geleidbaarheid, in een serieschakeling reken je met weerstand.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3.3 Opdrachten

A 31 M

a Wat geldt er in een parallelschakeling voor de spanning over weerstanden die van elkaar verschillen?
b Wat geldt er in een parallelschakeling voor de stroomsterkte door weerstanden die van elkaar verschillen?

A 32 M

a Wat geldt er in een serieschakeling voor de spanning over weerstanden die van elkaar verschillen?
b Wat geldt er in een serieschakeling voor de stroomsterkte door weerstanden die van elkaar verschillen?

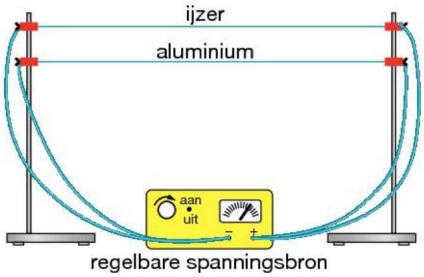
A 33 M

Twee weerstanden waarvan de geleidbaarheid bekend is, zijn parallel aangesloten op de netspanning.
a Leg in woorden uit hoe je de totale stroomsterkte berekent.

Twee weerstanden waarvan de weerstandswaarde bekend is, zijn in serie aangesloten op de netspanning.
b Leg in woorden uit hoe je de totale stroomsterkte berekent.

B 34 M

Voor een proef over gloeidraden bouwt Roos onderstaande opstelling.



Hoe zijn de ijzerdraad en de aluminiumdraad geschakeld, in serie of parallel?

B 35 M

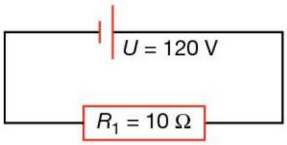
De twee koplampen van een auto zijn parallel aangesloten op een accu van 12,0 V. De accu levert een stroom van 3,20 A. Met een schakelaar kun je de koplampen aan- en uitzetten.
a Maak een tekening van de schakeling.
b Hoe groot zijn de spanning en stroomsterkte bij één koplamp?
c Bereken de weerstand van één koplamp.

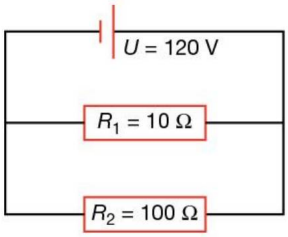
B 36

a Teken een schakeling van een bron, drie identieke lampjes en drie schakelaars zodat je twee lampjes apart aan en uit kunt zetten, en je met één schakelaar alle lampjes tegelijk uit kunt zetten.
b Leg uit of de lampjes in je schakeling allemaal even fel branden.

B 37

Bekijk onderstaande figuren met gegevens.

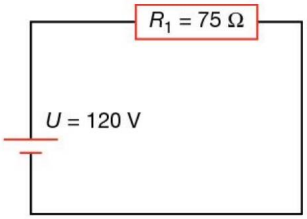


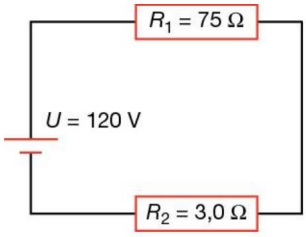


a Bereken de stroomsterkte in de linker figuur.
b Voorspel of in de rechter figuur de totale stroomsterkte groter of kleiner is dan in de linker figuur.
c Bereken de geleidbaarheden in de rechter figuur.
d Bereken de totale stroomsterkte in de rechter figuur.
e Klopte je voorspelling bij **b**?

B 38

Bekijk onderstaande figuren met gegevens.





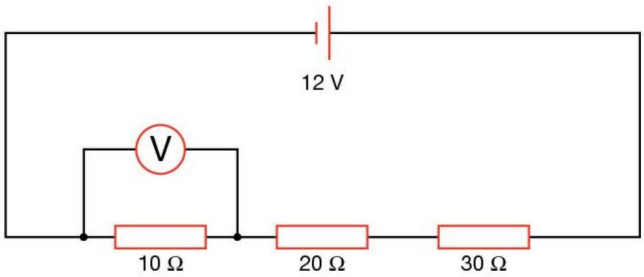
a Bereken de stroomsterkte in de linker figuur.
b Voorspel of met de extra weerstand de stroomsterkte in de figuur rechts groter of kleiner is dan in de figuur links.
c Bereken de stroomsterkte in de rechter figuur.
d Klopte je voorspelling bij **b**?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

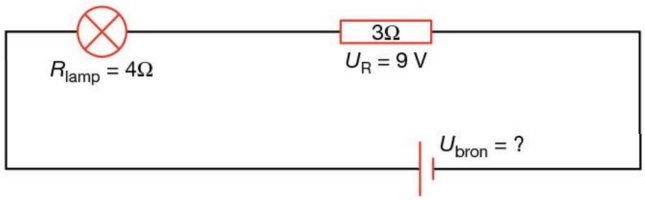
C 39

a Bereken de stroomsterktes in onderstaande figuur.
b Bereken wat de voltmeter aangeeft.



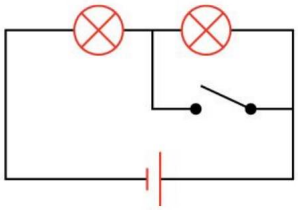
C 40 **N**

Bereken de bronspanning in de schakeling hieronder.



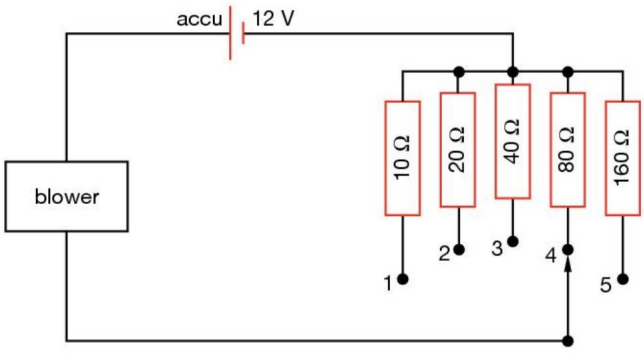
C 41

Leg uit wat er gebeurt in de schakeling hieronder als je de schakelaar sluit.



C 42 **N**

Je kunt in onderstaande figuur met een schakelaar de blower (50 Ω) gebruiken in de stand 1, 2, 3, 4 of 5.

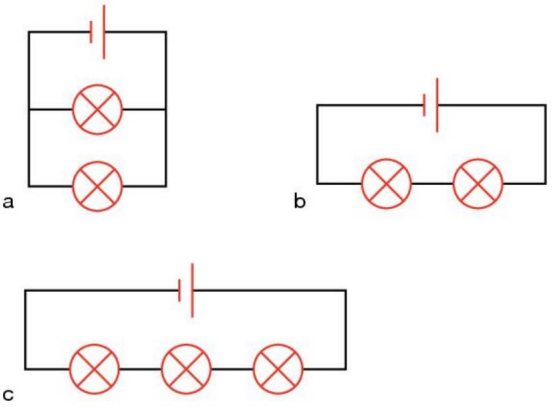


Leg uit dat de blower in stand 1:
a de grootste stroom zal krijgen;
b de grootste spanning zal krijgen;
c het hardst zal blazen.

C 43 **N**

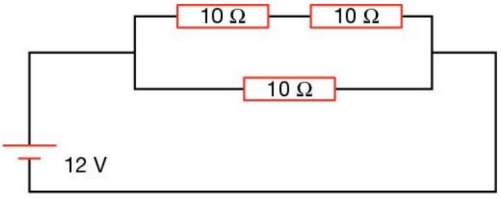
Alle lampjes en alle batterijen in onderstaande figuur zijn hetzelfde.
a In welke schakeling is de spanning over een lampje het grootst?
b In welke schakeling is de stroomsterkte door een lampje het grootst?

Hoe groter de stroomsterkte door een lampje, hoe feller het brandt.
c Zet de schakelingen in volgorde van fel naar zwak branden van de lampjes.



C 44 **N**

In onderstaande figuur staat een schakeling gegeven.



a Bereken de totale weerstand van de bovenste twee weerstanden.

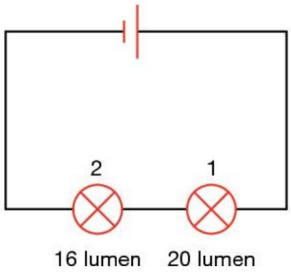
De totale weerstand van de bovenste twee weerstanden beschouw je als één nieuwe weerstand. Die weerstand is parallel geschakeld aan de onderste weerstand.
b Bereken de totale geleidbaarheid van de drie weerstanden.
c Bereken de stroomsterkte door de spanningsbron.
d Bereken de spanning over de linker weerstand in de bovenste tak.
e Leg uit of die spanning verandert als je de onderste weerstand vervangt door een grotere weerstand.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 45

Je hebt twee verschillende lampjes, lampje 1 en lampje 2. Lies schakelt de lampjes in serie en zet de spanningsbron aan, zie onderstaande figuur.



Lies meet de hoeveelheid licht die de lampjes geven: lampje 1 geeft 20 lumen, lampje 2 geeft 16 lumen. Lumen is een eenheid waarin je lichtsterkte meet.
Koos komt erbij en verwisselt de lampjes van volgorde.

a Leg uit of de lichtsterkte van lampje 1 dan toeneemt, gelijk blijft of afneemt.
b Leg uit of de lichtsterkte van lampje 2 dan toeneemt, gelijk blijft of afneemt.

C 46 **N**

a Hoe groot is de spanning van de batterijen in figuur a samen?
b Hoe groot is de spanning in figuur b?
c Waarom zou een fabrikant bij een apparaat twee batterijen parallel monteren?



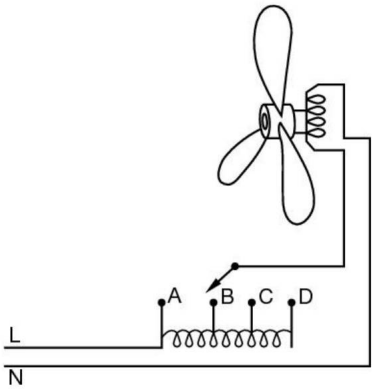
a Fietsverlichting



b Computermuis

+ 47 **N**

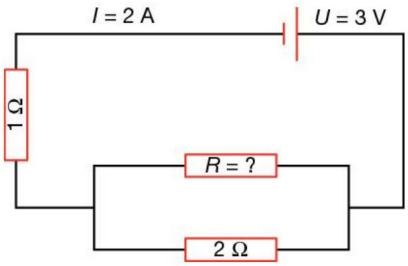
In onderstaande figuur zie je een schakeling uit een Thais schoolboek. Hiermee kun je een ventilator in stapjes regelen. Het pijltje in de figuur is een schakelaar die met de punten A, B, C of D verbonden kan worden. De punten L en N sluit je aan op het stopcontact.



a Hoe wordt in Thailand een weerstand getekend?
b Leg uit in welke stand, A, B, C of D, de ventilator het zachtst draait.
c Leg uit in welke stand, A, B, C of D, de ventilator het hardst draait.

+ 48 **N**

a Bereken de onbekende weerstand in onderstaande schakeling.



Je vervangt de weerstand van 2 Ω door een grotere weerstand.

b Leg uit of daardoor de spanning over de weerstand van 1 Ω verandert.

Je kunt nu

- de geleidbaarheid, stroomsterkte en spanning in een parallelschakeling berekenen;
- de totale geleidbaarheid van parallel geschakelde componenten berekenen;
- de geleidbaarheid, stroomsterkte en spanning in een serieschakeling berekenen;
- de totale weerstand van in serie geschakelde componenten berekenen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
Een van de grootste cruiseschepen ter wereld is de Harmony of the Seas. Het schip heeft een maximaal vermogen van zo'n 10 MW en kan 6780 passagiers vervoeren. Verbruikt een vergelijkbaar grote stad meer of minder energie?

Je leert
- het energiegebruik van elektrische schakelingen berekenen.

3.4 Energie en vermogen

► Practicum 4

Energiegebruik van elektrische apparaten
Elektrische apparaten gebruiken energie. Daarmee kan een elektrische auto rijden, een lamp branden, een smartphone geluid maken en een waterkoker water verwarmen.

Niet alle elektrische apparaten gebruiken evenveel energie. Een waterkoker waar je één kopje thee mee zet, gebruikt minder energie dan een lamp die uren brandt. Dat is geen eerlijke vergelijking tussen de apparaten: de lamp staat veel langer aan. Om eerlijk te vergelijken bekijk je daarom het gebruik per tijdseenheid: een waterkoker gebruikt *per seconde* meer energie dan een lamp. De hoeveelheid energie die een apparaat per seconde gebruikt, noem je het **vermogen** van dat apparaat. Het symbool voor vermogen is *P*. De eenheid van vermogen is watt (W).

Energie (*E*) druk je uit in joule (J), 1 watt is gelijk aan 1 joule per seconde (1 W = 1 J/s). Een stofzuiger van 1400 W gebruikt bijvoorbeeld 1400 joule energie per seconde.
Met de volgende formule bereken je het vermogen:

$$P = \frac{E}{t}$$ wat je ook kunt schrijven als $$E = P \cdot t$$

met **P het vermogen in watt (W)**
E de energie in joule (J)
t de tijd in seconde (s)

of **P het vermogen in kilowatt (kW)**
E de energie in kilowattuur (kWh)
t de tijd in uur (h)

Voor energie kom je dus ook de eenheid kilowattuur (kWh) tegen. Je rekent dan met het vermogen in kilowatt en de tijd in uur. Er geldt: 1 kWh = 3 600 000 J.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Voorbeeld 8: Rekenen in kilowattuur (kWh) en in joule (J)
Een wasmachine met een vermogen van 2,5 kW doet 2,0 uur over de was.
a Bereken hoeveel kilowattuur de wasmachine in die tijd gebruikt.
b Bereken op twee manieren hoeveel joule de wasmachine in die tijd gebruikt.

Uitwerking:
a $E = P \cdot t = 2{,}5 \text{ kW} \times 2{,}0 \text{ h} = 5{,}0 \text{ kWh}$
b Manier 1: 1 kWh = 3 600 000 J, dus $E = 5{,}0 \times 3\,600\,000 = 18\,000\,000$ J
Manier 2: 2,0 h = 2 × 3600 s = 7200 s
$E = P \cdot t = 2500 \text{ W} \times 7200 \text{ s} = 18\,000\,000$ J

Elektrisch vermogen berekenen

Op veel apparaten staat het elektrisch vermogen aangegeven dat het apparaat gebruikt als je het op de netspanning aansluit. Zie figuur 3.16. Sluit je het apparaat op een grotere spanning aan, dan neemt het vermogen toe. Het opgegeven vermogen geldt dus alleen voor de spanning waar het apparaat voor is gemaakt.

Het elektrisch vermogen kun je berekenen uit de spanning en de stroomsterkte:

$$P = U \cdot I$$

met **P het vermogen in watt (W)**
U de spanning in volt (V)
I de stroomsterkte in ampère (A)



3.16 Vermogen van een broodrooster

De reden dat het vermogen zowel afhangt van spanning als van stroomsterkte is als volgt. Spanning hangt samen met de hoeveelheid energie per lading, dus hoe meer spanning, hoe meer energie. Als de spanning over een apparaat verdubbelt, verdubbelt ook de stroomsterkte. Iedere lading geeft dan twee keer zo veel energie af en er stroomt per seconde twee keer zo veel lading door het apparaat. Het vermogen wordt dan vier keer zo groot.

Voorbeeld 9: Het elektrisch vermogen van een weerstand
Een weerstand van 115 Ω is aangesloten op het lichtnet.
Bereken hoeveel joule energie de weerstand in 10 s gebruikt.

Uitwerking:
Stap 1: bereken I: $\rightarrow U = I \cdot R \rightarrow 230 = I \times 115 \rightarrow I = 230 / 115 = 2{,}0$ A
Stap 2: bereken P: $\rightarrow P = U \cdot I = 230 \times 2{,}0 = 460$ W
Stap 3: bereken E: $\rightarrow E = P \cdot t = 460 \times 10 = 4600$ J

Samengevat

Energie (E) druk je uit in de eenheden joule (J) of kilowattuur (kWh).
Het vermogen (P) van een apparaat is de hoeveelheid energie die een apparaat per seconde gebruikt. De eenheid van vermogen is watt (W). 1 W = 1 J/s.
Energiegebruik bereken je met de formule $E = P \cdot t$. 1 kWh = 3 600 000 J.
Het elektrisch vermogen bereken je met de formule $P = U \cdot I$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3.4 Opdrachten

A 49 M
Wat geeft de natuurkundige grootheid vermogen aan?

A 50
a Bij welke grootheid hoort de eenheid kWh?
b Bij welke grootheid hoort de eenheid Ws?
c Bij welke grootheid hoort de eenheid W?

Bart spreekt de grootheid kWh uit als kilowatt per uur.
d Wat is er mis met de uitspraak 'kilowatt per uur'?

A 51 M
Welke twee formules staan er in de tekst om het vermogen te berekenen?

B 52 M
Door een lamp loopt een stroom van 0,5 A. De lamp gebruikt dan een vermogen van 12 W.
a Bereken de spanning over de lamp.

Een andere lamp is aangesloten op 6 V en gebruikt 5 W.
b Bereken de stroomsterkte door deze lamp.

B 53 M
De accu van een elektrische scooter levert 48 V.
De elektromotor heeft een maximaal vermogen van 2,4 kW.
a Bereken de stroomsterkte bij topsnelheid.
b Leg uit of deze gegevens ook gelden bij een lagere snelheid.

B 54
In een onweersbui kan een zeer grote spanning ontstaan. Die bedraagt circa 6 megavolt (MV). Wanneer de bliksem inslaat, loopt er zeer korte tijd een stroom van ongeveer 30 kiloampère. De energie van één bliksemstraal bedraagt ongeveer 2,5 kWh.
a Bereken de energie van één bliksemstraal in joule.
b Bereken hoelang een bliksemstraal ongeveer duurt.

B 55 M
Toon aan dat 1 kWh overeenkomt met 3 600 000 joule.

B 56
Bij veel tankstations staan snelopladers voor elektrische auto's, zie de figuur. Daarop staat bijvoorbeeld 500 V / 120 A.



a Bereken de energie in joule die deze snellader maximaal aan een auto kan leveren in 30 minuten.
b Bereken de energie in kWh die deze snellader maximaal aan een auto kan leveren in 2 uur.

Thuis, via het lichtnet, duurt het opladen langer. De accu van een bepaald type elektrische auto kan 20 kWh energie opslaan. Je laadt deze accu thuis op via het lichtnet. De stroomsterkte kan maximaal 16 A zijn.
c Bereken na hoeveel tijd een lege accu weer is opgeladen.

B 57 M
Thuis draait er een wasmachine (1500 W), de tv staat aan (800 W) en je zingt hard mee met het karaokesysteem (220 W). Alle apparaten zijn aangesloten op één groep.
a Bereken het totale vermogen.
b Bereken in één decimaal nauwkeurig de stroomsterkte die door de hoofdleiding van de groep gaat.

C 58
Bij auto's zijn koplampen en achterlichten allebei aangesloten op een accu van 12 V. De koplampen geven veel meer licht dan de achterlichten.
a Welke lamp heeft het grootste vermogen?
b Door welke lamp is de stroomsterkte het grootst?
c Welke lamp heeft de grootste weerstand?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 59 N

In deze opgave kijk je naar vermogens in een parallelschakeling.
Weerstand 1 is 2,0 Ω, weerstand 2 is 3,0 Ω. Je sluit weerstand 1 aan op een spanningsbron van 5,0 V.

a Bereken het vermogen van de schakeling.

Je verwijdert weerstand 1 en sluit weerstand 2 aan op dezelfde spanningsbron.

b Bereken het vermogen van de schakeling.

Je sluit weerstand 1 en 2 parallel aan elkaar aan op de spanningsbron.

c Bereken het totale vermogen van de schakeling.
d Bereken het vermogen van de weerstand van 2,0 Ω.
e Bereken het vermogen van de weerstand van 3,0 Ω.
f Trek een conclusie: het totale vermogen van de parallelschakeling is *groter dan / gelijk aan / kleiner dan* de optelsom van de individuele vermogens.

C 60 N

In deze opgave kijk je naar vermogens in een serieschakeling. Je gebruikt dezelfde weerstanden en spanningsbron als in opgave C59.
Je sluit de weerstand van 3,0 Ω in serie aan met de weerstand van 2,0 Ω, op de spanningsbron van 5 V.

a Bereken het totale vermogen.
b Bereken het vermogen van de weerstand van 2,0 Ω.
c Bereken het vermogen van de weerstand van 3,0 Ω.
d Vergelijk de antwoorden van C59c en C60a met elkaar.
e Vergelijk de antwoorden van C59d, e en C60b, c met elkaar.

C 61

Op een strijkijzer staat: 230 V / 2,2 kW.

a Leg uit wat dat betekent.
b Bereken de stroomsterkte als je het strijkijzer aansluit op 230 V.

Je sluit het strijkijzer in het buitenland aan op een stopcontact van 110 V.

c Leg uit of het strijkijzer nu kapotgaat.
d Bereken het vermogen.

C 62 N

Op een autolamp staat 12 V, 40 W.
Bereken de weerstand van de lamp.

+ 63 N

In een folder staat een autoaccu van (12 V, 44 Ah). De afkorting Ah staat voor ampère-uur. 44 Ah betekent dat de accu 1 uur lang 44 A kan leveren of 10 uur lang 4,4 A, enzovoort.

a Bereken hoelang de accu een stroom kan leveren van 2,0 A.
b Bereken het vermogen dat de accu dan levert.
c Bereken de energie die de accu kan leveren.

+ 64 N

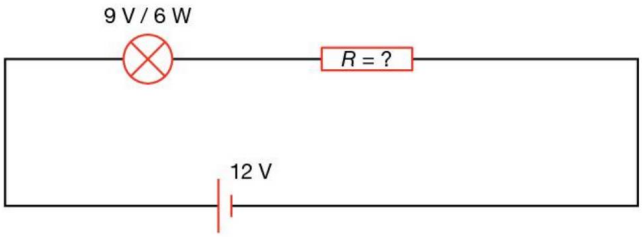
a Leid uit de formules $P = U \cdot I$ en $U = I \cdot R$ een nieuwe formule af waarin je P uitdrukt in I en R.

In een schakeling wordt de spanning n keer zo groot.

b Hoeveel keer zo groot wordt dan de stroomsterkte?
c Hoeveel keer zo groot wordt dan het vermogen dat in de schakeling wordt omgezet? Toon dit zowel aan met de formule $P = U \cdot I$, als met de formule die je bij opdracht **a** hebt afgeleid.

+ 65 N

Je wilt een lampje van (9 V, 6 W) aansluiten op een spanningsbron van 12 V. Om de lamp normaal te laten branden, sluit je een extra weerstand in serie aan met de lamp. Zie onderstaande figuur.



Bereken in bovenstaande schakeling de beide weerstanden.

Je kunt nu

- uitleggen wat het vermogen van een apparaat met energiegebruik heeft te maken;
- rekenen met $E = P \cdot t$;
- rekenen met $P = U \cdot I$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
Gerben is met zijn zoon aan het 'magneetvissen' in het Maas-Waalkanaal. Ze halen een winkelkarretje uit het water, dat daar door vandalen is ingegooid. Wat voor materialen kun je bij magneetvissen wel uit het water halen en wat voor materialen niet?

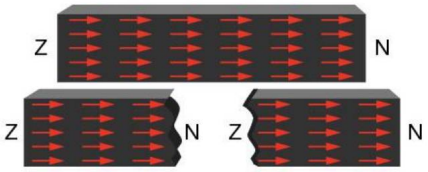
Je leert
- hoe je magnetisme kunt gebruiken.

+ 3.5 Elektromagnetisme

► Practicum 5

Magnetisme
Als je een **magneet** in je handen hebt, voel je dat die magneet een andere magneet aantrekt of afstoot. Een magneet heeft altijd twee **polen**: de **noordpool** en de **zuidpool**. Gelijke polen stoten elkaar af en ongelijke polen trekken elkaar aan. Dit lijkt op wat gebeurt bij elektrische lading. Elektrische verschijnselen en magnetische verschijnselen hebben dus overeenkomsten, maar er zijn ook verschillen. Bijvoorbeeld: een positieve of negatieve elektrisch lading kan in haar eentje voorkomen, maar een magnetische pool niet. Zaag je een magneet doormidden, dan krijg je twee magneten met allebei een noordpool en een zuidpool. Zie figuur 3.17.
Magnetisme beïnvloedt alle stoffen, de ene stof meer dan de andere. Sommige stoffen voelen maar nauwelijks invloed, bijvoorbeeld koper, aluminium en plastic.

Er is een verschil tussen de begrippen **magnetisch** en **magnetiseerbaar**:
1 een voorwerp is magnetisch als hij een magneet is;
2 een voorwerp of stof is magnetiseerbaar als hij magnetisch wordt bij een andere magneet. Vier metalen zijn magnetiseerbaar: ijzer, nikkel, kobalt en gadolinium.



3.17 Een doorgezaagde magneet heeft ook een noord- en zuidpool.

Als je een materiaal magnetiseert, verliezen sommige materialen hun magnetisme meteen nadat je de magneet weghaalt, andere materialen blijven korte of lange tijd magnetisch. Een **permanente magneet** is een gemagnetiseerd voorwerp dat zijn magnetische eigenschappen behoudt (permanent betekent letterlijk 'voor altijd').

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Elektrische stroom wekt magnetisme op

Je kunt ook zelf een magneet maken. Als je stroom door een spoel (een gewikkelde metaaldraad) stuurt, creëer je een **elektromagneet**. Zie figuur 3.18b en c. Hoe groter de stroomsterkte door de spoel, hoe groter de magnetische kracht. Een elektromagneet kan zo zelfs zwaar schroot optillen. Zie figuur 3.18a. Voor een elektromagneet geldt:

- verdubbelt de stroomsterkte, dan verdubbelt de magnetische kracht;
- verdubbelt het aantal windingen, dan verdubbelt de magnetische kracht;
- met een magnetiseerbare stof zoals weekijzer in de spoel is de magnetische kracht groter.

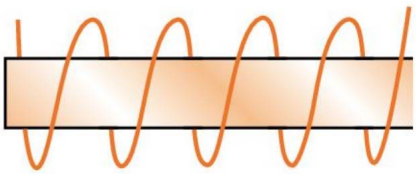
Opmerking: weekijzer is een magnetiseerbare stof die vrijwel onmiddellijk zijn magnetisme verliest als er geen magneet in de buurt is.



a In gebruik



b In de klas



c Schematisch

3.18 Elektromagneet

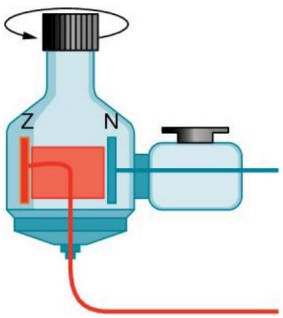
Veranderend magnetisme wekt elektrische stroom op

Elektrische stroom wekt magnetisme op. Rond 1830 ontdekte Michael Faraday dat het tegenovergestelde ook werkt: een magneet die beweegt bij een spoel wekt elektrische stroom op. Elektriciteit en magnetisme hangen met elkaar samen. Je spreekt daarom van elektromagnetisme. Als je een magneet bij een spoel stilhoudt, gebeurt er overigens niets.

Er geldt:

- verdubbelt de snelheid waarmee de magneet beweegt, dan verdubbelt de stroomsterkte;
- verdubbelt de sterkte van de magneet, dan verdubbelt de stroomsterkte;
- verdubbelt het aantal windingen van de spoel, dan verdubbelt de stroomsterkte.

Door magneten en spoelen ten opzichte van elkaar te bewegen wek je stroom op. In een fietsdynamo zit een magneet die langs een spoel draait. Zie figuur 3.19a. In elektriciteitscentrales laat hete stoom een turbine rondraaien. Zie figuur 3.19b. De turbine drijft een generator aan: ook daarin beweegt een (grote) magneet langs een (grote) spoel.





3.19 Zowel een dynamo (a) als een elektriciteitscentrale (b) wekt elektrische energie op door magneten of spoelen te bewegen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De transformator

Met een adapter kun je de netspanning van 230 V veranderen naar 12 V zodat je je laptop veilig kunt gebruiken. Zie figuur 3.20. In een adapter zit een **transformator** die de grootte van de spanning kan veranderen (transformeren). In een transformator (zie figuur 3.21) wek je met een stroom in een spoel magnetisme op. Deze spoel heet de **primaire spoel**. Doordat je wisselstroom gebruikt, verandert ook het magnetisme steeds. De **secundaire spoel** ontvangt dit veranderende magnetisme en dat wekt in die spoel elektrische stroom op.

Een transformator bestaat dus uit twee stroomkringen: een primaire en een secundaire kring. In figuur 3.21 wekt de primaire kring met vier windingen het magnetisme op; de secundaire kring ontvangt het met acht windingen. Doordat er secundair twee keer zo veel windingen zijn, ontstaat daar een twee keer zo kleine stroomsterkte als in de primaire kring. Het vermogen $P = U \cdot I$ in de secundaire kring is gelijk aan het vermogen van de primaire kring, de spanning verdubbelt daarom.

De transformator van figuur 3.21 verhoogt dus de spanning. De transformator in je adapter verlaagt de spanning juist. Die heeft dan ook minder secundaire windingen dan primaire.

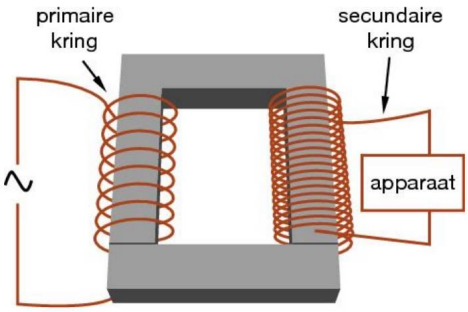
Met de volgende twee formules kun je rekenen aan een transformator:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \text{en} \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

met N_1, N_2 **het aantal primaire en het aantal secundaire windingen**
I_1, I_2 **de primaire en de secundaire stroomsterkte in ampère (A)**
U_1, U_2 **de primaire en de secundaire spanning in volt (V)**



3.20 Een adapter zet de netspanning van 230 V om in 12 V.



3.21 Deze transformator maakt de spanning juist hoger.

Samengevat

Magnetiseerbare stoffen kun je magnetisch maken. Een magneet heeft twee polen: de noord- en de zuidpool. Magnetisme ontstaat door elektrische stroom. Een spoel waar stroom doorheen gaat, is een elektromagneet. Hoe groter de stroomsterkte en/of hoe groter het aantal windingen, hoe sterker de magneet.
Een bewegende magneet wekt bij een spoel elektrische stroom op. Hoe sterker de magneet, hoe sneller hij beweegt en hoe meer windingen in de spoel, hoe groter de stroomsterkte.
Een transformator heeft een primaire en een secundaire spoel en kan spanning omhoog en omlaag transformeren. Met de volgende formules kun je rekenen aan een transformator:
$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$ en $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

+3.5 Opdrachten

A 66
a Welke vier metalen zijn magnetiseerbaar?
b Noem drie stoffen die weinig invloed van magnetisme ondervinden.

A 67 M
a Noem drie manieren waarop je een elektromagneet sterker kunt maken.
b Noem drie manieren waarop je met een magneet een grotere stroomsterkte in een spoel kunt opwekken.

B 68 M
Leg uit dat een fietslamp feller brandt als je sneller fietst.

B 69 M
Zoek op internet op welke permanente magneet het meest wordt gebruikt bij magneetvissen en wat hiervan de samenstelling is.

B 70
Als een magneet twee keer zo sterk is, kun je er twee keer zo veel massa mee optillen. Een elektromagneet heeft 100 windingen. Er gaat een stroomsterkte van 0,8 A doorheen. Je kunt met deze elektromagneet maximaal 0,4 kg optillen. Je verdubbelt het aantal windingen.
a Bereken hoeveel kilogram je ermee kunt optillen.

Je verdubbelt daarna ook de stroomsterkte.
b Bereken hoeveel kilogram je ermee kunt optillen.

Je verandert het aantal windingen en de stroomsterkte. Het aantal windingen wordt 450, de stroomsterkte wordt 2,8 A.
c Bereken hoeveel kilogram je er nu mee kunt optillen.

Het aantal windingen blijft 450.
d Bij welke stroomsterkte kun je maximaal 0,3 kg optillen?

B 71 M
a Zoek een voorbeeld op van een transformator die wordt gebruikt om spanning omlaag te transformeren.
b Zoek een voorbeeld op van een transformator die wordt gebruikt om spanning omhoog te transformeren.

B 72
In figuur 3.21 zie je een transformator.
Waarom zit er een vierkante weekijzeren kern in een transformator?

C 73 N
In Nederland staat op stopcontacten wisselstroom. Dat is stroom die honderd keer per seconde van richting verandert. Je sluit een spoel aan op het stopcontact en creëert zo een elektromagneet.
a Leg uit of deze elektromagneet een permanente magneet aantrekt.
b Leg uit of deze elektromagneet weekijzer kan aantrekken.

C 74
De sterkte van magneten die je koopt om mee te magneetvissen geef je aan in 'kilogram'.
a Leg uit dat dit geen correcte natuurkundige eenheid is.

De vismagneet op de foto hiernaast heeft een 'sterkte' van 120 kg.
b Waarom is het gevaarlijk om zo'n magneet in je broekzak te hebben?



Onderstaande foto's komen uit de James Bond-film 'You Only Live Twice'.



c Schat de 'sterkte' van de gebruikte elektromagneet in 'kg'.

C 75
Een transformator heeft primair 200 windingen en secundair 300 windingen. De spanningsbron is 12 V, in de secundaire kring zit een weerstand van 16 Ω.
a Bereken de spanning in de secundaire kring.
b Bereken de stroomsterkte in de secundaire kring.
c Bereken de stroomsterkte in de primaire kring.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

d Bereken het vermogen in de primaire kring en ook het vermogen in de secundaire kring.
e Neem onderstaande tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul de uitkomst in de bovenste regel van de tabel in.
f Vul de tabel verder in.

U_1	I_1	N_1	P_1	U_2	I_2	N_2	P_2	R_2
12		200				300		16
12		200				300		32
12		200				400		16
	8	300		4		200		
230		138		15				6

C 76 N

Het soldeerpistool hiernaast neemt 100 W op uit het elektriciteitsnet. In het pistool zit een ijzeren kern met duizend windingen. De secundaire spoel is één ring met een soldeerstuk.



a Bereken de secundaire stroomsterkte.
b Leg uit wat er gebeurt als je het soldeerstuk vervangt door je vingers.

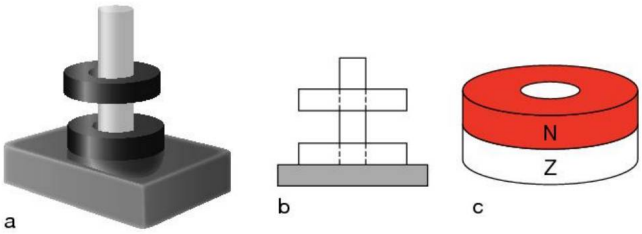
+ 77 N

IJzer is magnetiseerbaar, maar verliest vrijwel onmiddellijk zijn magnetische werking als er geen magneet in de buurt is.
a Leg uit waarom een magneet ijzer alleen aantrekt, maar nooit afstoot.

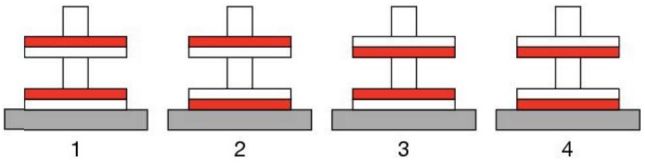
Als je lang met een magneet over een schaar wrijft, wordt deze magnetisch. De schaar kan dan een tijdje bijvoorbeeld paperclips vasthouden. Dit verschijnsel heet remanent magnetisme.
b Zoek op internet op welke stoffen remanent magnetisch zijn.
c Van welke stof zal de schaar zijn gemaakt?

+ 78 N

Over een aluminium staaf worden twee ringmagneten geschoven. De bovenste magneet zweeft losjes om de staaf. In onderstaande figuur b is dit schematisch weergegeven.

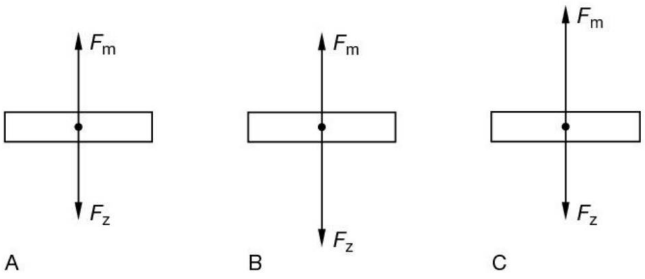


De magneet heeft een noordpool (N) en een zuidpool (Z), zie bovenstaande figuur c.
In onderstaande figuur zijn vier situaties weergegeven.



a In welke situatie(s) kan de magneet zweven?
A alleen in situatie 1
B alleen in situatie 2
C alleen in situatie 3
D alleen in situatie 4
E in zowel situatie 1 als situatie 4
F in zowel situatie 2 als situatie 3

In onderstaande figuur is driemaal een zijaanzicht van de bovenste magneet weergegeven met daarin de krachten die op de magneet werken.



b In welke tekening, A, B of C, zijn de krachten juist weergegeven?

Je kunt nu

- uitleggen wat magnetisme veroorzaakt;
- uitleggen hoe je met magnetisme elektrische stroom kunt maken;
- rekenen aan transformatoren.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Practica

1 Lampje, draad en batterij

► 20 minuten
leerlingpracticum

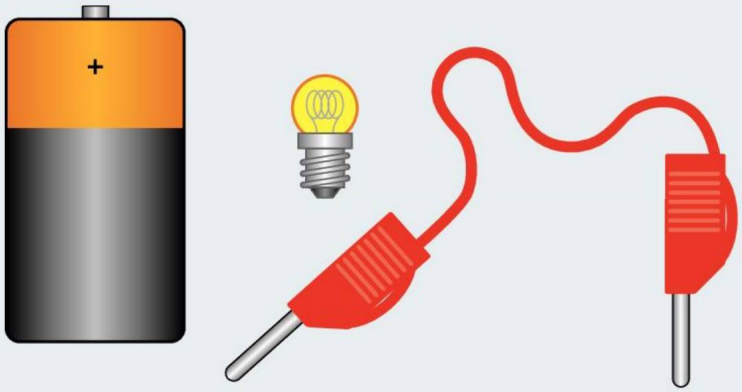
Inleiding
Bij dit practicum kijk je naar kleine stroomkringetjes. Je hebt hiervoor een spanningsbron nodig, de batterij, en een lampje waaraan je kunt zien of er elektronen in de verbindingsdraad stromen.

Onderzoeksvraag
Wanneer loopt er stroom in een schakeling?

Voorspelling
Aan welke voorwaarden denk je dat een schakeling moet voldoen voordat er stroom loopt?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- lampje
- batterij
- draad



1 Verbind de batterij met het lampje door middel van de draad.
2 Kijk of er stroom loopt.
3 Er zijn vier manieren om het lampje met de batterij te verbinden waarbij het lampje brandt. Probeer ze alle vier te vinden.
4 Zoek uit of het verschil maakt hoe je het lampje schakelt.

Vragen
a Wanneer loopt er stroom door de schakeling?
b Maakt het verschil op welke manier je het lampje schakelt?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2 Het (*I*,*U*)-diagram van een dun draadje

► **30 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Met de onderstaande opstelling kijk je naar de geleidbaarheid van twee constantaandraadjes. De ene draad heeft een diameter van 0,2 mm en de andere een diameter van 0,4 mm. Je kijkt bij beide draden naar de stroomsterkte bij verschillende spanningen.

Onderzoeksvraag

Hoe ziet het (*I*,*U*)-diagram van een constantaandraad eruit?

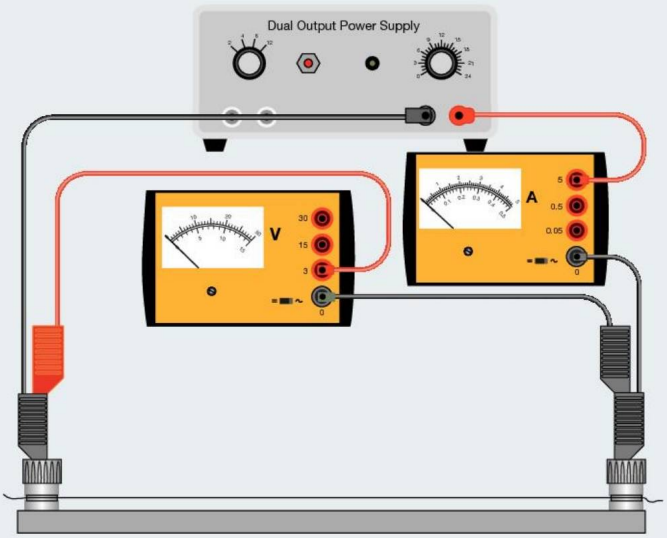
Voorspelling

Wat voor vorm denk je dat het (*I*,*U*)-diagram van deze draden zal hebben?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- voedingskastje
- voltmeter
- ampèremeter
- constantaandraad Ø 0,2 mm
- constantaandraad Ø 0,4 mm
- brug om het constantaandraad op te spannen
- draden



1. Maak eerst een stroomkring van het voedingskastje, de ampèremeter en het constantaandraad.
2. Zet daarna de voltmeter over het constantaandraad.
3. Draai de spanning op tot 0,5 V, kijk hierbij op de voltmeter en niet op het voedingskastje.
4. Kijk hoe groot de stroomsterkte is.
5. Draai de spanning steeds in stapjes van 0,5 V omhoog en meet de bijbehorende stroomsterkte. Ga door tot 3 V. Let hierbij op, het constantaandraad kan heet worden!
6. Zet je resultaten in een tabel.
7. Vervang het constantaandraad door het draad met een andere dikte. Doe de proef nog een keer.
8. Maak één grafiek van de resultaten van beide draden. Zet *I* uit op de verticale as en *U* op de horizontale as.

Vraag

Wat voor verband zie je tussen *I* en *U* bij een constantaandraad?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3 Parallel en serie

► **45 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Je kunt elektronische componenten op verschillende manieren aan elkaar koppelen. Je kunt ze in serie zetten, achter elkaar in een stroomkring, of parallel zoals je de voltmeter gebruikt. Alle apparaten thuis die met een stekker in een stekkerdoos worden aangesloten zijn parallel geschakeld.

Onderzoeksvraag

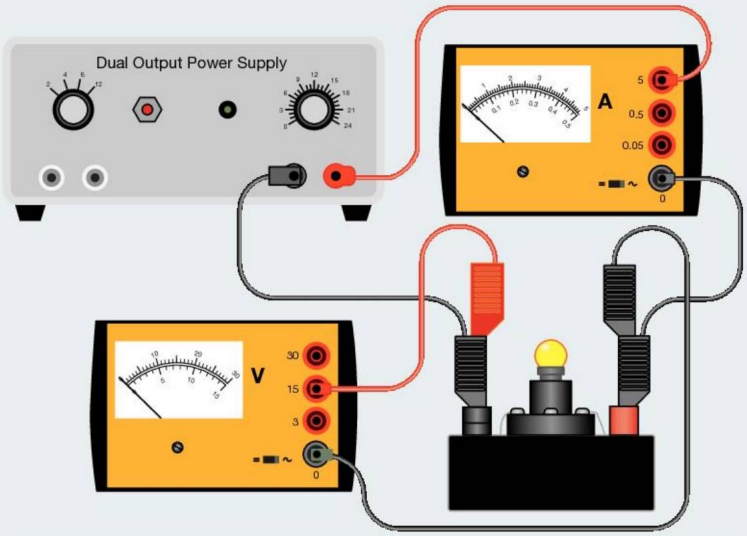
Welk verband is er tussen de spanning en de stroom bij een serie- en een parallelschakeling?

Voorspelling

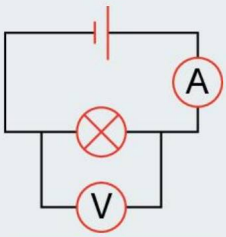
Wat denk je dat het verband is tussen spanning en de stroom bij een serie- en een parallelschakeling?

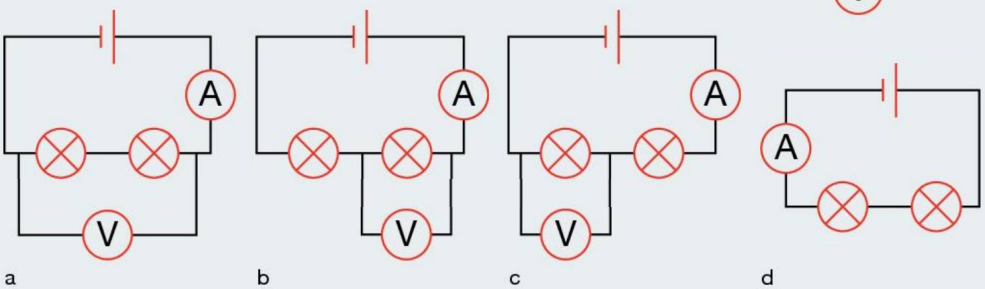
Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- voedingskastje
- voltmeter
- ampèremeter
- twee lampjes
- draden



1 Maak de schakeling hiernaast.
2 Stel de spanning in op 6 V.
3 Verwissel de lampjes, stel dezelfde spanning in en meet de stroom door het andere lampje.
4 Maak met de twee lampjes onderstaande serieschakeling (a).





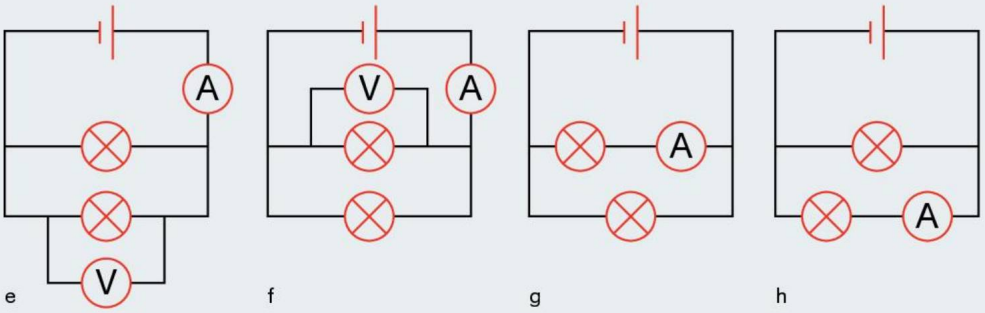
a b c d

5 Stel de spanning in op 6 V.
6 Meet bij schakeling a de stroom voor de lampjes en de spanning over beide lampjes.
7 Meet bij schakeling b de spanning over het ene lampje, meet bij schakeling c de spanning over het andere lampje.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

8 Meet bij schakeling d de stroom na de lampjes.
9 Maak onderstaande parallelschakeling e.



10 Stel de spanning weer in op 6V.
11 Meet bij schakeling e de totale stroomsterkte en de spanning over het ene lampje.
12 Meet bij schakeling f de spanning over het andere lampje.
13 Meet bij schakeling g de stroom door het ene lampje.
14 Meet bij schakeling h de stroom door het andere lampje.

Vragen
a Wat is de weerstand van beide lampjes?
b Geldt voor de serieschakeling $I_{bron} = I_1 = I_2$?
c Geldt voor de serieschakeling $U_{bron} = U_1 + U_2$?
d Geldt voor de parallelschakeling $I_{bron} = I_1 + I_2$?
e Geldt voor de parallelschakeling $U_{bron} = U_1 = U_2$?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4 Energiegebruik van apparaten

► 30 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Elektrische apparaten gebruiken energie. Niet alle apparaten gebruiken evenveel energie en staan even vaak of even lang aan. Om ervoor te zorgen dat de energierekening klopt, hangt er in huis een kilowattuurmeter die het gebruik meet. Als je niet een moderne digitale meter hebt hangen, is de kWh-meter te herkennen aan de ronddraaiende ferrarisschijf. De kWh-meter meet het stroomgebruik van het hele huishouden. Sommige meters hebben twee telwerken, één voor gewoon tarief en één voor nacht- en weekendtarief. Door maar één apparaat op de kWh-meter aan te sluiten meet je dus het energiegebruik van dat apparaat.

Onderzoeksvraag

Wat is het energiegebruik van verschillende apparaten en klopt dit met hetgeen de fabrikant aangeeft?

Voorspelling

Wat denk je het energiegebruik van de verschillende apparaten zal zijn?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- kWh-meter met contactdoos
- verschillende apparaten
- stopwatch



1. Je krijgt een kWh-meter met een contactdoos eraan waarop je de testapparaten kunt aansluiten. Noteer de beginstand van de kWh-meter.
2. Sluit een apparaat aan op de kWh-meter. Zet het apparaat aan en start de tijdmeting.
3. Laat het apparaat in ieder geval zolang doorwerken tot je een duidelijk afleesbaar verschil hebt op de teller van de kWh-meter. Dit is afhankelijk van het vermogen van het apparaat.
4. Noteer de eindstand van de kWh-meter en de tijd die het apparaat heeft aangestaan.
5. Bereken uit je meetresultaten het vermogen van je apparaat en vergelijk deze waarde met het vermogen dat op het typeplaatje van het apparaat wordt aangegeven.
6. Bereken uit je meetresultaten hoeveel energie het apparaat zou gebruiken als het 1 uur zou aanstaan.
7. Neem een ander apparaat en voer de proef nog een keer uit.
8. Vergelijk het uurgebruik. Welk apparaat gebruikt de meeste energie?

Vragen

a Geven fabrikanten van apparaten het vermogen goed aan op de apparaten?
b Als je twee dezelfde apparaten hebt getest van verschillende fabrikanten, zit er dan veel verschil in het vermogen? Wissel eventueel resultaten uit met je klasgenoten.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

5 Elektromagnetisme met een spoel

► **20 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Je maakt en test bij dit experiment zelf een elektromagneet. Hiervoor gebruik je een spijker als kern en wikkel je zelf een spoel met geïsoleerd koperdraad.

Onderzoeksvraag

Wat is het verband tussen de stroomsterkte en de magnetische kracht bij een elektromagneet?

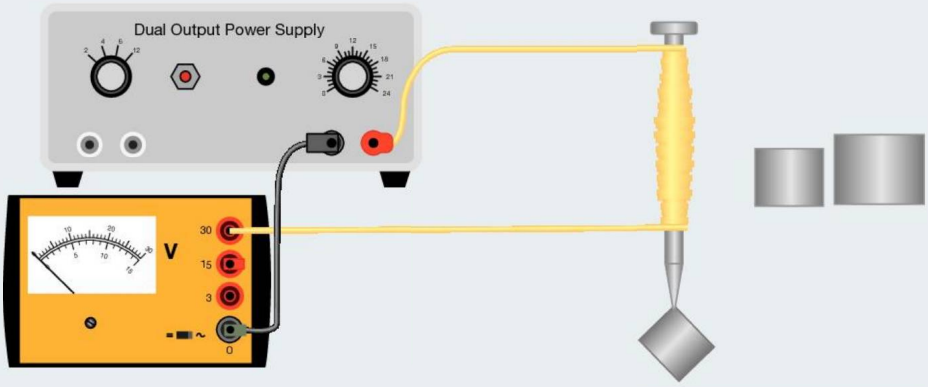
Voorspelling

Wat denk je dat het verband zal zijn?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- geïsoleerd koperdraad
- twee stekkers
- spijker
- verschillende ijzeren massa's
- voedingskastje
- ampèremeter
- een draad
- statief met klem



1 Neem een lang stuk geïsoleerd koperdraad, verwijder aan de uiteinden de isolatie (krabben of branden) en monteer er twee banaanstekkers aan.
2 Wikkel het koperdraad om de spijker, maak zo veel mogelijk windingen.
3 Sluit de spoel die je zo hebt gemaakt aan op het voedingskastje en de ampèremeter.
4 Zet de spijker vast in het statief, een klein stukje boven de tafel.
5 Neem de kleinste ijzeren massa en houd deze bij de punt van de spijker.
6 Draai langzaam de spanning op tot de magnetische kracht zo groot is als de zwaartekracht op de massa en het blokje blijft hangen.
7 Noteer de magnetische kracht en de bijbehorende stroomsterkte in een tabel.
8 Doe hetzelfde bij de andere massa's.
9 Maak een grafiek van de magnetische kracht en de stroomsterktes.

Vragen

a Kun je uit je grafiek een verband halen tussen de magneetkracht en de stroomsterkte?
b Wat voor verband is dat?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Oefentoets

Juist of onjuist?

1 Het vermogen van een apparaat is altijd hetzelfde.

2 De eenheid kilowattuur hoort bij de grootheid energie.

3 Als de geleidbaarheid van een apparaat *n* keer zo groot wordt, dan wordt weerstand *n* keer zo klein.

4 Als je apparaat 1 met een geleidbaarheid van 4 S parallel aansluit aan apparaat 2 met een geleidbaarheid van 2 S, gaat door apparaat 2 twee keer zo veel stroom.

Waar of niet waar?

Hans en Rob krijgen een lampje voor een practicumproef.
Net boven de schroefdraad staat op het lampje: 6 V; 3 W. Hans en Rob verschillen van mening over de betekenis daarvan.
Hans zegt: 'Bij een spanning van 6 V levert het lampje 3 watt aan licht.'
Rob zegt: 'Bij een spanning van 6 V neemt het lampje 3 watt aan vermogen op.'

5 Welke van bovenstaande uitspraken is of zijn juist?

A Geen van beide is juist.
B Alleen de uitspraak van Hans is juist.
C Alleen de uitspraak van Rob is juist.
D Beide uitspraken zijn juist.

Strijkijzer

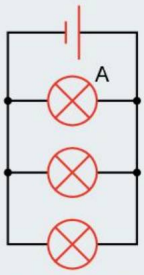
Op de onderkant van een strijkijzer staan gegevens. Zie de figuur hiernaast.



6 Bereken na hoeveel minuten het strijkijzer 0,7 kWh heeft gebruikt.

Drie lampjes

In de figuur hiernaast zijn alle lampjes hetzelfde. De batterij levert 6,0 V en door lampje A loopt een stroom van 1,3 A.

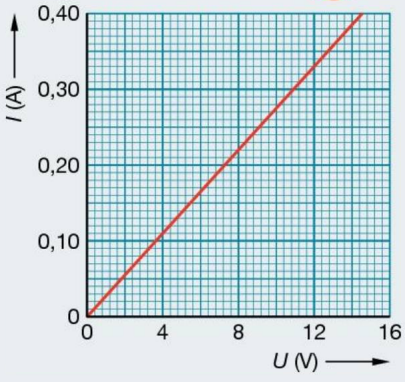


7 Bereken de weerstand van lampje A.

8 Bereken het vermogen dat de batterij levert.

Geleidbaarheid

Carl bepaalt de geleidbaarheid van een draad door bij verschillende spanningen over die draad de stroomsterkte te meten.
Hij tekent op grond van zijn metingen de grafiek uit de figuur hiernaast.



9 Bepaal de geleidbaarheid van de draad.

Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

10 Teken in die figuur met rood de grafiek van een draad met een grotere geleidbaarheid.

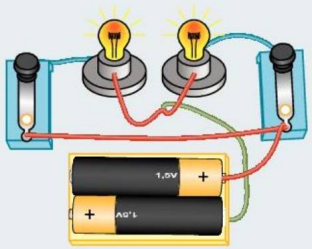
11 Teken in die figuur met blauw de grafiek van een draad met een grotere weerstand.

12 Teken in die figuur met groen de grafiek van een niet-ohmse weerstand waarvan gegeven is dat de weerstand toeneemt bij hogere spanning.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Serie of parallel



Bekijk de schakeling hiernaast.
Kies de juiste woorden in onderstaande zin:

13 De twee lampjes zijn *in serie / parallel* aangesloten.

Tijdens een practicumles wil Eefje een lampje aansluiten op een spanningsbron van 24 V. Op het lampje staat: 6 V. Om ervoor te zorgen dat het lampje op de juiste spanning brandt, neemt ze ook een weerstand op in de schakeling.

14 Teken de schakeling.

15 Leg met een berekening uit hoeveel keer zo groot de weerstandswaarde van de weerstand dan die van het lampje moet zijn.

Drogen van wasgoed

Bij een elektrische wasdroger bestaat het verwarmingselement uit vijf gelijke weerstandsdraden. Zie onderstaande figuur.



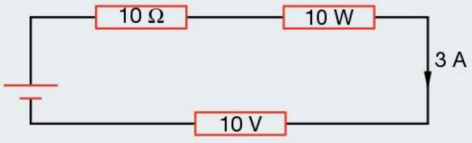
In de wasdroger blaast een ventilator lucht langs de weerstandsdraden de trommel in. Op een gegeven moment brandt één van de draden van het verwarmingselement door.

16 Wat gebeurt daardoor met het vermogen van het verwarmingselement?

A Dat wordt nul.
B Dat wordt kleiner, maar niet nul.
C Niets, dat blijft gelijk.
D Dat wordt groter.

17 Licht je antwoord op vraag 16 toe.

Een schakeling



In de figuur hiernaast is een schakeling met drie weerstanden gegeven.

- Weerstand 1 is 10 Ω.
- In weerstand 2 wordt een vermogen omgezet van 10 W.
- Over weerstand 3 staat een spanning van 10 V.
- De totale stroomsterkte is 3 A.

18 Bereken de spanning van de spanningsbron.

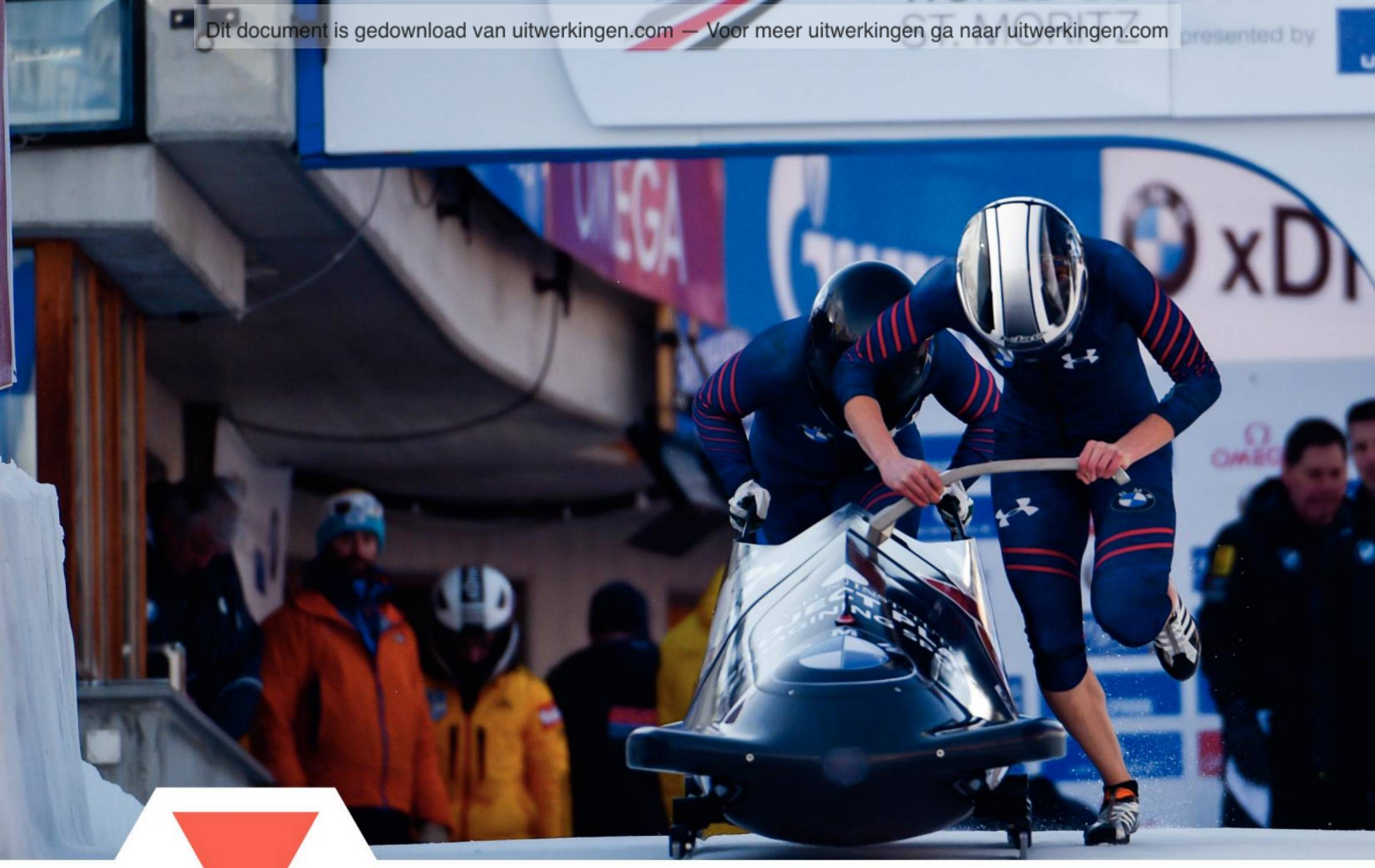
Een transformatorhuisje

In een transformatorhuisje wordt de spanning omlaag getransformeerd van 10 000 V naar 230 V. Het secundaire aantal windingen bedraagt 700.

+19 Bereken het aantal primaire windingen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



4 Kracht en beweging

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Om bij bobsleeën te winnen is een goede start het allerbelangrijkst. Het team heeft 50 meter ruimte om de slee zo hard mogelijk voort te duwen en hem een zo groot mogelijke beginsnelheid te geven.

Paragraaf	Practica
4.1 Kracht en soorten beweging	**1** Kracht en beweging
4.2 Arbeid	**2** Arbeid op school
4.3 Veiligheidsmaatregelen in het verkeer	**3** Eierproef
4.4 Kracht en snelheidsverandering	
+4.5 De gulden regel	**4** Gulden regel bij katrollen
Oefentoets	

Overal online

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
Bij skydiven spring je uit een vliegtuig en val je eerst een stuk omlaag voor je je parachute opendoet. Ondanks dat je geen parachute open hebt, stop je na een tijdje toch met versnellen. Hoe komt dit?



Je leert
- hoe kracht met beweging samenhangt.

4.1 Kracht en soorten beweging

Snelheid krijgen, houden en verliezen
Een navigatiesysteem in de auto geeft onder andere de snelheid van de auto weer. Het systeem bepaalt met behulp van satellieten van het global positioning system (gps) hoeveel afstand je aflegt. Ook heeft het systeem een klok die meet in hoeveel tijd je deze afstand rijdt. Deze informatie samen gebruikt het systeem om de snelheid te berekenen.
Snelheid, afgekort met het symbool v, is de hoeveelheid afstand die je per seconde aflegt. De gemiddelde snelheid kun je uitrekenen met de formule:

$$v_{gem} = \frac{s}{t}$$

met v_{gem} **de gemiddelde snelheid in meter per seconde (m/s)**
s **de totale afstand in meter (m)**
t **de totale tijdsduur in seconde (s)**

De afgelegde afstand kun je ook in een grafiek weergeven. Figuur 4.1 geeft het **(*s*,*t*)-diagram** van een beweging met twee verschillende constante snelheden weer.
De steilheid van de lijn geeft aan hoe groot de snelheid is. Hoe steiler de lijn, hoe groter de snelheid. De beweging in de eerste twee seconden is dus sneller dan in de laatste vier.
Je snelheid in de eerste twee seconden is $\frac{10}{2} = 5$ m/s. Daarna leg je $15 - 10 = 5$ m af in $6 - 2 = 4$ s. Je snelheid is dan $\frac{5}{4} = 1{,}25$ m/s.

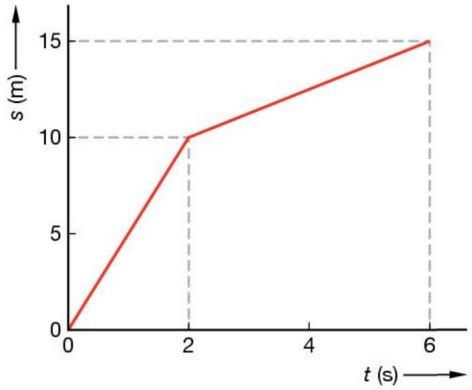
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Je kunt bewegingen ook weergeven in een **(*v*,*t*)-diagram**. In figuur 4.2 zie je drie verschillende bewegingen:

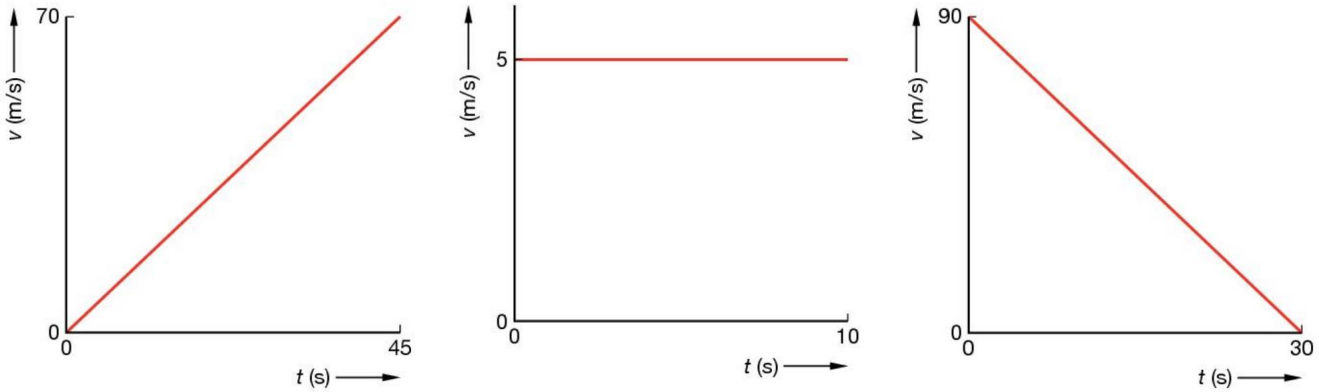
- een eenparige (constante) versnelling in 4.2a;
- een constante snelheid in 4.2b;
- een eenparige vertraging in 4.2c.

De oppervlakte onder het (*v*,*t*)-diagram is de afgelegde afstand. De afstand die je in de versnelde beweging van figuur 4.2a aflegt is ½ × 70 × 45 = 1575 m.



4.1 Een (s,t)-diagram met twee constante snelheden

Een andere veelgebruikte eenheid voor snelheid is kilometer per uur (km/h). Om van km/h naar m/s te gaan deel je de snelheid door 3,6. Om van m/s naar km/h te gaan vermenigvuldig je met 3,6.

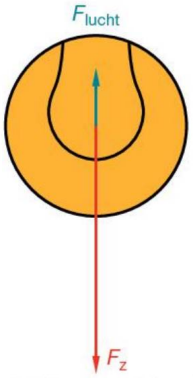


a Een eenparige versnelling *b Een constante snelheid* *c Een eenparige vertraging*

4.2 De (v,t)-diagrammen van drie verschillende bewegingen

Resulterende kracht

Als je een tennisbal boven de grond loslaat, valt hij naar beneden. De zwaartekracht werkt op de tennisbal waardoor hij naar beneden valt. Vaak zijn er meerdere krachten. De som van alle krachten noem je de **resulterende kracht**.
Krachten die in dezelfde richting wijzen, helpen elkaar en je telt ze bij elkaar op. Krachten die in tegengestelde richting wijzen, werken elkaar tegen en je haalt ze van elkaar af. Zie figuur 4.3. Op de tennisbal werkt een zwaartekracht omlaag en een luchtweerstandskracht omhoog. De resulterende kracht is in dit geval $F_{res} = F_z - F_{lucht}$. Omdat F_{lucht} hier veel kleiner is, zal de resulterende kracht nagenoeg gelijk zijn aan de zwaartekracht.



4.3 De zwaartekracht en luchtweerstandskracht op een tennisbal

Als twee krachten elkaar opheffen is de resulterende kracht gelijk aan nul en is het voorwerp in rust of beweegt het met constante snelheid.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

▶ Practicum 1

Resulterende kracht en beweging

De tennisbal die je boven de grond loslaat, heeft eerst geen snelheid, maar een tijdje later wel. Doordat er een resulterende kracht op de tennisbal werkt, versnelt hij.
Alle voorwerpen waarop een resulterende kracht werkt, versnellen. Dit betekent dat hun snelheid verandert. Vertragen is ook een verandering van snelheid. In dat geval werkt de resulterende kracht tegen de bewegingsrichting in.

Voorbeeld 1: Parachutesprong

Stefan maakt een parachutesprong. In figuur 4.4 zie je het bijbehorende vereenvoudigde (*v*,*t*)-diagram.

a Hoe kun je aan het (*v*,*t*)-diagram zien dat er in het eerste stuk een resulterende kracht is?

In het tweede deel van de sprong is zijn snelheid constant.

b Wat weet je over de zwaartekracht en de luchtweerstandskracht op dit moment?

In het derde deel van de sprong opent Stefan zijn parachute, waardoor de luchtweerstandskracht ineens veel groter wordt.

c Hoe zie je dit in het (*v*,*t*)-diagram? Leg uit wat dit betekent voor de resulterende kracht.

In het vierde deel van de sprong is Stefans snelheid afgenomen en weer constant geworden.

d Is F_{lucht} in deel vier *groter dan*, *gelijk aan* of *kleiner dan* F_{lucht} in deel twee?

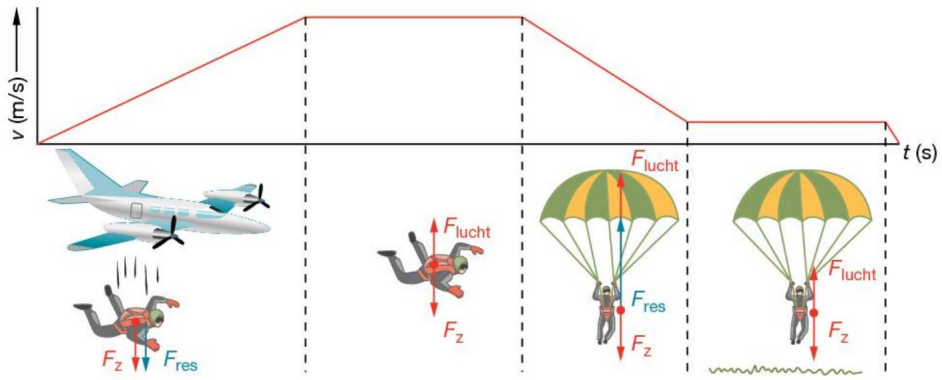
Uitwerking:

a De lijn loopt omhoog, de snelheid neemt toe. Er is een positieve versnelling, dus de kracht is in de bewegingsrichting.
F_{res} werkt met de bewegingsrichting mee omlaag en dus: $F_{res} > F_{lucht}$.

b Stefans snelheid is constant, er is dus geen versnelling. De F_{res} is dus 0 en de twee werkende krachten moeten daarom aan elkaar gelijk zijn: $F_z = F_{lucht}$.

c De lijn loopt omlaag, er is een vertraging $F_z < F_{lucht}$ en F_{res} wijst dus tegen de beweging in.

d In deel twee en deel vier is de snelheid constant en is er dus geen F_{res}. Er moet weer gelden dat $F_{lucht} = F_z$. Omdat F_z in deel twee en vier gelijk is, geldt dit ook voor F_{lucht}.



4.4 Het (v,t)-diagram van een parachutesprong

Samengevat

De gemiddelde snelheid reken je uit met $v_{gem} = \frac{s}{t}$.

Uit een (*s*,*t*)-diagram kun je de snelheid halen door de steilheid te bepalen.
Uit een (*v*,*t*)-diagram kun je de afstand halen door de oppervlakte te bepalen.
Meewerkende krachten op een lijn tel je bij elkaar op. Tegenwerkende haal je van elkaar af.
Een resulterende kracht zorgt voor een verandering van snelheid.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4.1 Opdrachten

A 1 M

Kies het juiste antwoord.

a De afgelegde afstand in een (*v*,*t*)-diagram is gelijk aan *de steilheid van / de oppervlakte onder* de grafiek.
b De snelheid in een (*s*,*t*)-diagram is gelijk aan *de steilheid van / de oppervlakte onder* de grafiek.
c Een schuine rechte lijn in een (*s*,*t*)-diagram geeft een *constante snelheid / versnelling* weer.
d Een schuine lijn *omhoog / omlaag* in een (*v*,*t*)-diagram hoort bij een vertraagde beweging.

A 2 M

In welk van de volgende situaties is de resulterende kracht niet gelijk aan nul?

a Een parachutist springt uit een vliegtuig.
b Een regendruppel valt met constante snelheid naar beneden.
c Een boek ligt op tafel.
d Een auto botst.

B 3 M

a *Bepaal* de gemiddelde snelheid van het bewegende voorwerp van figuur 4.1.
b Ligt de uitkomst van vraag **a** tussen 1,25 en 5 m/s?
c Leg uit dat je dit op grond van de twee constante snelheden tijdens de beweging al had kunnen weten.

B 4 M

Bereken in de volgende gevallen de gemiddelde snelheid in km/h.

a Jan Willem loopt in 20 minuten 2 kilometer.
b Ivo vliegt van Amsterdam naar Madrid en legt 1460 kilometer in twee en half uur af.

Bereken in onderstaande gevallen de snelheid in m/s.

c Marloes loopt de 100 meter sprint in 15 seconden.
d Jill rijdt in 10 minuten naar de supermarkt die 6 kilometer van haar huis is.

B 5 M

a Bepaal de afgelegde afstand van de drie bewegingen in figuur 4.2 in de aangegeven tijden.
b Teken de bijbehorende (*s*,*t*)-diagrammen.

B 6

Patricia rijdt met constante snelheid op haar fiets naar school. Zij moet hiervoor een kracht leveren van 120 N.

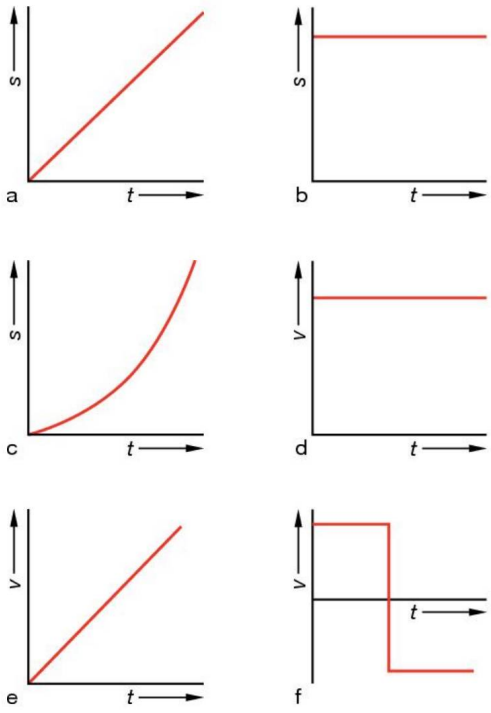
a Wat weet je van de weerstandskracht op dat moment?

De volgende dag heeft ze tegenwind. Toch rijdt ze met dezelfde snelheid.

b Leg uit of ze meer, evenveel of minder kracht moet uitoefenen.
c Maakt het voor de kracht die ze moet leveren uit of ze een zware boekentas meeneemt?

B 7

a Beschrijf van onderstaande diagrammen om wat voor soort beweging het hier gaat.



C 8

a Schets van de (*s*,*t*)-diagrammen A, B en C hierboven het bijbehorende (*v*,*t*)-diagram.
b Schets van de (*v*,*t*)-diagrammen D, E en F hierboven het bijbehorende (*s*,*t*)-diagram.

C 9 N

Bekijk nogmaals het (*v*,*t*)-diagram van figuur 4.4. Zodra Stefan uit het vliegtuig springt, neemt zijn snelheid toe totdat die constant wordt.

a Geef aan wat er met de luchtweerstand gebeurt als de snelheid toeneemt.

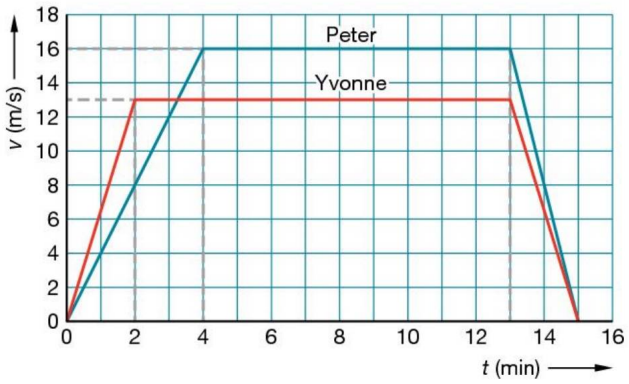
Zodra de parachute is geopend, wordt Stefans frontaal oppervlak groter.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

b Beredeneer of, en zo ja hoe de luchtweerstandskracht afhankelijk is van het frontaal oppervlak.

C 10



Peter en Yvonne zijn op de fiets naar school gegaan. In bovenstaande figuur zie je het verloop van hun snelheid.

a Kijk naar de figuur en schat zonder berekening in wie er het verst van school woont.
b Bepaal de afstand die Peter heeft afgelegd.
c Bepaal de afstand die Yvonne heeft afgelegd.
d Controleer je antwoord op vraag **a**.

C 11

Chris gooit een tennisbal omhoog. Geef van de volgende tijdstippen aan welke krachten er werken, of er een resulterende kracht is en welke kant deze op is gericht.

a Tijdens de worp, vlak voor hij de bal loslaat.
b Net nadat hij de bal loslaat.
c Als de bal valt.

C 12 N

Toine wil met zijn hoverboard gaan rijden. Zie de figuur in de kolom hiernaast. Hij leunt helemaal naar voren. De motor oefent dan zijn maximale kracht uit en Toine versnelt. De motor blijft de maximale kracht uitoefenen, maar toch heeft Toine na een tijdje een constante snelheid.

a Geef hiervoor een verklaring.

Toine hurkt vervolgens; de motorkracht blijft gelijk.

b Kies het juiste antwoord. De weerstandskracht *wordt kleiner / blijft gelijk / wordt groter.*
c Kies het juiste antwoord. Het hoverboard *vertraagt nu / gaat nu met constante snelheid / versnelt nu.*



+ 13 N

Een golfbal met een massa van 0,050 kg valt en ondervindt hierbij een luchtweerstandskracht van 0,050 N.
Wordt de snelheid van de golfbal *groter*, *kleiner* of *blijft* de snelheid *gelijk*? Geef uitleg bij je antwoord.

+ 14 N

Jan rijdt op zijn fiets van huis naar de supermarkt. Hij versnelt in 10 s vanuit stilstand tot een snelheid van 10 km/h. Hij rijdt vervolgens 2 minuten door. Dan ziet hij in de verte het stoplicht op groen staan en wil dit ook nog halen. Hij versnelt in 10 s tot een snelheid van 18 km/h. Hij passeert het stoplicht en rijdt een minuut door. Dan ziet hij het volgende stoplicht op rood springen en remt in 10 s af tot hij stilstaat.

a Teken het (v,t)-diagram van Jans fietstocht.
b Bepaal met het diagram de afstand die Jan aflegt.
c Geef aan waar F_{res} meewerkt, nul is en waar hij tegenwerkt.
d Geef aan waar Jan het sterkste versnelt.
e Geef aan waar F_{res} het grootste is.

Je kunt nu

- afstanden en snelheden uit (v,t)- en (s,t)-diagrammen halen;
- rekenen met de formule $s = v_{gem} \cdot t$;
- een resulterende kracht berekenen bij meerdere krachten langs een lijn;
- aan de hand van resulterende kracht of een (v,t)-diagram nagaan of er een versnelling of vertraging is.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
In Lapland kun je tochten met sledehonden maken. Tijdens een tocht trekken de honden de slee voort en kom je op plekken waar je anders moeilijk komt.
Moeten de honden voor een langere tocht een grotere kracht uitoefenen dan voor een korte tocht?

Je leert
- wanneer kracht arbeid verricht en hoeveel.

4.2 Arbeid

Kracht en arbeid
Bij het kogelstoten is het de bedoeling dat je de kogel zo ver mogelijk werpt. De beste worp krijg je door de kogel over een zo groot mogelijke *afstand* met zo veel mogelijk *kracht* te versnellen.
Als je met een bepaalde kracht een voorwerp in dezelfde richting verplaatst, zeg je in de natuurkunde dat je **arbeid** verricht, de arbeid is dan positief. De energie van het voorwerp neemt daardoor toe. Behalve kracht zetten is ook het verplaatsen van belang.



4.5 Een kogelstootster verricht arbeid om de kogel in beweging te krijgen.

Als je tegen een muur duwt, oefen je kracht uit op de muur, maar verplaats je de muur niet. Omdat er geen verplaatsing is, verricht je dan geen arbeid op de muur.
Arbeid is dus de hoeveelheid energie die je aan een voorwerp geeft door het met een kracht over een afstand te verplaatsen. Bij het kogelstoten verricht je arbeid op de kogel die daardoor bewegingsenergie krijgt. Op de muur verricht je geen arbeid: deze krijgt geen bewegingsenergie.

Arbeid berekenen
► Practicum 2
Om de kogel zo ver mogelijk te gooien moet je hem zo veel mogelijk bewegingsenergie geven. De arbeid voor deze bewegingsenergie verricht je door kracht op de kogel uit te oefenen en hem te verplaatsen door je arm te strekken. Dit gaat het beste als de kracht in dezelfde richting werkt als de verplaatsing.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De verrichte arbeid kun je berekenen met de volgende formule:

$$W = F \cdot s$$

met **W de arbeid in joule (J)**
F de kracht in newton (N)
s de verplaatsing in de richting van de kracht in meter (m)

De W staat voor het Engelse woord 'work'.
Door arbeid te verrichten geef je dus energie aan een voorwerp. Arbeid is de hoeveelheid overgedragen energie. Je drukt de hoeveelheid arbeid uit in de eenheid joule.

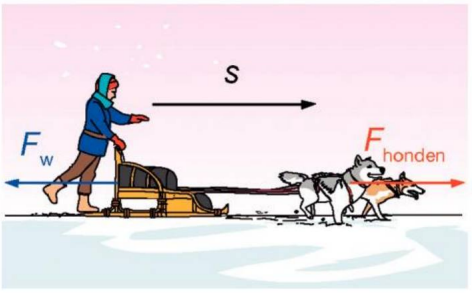


4.6 Sledehonden

Voorbeeld 2: Hondenslee
Acht honden trekken een hondenslee voort. Zie figuur 4.6. Iedere hond oefent een kracht van 45 N uit. Je mag ervan uitgaan dat er geen wrijvingskracht is.
a Bereken de arbeid die een hond verricht als hij de slee 12 m voorttrekt.
b Bereken hoeveel bewegingsenergie de slee na 12 m heeft.

Uitwerking:
a Gegeven: kracht per hond $F = 45$ N
verplaatsing in de richting van de kracht $s = 12$ m
Gevraagd: arbeid W =?
Formule: $W = F \cdot s$
Berekenen: $W = 45 \times 12 = 540$ J
Antwoord: De verrichte arbeid per hond is 540 J.
b Er zijn acht honden die ieder 540 J arbeid verrichten. Dit is een totale arbeid van $8 \times 540 = 4320$ J. Al deze arbeid wordt omgezet in bewegingsenergie.
De bewegingsenergie is dus 4320 J (of 4,32 kJ).

Als de sledehonden van voorbeeld 2 geen kracht meer uitoefenen, zal de slede vertragen en tot stilstand komen.
De **wrijvingskracht** werkt tegengesteld aan de verplaatsing. Hierdoor verricht de wrijvingskracht **negatieve arbeid**. De negatieve arbeid van de wrijvingskracht zet bewegingsenergie om in warmte waardoor de slee afremt.
Zolang de slee met constante snelheid gaat, is de voorwaartse kracht van de honden in evenwicht met de tegengestelde wrijvingskracht. Zie figuur 4.7. De positieve arbeid die de honden verrichten is dan gelijk aan de negatieve arbeid die de wrijvingskracht verricht. De snelheid en dus ook de bewegingsenergie blijven in dat geval gelijk.



4.7 De wrijvingskracht is tegengesteld aan de verplaatsing.

In figuur 4.8 zie je het (v,t)-diagram van een curlingworp. De verschillende krachten verrichten arbeid waardoor de snelheid van de steen verandert.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Voorbeeld 3: Windsurfen

Bij het windsurfen beweegt Jonas met constante snelheid. De kracht van de wind in zijn zeil bedraagt 300 N.

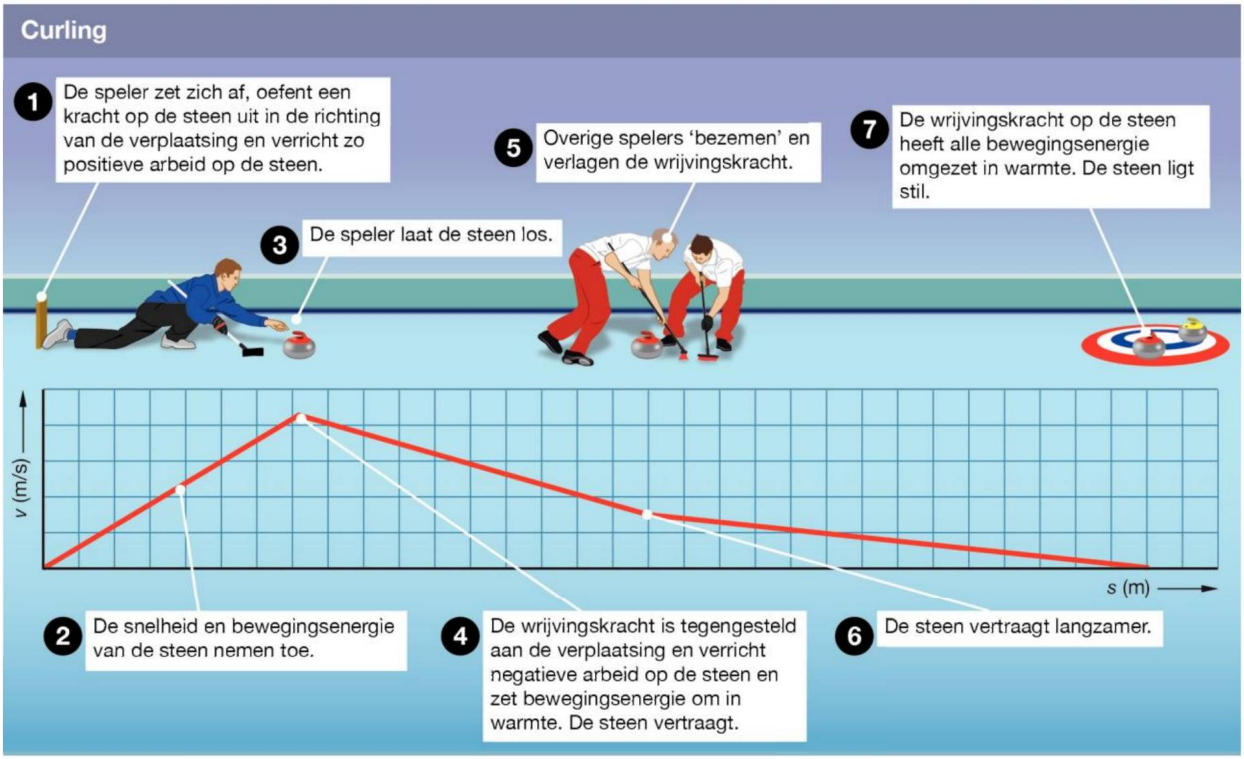
a Bereken de arbeid die de wind verricht als Jonas 5,0 m vooruitgaat.
b Hoe groot is de weerstandskracht?
c Hoeveel arbeid verricht de weerstandskracht over dezelfde 5,0 m?

Uitwerking:

a Gegeven: windkracht $F_{wind} = 300$ N
verplaatsing in de richting van de kracht $s = 5{,}0$ m
Gevraagd: arbeid W =?
Formule: $W = F \cdot s$
Berekenen: $W = 300 \times 5{,}0 = 1500$ J
Antwoord: De verrichte arbeid is 1500 J.

b Jonas beweegt met constante snelheid; de resulterende kracht is dus gelijk aan nul. De weerstandskracht moet dus gelijk zijn aan de windkracht, $F_w = 300$ N.

c De weerstandskracht is gelijk, maar tegengesteld aan de windkracht. De verplaatsing is even groot. De weerstandskracht verricht dus een even grote, maar negatieve arbeid als de windkracht. De arbeid is $W_w = -1500$ J.



4.8 Het (v,t)-diagram van een curlingworp

Variabele kracht

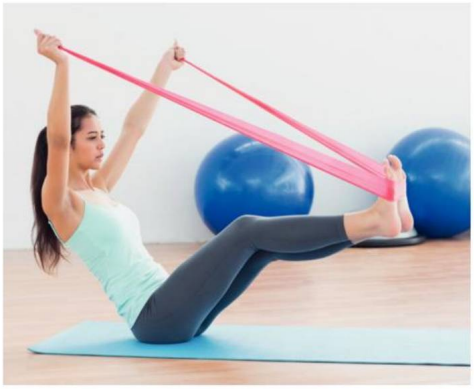
Als je een elastiek uitrekt, merk je dat je steeds meer kracht moet zetten om het elastiek verder uit te rekken. Je zegt dan dat de kracht **variabel** is omdat deze afhangt van, in dit geval, de mate van uitrekking.

Bij het uitrekken van het elastiek oefen je een kracht uit en daarbij vindt een verplaatsing plaats. Zie figuur 4.9. Om het elastiek uit te rekken verricht je dus arbeid. Omdat de kracht niet constant is, kun je de formule van de arbeid niet zomaar gebruiken.

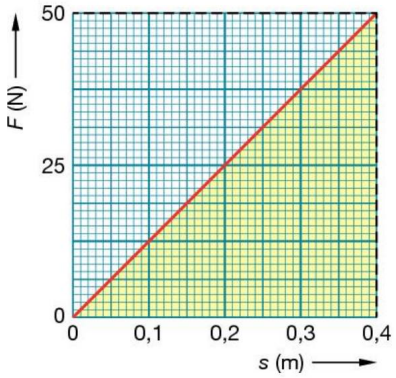
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

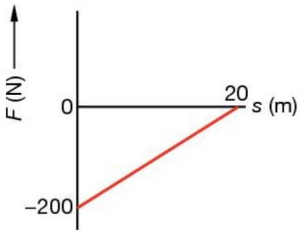
Om de arbeid te berekenen moet je naar het kracht-uitrekkingsdiagram kijken. Zie figuur 4.10.
De arbeid die je verricht is gelijk aan het oppervlak onder de grafiek van een (*F*,*s*)-diagram.
De arbeid die je moet verrichten om het elastiek van figuur 4.10 0,4 m uit te rekken is gelijk aan ½ × 50 × 0,4 = 10 J.
Om de veer slechts 0,20 m uit te rekken is een arbeid van ½ × 25 × 0,2 = 5 J nodig.
Als er een variabele tegenwerkende kracht is, zal de grafiek onder de *x*-as lopen. Dit zorgt ervoor dat het oppervlak onder de grafiek, net als de arbeid, negatief wordt.



4.9 Een elastiek wordt uitgerekt.



4.10 Het kracht-uitrekkingsdiagram van een elastiek



4.11 (F,s)-diagram

Voorbeeld 4: Afremmen

Felix komt snowboardend van een helling op een plat stuk met natte sneeuw terecht. De totale weerstandskracht zorgt ervoor dat hij langzaam tot stilstand komt. De weerstandskracht is niet constant. De weerstandskracht is nul als Felix tot stilstand is gekomen. De grafiek van figuur 4.11 geeft deze kracht weer.

a Na hoeveel meter is Felix tot stilstand gekomen?
b Bepaal de hoeveelheid arbeid die de wrijvingskracht heeft verricht.
c Hoeveel joule bewegingsenergie had Felix aanvankelijk?

Uitwerking:

a Als de wrijvingskracht nul is, is Felix tot stilstand gekomen. Dit is volgens de grafiek na 20 m.
b De arbeid is te bepalen aan de hand van het oppervlak onder de grafiek.
$W = ½ \times (-200) \times 20 = -4000$ J aan arbeid.
c Na 20 m staat Felix stil en heeft hij geen bewegingsenergie meer. De oorspronkelijke hoeveelheid bewegingsenergie is gelijk aan de hoeveelheid arbeid die de wrijvingskracht heeft weggenomen. Felix had aanvankelijk 4000 J aan bewegingsenergie.

Samengevat

Als een kracht een voorwerp in dezelfde richting verplaatst, verricht deze kracht arbeid.
Arbeid verrichten op een voorwerp verandert de energie van dat voorwerp.
Je berekent de arbeid met $W = F \cdot s$, waarbij F en s in dezelfde richting moeten wijzen.
Tegenwerkende krachten, zoals de wrijvingskracht, verrichten negatieve arbeid. Door negatieve arbeid neemt de energie van het voorwerp af. De hoeveelheid negatieve arbeid is gelijk aan de ontstane warmte.
Om de arbeid van een variabele kracht uit te rekenen bereken je het oppervlak onder de (*F*,*s*)-grafiek. Een negatieve kracht zorgt voor een negatief oppervlak.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4.2 Opdrachten

A 15 M
Geef de definitie van arbeid.

A 16 M
a Geef de formule waarmee je de arbeid kunt berekenen.
b Geef de eenheid van arbeid.

B 17 M
Waarom nemen speerwerpers een lange aanloop? Gebruik het begrip *arbeid* in je antwoord.

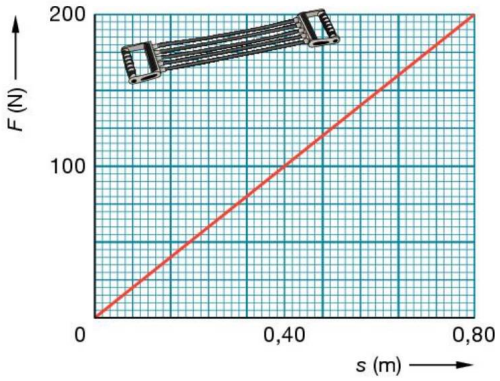
B 18 M
Reken de ontbrekende grootheden uit.

W	*F*	*s*
	3,0 kN	5,0 m
	20 N	50 cm
2,0 kJ		40 m
2,5 MJ		25 km
0,35 kJ	70 kN	
20 J	4,0 mN	

B 19 M
Een curlingspeler zet zich over een afstand van 1,0 m af en oefent daarbij een kracht van 200 N uit op de steen.
a Bereken hoeveel bewegingsenergie de steen krijgt.

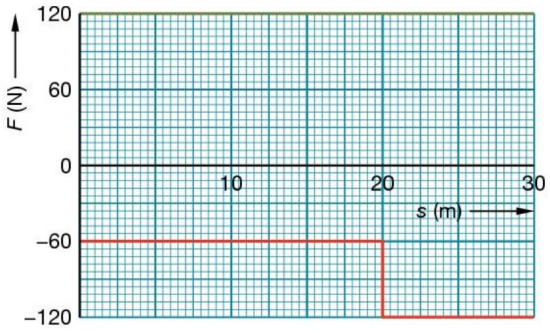
Daarna glijdt de steen, zonder dat er andere spelers vegen, 30 m door, waarna hij tot stilstand komt.
b Hoeveel arbeid heeft de wrijvingskracht verricht?
c Bereken hoe groot de wrijvingskracht was.
d Leg uit waarom de andere spelers soms 'vegen'.

B 20
Dirk doet met een trekveer krachttraining. De kracht die hij moet zetten voor een bepaalde uitrekking zie je in de figuur in de kolom hiernaast.
a Bereken de arbeid die Dirk moet verrichten om de veer 40 cm uit te rekken.
b Bereken de arbeid die hij moet verrichten om de veer twee keer zo ver uit te rekken.
c Leg aan de hand van de grafiek uit dat je antwoord bij **b** niet twee keer zo groot is als je antwoord bij **a**.



Dirk wil precies 1000 J aan arbeid verrichten.
d Bereken de uitrekking om dit te doen.
e Geef drie manieren waarop Dirk meer arbeid kan verrichten.

C 21
Sander trekt Dite 20 m voort op een slee. In het diagram hieronder zie je de kracht die Sander uitoefent (groen) en de wrijvingskracht die de slee ondervindt (rood).



a Bepaal hoeveel arbeid Sander in de eerste 20 m verricht.
b Bepaal hoeveel arbeid de wrijvingskracht in de eerste 20 m heeft verricht.
c Bereken de netto arbeid die in de eerste 20 m is verricht.
d Leg uit of de slee *versnelt, met constante snelheid gaat* of *vertraagt*.

Na 20 m springt Carlijn ook op de slee.
e Leg uit of de slee na 20 m nog steeds versnelt. Gebruik het begrip *netto arbeid* in je antwoord.

C 22
Tessa fietst met een constante snelheid met tegenwind over een dijk. Onderweg ondervindt ze een totale weerstandskracht van 90 N.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

a Hoe groot is de kracht die Tessa moet uitoefenen?
b Bereken hoeveel arbeid ze per meter moet verrichten.

Dan komt Nadine vóór haar fietsen. Samen fietsen ze zo in hetzelfde tempo verder.
c Leg uit of Tessa nu *meer*, *minder*, of *evenveel* arbeid per meter moet verrichten vergeleken met voorheen.

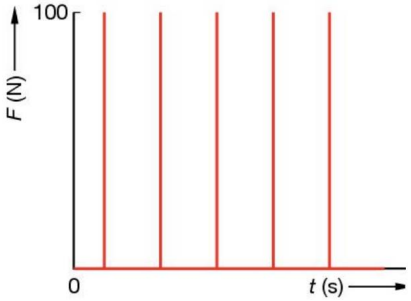
C 23 **N**

Bij het discuswerpen draait Waël 1¾ keer om zijn as voordat hij de discus wegwerpt, zie de figuur hieronder.
Leg uit waarom Waël zo meer arbeid verricht.



C 24

Emine slaat met een hamer op een spijker. Op de kop van de spijker heeft ze een krachtsensor geplaatst die de kracht meet. Hieronder zie je het krachtverloop op de kop van de spijker door de tijd heen.



a Hoe vaak heeft Emine op de spijker geslagen?
Bij iedere slag gaat de spijker een halve centimeter het hout in.
b Bereken hoeveel arbeid ze in totaal heeft verricht.
c Is er een kracht die negatieve arbeid heeft verricht? Zo ja, welke kracht en hoeveel arbeid?

+ 25 **N**

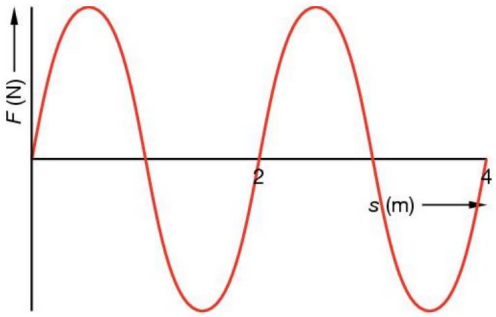
Thekla rijdt met haar buggy en vlieger over het strand.



De wind zorgt voor een kracht F_{wind} die arbeid verricht en de bewegingsenergie van de buggy laat toenemen.
Leg uit wanneer Thekla's bewegingsenergie het sterkste toeneemt. Als de vlieger *hoog* of *laag* staat ten opzichte van de horizon? Je mag ervan uitgaan dat de kracht van de wind in beide situaties hetzelfde is.

+ 26 **N**

In de figuur hieronder zie je het verloop van de veerkracht op een massa die op- en neergaat, als functie van de totaal afgelegde afstand (op en neer).
a Leg uit dat de netto arbeid na 2 m 0 J bedraagt.
b Leg uit bij welke afstanden er 0 J aan arbeid is verricht.
c Tussen welke afstanden neemt de bewegingsenergie toe?
d Tussen welke afstanden neemt de bewegingsenergie af?



Je kunt nu

- uitleggen in welke situaties een kracht arbeid verricht;
- rekenen met $W = F \cdot s$;
- uitleggen in welke situaties de arbeid positief of negatief is.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

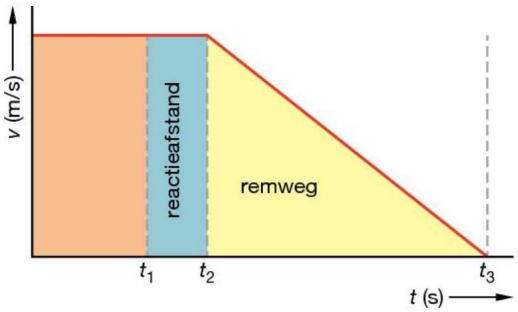


Discussievraag
Bij een botsproef wordt een auto opzettelijk tegen een muur gereden om een aanrijding na te bootsen. Bij de botsing kreukt de hele voorkant in elkaar.
Waarom is de voorkant van de auto niet steviger gemaakt?

Je leert
- de principes achter veiligheidsmaatregelen in het verkeer.

4.3 Veiligheidsmaatregelen in het verkeer

Noodstop
Je rijdt op je scooter over de weg. Plotseling zie je een kat de weg oversteken. Je knijpt in je rem en remt af. In figuur 4.12 zie je het (*v*,*t*)-diagram van deze noodstop.
Op tijdstip t_1 zie je de kat. Het duurt tot tijdstip t_2 tot je in je rem knijpt om te gaan remmen. Deze tijd noem je de **reactietijd**. Tijdens deze reactietijd rijd je met constante snelheid door en leg je afstand af. Deze afstand noem je de **reactieafstand**. Daarna rem je pas en kom je tussen tijdstippen t_2 en t_3 tot stilstand. De afstand die je hier aflegt, noem je de **remweg**.
De reactieafstand en de remweg samen heten de **stopafstand**. Dit is de totale afstand die je aflegt van het moment dat je de kat ziet tot het moment dat je stilstaat. Deze stopafstand kun je op verschillende manieren beïnvloeden:
- vermoeidheid, afleiding, medicijnen en alcohol vergroten de reactietijd;
- een glad wegdek, slechte banden of slechte remmen kunnen de remkracht verlagen en de remweg vergroten;
- een hogere beginsnelheid zorgt voor een grotere totale stopafstand.



4.12 Het (v,t)-diagram van een noodstop

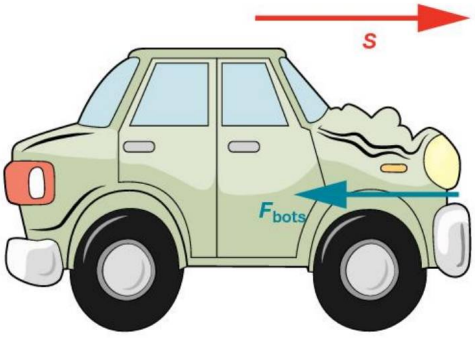
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

▶ Practicum 3

Botskracht verkleinen

Bij een botsing komen auto's volledig tot stilstand. De **botskracht** remt de auto af. Omdat de botskracht tegengesteld is aan de verplaatsing (zie figuur 4.13), verricht hij negatieve arbeid die de bewegingsenergie wegneemt. Na de botsing is alle bewegingsenergie weggenomen.
Om auto's veiliger te maken, hebben autofabrikanten veiligheidsmaatregelen ingebouwd om de botskracht te verkleinen en bij de passagiers vandaan te houden.



4.13 De botskracht verricht negatieve arbeid.

De voor- en achterkant van een auto kunnen in elkaar kreuken, zoals het knikdeel van een rietje dit kan. Deze zone aan de voor- en achterkant van de auto noem je de **kreukelzone**. Bij een botsing zal deze kreukelzone door de botskracht in elkaar drukken en hiermee de klap opvangen. De negatieve arbeid zal de kreukelzone vervormen.
De benodigde arbeid (W) om een auto tot stilstand te brengen is gelijk aan de botskracht (F) maal de lengte van de kreukelzone (s). Hoe langer de kreukelzone (s), hoe kleiner de benodigde kracht (F) om de auto tot stilstand te brengen.
De cabine van de auto, waar de inzittenden van de auto zitten, is juist extra stevig gemaakt. Dit noem je 'de kooi'. Deze kooi beschermt de inzittenden tijdens een botsing.

Voorbeeld 5: Een botsing

Een rijdende auto heeft bij een snelheid van 120 km/h een bewegingsenergie van 650 kJ. Een heel ouderwetse auto zonder ingebouwde kreukelzone blijkt na een botsing maar 10 cm te zijn ingedeukt. De kreukelzone van een moderne auto deukt 1,00 m in.

a Bereken de gemiddelde kracht om een ouderwetse auto tot stilstand te brengen.

b Hoe groot is de botskracht bij moderne auto's?

Uitwerking:

a Gegeven: bewegingsenergie $W = 650$ kJ $= 650\,000$ J
verplaatsing tegen de richting van de kracht in $s = 0{,}10$ m
Gevraagd: arbeid $F = ?$
Formule: $W = F \cdot s$
Berekenen: $F = \frac{W}{s} = \frac{650\,000}{0{,}10} = 6\,500\,000$ N $= 6{,}5$ MN
Antwoord: De gemiddelde kracht is 6,5 MN.

b De kreukelzone van een moderne auto is 10 keer zo groot als die van de ouderwetse auto. Omdat de bewegingsenergie hetzelfde is, zal de botskracht 10 keer zo klein zijn:
$F = 650\,000$ N $= 650$ kN

Overige veiligheidsmaatregelen

De kreukelzone zorgt ervoor dat de auto tot stilstand komt. De personen in de auto moeten echter ook tot stilstand komen. Zij bewegen ten opzichte van het wegdek en hebben dus ook bewegingsenergie die moet verdwijnen. Ook op hen zal een negatieve arbeid moeten worden verricht om ze tot stilstand te brengen. De kracht die de passagiers tot stilstand brengt, noem je de **stopkracht**.
De bekendste veiligheidsmaatregel in de auto is de gordel. Als de auto remt, bewegen de passagiers nog door. Als de passagiers geen gordel dragen, zouden ze door de auto heen vliegen en tegen het dashboard of de voorruit tot stilstand komen. Omdat deze nauwelijks indeuken zou de stopkracht dan erg groot zijn. Dit veroorzaakt veel extra letsel.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

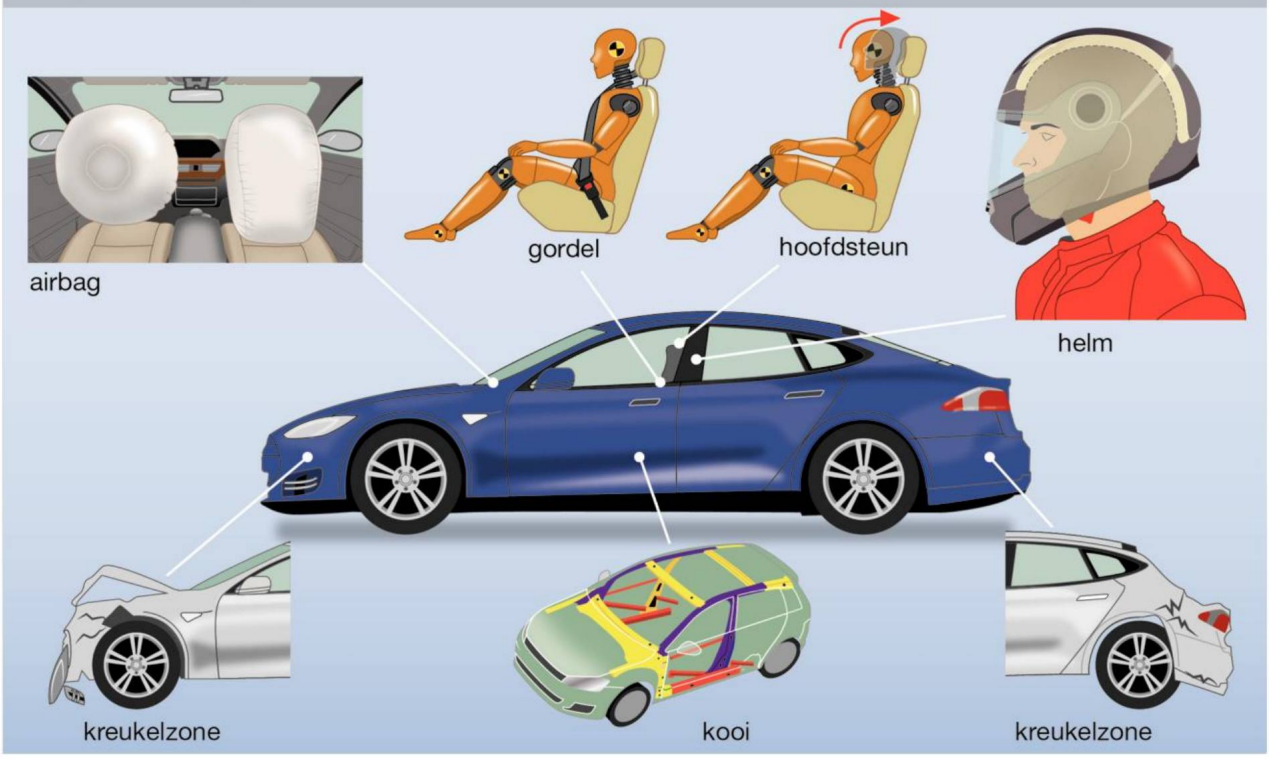
De gordel houdt de passagiers tegen en laat ze tegelijk met de auto afremmen. Hiervoor zet de gordel een kracht naar achteren en verricht negatieve arbeid (W) op de passagier. De gordel is ook in staat een beetje uit te rekken. Deze rek zorgt voor een grotere stopafstand (s) waardoor de stopkracht (F) op de passagier kleiner is.
Zodra een auto botst, blaast de airbag in het stuur zich razendsnel op. Het is een groot luchtkussen waar je tijdens de botsing in terechtkomt.
De airbag heeft meerdere functies.

- Het indeuken vergroot de stopafstand en vermindert de stopkracht op een passagier.
- Hij verdeelt de kracht over een grotere oppervlakte waardoor de druk kleiner wordt.
- Hij biedt bescherming tegen rondvliegend glas.

Een helm biedt bij een val of aanrijding bescherming. Bij een val drukt het hoofd tegen de schuimlaag in de helm. Deze deukt hierbij plastisch in en verricht negatieve arbeid. De extra verplaatsing van het hoofd zorgt voor een grotere stopafstand en een kleinere stopkracht. Ook verdeelt de helm de kracht op het hoofd over een groter oppervlak, net als de airbag.

Als iemand je auto van achter aanrijdt, versnellen de auto en de passagiers ineens. Hierbij kan het hoofd naar achter slaan, waarbij er een grote kracht op de nekwervels komt te staan. Om nekletsel te voorkomen moet de hoofdsteun goed zijn afgesteld.

Veiligheidsmaatregelen in een auto



4.14 De veiligheidsmaatregelen in een auto berusten allemaal op het verkleinen van de botskracht.

Samengevat

Bij een noodstop bepalen de snelheid, reactietijd en remkracht de totale stopafstand. De afstand die je aflegt tijdens de reactietijd wordt de reactieafstand genoemd.
De kreukelzone verricht bij een botsing negatieve arbeid om de auto tot stilstand te brengen. Hoe groter de kreukelzone, hoe kleiner de botskracht.
Gordels, airbags en helmen verrichten negatieve arbeid en vergroten de stopafstand van de passagiers om zodoende de stopkracht te verkleinen. De hoofdsteun voorkomt nekletsel.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4.3 Opdrachten

A 27 M

Neem de tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul in of de reactieafstand, remafstand en de stopafstand *groter worden* (↑), *gelijk blijven* (x) of *kleiner worden* (↑).

	$s_{reactie}$	s_{rem}	s_{stop}
rijden op een nat wegdek			
vermoeidheid van de bestuurder			
alcohol in het bloed van de bestuurder			
rijden met een lage snelheid			
rijden met versleten banden			
versturen van een klein WhatsAppbericht door de bestuurder			

B 28 M

Na een crash is de schuimlaag in de helm van een autocoureur plastisch vervormd.

a Leg uit waarom dit is gebeurd.

b Moet de coureur zijn helm vervangen? Leg uit.

De schuimlaag in een helm voor American football vervormt elastisch en veert weer terug.

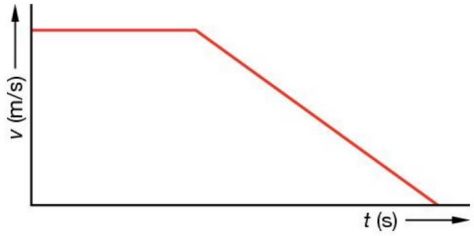
Veel American footballspelers hebben last van hersenschuddingen.

c Bieden de helmen voldoende bescherming tegen hersenschuddingen? Zo nee, draag een verbetering voor de helm aan.

B 29

In de figuur hieronder zie je een schets van een (*v*,*t*)-diagram van een noodstop.

Neem het diagram vier keer over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Schets in het diagram met een andere kleur ter vergelijking de (*v*,*t*)-grafiek van een noodstop voor de volgende situaties.



a een bestuurder die is afgeleid

b een bestuurder die op een glad wegdek rijdt

c een bestuurder die heel erg goede remmen heeft

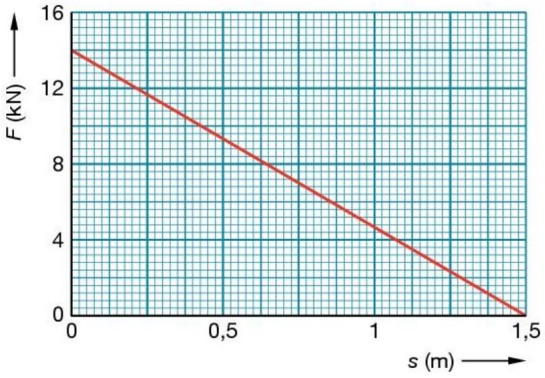
d een bestuurder die langzamer rijdt

C 30

In de figuur hieronder zie je het (*F*,*s*)-diagram van een botsing.

a Hoe lang is de kreukelzone van de auto?

b Laat aan de hand van de grafiek zien dat de auto 10,5 kJ aan bewegingsenergie had.



c Bereken de botskracht van de auto als de kreukelzone 2,0 m lang was.

d Teken de (*F*,*s*)-grafiek van een botsing van een auto met een kreukelzone van 2,0 m.

e Wat valt je op aan de grootte van het oppervlak onder de grafiek van beide botsingen? Geef een verklaring.

C 31

Het veiligheidsnet waarin acrobaten kunnen vallen als hun act misgaat, is gemaakt van een flexibel soort touw.

Leg uit waarom dit beter is dan een strakgespannen net dat niet zo flexibel is.

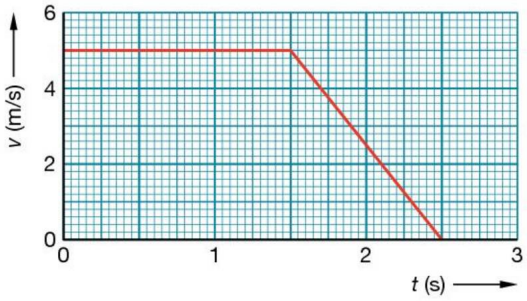


© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 32

Hilde rijdt op haar fiets en ziet op $t = 0$ s het stoplicht op rood springen. Ze remt en komt precies voor de stopstreep tot stilstand. Hieronder zie je het bijbehorende (v,t)-diagram.



a Bepaal hoe ver Hilde van het stoplicht vandaan is als ze het licht op rood ziet springen.

Isa reed naast Hilde, maar begon al na 0,8 s met remmen. Ze remde wel net zo hard als Hilde.

b Neem het diagram over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Teken de (v,t)-grafiek van Isa erbij.

c Bereken hoe ver voor de stopstreep Isa tot stilstand komt.

Lörinc wilde Hilde en Isa net met 25 km/h inhalen. Op tijdstip $t = 0$ s was hij precies naast hen. Hij begint op tijdstip $t = 0$ s zeer krachtig te remmen en komt precies voor de stopstreep tot stilstand.

d Hoe groot is zijn stopafstand?

e Bereken hoelang hij aan het remmen is.

f Teken de (v,t)-grafiek van Lörinc in het diagram erbij.

C 33 N

Bij een botsproef heeft een auto aanvankelijk 116 000 J bewegingsenergie. De kreukelzone van de auto is 1,25 m.

a Bereken de gemiddelde kracht tijdens de botsing.

b Neem de tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul in wat er met de grootheden gebeurt als een auto harder rijdt.

	$S_{kreukelzone}$	F_{stop}	bewegingsenergie
groter gelijk kleiner			

Tijdens de proef reed de auto 50 km/h. De airbag moet binnen 0,009 s opgeblazen zijn.

c Waarom moet dit zo snel?
De testpop in de auto heeft een bewegingsenergie van 5700 J. De gordel vangt 75% van de bewegingsenergie op en rekt bij de botsing 10 cm uit.

d Bereken de gemiddelde kracht die de gordel op de testpop uitoefent.

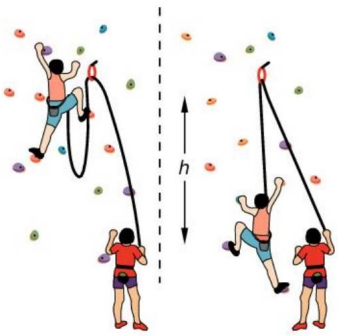
De airbag vangt de overige bewegingsenergie op. De sensoren in de airbag registreren een gemiddelde kracht van 4750 N.

e Bereken hoe ver de testpop de airbag indrukt.

+ 34 N

Martijn (50 kg) gaat bergbeklimmen. Hij gebruikt hiervoor een touw dat kan uitrekken.

a Leg uit hoe de rek van het touw een val op kan vangen.



Helaas valt Martijn een hoogte $h = 11$ m naar beneden.

b Bereken hoeveel arbeid de zwaartekracht heeft verricht.

Bij de val is het gehele touw 2,0 m uitgerekt.

c Hoeveel kracht heeft het touw uitgeoefend om de val te breken?

Op de verpakking van het touw staat dat je het na een val moet vervangen.

d Leg uit waarom dit een goed idee is. Gebruik hierbij het begrip *plastische vervorming*.

+ 35 N

Stijn rijdt op zijn scooter met 54 km/h. Ineens ziet hij op een afstand van 34,5 m een eend de weg oversteken. Hij remt uit alle macht en komt precies voor de eend tot stilstand.
Hij kijkt om en ziet een remspoor van 12 m achter zich. Bereken Stijns reactietijd.

Je kunt nu

- de lengte van de stopafstand uitrekenen;
- de botskracht uitrekenen en uitleggen hoe je die kunt verkleinen;
- vijf veiligheidsmaatregelen in een auto noemen en uitleggen hoe ze werken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
Bij honkbal gooit de werper de bal zo hard mogelijk op de slagman af.
Kan de slagman de bal juist sneller of langzamer wegslaan bij een harde worp?

Je leert
- hoe een kracht de snelheid kan veranderen.

4.4 Kracht en snelheidsverandering

Een tijdje kracht zetten

Op 15 oktober 1997 verbrak Andy Green met een snelheid van 1223 km/h het wereldsnelheidsrecord op land. Zijn 'auto' had straalmotoren die een grote kracht konden leveren. Ondanks de grote kracht duurde het een tijdje voordat de auto het snelheidsrecord verbrak.
Om je snelheid te vergroten kun je:
- een grotere kracht uitoefenen;
- de kracht gedurende een langere tijd uitoefenen.



4.15 De raketauto van Andy Green

De combinatie van de kracht en de tijd waarin je die kracht uitoefent, heet in de natuurkunde de **stoot**. De formule is:

$$\text{stoot} = F \cdot \Delta t$$

met **stoot** de stoot in newtonseconde (Ns)
F de kracht in newton (N)
Δt de tijd dat de kracht werkt in seconde (s)

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De raketmotoren hebben de auto dus 'een stoot' gegeven. Tijdens deze stoot heeft de auto zich verplaatst. Er is tijdens het uitoefenen van de stoot arbeid verricht. Toch is de arbeid niet hetzelfde als de stoot. Bij de arbeid kijk je naar de kracht en de verplaatsing; de eenheid is joule. Bij de stoot kijk je naar de kracht en de tijdsduur; de eenheid is newtonseconde.

Snelheidsverandering vanuit stilstand

Bij het bowlen probeer je met de bowlingbal de tien kegels allemaal om te gooien. Je wilt hiervoor dat de bowlingbal een hoge snelheid krijgt. Je zult merken dat je de zware ballen niet zo'n hoge snelheid kunt geven als de lichte ballen. Zie figuur 4.16.
Tijdens de worp oefen je gedurende een bepaalde tijd kracht uit op de bal. Je geeft de bowlingbal een stoot. Vaak is de kracht die je uitoefent en de tijd dat je de bowlingbal vast hebt iedere worp hetzelfde. De stoot is dus ook iedere keer hetzelfde. Omdat zware ballen een grotere massa hebben, ondergaan ze de snelheidsverandering langzamer dan lichte ballen. De massa bepaalt dus ook de mate van snelheidsverandering na een stoot. Zware voorwerpen krijgen, bij gelijke stoot, een kleinere snelheidsverandering dan lichte voorwerpen.
Dit is samen te vatten in de formule voor stoot en beweging:



4.16 De verschillende kleuren bowlingballen hebben een andere massa.

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

met **F de kracht in newton (N)**
Δt de tijd dat de kracht werkt in seconde (s)
m de massa van het voorwerp in kilogram (kg)
Δv de snelheidsverandering die het voorwerp ondergaat, eindsnelheid min beginsnelheid, in meter per seconde (m/s)



4.17 Wegrijdende trein

Voorbeeld 6: Wegrijdende trein

Een trein met een massa van 50 000 kg heeft een motor die een kracht van 40 kN (40 000 N) kan uitoefenen.
Bereken hoelang het duurt voor de trein vanuit stilstand een snelheid van 100 km/h bereikt.

Uitwerking:

Gegeven: kracht van de motor $F_{motor} = 40\,000$ N
massa van de trein $m = 50\,000$ kg
snelheidsverandering van de trein $\Delta v = 100 - 0 = 100$ km/h $= \frac{100}{3{,}6} = 27{,}8$ m/s

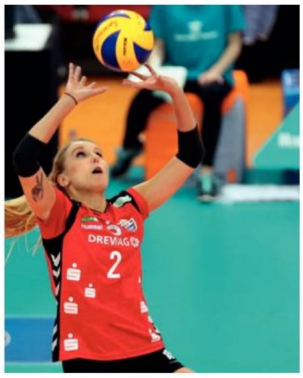
Gevraagd: tijd voor het optrekken $\Delta t = ?$
Formule: $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$
Berekenen: $40\,000 \times \Delta t = 50\,000 \times 27{,}8 \rightarrow \Delta t = \frac{50\,000 \times 27{,}8}{40\,000} = 35$ s
Antwoord: De trein doet er 35 s over om op te trekken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Snelheidsverandering bij omkeren

Als je bij volleybal een bal een set-up wilt geven, speel je de neerkomende bal terug omhoog. Je keert hierbij de bewegingsrichting van de bal om. De snelheidsverandering is hierbij groter dan bij een snelheidsverandering vanuit stilstand. In de korte tijd dat je kracht op de bal zet, gaat de bal van een negatieve beginsnelheid (de bal komt jouw kant op) naar een positieve eindsnelheid (de bal gaat bij jou vandaan).
Omdat de snelheidsverandering de eindsnelheid min de beginsnelheid is, is bij een omkering van bewegingsrichting de snelheidsverandering gelijk aan de som van de begin- en eindsnelheid.



4.18 Randima geeft een set-up.

Voorbeeld 7: Volleybal

Randima ziet een volleybal (0,25 kg) met een snelheid van –6,0 m/s op zich af komen. Ze speelt de bal terug omhoog met een snelheid van 5,0 m/s. Ze raakt de bal hierbij 0,50 s aan. Bereken de kracht die Randima hiervoor moet zetten.

Uitwerking:

Gegeven:	beginsnelheid van de bal: –6,0 m/s eindsnelheid van de bal: 5,0 m/s massa van de bal m = 0,25 kg contacttijd t = 0,50 s
Gevraagd:	kracht F = ?
Formule:	$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$
Berekenen:	de snelheidsverandering is: $\Delta v = 5{,}0 - (-6{,}0) = 5{,}0 + 6{,}0 = 11$ m/s $F \times 0{,}50 = 0{,}25 \times 11 \rightarrow F = \frac{0{,}25 \times 11}{0{,}50} = 5{,}5$ N
Antwoord:	Randima moet 5,5 N aan kracht zetten.

Als je een rollende bowlingbal wilt stoppen, zul je een kracht uit moeten oefenen om de bal te vertragen. Omdat de eindsnelheid lager is dan de beginsnelheid, zal de snelheidsverandering een negatief getal opleveren.
De resulterende kracht zal dan ook een negatieve waarde krijgen. Dit komt omdat de kracht die je uitoefent tegengesteld is aan de oorspronkelijke bewegingsrichting van de bowlingbal.

Samengevat

Kracht die een bepaalde tijd werkt, resulteert in een stoot.
Je rekent de stoot uit met: stoot = $F \cdot \Delta t$.
Bij gelijke stoot krijgen zware voorwerpen een kleinere snelheidsverandering dan lichte voorwerpen.
De formule voor stoot en beweging is: $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$.
Een stoot kan een voorwerp ook afremmen.
De snelheidsverandering bij een omkering van richting is gelijk aan de som van de begin- en eindsnelheid.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4.4 Opdrachten

A 36 M

Kies het juiste antwoord.

a Je oefent een kracht over een afstand uit. Dit resulteert in een *arbeid / stoot*.

b Je oefent een kracht gedurende een tijd uit. Dit resulteert in een *arbeid / stoot*.

A 37 M

Geef de formule voor stoot en beweging.

B 38 M

a Geef een voorbeeld waarbij een stoot tot een toename in bewegingsenergie leidt.

b Geef een voorbeeld waarbij een stoot tot een afname in bewegingsenergie leidt.

B 39 M

Juist of onjuist?

a Stoot is hetzelfde als bewegingsenergie.

b Een grote stoot resulteert in veel bewegingsenergie.

c Een zwaar voorwerp heeft voor het bereiken van dezelfde snelheid altijd meer kracht nodig.

d Voor een grote stoot is altijd veel kracht nodig.

B 40 M

Reken de ontbrekende grootheden uit.

F (N)	*t* (s)	*m* (kg)	*v* (m/s)
100	0,10	5,0	
100	20	10	
150	0,33		25
300	60		18
100		50	20
250		75	4,0
	100	1,0	10
	1	1,0	10

B 41

Een trein van 70 000 kg rijdt met een motorkracht van 35 kN bij het station weg. Na een minuut is de trein op zijn eindsnelheid. Ga ervan uit dat er geen luchtweerstand is.

a Bereken deze snelheid.

Salomi schaatst met een snelheid van 8,0 m/s als ze een wak in het ijs ziet. Ze kan een remkracht van 100 N zetten en heeft een massa van 60 kg.

b Bereken binnen hoeveel seconden ze stilstaat.

B 42

Kyra en Amit tennissen. Kyra slaat de bal (0,059 kg) vanuit stilstand met een snelheid van 20 m/s naar Amit. De tennisbal en het racket raken elkaar hierbij gedurende 10 ms.

a Bereken de kracht die Kyra op de bal heeft uitgeoefend.

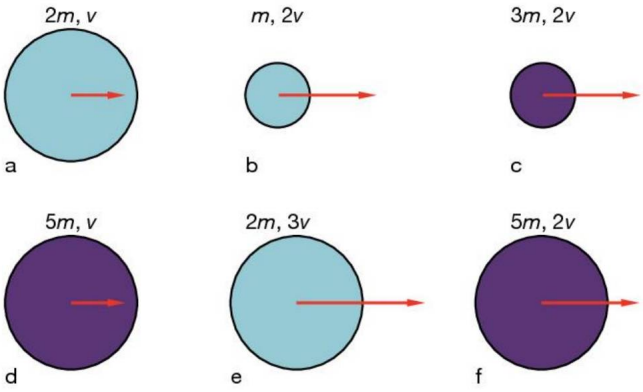
Amit slaat de bal terug met een snelheid van 18 m/s. De tennisbal en het racket raken elkaar wederom gedurende 10 ms.

b Leg zonder berekening uit of de Amits stoot *kleiner is dan, gelijk is aan* of *groter is dan* de stoot van Kyra.

c Bereken de kracht die Amit op de bal heeft uitgeoefend.

C 43

Hieronder zie je verschillende voorwerpen met hun massa en snelheid. Ieder voorwerp moet door middel van een stoot tot stilstand worden gebracht.
Zet deze stoten op volgorde van groot naar klein. Geef eventueel gelijke stoten ook aan.



C 44 N

Bekijk nogmaals voorbeeld 5. Hier keek je naar een botsing van een auto met 120 km/h. De auto had een kreukelzone van 1,00 m. De massa van de auto was 1170 kg.

a Bereken de stoot die nodig is om de auto tot stilstand te brengen.

b Laat zien dat de botsing 0,060 s duurde. Bereken daartoe eerst de gemiddelde snelheid van de auto tijdens de botsing.

c Bereken met behulp van de stoot de kracht die tijdens de botsing op de auto werkt.

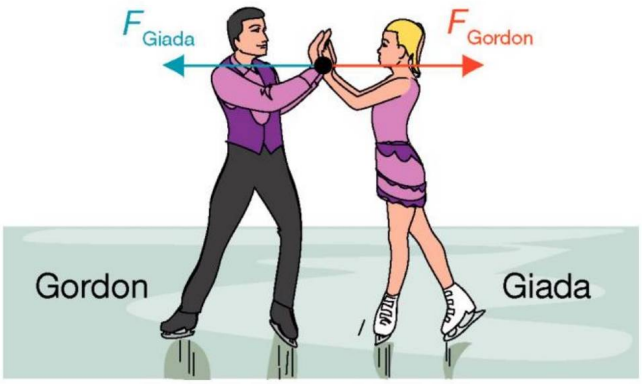
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

d Controleer je uitkomst van vraag **c** met de uitkomst van voorbeeld 5 om de kracht te berekenen.
e Welke manier vind je het gemakkelijkst?

C 45

Gordon en Giada staan op het ijs. Gordon heeft een massa van 80 kg en Giada van 60 kg.
Ze duwen elkaar met gelijke kracht weg.



a Is de stoot die Gordon levert *groter dan*, *kleiner dan* of *gelijk aan* de stoot die Giada levert? Geef uitleg bij je antwoord.



b Is de snelheid van Gordon *groter dan*, *kleiner dan* of *gelijk aan* die van Giada? Geef uitleg bij je antwoord.

De kracht waarmee Gordon en Giada elkaar wegduwen, is 50 N; de tijd dat ze duwen is 2,0 s.
c Bereken de snelheid van Gordon en die van Giada.
d Is de stoot die nodig is om Gordon te stoppen *groter dan*, *kleiner dan* of *gelijk aan* de stoot die nodig is om Giada te stoppen? Geef uitleg bij je antwoord.

\+ 46 N

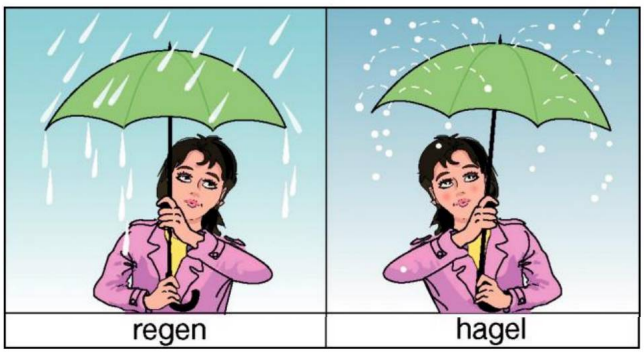
Corey rijdt op zijn fiets weg bij het stoplicht. Hij bereikt na 10 seconden een snelheid van 18 km/h. Corey en zijn fiets wegen samen 70 kg.
a Bereken hoeveel kracht Corey gemiddeld tijdens het wegrijden heeft gezet.
b Schets het (v,t)-diagram van zijn beweging.
c Bepaal hoeveel afstand Corey in deze tijd heeft afgelegd.
d Bereken de hoeveelheid arbeid die Corey heeft verricht.

De hoeveelheid bewegingsenergie van een voorwerp, E_k, kun je uitrekenen met de formule $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$.
e Bereken Coreys bewegingsenergie na 10 s.
f Wat valt je op aan het antwoord?

\+ 47 N

Adi loopt met een paraplu door de regen. De regendruppels vallen met een snelheid van 10 m/s naar beneden en komen op de paraplu tot stilstand. Iedere seconde valt er een massa van 20 g aan regendruppels op haar paraplu.
a Bereken de kracht die Adi moet zetten om de paraplu omhoog te houden.

Even later begint het te hagelen. De hoeveelheid massa die iedere seconde op de paraplu valt is hetzelfde. Echter, de hagelstenen komen nu niet tot stilstand, maar stuiteren van de paraplu af.
b Beredeneer of Adi nu *minder*, *evenveel* of *meer* kracht moet zetten om de paraplu vast te houden.



Je kunt nu

- uitleggen hoe je een stoot krijgt;
- een stoot uitrekenen;
- uitleggen hoe de massa de snelheidsverandering na een stoot beïnvloedt;
- werken met de formule voor stoot en beweging $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

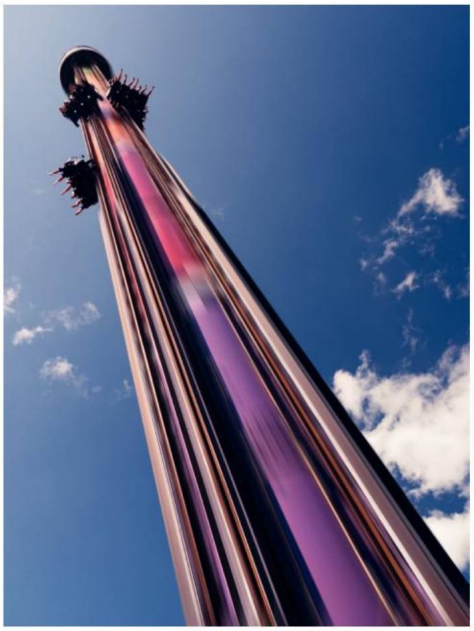


Discussievraag
De Hooverdam in de Verenigde Staten sluit een stuwmeer af. Door water gecontroleerd weg te laten stromen, wordt elektriciteit opgewekt. Waar komt de energie voor deze elektriciteit vandaan?

Je leert
- hoe je door de verplaatsing te vergroten minder kracht nodig hebt.

4.5 De gulden regel

Zwaarte-energie
Sommige pretparken hebben een vrijevaltoren. Je wordt in een grote ring met beveiligde stoelen eerst omhooggehesen, waarna je naar beneden valt.
Tijdens het omhooghijsen wordt arbeid verricht. De motor moet een kracht zetten die gelijk is aan de zwaartekracht $F_z = m \cdot g$. De kracht wordt geleverd over de gehele afstand omhoog h. De motor heeft dus een arbeid $W = m \cdot g \cdot h$ geleverd.
Zodra de ring boven is en stilstaat, wordt er geen arbeid meer geleverd. De arbeid van de motor is op dat moment tijdelijk opgeslagen als **zwaarte-energie**. Dit is energie die een voorwerp heeft omdat het, potentieel, omlaag kan vallen. Daarbij wordt de zwaarte-energie omgezet in andere vormen van energie, in het geval van de vrijevaltoren is dat bewegingsenergie.



4.19 In een vrijevaltoren ga je omhoog, waarna je naar beneden valt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

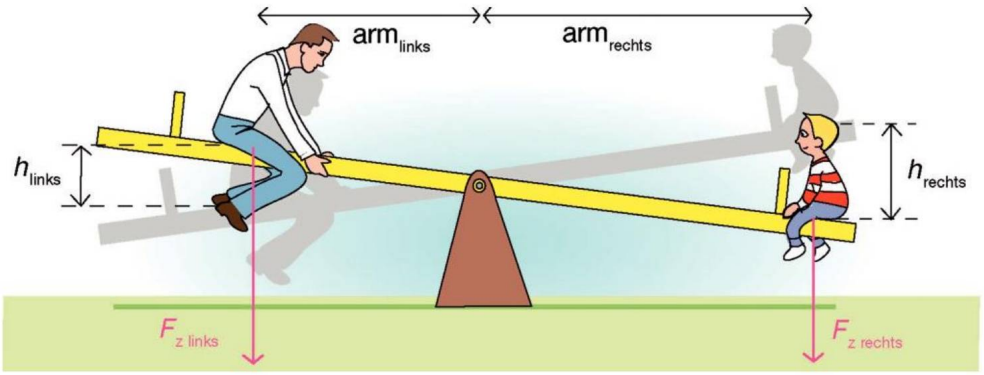
De hoeveelheid zwaarte-energie kun je uitrekenen als:

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

met **E_z de zwaarte-energie in joule (J)**
m de massa van het voorwerp in kilogram (kg)
g 9,81 newton per kilogram (N/kg) (in Nederland)
h hoe ver het voorwerp omhoog is verplaatst in meter (m)

Energieomzettingen

Als je met je kleine neefje op een wip zit, kun je de wip in evenwicht brengen door dichter bij het draaipunt te gaan zitten. Zie figuur 4.20.



4.20 Een zwaar persoon zit dichter bij het midden om de wip in evenwicht te brengen en verplaatst verticaal minder dan de lichte persoon.

Een gevolg hiervan is dat je je bij het wippen minder ver omhoog en omlaag verplaatst (h_{links}) dan je neefje (h_{rechts}). Zodra je je omhoog verplaatst, neemt je zwaarte energie toe en die van je neefje af. Je verplaatsing omhoog, h_{links}, is kleiner, maar je massa, m, en zwaartekracht, $F_{z,links}$, zijn groter. Hierdoor is de energie die je wint toch gelijk aan de hoeveelheid energie die je neefje verliest.

Energie kent veel verschijningsvormen, maar je kunt haar nooit creëren of vernietigen. Energie kun je alleen van de ene vorm in een andere vorm omzetten.
De bewegingsenergie van de vrijevaltoren is afkomstig van zwaarte-energie. Deze zwaarte-energie was afkomstig van de arbeid die de motor leverde. Deze arbeid kon de motor leveren met behulp van elektrische energie. De hoeveelheid energie is steeds hetzelfde, alleen de verschijningsvorm is iedere keer anders.

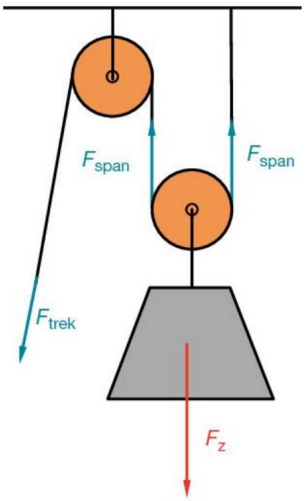
De gulden regel

► **Practicum 4**

Je kunt losse katrollen gebruiken om zware voorwerpen met minder kracht op te tillen. Je hebt dit in hoofdstuk 1 geleerd. Je hebt hierbij gezien dat je bij het gebruik van losse katrollen meer touw binnen moet halen.

Wat je wint aan kracht, verlies je aan afstand. Dit wordt de **gulden regel** genoemd. De gulden regel kun je narekenen met behulp van arbeid.

Om een gewicht een bepaalde hoogte h op te tillen, zie figuur 4.21, is een hoeveelheid arbeid nodig:
$W_z = F_z \cdot h = m \cdot g \cdot h$



4.21 Met een losse katrol hoef je minder kracht uit te oefenen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Je verricht deze arbeid als je aan het touw trekt. De arbeid is: $W_{trek} = F_{trek} \cdot s$.
De arbeid die je verricht, is de arbeid die nodig is voor de verplaatsing omhoog, dus geldt: $W_{trek} = W_z$.

Als je minder kracht F uitoefent, moet je meer touwlengte s binnenhalen om het gewicht over een hoogte h op te tillen. Zo is hier F_{trek} twee keer zo klein als F_z, maar is s twee keer zo groot als h.

Voorbeeld 8: Een gewicht ophijsen
Leendert hijst een gewicht met een massa van $m = 80$ kg over een hoogte van 1,6 m op met een takel zoals in figuur 4.21.
a Bereken hoeveel arbeid er in totaal nodig is om dit gewicht op te hijsen.
b Hoeveel arbeid moet Leendert verrichten door aan het touw te trekken?
c Hoeveel kracht moet hij uitoefenen om het gewicht met deze takel op te hijsen?
d Bereken hoeveel touw hij moet binnenhalen om het gewicht omhoog te hijsen.

Uitwerking:
a Gegeven: massa van het gewicht $m = 80$ kg
verplaatsing in hoogte $h = 1{,}6$ m
Gevraagd: arbeid voor verplaatsing omhoog $W = ?$
Formule: $E_z = m \cdot g \cdot h$
Berekenen: $W = E_z = 80 \times 9{,}81 \times 1{,}6 = 1256$ J
Antwoord: De benodigde arbeid is 1256 J.
b Leendert verricht de arbeid hiervoor, de hoeveelheid arbeid is dus hetzelfde: $W = 1256$ J.
c Er is een losse katrol, de benodigde kracht is dus de helft:
$F_{spier} = ½ \times F_z = ½ \times m \cdot g = ½ \times 80 \times 9{,}81 = 392$ N
d De kracht is gehalveerd, volgens de gulden regel moet de verplaatsing dus zijn verdubbeld: $2 \times 1{,}6 = 3{,}2$ m.

Samengevat

Als je een voorwerp omhoog verplaatst, neemt zijn zwaarte-energie toe.
Deze energie kun je uitrekenen met $E_z = m \cdot g \cdot h$.
Energie kun je niet creëren of vernietigen, alleen omzetten van de ene vorm in een andere.
De hoeveelheid arbeid die je bij een krachtoverbrenging zoals een takel of hefboom verricht, blijft hetzelfde.
De gulden regel zegt dat als de benodigde kracht bij een krachtoverbrenging kleiner is, de verplaatsing groter zal zijn (en omgekeerd).

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

+4.5 Opdrachten

A 48 M

a Geef de formule voor de zwaartekracht.
b Geef de formule voor de arbeid.
c Geef de formule voor de arbeid om iets verticaal te verplaatsen.

A 49 M

Leg in je eigen woorden uit wat de gulden regel inhoudt.

B 50 M

Wilco en Karlijn spelen samen op een wip. Wilco heeft een massa van 50 kg en Karlijn van 40 kg.
a Wie moet het dichtst bij het draaipunt zitten om de wip in evenwicht te houden?

Tijdens het wippen wordt Karlijn steeds 80 cm omhoog en omlaag verplaatst.
b Bereken hoeveel zwaarte-energie Karlijn bij het omhooggaan krijgt.
c Wat is het verschil in zwaarte-energie als Karlijn een keer omhoog en omlaag is gegaan? Leg je antwoord uit.
d Bereken hoeveel Wilco bij het wippen omhoog verplaatst.

B 51 M

Yuna tilt drie boeken van 400 g op en zet ze 2,00 m hoger in de kast.
a Bereken de arbeid die hier minimaal voor nodig is.

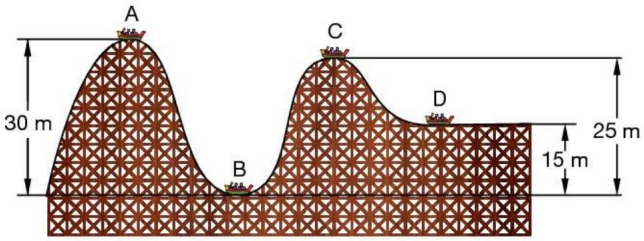
Een stuiterbal van 50 g valt 80 cm omlaag en stuitert weer omhoog tot dezelfde hoogte.
b Bereken de verandering in zwaarte-energie.

Thorsten (55 kg) loopt twaalf traptreden met een hoogte van 20 cm per stuk op.
c Bereken de arbeid die hij moet verrichten.

B 52

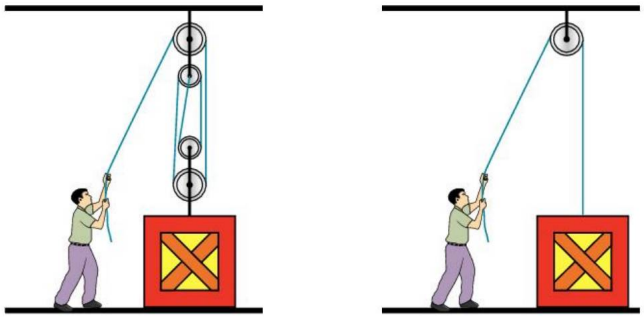
In een achtbaan wordt een karretje (m = 800 kg) 30 m omhooggehesen, zie de figuur in de kolom hiernaast.
a Bereken hoeveel arbeid hiervoor nodig is.

Het karretje wordt vanaf positie A vanuit stilstand losgelaten.
b Het karretje komt langs posities A, B, C en D. Zet deze op volgorde van minste naar meeste bewegingsenergie.



B 53

Bekijk de situaties A en B hieronder.



Janneke hijst een kist met een massa van 120 kg op naar een hoogte van 2,0 m. Ze heeft de keuze uit takels A en B.
a Bereken hoeveel arbeid Janneke in beide situaties moet verrichten.
b Bereken hoeveel touw ze in beide situaties binnen moet halen.
c Wat is het voordeel van takel A?

Janneke heeft zelf een massa van 70 kg.
d Leg uit dat ze de kist met behulp van takel A niet op kan tillen.

B 54

In bergachtige gebieden zie je als je bergafwaarts rijdt nog weleens een noodstopstrook, een zijspoor van de weg dat steil omhooggaat. De strook is bedoeld om tot stilstand te komen wanneer je remmen ineens niet meer werken.
a Leg met behulp van het begrip *energie* de werking van deze noodstopstrook uit.

Vaak zijn deze noodstopstroken niet geasfalteerd, maar ligt er los grind.
b Wat is het voordeel van dit losse grind?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 55 **N**

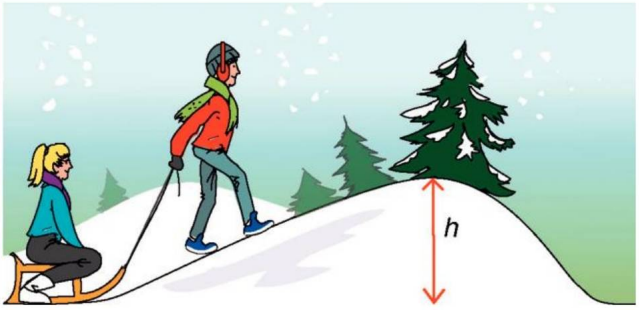
Kijk nogmaals naar de figuur van opgave 52. Ga er weer van uit dat het karretje een massa van 800 kg heeft.

a Bereken van iedere positie de hoeveelheid zwaarte-energie.

b Bereken in iedere positie de hoeveelheid bewegings-energie.

C 56 **N**

Jasper trekt Charlotte op een slee door de sneeuw. Hij wil haar een heuvel met een hoogte van h = 1,2 m opslepen. Charlotte en de slee wegen samen 70 kg.
Je mag ervan uitgaan dat wrijvingskracht geen rol speelt.



a Bereken hoeveel arbeid Jasper hiervoor moet verrichten.

Jasper loopt 4,1 m schuin langs de helling omhoog.

b Bereken hoeveel kracht Jasper moet uitoefenen.

C 57

De waarde van g op Mars is kleiner dan op aarde.

a Leg uit of je verwacht dat je op Mars *hoger*, *lager* of *even hoog* kunt springen in vergelijking met op aarde.

Astronaut Rik neemt de proef op de som. De spierkracht in zijn benen bedraagt tijdens een sprong gemiddeld 250 N per been. Hij kan zich over een afstand van 40 cm afzetten.

b Bereken de arbeid die Riks benen kunnen verrichten.

Rik heeft een massa van 55 kg.

c Bereken hoe hoog Rik op aarde kan springen.

De waarde van g op Mars bedraagt 3,74 N/kg.

d Bereken hoe hoog Rik op Mars zou kunnen springen.

+ 58 **N**

Bij een vrijevaltoren, zie figuur 4.19, wordt een ring met een massa m = 900 kg over een hoogte van 40 m omhooggetild.

a Bereken de zwaarte-energie van de ring.

Daarna valt de ring naar beneden.

b Bereken de hoeveelheid bewegingsenergie van de ring als hij beneden aankomt.

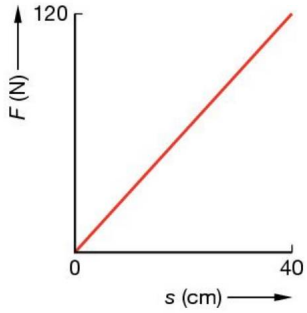
De hoeveelheid bewegingsenergie, E_k, kun je berekenen met de formule $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$. Hierin is m de massa en v de snelheid.

c Bereken de snelheid waarmee de ring beneden aankomt.

d Leg uit of deze snelheid afhankelijk is van de hoeveelheid bezoekers in de attractie.

+ 59 **N**

Anna gaat boogschieten. Voor het spannen van haar boog moet ze kracht zetten om de pees te spannen. Ze rekt de pees 40 cm uit.
Het verloop van de kracht die ze moet uitoefenen, vind je in de figuur hiernaast.



a Bereken de arbeid die ze moet verrichten voor het spannen van de pees.

De arbeid die ze stopt in het spannen van de pees verricht de boog op de pijl. Anna schiet de pijl recht omhoog. De pijl heeft een massa van 0,075 kg.

b Bereken hoe hoog de pijl komt.

In werkelijkheid komt de pijl maar 25 m hoog.

c Bereken de gemiddelde wrijvingskracht die op de pijl werkte.

Je kunt nu

- rekenen met $E_z = m \cdot g \cdot h$;
- uitleggen wat de gulden regel inhoudt;
- situaties beschrijven waarin je de gulden regel toepast;
- uitleggen in welke situaties er geen netto arbeid op een voorwerp is verricht.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Practica

1 Kracht en beweging

► 30 minuten leerlingpracticum

Inleiding
Bij dit practicum kijk je naar de beweging van een karretje dat wordt voortgetrokken door een vallende massa. Om deze beweging in beeld te krijgen gebruik je een tijdtikker. Dat is een apparaat dat vijftig keer per seconde een tik geeft op een lint en daarop een puntje achterlaat. Als het lint is verbonden met een bewegend voorwerp zie je een afstand tussen de puntjes van de afgelegde weg.

Onderzoeksvraag
Wat voor beweging maakt een karretje dat wordt voortgetrokken door een vallende massa?

Voorspelling
Noteer welke beweging je denkt dat je ziet als je een (s,t)-diagram en een (v,t)-diagram maakt.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- karretje
- tijdtikker
- tijdtikkerlint
- touwtje
- massa's
- katrol
- voeding voor de tijdtikker



1 Maak aan de voorkant van je karretje een touwtje vast van ongeveer 1 m lang. Maak aan de achterkant van je karretje een stuk tijdtikkerlint vast van ongeveer 1 m lang.
2 Zet de tijdtikker achter het karretje, schuif het tijdtikkerlint tussen de houders en sluit de tijdtikker aan.
3 Maak aan het uiteinde van het touw een massa vast, maak aan de zijkant van de tafel een katrol vast en hang het touwtje over de katrol. Laat je karretje nog niet los.
4 Zet de tijdtikker aan en laat het karretje los. Als de massa op de grond komt, stop je het karretje en zet je de tijdtikker uit.
5 Bekijk het tijdtikkerlint, markeer elk tiende puntje. Het tijdsverschil tussen de gemarkeerde puntjes is 0,2 s. Meet de afstand tussen het beginpunt en de gemarkeerde puntjes (s) en zet deze samen met het tijdstip (t) in een tabel.
6 Maak een (s,t)-diagram.
7 Teken op regelmatige afstand in je (s,t)-diagram een raaklijn in de grafiek en bepaal de steilheid (v). Maak een (v,t)-diagram.
8 Doe de proef nog een keer met een andere massa.

Vragen
a In de rijrichting van het karretje werken twee krachten, de trekkracht (zwaartekracht op de massa) en de wrijvingskracht. Als de trekkracht groter is dan de wrijvingskracht, wat zie je dan gebeuren en hoe zie je dat in het (s,t)-diagram en in het (v,t)-diagram?
b Als de trekkracht en de wrijvingskracht even groot zijn, wat gebeurt er dan en hoe zie je dat in het (s,t)-diagram en in het (v,t)-diagram?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2 Arbeid op school

► 20 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Je neemt elke schooldag een rugzak mee met de spullen die je op school nodig hebt. Je tilt je rugzak een aantal keer per dag op om hem te verplaatsen en hierbij verricht je arbeid. Bij dit experiment kijk je hoeveel arbeid je bij het optillen van je rugzak verricht.

Onderzoeksvraag

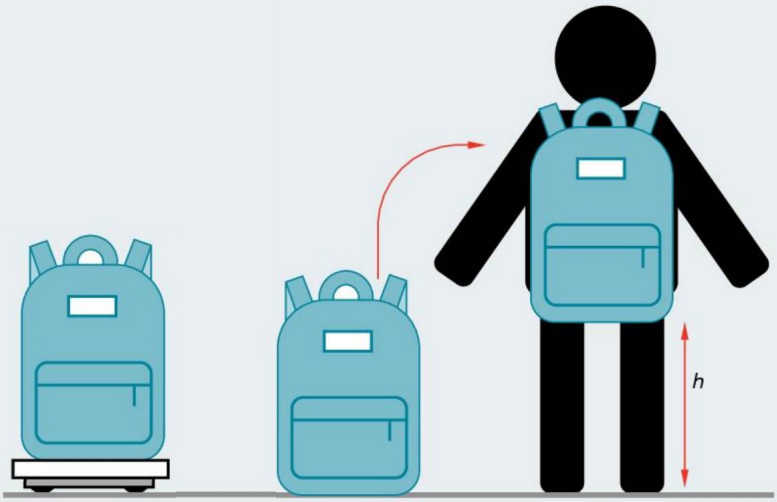
Hoeveel arbeid verricht je met het optillen van je rugzak?

Voorspelling

Noteer hoeveel arbeid je denkt dat je verricht.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- weegschaal
- rugzak met inhoud
- rolmaat



1 Bepaal met behulp van een weegschaal de massa van je rugzak.
2 Bereken met behulp van de massa het gewicht van je rugzak.
3 Hang de rugzak op je rug en meet hoe hoog de onderkant van de rugzak boven de grond is.
4 Maak een schatting of bepaal met je lesrooster hoe vaak per dag je de rugzak optilt.

Vragen

a Bereken met behulp van je resultaten hoeveel arbeid je verricht als je je rugzak op je rug hangt.
b Bereken hoeveel arbeid je verricht met het tillen van je rugzak op een gemiddelde schooldag.
c De gemiddelde voedingswaarde van een boterham met pindakaas is 1431 kJ. Hoeveel boterhammen met pindakaas zijn er nodig om deze arbeid te verrichten?
d Hoeveel arbeid verricht je als je met je rugzak een trap oploopt? Neem voor de afstand tussen twee verdiepingen 3 m.
e Hoeveel trappen loop je tijdens een schooldag en hoeveel arbeid moet je extra verrichten als je je rugzak meeneemt?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3 Eierproef

► **45 minuten ontwerpopdracht**

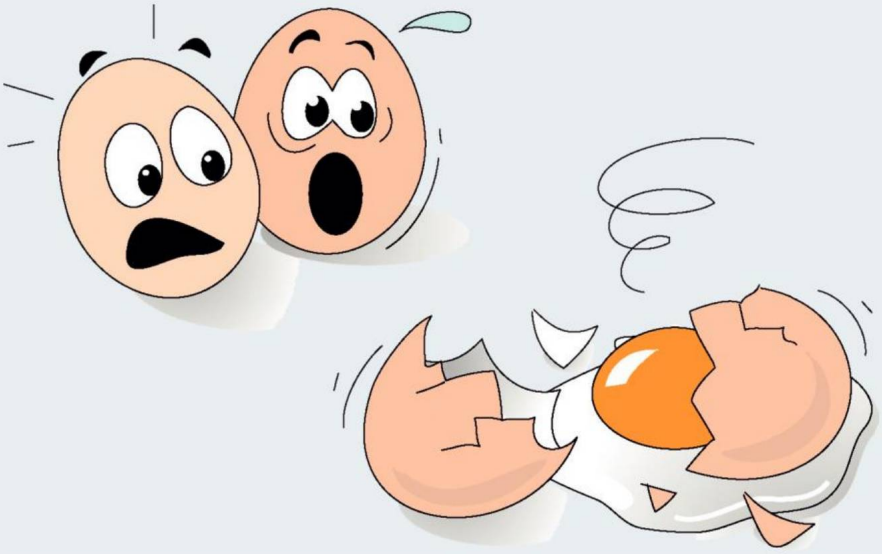
Inleiding

Je hebt allerlei veiligheidsmaatregelen gezien die worden toegepast in het verkeer om ervoor te zorgen dat de bestuurder van een auto een eventueel ongeluk overleeft zonder al te veel letsel. Het zijn allemaal maatregelen om de botskracht te verkleinen. Je gebruikt nu wat je hebt geleerd om een verpakking of systeem te maken waarmee je een ongekookt ei kunt beschermen tegen een val vanaf de balustrade van de eerste verdieping.

Je hebt nodig:
- ongekookte eieren
- diverse materialen om een valbescherming te maken

Opdracht

Ontwerp een verpakking waarin een ongekookt ei vanaf de balustrade van de eerste verdieping naar beneden kan vallen zonder te breken.



1. Stel het programma van eisen (PvE) op. Een eis is dat je verpakking niet groter mag zijn dan een schoenendoos.
2. Maak een ontwerp en laat dit door je docent controleren.
3. Bouw een prototype.
4. Test je prototype en evalueer of je eierbeschermer aan het PvE voldoet.
5. Stel zo nodig het ontwerp bij.

Vraag

Leg uit wat je hebt gebruikt in je ontwerp en waarom je hiervoor hebt gekozen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4 Gulden regel bij katrollen

► **20 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Je hebt in hoofdstuk 1 gezien dat je bij het gebruik van een losse katrol minder kracht hoeft te gebruiken om een voorwerp op te hijsen dan bij een vaste katrol alleen. Je moet dan wel meer touw binnenhalen. Bij dit experiment kijk je naar de arbeid die nodig is om een massa op te hijsen en of er verschil zit in de benodigde arbeid bij een katrol- en een takelopstelling.

Onderzoeksvraag

Is er een verschil tussen de benodigde arbeid bij het gebruik van een katrol- of een takelopstelling?

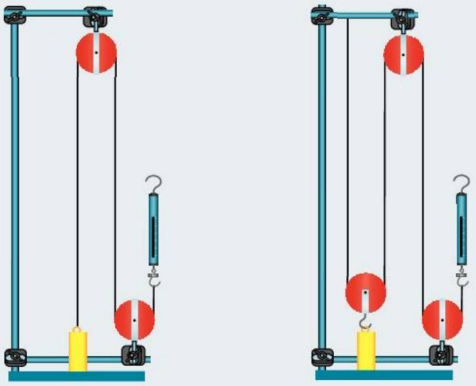
Voorspelling

Denk je dat er verschil zal zijn?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- statief
- twee losse stukjes stang
- vier kruiskoppelingen
- twee vaste katrollen
- losse katrol
- touwtje
- massa met oogje 25 g
- veerunster 1 N



1 Maak een opstelling zoals hierboven staat met alleen vaste katrollen.
2 Markeer de positie van het touw.
3 Hijs de massa 20 cm omhoog, kijk terwijl je dit doet wat de benodigde kracht is.
4 Meet nauwkeurig hoeveel touw je hebt gebruikt om de massa zo hoog te krijgen.
5 Maak een opstelling zoals hierboven staat met twee vaste katrollen en een losse katrol (takel).
6 Markeer de positie van het touw.
7 Hijs de massa weer 20 cm omhoog en kijk wat de benodigde kracht is.
8 Meet hoeveel touw je deze keer hebt gebruikt om de massa zo hoog te krijgen.

Vragen

a Bereken de arbeid die je hebt verricht bij het ophijsen van de massa bij het gebruik van een vaste katrol.
b Bereken de arbeid die je hebt verricht bij het ophijsen van de massa bij het gebruik van een vaste katrol en een losse katrol.
c Zit er verschil in de benodigde arbeid bij de beide methoden van ophijsen? Zo ja, waaraan zou dit liggen?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Oefentoets

Juist of onjuist?

1 Door arbeid te verrichten geef je energie aan een voorwerp.
2 Als er geen resulterende kracht op een voorwerp werkt, staat het voorwerp altijd stil.
3 De wrijvingskracht verricht altijd negatieve arbeid.
4 Een goede autogordel rekt niet uit.
5 Je hoeft geen kracht te zetten om een voorwerp van richting om te laten keren, zolang de begin- en eindsnelheid hetzelfde zijn.

Akker ploegen

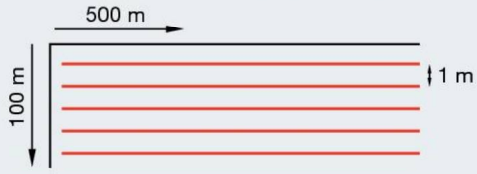
Een Roemeense boer ploegt met zijn paard een akker. Het paard moet een kracht van 700 N uitoefenen om de ploeg met constante snelheid voort te trekken.

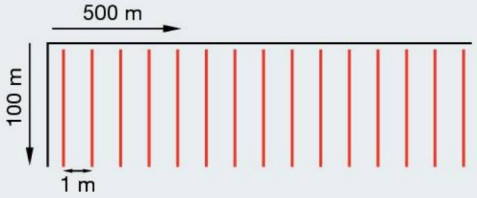
6 Hoe groot is de totale weerstandskracht op de ploeg?



De akker heeft afmetingen van 500 m bij 100 m. Om de akker goed om te ploegen moet om de meter een strook met een lengte van 500 m worden gemaakt.

7 Bereken de arbeid die het paard moet verrichten om de gehele akker te ploegen.
8 Is deze arbeid hetzelfde als hij in de andere richting ploegt, zoals in de figuur hiernaast? Leg je antwoord uit.





Het jaar daarna gebruikt de boer twee paarden voor het ploegen van de akker.

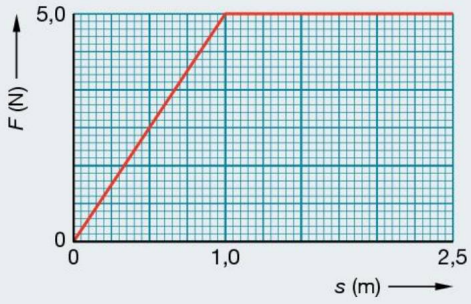
9 Geef van de volgende grootheden aan of ze *groter* of *kleiner* worden of *gelijk* blijven.

	wordt groter	wordt kleiner	blijft gelijk
kracht per paard arbeid per paard totale arbeid voor het ploegen			

Afstandsbestuurbare auto

Een op afstand bestuurbaar autootje rijdt vanuit stilstand weg. De kracht die de motor levert als functie van de positie is weergegeven in de figuur hiernaast. Ga ervan uit dat er geen weerstandskracht is.

10 Bereken de bewegingsenergie van het autootje zodra het op 2,5 m van de start is.
11 Leg uit tussen welke posities het autootje aan het versnellen is.

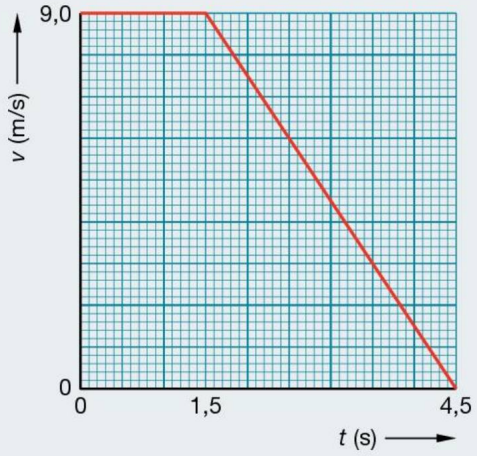


© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Afremmen

Wilma rijdt op haar scooter met een snelheid van 9,0 m/s wanneer ze op tijdstip $t = 0$ s plotseling een kind de weg ziet oversteken. Het diagram van haar rembeweging na de reactietijd zie je hiernaast.



12 Bereken de stopafstand.

Wilma en haar scooter hebben samen een massa van 120 kg.

13 Laat zien dat de remkracht om tot stilstand te komen 360 N bedraagt.

14 Bereken de bewegingsenergie die Wilma en de brommer hadden voordat ze remde.

Honkbal

Bert en Jorrit spelen honkbal. Jorrit gooit de bal in de richting van Bert met een snelheid van −10 m/s. Bert slaat de bal terug met een kracht van 102 N. De knuppel en de bal raken elkaar gedurende 0,030 s. De bal heeft een massa van 0,145 kg.

15 Bereken de eindsnelheid van de bal in deze situatie.

Kreukelzone

+16 Leg uit hoe de gulden regel van toepassing is op de kreukelzone van een auto.

Stuiterbal

Een stuiterbal met een massa van 50 g ligt op een kast van 2,0 m hoog.

+17 Bereken de zwaarte-energie van de stuiterbal.

De bal valt naar beneden.

+18 Bereken de bewegingsenergie vlak voordat de bal de grond raakt.

De bal stuitert 1,5 m terug omhoog.

+19 Bereken de arbeid die de weerstandskrachten tijdens de hele beweging hebben verricht.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



5 Energie en duurzaamheid

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Geen plug-inhybride, maar een rijdend stopcontact. Onderzoekers van de Technische Universiteit in Delft hebben van een auto met brandstofcel een rijdende generator gemaakt. De auto is voorzien van een stopcontact en kan genoeg energie opwekken om ongeveer tien huishoudens van energie te voorzien. Een onderzoeksvraag is of deze energie ook ten goede kan komen aan het elektriciteitsnet ter ondersteuning van windmolens en zonnepanelen.

Paragraaf	Practica
5.1 Energieomzettingen	**1** Het rendement van een dynamo
5.2 Energiegebruik thuis	**2** Energieverbruik meten
5.3 Opwekken van energie	**3** Ontwerp je eigen windmolen **4** Het rendement van een zonnecel
5.4 Milieu	**5** Isolatieproef
+5.5 Alternatieve energievoorzieningen	
Oefentoets	

Overal online

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

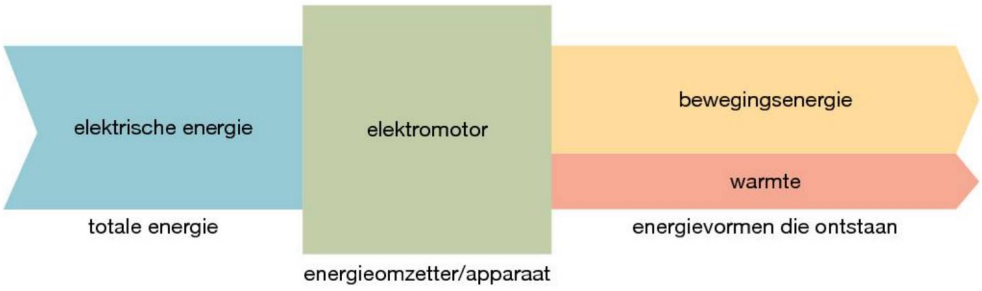
Discussievraag
Deze zonneauto doet mee aan de Atacama Solar Challenge in Noord-Chili. Een race over 2300 km waarbij optimale energieomzettingen een rol spelen.
Waar haalt deze auto de energie vandaan om te rijden?



Je leert
- hoe energie wordt omgezet.

5.1 Energieomzettingen

Energie omzetten
Een elektrische auto met lege accu's kan niet rijden. De elektromotor van de auto gebruikt elektrische energie om de wielen te laten draaien en de auto te laten bewegen. In een elektromotor vindt een **energieomzetting** plaats. Een aantal energievormen die in elkaar omgezet kunnen worden zijn elektrische energie, chemische energie, stralingsenergie, kernenergie en warmte. Uit de accu's wordt chemische energie omgezet in elektrische energie die vervolgens wordt omgezet in bewegingsenergie. Energieomzettingen geef je weer in een **energiestroomdiagram**. In figuur 5.1 zie je de laatste stap van deze omzetting weergegeven. In paragraaf 4.2 heb je al energieomzettingen gezien. De sledehonden van voorbeeld 2 leveren arbeid waardoor de slede bewegingsenergie krijgt.



5.1 Het energiestroomdiagram van een elektromotor

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Zwaarte-energie

Naast de genoemde energievormen heb je ook nog **zwaarte-energie**. Zwaarte-energie is de tijdelijk opgeslagen energie die een voorwerp heeft als het zich op een bepaalde hoogte bevindt. De hoeveelheid zwaarte-energie is gelijk aan de arbeid die nodig is om dat voorwerp tot op die hoogte te krijgen. Als een elektromotor een auto een berg op heeft gebracht, dan kan de auto met behulp van de opgeslagen zwaarte-energie, zonder de motor te gebruiken weer terug beneden komen. De zwaarte-energie reken je uit met:

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

met E_z **de zwaarte-energie in joule (J)**
m **de massa van het voorwerp in kilogram (kg)**
g **de zwaartekrachtconstante in newton per kilogram (N/kg)**
h **de hoogte(verandering) in meter (m)**

Energie en vermogen

De hoeveelheid energie die een apparaat per seconde omzet, noem je het **vermogen** van dat apparaat. Het symbool in de natuurkunde voor vermogen is de letter *P* van het Engelse woord power.
Met het vermogen reken je uit hoeveel energie een apparaat omzet in een bepaalde tijd:

$$E = P \cdot t$$

met E **de energie in joule (J)**
P **het vermogen in watt (W = J/s)**
t **de tijd in seconde (s)**

In de natuurkunde is joule de standaardeenheid voor energie. Op je energierekening staat de hoeveelheid energie in kWh. Als je de energie in deze eenheid wilt berekenen, vul je in de formule het vermogen in kilowatt en de tijd in uur in. Je kunt de eenheden ook in elkaar omrekenen: 1 kWh = 1000 Wh = 1000 × 3600 Ws = $3{,}6 \cdot 10^6$ J. Of: 1 J = 1 / $3{,}6 \cdot 10^6$ kWh.

Voorbeeld 1: Een elektrische auto

Een elektrische auto met een massa van 1250 kg heeft een vermogen van 16 kW en rijdt hiermee 15 minuten bergop.

a Bereken in J en kWh de hoeveelheid elektrische energie die de elektrische motor heeft omgezet.

b Bereken hoeveel meter de auto is gestegen als 10% van de omgezette energie ten goede is gekomen aan de stijging van de auto.

Uitwerking:

a Gegeven: vermogen $P = 16$ kW
tijd dat de auto rijdt:
$t = 15$ min $= 0{,}25$ h
Gevraagd: energie $E = ?$
Formule: $E = P \cdot t$
Berekenen: $E = 16 \times 0{,}25 = 0{,}40$ kWh =
$0{,}40 \times 3{,}6 \cdot 10^6 = 1{,}44 \cdot 10^7$ J
Antwoord: De totale energie is
0,30 kWh of $1{,}44 \cdot 10^7$ J

b Gegeven: De totale energie is
$E = 1{,}44 \cdot 10^7$ J
Gevraagd: stijging $h = ?$
Formule: $E_z = m \cdot g \cdot h$
Berekenen: $E_z = 10\% \times 1{,}44 \cdot 10^7 =$
$1{,}44 \cdot 10^6$ J
$1{,}44 \cdot 10^6 \text{ J} = 1250 \times 9{,}81 \times h$
dus $h = \dfrac{1{,}44 \cdot 10^6}{1250 \times 9{,}81} = 125$ m
Antwoord: De auto stijgt 125 m.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

▶ Practicum 1

Rendement

Sinds een aantal jaar is er in Nederland een verbod op de productie van gloeilampen. Gloeilampen hebben een **rendement** van zo'n 5%. Dit wil zeggen dat slechts 5% van de energie die de gloeilamp in totaal gebruikt, daadwerkelijk wordt omgezet n licht. De overige 95% procent wordt omgezet in niet-nuttige energie, in dit geval warmte. Warmte is een energie van lage kwaliteit, omdat het moeilijk is deze energie weer om te zetten in nuttige energievormen. Gloeilampen zijn heel inefficiënt en gebruiken veel meer energie dan spaarlampen, tl-balken en ledlampen, die dezelfde hoeveelheid licht geven. Het rendement van een apparaat of een omzettingsproces bereken je met de volgende formules:

$$\eta = \frac{E_{nuttig}}{E_{totaal}} \times 100\% \quad \text{of} \quad \eta = \frac{P_{nuttig}}{P_{totaal}} \times 100\%$$

met η **het rendement (in %)**
E_{nuttig} **de energie die nuttig wordt gebruikt in joule (J)**
E_{totaal} **de energie die in totaal wordt gebruikt in joule (J)**
P_{nuttig} **het vermogen dat nuttig wordt gebruikt in watt (W)**
P_{totaal} **het totale vermogen dat wordt gebruikt in watt (W)**

Wet van behoud van energie

Een rendement van 100% is in de praktijk niet haalbaar. Wel geldt de **wet van behoud van energie**. Die wet zegt dat nuttige en niet-nuttige energie samen evenveel zijn als de totaal gebruikte energie. Energie gaat nooit verloren; ze ontstaat niet en verdwijnt niet. Energie kun je alleen van de ene in een andere vorm omzetten.

Voorbeeld 2: Rendement van een gloeilamp

Een gloeilamp heeft een vermogen van 50 W en staat 2,0 uur aan. Het rendement van de lamp is 7,0%. Bereken hoeveel nuttige stralingsenergie ontstaat.

Uitwerking:

Gegeven: vermogen $P = 50$ W
tijd dat het apparaat aanstaat $t = 2{,}0$ uur $= 7{,}2 \cdot 10^3$ s
rendement $\eta = 7{,}0\%$

Gevraagd: nuttige hoeveelheid stralingsenergie $E_{nuttig} = ?$

Formules: $E = P \cdot t$ en $\eta = \frac{E_{nuttig}}{E_{totaal}} \times 100\%$

Berekenen: $E = 50 \times 7{,}2 \cdot 10^3 = 3{,}6 \cdot 10^5$ J
De totale energie is $3{,}6 \cdot 10^5$ J.

$$E_{nuttig} = \frac{\eta \cdot E_{totaal}}{100\%} = \frac{7{,}0 \times 360\,000}{100} = 25\,200 \text{ J}$$

Antwoord: De totale hoeveelheid nuttige stralingsenergie is 25,2 kJ.

Samengevat

Energieomzettingen geef je weer met een energiestroomdiagram. De zwaarte-energie is de energie die een voorwerp heeft als hij zich op een bepaalde hoogte bevindt: $E_z = m \cdot g \cdot h$. Energie (E) geef je weer in de eenheden joule (J) of kilowattuur (kWh) en bereken je met de formule $E = P \cdot t$. 1 kWh $= 3{,}6 \cdot 10^6$ J. Het vermogen (P) van een apparaat is de hoeveelheid energie die het apparaat per seconde gebruikt. De eenheid van vermogen is watt (W). 1 W = 1 J/s. Energie gaat niet verloren. Energie wordt omgezet van de ene in een andere vorm. Het rendement is dat deel van de energie dat wordt omgezet in nuttige energie.

Je kunt dit uitrekenen met $\eta = \frac{E_{nuttig}}{E_{totaal}} \times 100\%$ of $\eta = \frac{P_{nuttig}}{P_{totaal}} \times 100\%$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

5.1 Opdrachten

A 1 M

a Wat moet je nog meer weten om met het vermogen de energie te berekenen?

b Neem onderstaande tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul de tabel verder in.

grootheid	symbool	eenheid	afkorting
energie	P	seconde	
rendement			

A 2

Juist of onjuist?

a Een batterij kan energie creëren.

b 1 J = 3,6 · 10^6 kWh

c Als het rendement 80% is, wordt er 20% van de totale energie nuttig omgezet.

B 3

Leg uit hoe het rendement verandert in de volgende situaties.

a De niet-nuttige energie wordt groter en de nuttige energie wordt kleiner.

b De nuttige energie wordt groter en de niet-nuttige energie wordt kleiner.

B 4 M

Teken het energiestroomdiagram van de volgende situaties.

a Een accu zorgt voor de noodverlichting in een ziekenhuis.

b Een auto trekt op en rijdt op (vloeibaar) aardgas.

c Een föhn heeft een verwarmingsspiraal en een ventilator.

d Planten groeien door fotosynthese in zonlicht.

e Een raket wordt vanaf een lanceerinstallatie recht omhooggeschoten.

B 5 N

Leid de formule van de zwaarte-energie af met behulp van de formules voor de arbeid en de zwaartekracht.

B 6

Neem onderstaande tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul de tabel verder in.

E_{nuttig} (J)	E_{tot} (J)	$E_{niet\text{-}nuttig}$ (J)	rendement η (%)
180	200		
30	120		
42			84
12,5			25
	80		20
	55		60

B 7

Je hebt een gamecomputer die drie aparte vermogens heeft. In de tabel hieronder zie je die vermogens en de bijbehorende tijdsduur op een dag.

a Neem de tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul de kolommen 'tijd per jaar' en 'energie' in de tabel verder in.

b Bereken de totale jaarlijkse kosten aan energie voor elke stand van het vermogen. Reken met 1 kWh = € 0,22. Vul dit ook in de tabel in.

c Bereken de totale jaarkosten.

Jij en de rest van je gezin gebruiken per jaar samen 3500 kWh.

d Hoeveel procent wordt het jaargebruik minder zonder gamecomputer?

	vermogen (W)	tijd per dag (h)	energie per dag (kWh)	tijd per jaar (h)	energie per jaar (kWh)	kosten (€)
actief	275	3				
stand-by	80	6				
slaap	20	15				
totaal	X					

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

B 8

Jantien (m = 55 kg) rent in 4,4 s de trap op. Ze krijgt hierdoor 8,1 kJ aan zwaarte-energie.

a Geef aan welke energieomzetting plaatsvindt.
b Bereken het nuttige vermogen dat Jantien met haar lichaam levert.
c Hoeveel hoger is ze gekomen?

B 9

Een ouderwetse gloeilamp heeft een lichtrendement van 5,2% en geeft 2,0 kJ stralingsenergie af.

a Geef de energieomzetting in een energiestroomschema weer.
b Bereken de gebruikte energie van de lamp in J en kWh.

B 10

Je hebt een elektrische auto met een gemiddeld energiegebruik van 0,2 kWh/km. Je rijdt per jaar 15 000 km.

a Bereken hoeveel energie (in J) er in die tijd is omgezet.

Het rendement van de omzetting bij de auto is 60%.

b Bereken hoeveel energie er in bewegingsenergie is omgezet.

Je rijdt gemiddeld 50 km/h.

c Bereken het gemiddelde totale vermogen dat de motor heeft moeten leveren.

C 11

Een bouwlift brengt 900 stenen naar een hoger gelegen platform op 12 m hoogte. Het rendement van de elektromotor is 75% en het transport duurt in totaal 8,0 s. De stenen krijgen een zwaarte-energie van 970 kJ.

a Bereken de elektrische energie die voor het omhoogbrengen van de stenen nodig is.
b Bereken het totale vermogen van de elektromotor.
c Bereken de massa van één steen.

C 12

In figuur 5.1 zie je het energiestroomdiagram van een elektrische auto. Bepaal op basis van de pijlbreedtes het rendement van de elektromotor.

C 13

Een gloeilamp heeft een vermogen van 60 W en een rendement van 5,0%. De lamp brandt 10 minuten.

a Bereken hoeveel energie aan warmte er is geproduceerd.
b Leg uit of de warmte-energie van hoge of lage kwaliteit is.
c Bereken het vermogen van de gloeilamp als je hem als kachel beschouwt.

+ 14 N

Bij sommige metrostations rijdt de metro een klein beetje bergop bij het binnenrijden van het station en weer een beetje bergaf bij het verlaten van het station. Leg met behulp van de begrippen in deze paragraaf uit waarom dat energietechnisch gezien gunstig is.

+ 15 N

Op de grens van Brazilië en Paraguay ligt de waterkrachtcentrale Itaipu met een van de grootste stuwdammen ter wereld. Het water dat de generator aandrijft stroomt een pijp in en doorloopt vervolgens een hoogteverschil van 120 m. Per seconde stroomt er 690 m^3 water de pijp in. Elke generator wekt een elektrisch vermogen op van $7{,}0 \cdot 10^5$ kW. Bereken het rendement waarmee zo'n generator de zwaarte-energie omzet in elektrische energie.

Je kunt nu

- aangeven dat energie nooit verloren gaat en alleen wordt omgezet;
- energieomzettingen in een energiestroomdiagram weergeven;
- de energie uitrekenen met behulp van vermogen;
- de zwaarte-energie uitrekenen met de formule $E_z = m \cdot g \cdot h$;
- het rendement van een energieomzetting uitrekenen;
- energie van joule naar kWh omrekenen en andersom.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
Thuis gebruik je nogal wat energie. Deze energie moet je betalen, dus je wilt zo zuinig mogelijke apparaten.
Waar moet je dan op letten?

Je leert
- hoe je energie kunt besparen.

5.2 Energiegebruik thuis

► Practicum 2

De grootte van 1 kWh
Op een energierekening staat altijd hoeveel elektrische energie er is gebruikt. Per kWh betaal je ongeveer € 0,18. Wat kun je eigenlijk allemaal doen met die energie? Waar is ze in omgezet? De belangrijkste energiesoorten heb je in de vorige paragraaf gezien. In figuur 5.2 zie je welke taken je zoal met elektrische energie kunt uitvoeren. De belangrijkste taken zijn verwarmen, verlichten en (laten) bewegen.

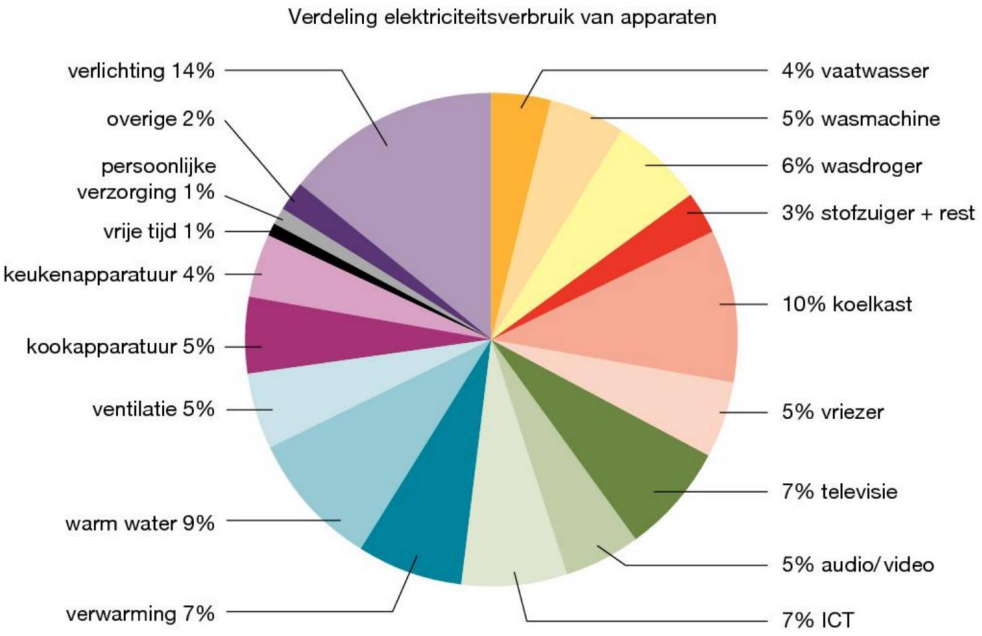
Een gemiddeld Nederlands gezin gebruikt in huis per jaar zo'n 3500 kWh aan elektrische energie. In figuur 5.3 zie je over welke soorten taken deze energie wordt verdeeld. Een elektrische auto gebruikt per jaar ook ongeveer 3500 kWh. Als je deze energie zou gebruiken om alleen maar te internetten, kun je 35 000 uur internetten. Dat is 3,4 jaar!

Met 1,0 kWh elektrische energie kun je:
- 10 uur internetten, of
- 15 keer je haar föhnen, of
- 1 kleine koelkast 1 dag laten koelen, of
- 4 avonden tv kijken, of
- 250 gaatjes boren

5.2 Overzicht van wat je kunt doen met 1,0 kWh.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



5.3 De energiekosten van een gemiddeld gezin in Nederland, verdeeld over verschillende taken (Bron: ECN, per 2012)

Energie bezuinigen in huis

Zoals je ziet in figuur 5.3 zorgt verlichting voor ongeveer 14% van het energiegebruik van een gemiddeld gezin. Je kunt behoorlijk veel energie besparen door zuinigere apparaten, betere apparaten en het gebruik van apparaten te verminderen. Een goed voorbeeld van zuinigere apparaten zijn ledlampen (figuur 5.4). Dat deze efficiënter met energie omgaan, merk je bijvoorbeeld doordat ze minder warm worden dan een gloeilamp. Zuinigere apparaten gaan vaak ook nog langer mee. Meteen een mooi voorbeeld van een beter apparaat, omdat het op die manier ook beter is voor het milieu. Daarnaast levert het verminderen van het gebruik van apparaten een aanzienlijke besparing tot wel 200 kWh per jaar op. En dat is heel eenvoudig: het uitschakelen van je apparatuur (computer, tv, stereo, modem) en het pas aanzetten van de vaatwasser als hij helemaal is gevuld. Het tegengaan van dit zogenoemde sluipverbruik, is een besparing van 5-10%. Kortom, als je wilt besparen moet je goed opletten wat je koopt, hoeveel energie een product per tijdseenheid (het vermogen) gebruikt en hoelang het meegaat. Alleen zo kun je echt bezuinigen op de energiekosten en het milieu.



5.4a Een ledlamp zoals je die thuis tegenkomt



b Podiumverlichting met ledlampen

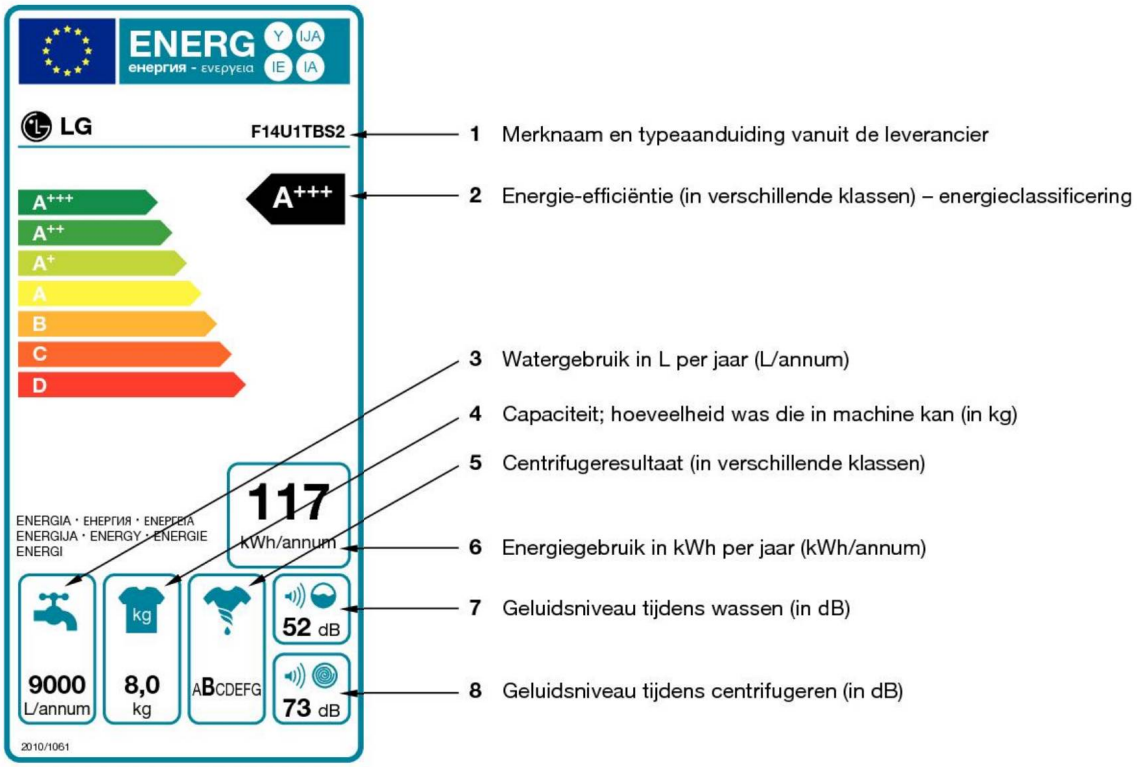
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Energielabels

Als je een wasmachine koopt, zit er altijd een sticker op met gegevens over het energiegebruik. Zo'n sticker is een energielabel. Energielabels laten je in één oogopslag zien hoe zuinig het apparaat met energie omgaat in vergelijking met andere apparaten. Er zijn drie soorten energielabels. Je hebt labels voor woningen, apparaten en auto's. In figuur 5.5 zie je een voorbeeld van een energielabel van een wasmachine.

Bij nummer 6 in figuur 5.5 zie je het energiegebruik in kWh per jaar staan. Deel je kWh door de tijd in uur (h), dan krijg je als eenheid kW, die de eenheid van vermogen is. Je selecteert een wasmachine dus onder andere op het vermogen.



5.5 Energielabel van een wasmachine

Samengevat

Als je thuis op je energiekosten wilt bezuinigen, moet je apparaten gebruiken die een hoger rendement hebben, minder gebruikmaken van het apparaat en apparaten niet op stand-by laten staan

Bij sommige apparaten kun je informatie over energiekosten terugvinden op een energielabel. Je ziet dan in een oogopslag hoe dat apparaat met energie omgaat.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

5.2 Opdrachten

A 16 M

Hoeveel kWh gebruikt een gemiddeld Nederlands gezin per jaar?

A 17 M

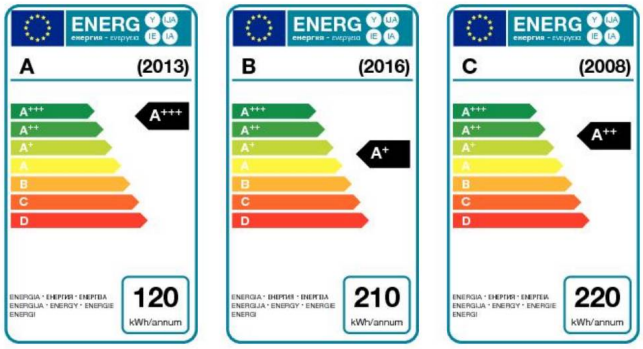
a Noem drie voordelen van ledlampen.
b Noem drie voorbeelden van manieren waarop je thuis gemakkelijk op energiegebruik kunt bezuinigen.

A 18

Er zijn verschillende soorten energielabels. Wat zegt de energieclassificering van een apparaat?

B 19

Bekijk de drie energielabels hieronder.
a Zet ze op volgorde van minst zuinig naar meest zuinig.
b Geef minimaal bij drie verschillen die je opvallen een verklaring.



B 20

Leg uit waarom sommige apparaten die duurder in aanschaf zijn soms op de lange termijn toch goedkoper kunnen zijn.

B 21

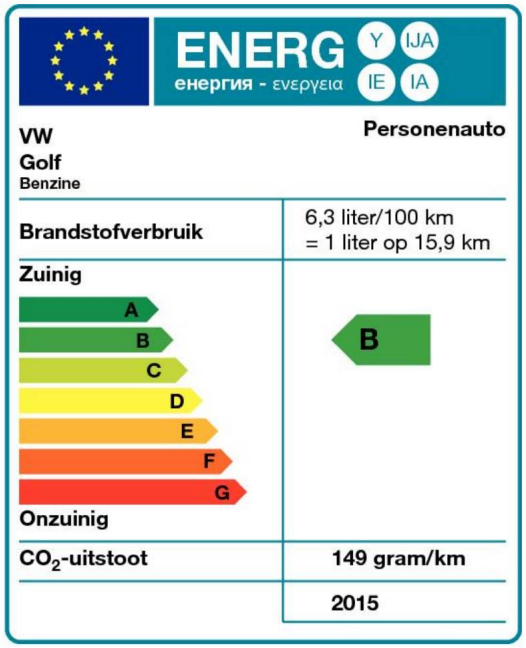
De tabel hieronder geeft de gegevens van twee koelkasten.

	energiegebruik per jaar	energiekosten per jaar	aanschafkosten
A	172 kWh		€ 608
B	272 kWh		€ 298

a Neem de tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul de ontbrekende plekken van de tabel in. Een kWh kost € 0,20.
b Na hoeveel jaar heeft koelkast A zich terugverdiend?

B 22

Bekijk het energielabel van de personenauto hieronder.



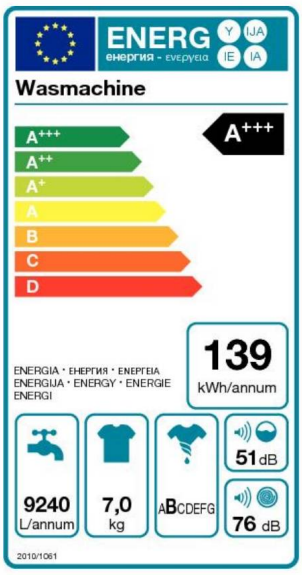
a Bereken hoeveel liter benzine deze auto op een rit van Groningen naar Maastricht (336 km) gebruikt.
b Hoeveel kilogram CO_2 wordt er uitgestoten?

Een treinkaartje kost € 26,42 per enkele reis. Een liter benzine kost € 1,60.
c Bereken welk vervoermiddel goedkoper is.

C 23 M

Het energiegebruik op het energielabel van een wasmachine is gebaseerd op 220 wasbeurten per jaar. Stel een wasbeurt duurt 1,5h.
a Bereken het vermogen van de wasmachine.

Een kWh kost € 0,20 en 1000 L water kost € 0,65.
b Bereken hoeveel het gebruik van deze wasmachine per jaar kost als je de wasmachine 180 keer per jaar gebruikt.



© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 24 N

Een gloeilamp van 60 W is wat lichtopbrengst betreft vergelijkbaar met een spaar- of ledlamp van 12 W. Een gloeilamp kost € 0,80 en brandt maximaal 1000 uur. Een spaarlamp kost € 4,50 en gaat 20 000 uur mee. Stel dat de lampen 3 uur per dag branden en je € 0,20 / kWh betaalt.

a Bereken wat het kost om een gloeilamp 20 000 uur te laten branden.
b Bereken wat het kost om een spaarlamp 20 000 uur te laten branden.
c Bereken hoelang het duurt voordat je de spaarlampen 'eruit haalt'.

C 25

Anna gaat haar haren föhnen. Haar föhn heeft drie standen. De tabel geeft het vermogen dat de föhn bij iedere stand gebruikt en de tijd die het kost om Anna's haar te drogen.

stand	vermogen	tijdsduur
1	1000 W	10 min
2	1600 W	6 min
3	2300 W	5 min

Een kWh kost € 0,20.

a Bereken voor iedere stand hoeveel het Anna kost om haar haren droog te föhnen.
b Welke stand kan Anna het beste gebruiken?

Daarna test Anna het rendement van de föhn bij iedere stand. Ze komt op de volgende waarden:

- stand 1: 58%
- stand 2: 60%
- stand 3: 50%

c Leg uit of je deze rendementen had verwacht na het beantwoorden van vraag **b**.
d Bereken hoeveel energie er in alle drie standen nuttig is omgezet.
e Vind je dit logisch?

+ 26 N

Lees het artikel in de kolom hiernaast.

Auto kiezen: energielabel

Een handige manier om de relatieve zuinigheid van een auto te bepalen

Met de stijgende benzineprijzen en de toenemende zorgen over ons milieu hechten steeds meer mensen waarde aan auto's die zuinig zijn. Om een goede keuze te maken kun je gebruikmaken van het energielabel. Hierop wordt naast brandstofverbruik en CO_2-uitstoot, ook de relatieve zuinigheid van de auto vermeld. Op deze wijze kun je gemakkelijk en snel het verbruik van auto's van ongeveer gelijke afmetingen met elkaar vergelijken.

Energielabels ken je waarschijnlijk al van de koelkasten en wasmachines. Het label tref je nu ook aan op alle voor verkoop tentoongestelde nieuwe personenauto's. Het bevat gegevens over het brandstofverbruik en de CO_2-uitstoot van de nieuwe auto. Het energielabel loopt van A t/m G, waarbij het A-label staat voor het meest zuinig en het G-label voor minst zuinig.

Label geldt voor kleine én grote auto's

Het label heeft niet tot doel om alle consumenten aan te zetten tot het kopen van een kleine auto. Bij de invoering van het energielabel voor auto's is er voor gekozen om op het energielabel de relatieve zuinigheid van een auto weer te geven. U kunt binnen elke grootteklasse kiezen voor een relatief zuinige auto. Auto's met een groen A-label zijn zuinig ten opzichte van andere auto's van vergelijkbare grootte. Auto's met een rood G-label zijn onzuinig voor hun grootte.

Vrij naar: anwb.nl

a Zijn een A-klasse driedeursauto en een A-klasse SUV even zuinig?
b Waarom behoren beide auto's toch tot de A-klasse?
c Geef twee redenen voor en tegen de verdeling in klassen.
d Wat is voor jou het belangrijkst?

+ 27 M

De waarden op energielabels worden door fabrikanten zelf gemeten en geclassificeerd.
Leg uit wat hier een voor- en een nadeel van kan zijn.

Je kunt nu

- aangeven wat je zoal kunt doen met 1 kWh aan energie;
- aangeven wat je thuis kunt doen om zuiniger met energie om te gaan;
- energielabels lezen en aan de hand van energielabels iets opmerken over het energiegebruik;
- met behulp van een energielabel en de energieprijs uitrekenen hoeveel het gebruik van een apparaat per jaar kost.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

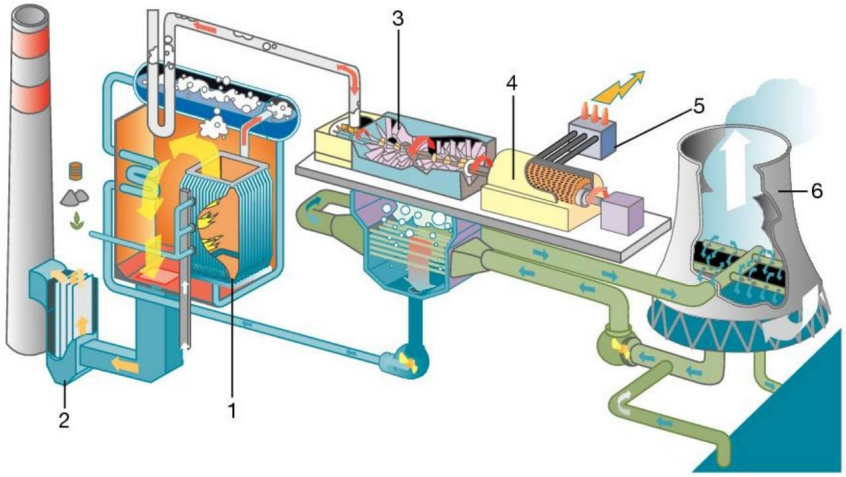
Discussievraag
De spiegels bij deze zonnetoren bevatten zout dat warmte opslaat. Daarnaast wordt het geheel ook gebruikt voor energieomzetting.
Hoe wek je duurzame energie op?



Je leert
- hoe je energie (duurzaam) kunt opwekken.

5.3 Opwekken van energie

Fossiele brandstoffen
Het opwekken van elektrische energie kan op verschillende manieren. De meest toegepaste manier is verbranding van fossiele brandstoffen, die zijn ontstaan zijn uit resten van dode planten en dieren. Dat gebeurt in een elektriciteitscentrale. De warmte die er ontstaat, verhit water tot stoom. De hete stoom gaat bewegen en drijft zo een generator aan die de bewegingsenergie van de stoom omzet in elektrische energie. De stoom wordt daarna weer vloeibaar gemaakt in de koeltoren om opnieuw tot stoom omgezet te kunnen worden.



5.6 De elektriciteitscentrale met daarin:
1 stoomketel
2 filter
3 (stoom)turbine
4 generator
5 transformator
6 koeltoren

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Bij elektrische apparaten reken je de gebruikte elektrische energie uit aan de hand van het vermogen van het apparaat. Bij fossiele brandstoffen bereken je dit met de **verbrandingswarmte**, dit is de hoeveelheid energie die per kilogram of kubieke meter verbrande brandstof vrijkomt. De formule hiervoor is:

geleverde energie = verbruik × verbrandingswarmte

met ***geleverde energie*, de geleverde energie in joule (J)**
***verbruik*, het verbruik in kilogram of kubieke meter (kg of m^3)**
***verbrandingswarmte*, de hoeveelheid energie die vrijkomt per kg of kubieke meter (J/kg of J/m^3)**

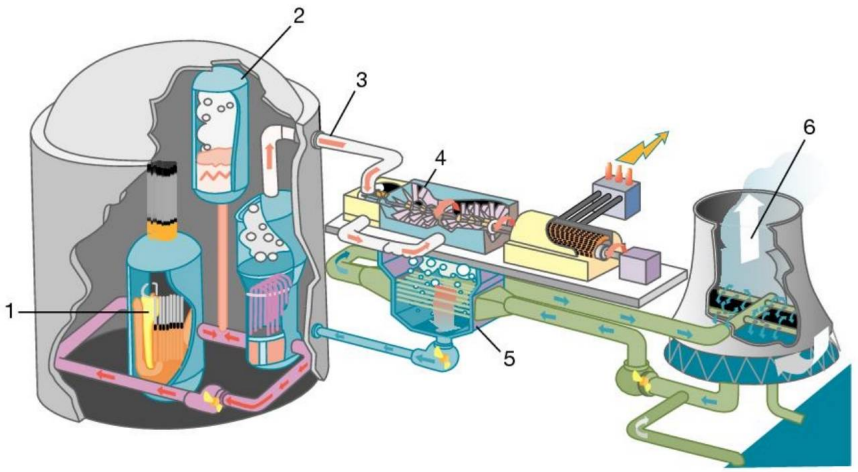
stof	verbrandingswarmte
aardgas	32 MJ/m^3
benzine	33 GJ/m^3
diesel	36 GJ/m^3
hout	15 MJ/kg
steenkool	27 MJ/kg

5.7 Verbrandingswarmte van verschillende stoffen. Let op de verschillende eenheden.

Voorbeeld 3: De elektriciteitscentrale
Een gezin verbruikt jaarlijks 1594 m^3 aardgas. Bereken hoeveel energie (in J) er door het gezin is gebruikt.

Uitwerking:
Gegeven: verbruik = 1594 m^3
verbrandingswarmte = $32 \cdot 10^6$ J/m^3 (zie figuur 5.7)
Gevraagd: totale gebruikte energie E = ?
Formule: *geleverde energie = verbruik × verbrandingswarmte*
Berekenen: $E = 1594 \times 32 \cdot 10^6 = 5{,}1 \cdot 10^{10}$ J
Antwoord: De totale energie is $5{,}1 \cdot 10^{10}$ J.

Kerncentrales
De kerncentrale in Borssele (Zeeland) is een van de 450 kerncentrales in de wereld. Een elektriciteitscentrale waarbij kernenergie als bron wordt gebruikt drijft de turbine op dezelfde manier aan als een reguliere centrale. De energiebron om water in stoom te veranderen is echter anders. De kernenergie zit opgeslagen in staven die uraniumatomen bevatten, zie paragraaf 2.5. Bij splijting van de kernen van deze uraniumatomen komt er een grote hoeveelheid energie vrij die het water in de reactor verhit (figuur 5.8).
De energie die bij deze reacties per kg (zuiver) uranium vrijkomt bedraagt ongeveer 22,8 miljoen kWh. Deze energie wordt niet allemaal nuttig omgezet, waardoor er uiteindelijk 7,6 miljoen kWh elektrische energie per kg uranium kan worden opgewekt.
Bij een kerncentrale komt veel meer energie per kg vrij dan bij elektriciteitscentrales waarbij fossiele brandstoffen worden verbrand.



5.8 De kerncentrale met daarin:
1 de reactor met het reactorvat en de uraniumstaven
2 drukregelvat
3 stoomgenerator
4 turbine
5 condensor
6 koeltoren

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Voorbeeld 4: De kerncentrale
De centrale in Borssele heeft een vermogen van 450 MW en levert jaarlijks ongeveer 4 miljard kWh kernenergie.
Bereken hoeveel kg uranium hiervoor per jaar nodig is.

Uitwerking:

Gegeven:	vermogen $P = 450$ MW
	tijdsduur $t = 1$ jaar $= 3{,}15 \cdot 10^7$ s
	energie per kg uranium: 7,6 miljoen kWh $= 2{,}736 \cdot 10^{13}$ J
Gevraagd:	benodigde massa (in kg) uranium
Formule:	$E = P \cdot t$
Berekenen:	$E = 450 \cdot 10^6 \times 3{,}15 \cdot 10^7 = 1{,}42 \cdot 10^{16}$ J
	Hiervoor is $\frac{1{,}42 \cdot 10^{16}}{2{,}736 \cdot 10^{13}} = 518$ kg uranium nodig.
Antwoord:	Er is per jaar 518 kg uranium nodig.

Hernieuwbare bronnen

► Practicum 3
► Practicum 4

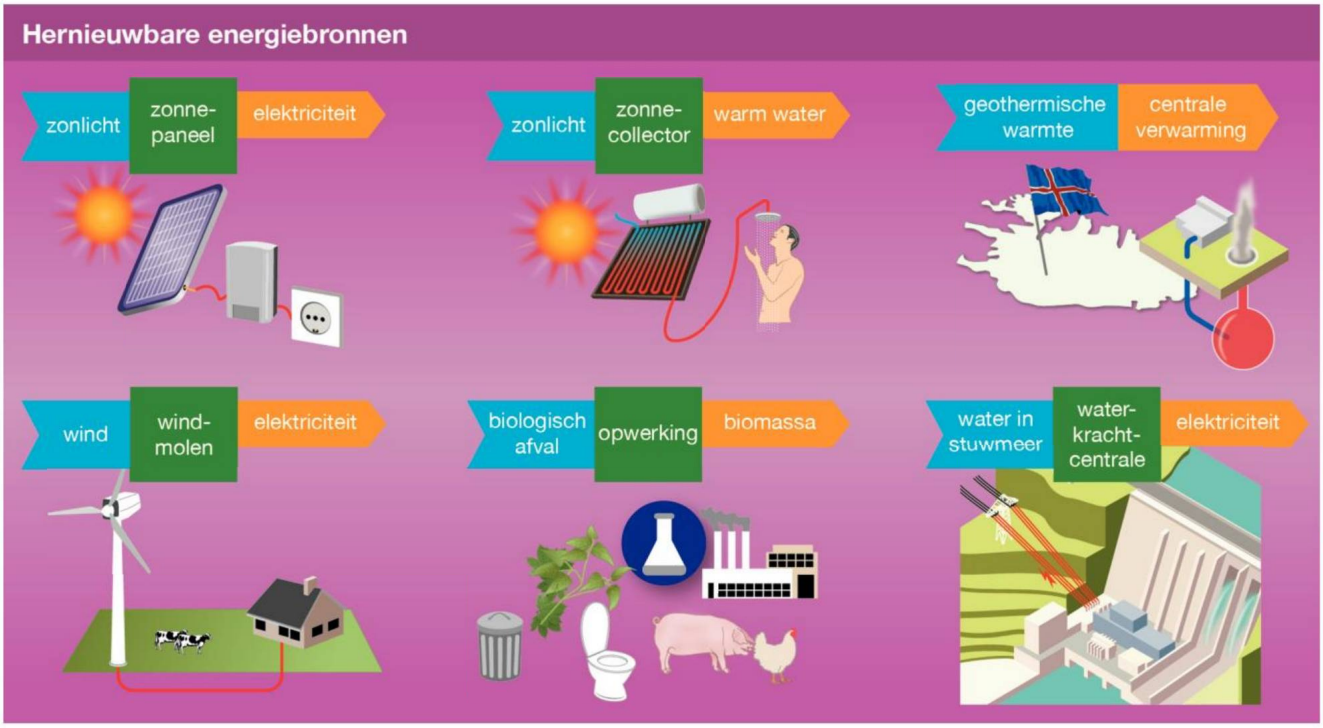
Het heeft de natuur vele miljoenen jaren gekost om alle fossiele brandstoffen te maken. We verbruiken deze brandstoffen nu veel sneller dan ze worden gevormd, ze raken dus op. In de toekomst zullen we moeten zoeken naar **hernieuwbare energiebronnen**. Dit zijn energiebronnen die niet opraken, omdat ze aangevuld (hernieuwd) kunnen worden.
De zon, wind en water bieden mogelijkheden als bron voor hernieuwbare energie. De werking van de belangrijkste verschillende bronnen vind je hieronder.

Zonne-energie: behalve zonlicht omzetten in elektriciteit kun je de warmte van het zonlicht ook gebruiken om water op te warmen. Hierdoor hoeft de cv-ketel in je huis minder energie te gebruiken.
Geothermische energie: warmte uit de aardbodem wordt opgeslagen. In IJsland worden hiermee huizen verwarmd. Een andere mogelijkheid is om overdag warmte voor 's nachts, en 's nachts kou voor overdag op te slaan.
Windenergie: de wind laat een grote propeller ronddraaien. In de windmolen zet een turbine deze draaiing om in elektrische energie.
Stuwmeren: een stuwmeer houdt water tegen. Wanneer er energie nodig is, laat het stuwmeer water via turbines weglopen die de bewegingsenergie van het water omzetten in elektriciteit.
Getijden en golfslag: het op en neer gaan van het water laat drijvende boeien op en neer gaan. Deze beweging wordt omgezet in elektrische energie.
Biomassa: energie uit biomassa wordt ook wel bio-energie genoemd. Bio-energie is de verbranding van biomassa (planten of plantafval). Biomassa is de massa van organismen in ecosystemen. Er wordt ook biomassa gebruikt als bron voor een elektriciteitscentrale. In Cuijk staat bijvoorbeeld een kleine centrale waar houtsnippers worden verbrand.

De naam bio-energie heeft alles te maken met de bron. Bio-elektriciteit en biowarmte komen namelijk voort uit biologisch of organisch materiaal. Voorbeelden zijn (snoei)houtafval afkomstig uit de industrie, rioolslib uit waterzuiveringsinstallaties, gft uit huishoudens, plantaardige oliën en vetten uit de voedingsmiddelenindustrie, mest uit veebedrijven en speciaal voor bio-energie geteelde gewassen, zoals koolzaad en palmbomen. Bij verbranding in een elektriciteitscentrale kun je hiermee elektrische energie maken.
Biomassa is een belangrijk begrip geworden omdat er op een hernieuwbare manier elektrische energie mee kan worden opgewekt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



5.9 Hernieuwbare energiebronnen

Voorbeeld 5: Een zonnecentrale in Nederland

Met een berekening kun je nagaan of een zonnecentrale de kerncentrale in Borssele zou kunnen vervangen. Deze levert een vermogen van 450 MW. Ga ervan uit dat in Nederland het jaarlijks gemiddelde aan zonnestraling 115 W/m^2 is (dag en nacht meegerekend) en dat de zonnepanelen een rendement van 15% hebben.

a Bereken hoeveel oppervlakte de zonnecentrale zou innemen.

b Is het mogelijk Nederland met zonnecentrales te voorzien ter vervanging van de centrale in Borssele?

Uitwerking:

a Gegeven: Een goed afgesteld zonnepaneel heeft een rendement van 15%. Gemiddeld komt er van de zon 115 W/m^2.

Gevraagd: Hoeveel km^2 oppervlakte neemt een zonnecentrale van 450 MW in?

Berekenen: 1 m^2 zonnepaneel levert 115 × 0,15 = 17 W elektrisch vermogen.

Het benodigde oppervlak aan panelen is $\frac{4{,}5 \cdot 10^8}{17} = 2{,}6 \cdot 10^7$ m^2.

Antwoord: De zonnecentrale neemt een oppervlakte van 26 km^2 in. Je kunt de kerncentrale in Borssele dus vervangen door een zonnecentrale.

b Een oppervlakte van 26 km^2 is wel erg veel. Het is de vraag of daar ruimte voor is.

Samengevat

Bij het verbranden van brandstoffen komt energie vrij. Je kunt deze energie uitrekenen met: *geleverde energie = verbruik × verbrandingswarmte*.

In een elektriciteitscentrale wordt door de verbranding van fossiele brandstoffen elektrische energie opgewekt. In een kerncentrale gebeurt dat met behulp van kernenergie. Bij de kerncentrale komt er per kg brandstof veel meer energie vrij dan bij een elektriciteitscentrale waarbij fossiele brandstoffen worden verbrand.

Er zijn nog meer manieren om energie op te wekken. Voorbeelden van hernieuwbare energiebronnen zijn: windenergie, zonne-energie, getijden- en golfslagenergie en bio-energie.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

5.3 Opdrachten

A 28 M

De turbines van een kolencentrale en van een kerncentrale worden beide door stoom aangedreven. Leg uit wat het verschil tussen de twee centrales is.

A 29 M

Energie door kernsplijting heeft voor- en nadelen.

a Noem een voordeel en een nadeel ten opzichte van fossiele brandstoffen.

b Noem een voordeel en een nadeel van kernenergie, gelet op de ingenomen ruimte.

A 30

a Hoeveel energie komt er per kilogram uranium vrij?

b Hoeveel energie wordt er per kilogram uranium effectief door een centrale omgezet?

c Waarom ligt dit getal in werkelijkheid nog lager?

B 31 N

a Bereken de verbrandingswarmte in onderstaande tabel in kWh/m³ of kWh/kg.

stof	verbrandingswarmte	
aardgas	32 MJ/m³	... kWh/m³
benzine	33 GJ/m³	... kWh/m³
diesel	36 GJ/m³	... kWh/m³
hout	15 MJ/kg	... kWh/kg
steenkool	27 MJ/kg	... kWh/kg

Vergelijk de verbrandingswarmte van steenkool met de hoeveelheid energie die per kilogram uranium vrijkomt.

b Wat valt je op?

B 32

In ons land verloopt het energietransport van centrales tot de huizen met een hoog rendement.

a Leg uit of dat ook het geval is in landen met een kleinere bevolkingsdichtheid.

b Leg uit waarom juist zonnepanelen zo geschikt zijn in landen met een kleine bevolkingsdichtheid.

B 33

Energiecentrales staan altijd aan rivieren en veroorzaken door het verbranden van fossiele brandstoffen thermische verontreiniging in het water rondom de centrale.
Waarvoor is al dat water van buiten de centrale nodig?

B 34

De volgende zes energiebronnen zijn hernieuwbaar. Geef een beschrijving waaruit blijkt dat ze hernieuwbaar zijn en geef aan of ze elektrische energie, dan wel warmte leveren.

a zonnepanelen

b zonnecollectoren

c windenergie

d geothermische energie

e vallend water

f afval

B 35

De zonnepanelen van een huis wekken gemiddeld een vermogen van 500 W op.

a Ga na dat je hiermee in de jaarbehoefte van 3500 kWh kunt voorzien.

b Bereken hoeveel kilogram steenkool en hoeveel liter benzine je hiermee bespaart.

's Nachts moet altijd het elektriciteitsnetwerk bijspringen en extra vermogen leveren.

c Leg uit waarom dit soms overdag ook nodig is.

B 36

Een zonnepaneel heeft een nuttig piekvermogen van 140 W/m². Het rendement is 15%.

a Bereken het maximale vermogen van de zonnestraling per m² dat op het zonnepaneel valt.

Het paneel geeft in de volle zon een vermogen af van 350 W.

b Bereken de oppervlakte van het zonnepaneel.

B 37

Een zonnecollector neemt de warmte van het zonlicht op en gebruikt haar om water te verwarmen.

a Leg uit wat het verschil is tussen een zonnecollector en een zonnepaneel.

Een gezin plaatst een zonnecollector met een oppervlakte van 2,0 m². De gemiddelde instraling van zonnewarmte op de collector is over een heel jaar gerekend 90 W/m².

b Bereken hoeveel energie (in kWh) er per jaar wordt omgezet.

Het rendement van de zonnecollector is 8%. Stel dat je per jaar 3500 kWh gebruikt.

c Bereken hoeveel procent hiervan door de zonnecollector kan worden geleverd.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 38 N

In een windmolenpark staan de molens in een rechthoek van 4,0 km bij 4,0 km. De molens van elk 3,0 MW staan 0,50 km van elkaar af.

a Ga na dat er 81 molens in dit park staan.

Neem aan dat elke molen gemiddeld 0,90 MW levert.

b Bereken het vermogen dat per m^2 van het park beschikbaar is. Reken ook een strook van 0,50 km rondom het park tot 'het grondgebied' van het park.

C 39

Een gezin plaatst zonnepanelen (rendement 15%) met een oppervlakte van 25 m^2. De gemiddelde instraling van zonne-energie op de collector is over een heel jaar gerekend 90 W/m^2.

a Bereken het gemiddeld opgevangen vermogen van de panelen.

b Bereken de geproduceerde energie per jaar in kWh.

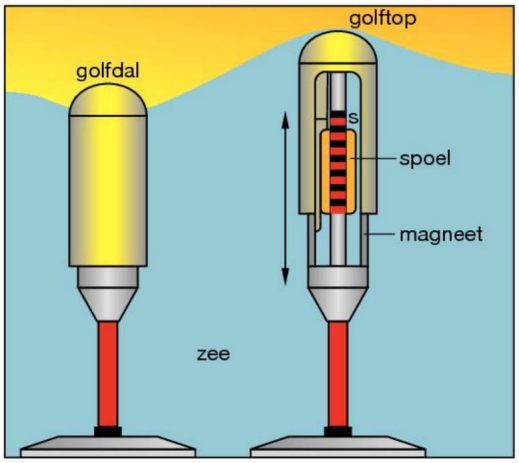
De panelen kunnen hiermee voor een deel voorzien in de jaarbehoefte aan elektrische energie van 4435 kWh.

c Bereken welk deel van de jaarlijkse energiebehoefte de panelen leveren.

C 40 N

Als een magneet door een spoel heen en weer beweegt, kan dit elektrische energie opleveren. De figuur hiernaast laat een boei zien waarmee in zee energie wordt opgewekt.

a Beschrijf hoe de beweging van het water wordt benut voor de opwekking van energie.



b Maak een energiestroomdiagram van de energieomzetting.

+ 41 M

Wetenschappers wijzen erop dat over een groot aantal jaren gezien het klimaat verandert. In sommige gebieden wordt het duidelijk natter en in andere gebieden droger. Beredeneer wat de invloed daarvan zou kunnen zijn op de energievoorziening van de volgende hernieuwbare energiebronnen.

a vallend water

b zonne-energie

c windenergie

+ 42 N

Bekijk opdracht +15. Bereken voor één generator hoeveel energie er per kg water vrijkomt bij de waterkrachtcentrale van Itaipu.

Je kunt nu

- de werking van een elektriciteitscentrale met fossiele brandstoffen en met kernenergie beschrijven en met elkaar vergelijken;
- enkele voorbeelden noemen van hernieuwbare energiebronnen;
- de vrijgekomen energie berekenen aan de hand van de verbrandingswarmte.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

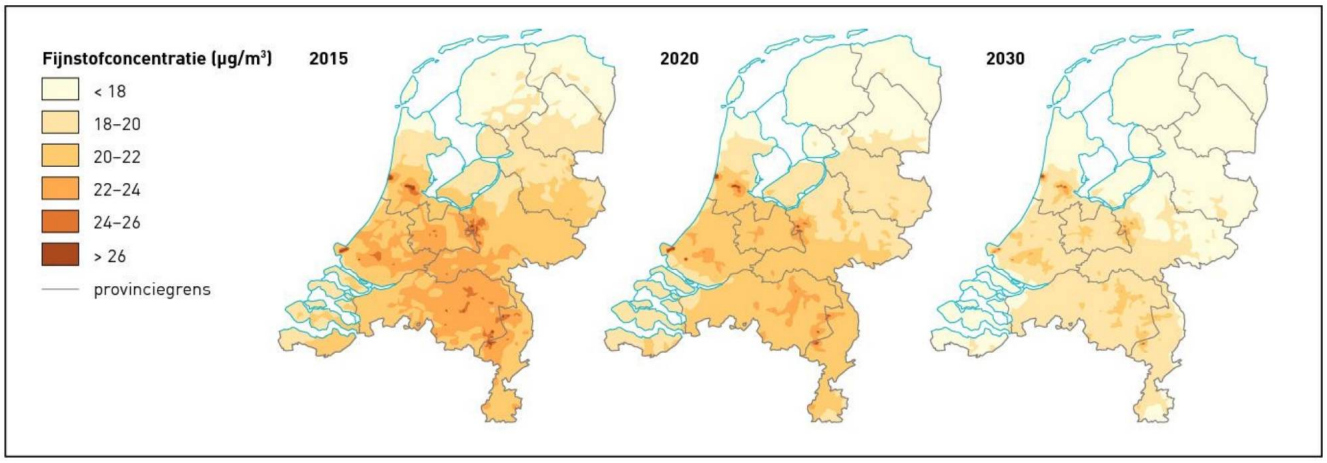
Discussievraag
Door een lek bij een boorplatform in de Golf van Mexico kwam er in 2010 naar schatting 780 miljoen liter ruwe olie in de zee terecht. Zowel bij het winnen als het gebruik van energie is het van belang rekening te houden met het milieu. Wat kun je doen om bij te dragen aan een beter milieu?



Je leert
- met welke milieueffecten je rekening moet houden bij energieproductie.

5.4 Milieu

Milieuaspecten bij verschillende energiebronnen
Milieuaspecten bij fossiele brandstoffen
Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt koolstofdioxide, CO_2, vrij. CO_2 is een gas dat bijdraagt aan de opwarming van de aarde. Duurzamer met energie omgaan houdt onder andere in dat de uitstoot van CO_2 beperkt wordt. Bij de verbranding van brandstoffen komt behalve CO_2 ook roet vrij. Van het allerfijnste roet, fijnstof, komt zo'n vijftig miljoen kilogram jaarlijks in de lucht terecht. Fijnstof heeft effect op onder andere hart- en longfuncties.



5.10 De concentratie fijnstof in 2015, 2020 en 2030

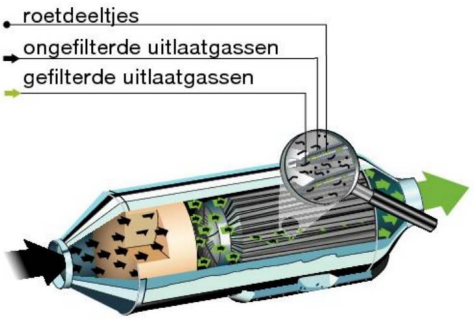
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De gezondheidseffecten door langdurende blootstelling aan fijnstof zijn moeilijk te bepalen en onzeker. Gezondheidseffecten die optreden bij kortdurende blootstelling aan fijnstof zijn beter bekend: in Nederland overlijden jaarlijks enkele duizenden mensen vroegtijdig. Het scheelt enkele dagen tot maanden. In figuur 5.10 zie je hoe zich de fijnstofconcentratie de komende jaren ontwikkelt. De afname van de concentratie fijnstof komt voort uit verscherpte regelgeving vanuit de Europese Unie.



5.11a Een roetfilter vermindert de uitstoot van fijnstof, belangrijk voor milieu en gezondheid.



b De roetdeeltjes blijven achter in het filter.

Zo zijn in Nederland onder andere alle bussen uitgerust met een roetfilter (figuur 5.11). Dit houdt het grootste deel van het fijnstof tegen. Tegenwoordig is het ook zo dat auto's aan bepaalde uitstootnormen moeten voldoen om in sommige stadscentra te mogen rijden. Ook is er strenge controle op het opvoeren van je scooter of op te hard rijden, omdat ook dan de uitstoot aan fijnstof vaak meer is dan toegestaan.
Het gebruik van fossiele brandstoffen heeft nog meer nadelen: bij de verbranding kunnen giftige stoffen vrijkomen. Daarnaast wordt een energiecentrale gekoeld met rivierwater dat daarna, met een hogere temperatuur, terug de rivier in stroomt. Deze **thermische verontreiniging** is schadelijk voor vissen en planten die in de rivier leven. De winning van fossiele brandstoffen brengt daarbovenop risico's met zich mee. Zo wordt in Groningen naar gas geboord. Door het wegpompen van het gas ontstaat er ruimte in de bodem. Hierdoor kan de bodem verzakken, waardoor aardbevingen ontstaan. De huizen van mensen in de wijde omtrek raken hierdoor beschadigd.

Milieuaspecten bij kernenergie
Voorstanders van kernenergie wijzen vooral op de geringe CO_2-productie en op de enorme hoeveelheid energie die vrijkomt bij de geringe massa die er wordt verbruikt. Tegenstanders wijzen juist op het radioactieve afval en de rampen die er in Fukushima en Tsjernobyl hebben plaatsgevonden.
Bij een kerncentrale wordt het koelwater streng gecontroleerd. Er wordt constant gekeken of er geen radioactieve vervuiling heeft plaatsgevonden die in het milieu terecht kan komen.
Uranium wordt gewonnen in mijnen in de vorm van uraniumerts. Het uranium wordt uit de erts gesmolten, maar is nog niet direct bruikbaar. Maar een klein percentage van 0,72% is bruikbaar. Dit percentage moet eerst omhoog worden gebracht tot minstens 4%. Het proces van delven, smelten, transporteren en zuivering kost veel energie.

Milieuaspecten bij hernieuwbare energiebronnen
Bij het gebruik van hernieuwbare energiebronnen is er nauwelijks CO_2-ontwikkeling. Toch kleven er ook nadelen aan. Vogels die in de buurt van een windmolen komen, worden door de wieken meegezogen. Sommige bewoners die uitkijken op een windmolenpark spreken van horizonvervuiling. Bij de productie van zonnepanelen worden agressieve chemicaliën gebruikt die schadelijke effecten op het milieu kunnen hebben.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Het duurzaam maken van energie

Door in de winter een trui aan te trekken of in de zomer je trui uit te trekken hoef je de kachel of de airconditioning minder hard te zetten. Je gebruikt zo minder energie en draagt bij aan een duurzamer gebruik van energie. Er zijn drie wegen waarlangs je duurzamer met energie omgaat.

Beperken van energiegebruik

► Practicum 5

Behalve een trui aantrekken kun je huizen ook beter isoleren, waardoor de warmte beter in het huis blijft en de kou buiten blijft.

Duurzamere (hernieuwbare) energiebronnen gebruiken

De beschikbare olie, aardgas en ook uranium raken op den duur op. Dat betekent dat we op zoek moeten naar hernieuwbare energiebronnen waarover je in paragraaf 3 hebt gelezen.

Efficiënter en/of schoner omzetten van fossiele brandstoffen

In paragraaf 2 heb je gezien dat het gebruik van energiezuinige lampen en apparaten met een energielabel in een zuinige klasse veel op de energierekening kan schelen.

De drie P's

Om ons leven op aarde toekomstbestendig te maken moeten we naar een **duurzame wereld** toewerken. In een duurzame wereld zijn de mensen (People), de planeet (Planet) en de economie (Profit) met elkaar in balans. Er wordt hierbij ook wel over de drie P's gesproken.

Een voorbeeld: in Nigeria zit veel olie in de grond waar veel winst mee kan worden gemaakt (goed voor de economie). Voor de lokale bevolking levert de olie-industrie veel banen op (goed voor de mensen). Toch zijn er veel ongelukken waardoor het land ernstig vervuild raakt (slecht voor de planeet en de mensen). Er is dus geen sprake van duurzame energiewinning.



5.12 Duurzaamheid is de balans tussen de mensen, de planeet en de economie.

Tot nu toe blijkt het lastig om een goede balans tussen de drie P's te vinden. Soms moet je wat aan winst inleveren om een betere balans voor mensen en de planeet te creëren. Op de korte termijn maak je minder winst, maar op de lange termijn behoud je de planeet.

Duurzaamheid gaat dus over het vinden van een evenwicht tussen de drie P's. Alleen zo blijft onze planeet in de toekomst bewoonbaar.

Samengevat

Energie kun je duurzamer maken door de vraag te beperken, over te gaan op hernieuwbare energiebronnen en efficiënter en schoner energie om te zetten.
Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komen CO_2 en fijnstof vrij.
Rondom energiecentrales vindt altijd thermische verontreiniging plaats.
Bij de winning van fossiele brandstoffen zijn er risico's voor de omgeving.
Duurzaamheid is de balans tussen mensen, de planeet en de economie. In het Engels heet dit People, Planet, Profit. Er wordt aan gerefereerd als de drie P's.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

5.4 Opdrachten

A 43 M
a Waar staan de drie P's voor?
b Geef de Nederlandse vertaling voor deze P's.

A 44 M
a Geef aan hoe je energie duurzaam kunt opwekken.
b Noem naast energie uit zon en wind nog drie andere vormen van hernieuwbare energie.

A 45 M
Bij het verbranden van fossiele brandstoffen in het verkeer en in centrales ontstaat CO_2.
Geef aan welk gevolg een toename van de concentratie van CO_2 in de atmosfeer heeft.

A 46
Fossiele brandstoffen zijn geen duurzame energiebronnen.
a Geef twee redenen waarom niet.
b Wanneer zijn hernieuwbare bronnen duurzaam?

B 47
Leg uit hoe je de energievraag kunt beperken om een huis op temperatuur te houden.

B 48
Een oude kolencentrale kan duurzamer worden door hout bij te stoken. Net als bij het stoken van kolen ontstaat CO_2.
a Waarom is er toch sprake van duurzamer energiegebruik?
b Hoe kun je dit proces verder verduurzamen?

B 49
Een kerncentrale gebruikt uranium als 'brandstof' voor kernenergie. Hierbij ontstaat geen CO_2.
Leg uit waarom kernenergie toch geen duurzame energiebron is.

B 50 M
Oude elektrische apparaten kun je bij veel winkels inleveren. De apparaten worden dan uit elkaar gehaald en bruikbare materialen worden gerecycled.
Leg uit wat deze recycling met duurzaamheid heeft te maken.

B 51
Bij het starten en optrekken stoot een auto tijdelijk veel meer fijnstof uit dan tijdens normaal rijden. Ook neemt de hoeveelheid fijnstof toe naarmate je harder rijdt.
a Beredeneer waar je meer fijnstof uitstoot: in stadsverkeer of op de snelweg.
b Leg uit hoe je rijstijl de uitstoot van fijnstof en CO_2 kan beperken.
c Leg uit hoe cruisecontrol kan helpen de uitstoot van fijnstof te beperken.
d Zoek op hoe een roetfilter werkt en wat zorgt voor het filteren van de uitlaatgassen.

C 52 N
Door de toenemende vraag vanuit Europa naar palmolie werden in Indonesië palmen een populair gewas om te verbouwen. Boeren konden snel veel winst maken door akkers eenmalig te gebruiken en daarna een nieuwe akker vrij te maken. Lokaal steeg de prijs voor palmolie, waar de lokale bevolking voor haar voedsel afhankelijk van is, heel sterk.
a Geef voor ieder van de drie P's aan of palmolie eraan voldoet.
b Is palmolie een duurzame energiebron?

Lees onderstaand artikel.

Samenwerking voor duurzame palmolie

Nederland en Indonesië gaan samenwerken om ervoor te zorgen dat palmolie gaat voldoen aan alle standaarden voor duurzame productie en handel.

Daarmee moet ontbossing worden tegengegaan en moeten de Indonesische boeren die de palmolie verbouwen een eerlijkere prijs krijgen voor hun waar.
Bron: nu.nl

c Geef nu nogmaals bij ieder van de drie P's aan welke maatregel er wordt genomen om palmolie toch duurzaam te maken.

C 53
Zonnepanelen leveren 120 kWh per m^2 per jaar op. Een gezin heeft 3500 kWh aan energie per jaar nodig. Het gezin wil de helft van zijn energie uit zonne-energie halen.
a Waarom zou dit gezin maar de helft van zijn energie uit zonne-energie willen halen?
b Toon aan dat het gezin hier 14,58 m^2 aan zonnepanelen voor nodig heeft.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Bij de productie van 1 m^2 zonnepaneel wordt 90 kg CO_2 uitgestoten.

c Bereken hoeveel kilogram CO_2 wordt uitgestoten bij de productie van de zonnepanelen die het gezin nodig heeft.

Voor de productie van 1 kWh aan energie stoot een energiecentrale 600 g CO_2 uit.

d Bereken na hoeveel jaar het zonnepaneel CO_2-neutraal is geworden.

Guus zegt: 'Dat het zonnepaneel dan CO_2-neutraal is, wil nog niet zeggen dat het zonnepaneel ook duurzaam is. Het zonnepaneel heeft veel meer gekost dan er na die tijd op de energierekening is bespaard.'

e Leg uit dat Guus hierin gelijk kan hebben.

Een zonnepaneel kost € 190 per m^2.

f Bereken hoeveel geld het gezin aan de zonnepanelen heeft uitgegeven.

1 kWh elektrische energie kost bij een energiebedrijf € 0,20.

g Bereken na hoeveel jaar het zonnepaneel zich heeft terugverdiend.

De levensduur van een zonnepaneel is 25 jaar.

h Leg uit of een zonnepaneel een duurzame investering is.

C **54**

Elektrische auto's stoten zelf geen CO_2 uit. Toch zijn ze niet CO_2-neutraal.

a Leg uit waarom niet.

Elektrische auto's produceren wel 2,5 keer minder CO_2-uitstoot dan benzineauto's.

b Welke van de volgende redenen kan of kunnen hiervoor een verklaring zijn?

A De auto weegt minder.
B De auto trekt sneller op.
C De batterijen laden bij het remmen een beetje op.
D Voor het stoplicht staat de motor uit.
E De motor wordt minder warm.

\+ **55** N

Hoe duurzaam biomassa precies is verschillen de meningen. Immers de CO_2 die vrijkomt, is niet wezenlijk anders dan die uit fossiele brandstoffen.

a Waarom vinden voorstanders van biomassa deze brandstof toch beter?

b Wat zijn belangrijke argumenten voor tegenstanders van biomassa om ertegen te zijn?

\+ **56** N

Bij de verbranding van biomassa komt CO_2 vrij. Waarom is bio-energie toch CO_2-neutraal?

Je kunt nu

- aangeven wat het belangrijkste afvalproduct is bij het gebruik van fossiele brandstoffen;
- op drie manieren uitleggen hoe je energie duurzaam kunt maken;
- uitleggen wat de drie P's zijn en hoe dit begrip samenhangt met duurzaamheid;
- enkele voor- en nadelen van fossiele brandstoffen, kernenergie en hernieuwbare energiebronnen benoemen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

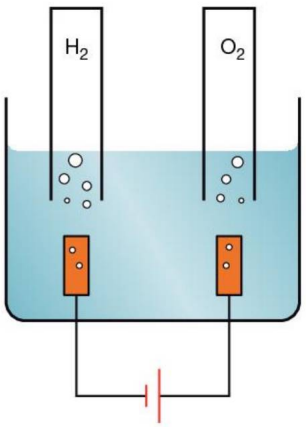


Discussievraag
Het bedrijf op de foto heeft fors geïnvesteerd in alternatieve vormen van energie.
Welke hernieuwbare energievormen zie je hier terug? Denk je dat dit de toekomst van onze energievoorzieningen is?

Je leert
- hoe in de toekomst de energievoorzieningen eruitzien.

5.5 Alternatieve energievoorzieningen

Waterstof
Als er geen wind is of het is bewolkt, heb je niet zo veel aan windmolens en zonnepanelen. Om op deze momenten van de dag toch over energie te beschikken, moet je energie opslaan. Dat opslaan en het transporteren van deze energie, in bijvoorbeeld accu's, is niet eenvoudig. Je kunt energie echter ook opslaan in waterstofgas. Waterstof kun je krijgen door water te ontleden door middel van elektrolyse. Zie figuur 5.13. Bij de ontleding ontstaan waterstof en zuurstof: $2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + O_2$
Voor de elektrolyse is elektrische energie nodig. Als je dit proces met duurzaam opgewekte energie uitvoert, heb je ook duurzaam opgewekte waterstof. Deze energieomzetting vindt niet plaats zonder dat er ook niet-nuttig energie wordt omgezet. Het rendement van de omzetting is dus geen 100%.
Bij de verbranding van het waterstof in een brandstofcel krijg je de energie weer terug: $2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$
Je hebt met de ontleding van water energie opgeslagen in de vorm van waterstof. Het product dat ontstaat, water, is volledig schoon. Als er op een moment (elektrische) energie over is, kan ze als waterstof worden opgeslagen en op een later gewenste plaats en tijd worden teruggewonnen.



5.13 De elektrolyse van water

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



5.14 Een bus op waterstof zoals die tussen Arnhem en Apeldoorn rijdt



5.15 Elektrische auto's bepalen het beeld als je van Schiphol naar het centrum van Amsterdam wilt reizen.

De technologie om auto's op waterstof te laten rijden was lange tijd niet goed genoeg. Nu ze is verbeterd en veiliger wordt, komen er steeds meer toepassingen waarbij waterstof wordt gebruikt om elektromotoren aan te drijven. Zie figuur 5.14.

Waterstof versus benzine

Vergelijk je de mogelijkheden om waterstof in te zetten als brandstof met benzine, dan is er een aantal zaken waar je op moet letten: de energiedichtheid, de opslag en het transport.

Met 6 kg waterstof kun je ongeveer 600 km rijden, terwijl je met 6 kg benzine ongeveer 100 km kunt rijden. Waterstof heeft een zeer grote **energiedichtheid**, de hoeveelheid opgeslagen energie in joule (J) per kilogram (kg). Waterstof is echter een gas dat moeilijk vloeibaar is te maken. De energiedichtheid per liter is daarom een stuk lager dan die van benzine.

Om waterstof in de tank van een auto mee te nemen moet de waterstof sterk worden samengeperst. Om bijvoorbeeld 6,0 kg waterstof mee te nemen (goed voor 600 km rijden) heb je een grote gepantserde tank van ruim driehonderd kilogram nodig die een kwart kubieke meter groot is. Daarbij komt ook nog eens dat waterstof moeilijk is te transporteren doordat deze onder zeer hoge druk of in vloeibare vorm moet worden getransporteerd. Ook is dan de energiedichtheid dusdanig afgenomen dat het proces niet meer rendabel is. Het opslaan van energie in de vorm van waterstof is nogal een probleem en de techniek is nog niet zo ver dat waterstof de oplossing voor het brandstofprobleem is.

Elektrisch transport

De landen van de Europese Unie (EU) hebben met elkaar afgesproken dat in 2020 minimaal 10% van de brandstof in het vervoer bestaat uit alternatieve brandstoffen, zoals biobrandstoffen. Er zal daardoor ook meer elektrisch worden gereden. Bij elektrisch rijden rijd je met een elektrische aandrijving (figuur 5.15), waardoor de uitstoot van CO_2 tijdens het rijden nul is. Voor de opwekking van deze elektrische energie is waarschijnlijk wel CO_2 uitgestoten. De hoeveelheid uitgestoten CO_2 per opgewekte kWh is weergeven in figuur 5.16. Je ziet hier ook de corresponderende hoeveelheid uitgestoten CO_2 per gereden kilometer. De uitstoot van CO_2 bij elektrische auto's is nog veel lager wanneer de elektrische energie is opgewekt met zonnepanelen of wind. Ter vergelijking, de zuinigste typen nieuwe auto's met een verbrandingsmotor stoten iets minder dan 100 g/km uit.

elektrische energie van	uitstoot CO_2 (g/kWh)	uitstoot CO_2 (g/km)
centrales in NL	580	87
zon	60	9,0
wind	25	3,75

5.16 Uitstoot aan CO_2 bij elektrisch rijden

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Op een volle tank benzine kun je in een gemiddelde auto zo'n 600 km rijden. Je zegt dan dat de **actieradius** van een benzineauto 600 km is. De actieradius van een elektrische auto is wat kleiner, die ligt momenteel rond de 400 km. Een bijkomstig nadeel is dat het opladen van een accu langer duurt dan het vullen van een benzinetank. Het weer opladen van een accu kan wel een halfuur duren.
Met enkele slimme vindingen kun je de actieradius wel vergroten. Bij het remmen kun je bijvoorbeeld bewegingsenergie omzetten in elektrische energie die je opslaat in de accu. De motor werkt dan als een generator. Auto's uitrusten met zonnepanelen is ook een optie, maar vooral aantrekkelijk in zonnige landen.
Een andere kunstgreep om de actieradius te vergroten is de hybrideauto. Daarbij is de aandrijving elektrisch én met fossiele brandstof. Op lange trajecten, vaak met min of meer constante snelheid, kun je met relatief weinig uitstoot aan schadelijke stoffen op normale brandstof rijden. Tijdens kortere ritten met veel stoppen en starten rijd je elektrisch.

Zodra je thuiskomt van school doe je het licht aan, misschien zet je de tv of je computer ook wel aan. Veel mensen beginnen veel energie te gebruiken als ze thuiskomen. Energiecentrales moeten hierdoor op momenten dat veel mensen opstaan en thuiskomen meer energie leveren dan gedurende andere momenten van de dag. Het is voor energiecentrales erg lastig om ineens veel energie extra te produceren.
Geparkeerde elektrische auto's die zijn aangesloten op het elektriciteitsnet kunnen hierbij helpen. Deze extra gewenste energie zou uit de auto's als een soort reserve kunnen worden gehaald. Later, wanneer de energievraag weer afneemt, zou de overtollige energie terug naar de auto's kunnen vloeien om ze weer op te laden voor de volgende dag. De accu van een auto fungeert dus als het ware als een grote batterij voor het huishouden.

Hoe ziet de toekomst van de auto-industrie er uit? Rijden er in 2025 alleen nog maar 'groene' auto's? Wat zal de verhouding zijn tussen elektrische auto's, auto's die rijden op biobrandstof, op waterstof en hybrideauto's?

Overcapaciteit
Zonnepanelen op je dak, een windmolen in je achtertuin, dat kan allemaal. Als je genoeg energie produceert, ben je niet meer afhankelijk van een energieleverancier. Sterker nog, als je te veel produceert en dus een **overcapaciteit** hebt, kun je het teveel verkopen aan een energieleverancier. Je dient dan wel flink te investeren, want zonnepanelen en een windmolen zijn niet goedkoop. Daarnaast maak je pas na ongeveer tien jaar pas winst.

Samengevat

Bij de verbranding van waterstof ($2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$) komt veel energie en warmte vrij. De energiedichtheid is de hoeveelheid opgeslagen energie in joule (J) per kilogram (kg).
Deze waterstof kan daarom prima dienen als energiebron. De waterstof is goed te vervoeren. De energie die erin zit opgeslagen, wordt in auto's omgezet. Waterstof krijg je door water te ontleden door middel van elektrolyse: $2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + O_2$.
In de nabije toekomst (2020) bestaat minimaal 10% van de vervoersbrandstoffen uit CO_2-neutrale biobrandstoffen.
De actieradius is de afstand die een auto op een tank of accu kan rijden.
Als je zelf energie gaat produceren, kan het zijn dat je meer produceert dan je gebruikt. Er is dan sprak van overcapaciteit.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

+5.5 Opdrachten

A 57 M
Vergelijk een elektrische aandrijving met die op fossiele brandstoffen.
a Noem drie voordelen en drie nadelen van elektrisch rijden.
b Leg uit waarom er bij elektrische aandrijving toch CO_2-uitstoot is.

B 58
Met waterstof komt voor voertuigen een nieuwe brandstof beschikbaar.
a Leg uit hoe je waterstof kunt maken.
b Geef de energieomzetting weer tijdens het produceren van waterstof en daarna tijdens het gebruik van waterstof in een brandstofcel.

In een auto zit een tank met waterstof onder hoge druk.
c Leg uit waarom de tank extra gepantserd is.
d Geef aan waarom de inbouw van zo'n tank bij een bus gemakkelijker is dan bij een auto.

B 59
Bekijk figuur 5.16.
a Hoeveel g/km aan CO_2 stoot een elektrische auto minimaal minder uit dan de zuinigste benzineauto?
b Bereken hoeveel kWh per km een elektrische auto gebruikt.

B 60 N
De energiedichtheid van een normale accu met lood is 0,030 kWh/kg. Neem aan dat een elektrisch aangedreven auto 600 km rijdt en dat daarvoor 120 kWh nodig is.
a Bereken hoeveel kg aan accu's moet worden meegenomen.

Je vervangt de loodaccu door een lithiumbatterij die een energiedichtheid van 0,15 kWh/kg heeft.
b Bereken hoeveel kg aan lithiumbatterijen nodig is.

B 61
Geef minimaal vijf mogelijke manieren om sluipverbruik in huis te beperken.

C 62
De actieradius van een auto met een waterstoftank is 600 km. De motor heeft een vermogen van 15 kW waarmee de auto onder ideale omstandigheden 80 km/h rijdt.
a Bereken hoeveel elektrische energie alle waterstof in de tank kan leveren.

Van de cel is bekend dat hij uit elke kg waterstof $6{,}7 \cdot 10^7$ J elektrische energie kan maken.
b Bereken hoeveel kg deze rit aan waterstof kost.

Bij auto's spreek je bij verbruik over hoeveel km je kunt rijden bij de verbranding van 1 liter benzine.
c Bereken het verbruik van waterstof uitgedrukt in hoeveel km je kunt rijden met 1 kg waterstof.

C 63
De elektromotor van een auto heeft 120 kWh nodig om 600 km af te leggen. Hij betrekt de energie uit accu's, het opladen daarvan kost € 0,25 per kWh. Energie maken uit waterstof met een brandstofcel kan ook. Waterstof maken kost € 5,00 per kilogram en met 1,0 kg waterstof kun je 20 kWh maken.
a Bereken de kilometerprijs als de auto op de elektrische energie uit de accu rijdt.
b Bereken de kilometerprijs als de auto op de elektrische energie uit waterstof rijdt.

+ 64 N
Stel dat een auto gemiddeld met 1 L biobrandstof 8,0 km ver komt en 16 000 km per jaar aflegt. Neem aan dat elke m^2 van een akker 0,58 L biobrandstof oplevert.
a Bereken hoeveel biobrandstof nodig is om met een auto één jaar lang te rijden.
b Bereken hoeveel m^2 van dit gewas nodig is om één jaar de biobrandstof voor één auto te leveren.

Je kunt nu
- globaal vertellen hoe je waterstof kunt gebruiken als energieopslag;
- de voor- en nadelen van elektrische rijden bespreken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Practica

1 Het rendement van een dynamo

► 30 minuten leerlingpracticum

Inleiding

De bekendste dynamo is natuurlijk de fietsdynamo, waarbij een wieltje tegen een fietsband wordt gezet om er bewegingsenergie in te stoppen die wordt omgezet in elektrische energie voor de fietslampjes. Bij dit experiment gebruik je geen fietsdynamo, maar een elektromotor. Als je elektrische energie in een motor stopt, wordt ze omgezet in bewegingsenergie, maar omgekeerd kan ook. Als je bewegingsenergie in een elektromotor stopt, wordt ze omgezet in elektrische energie en dan functioneert de motor als dynamo. Je gebruikt twee motoren, één die de bewegingsenergie levert en één die als dynamo deze energie weer omzet in elektrische energie.

Onderzoeksvraag

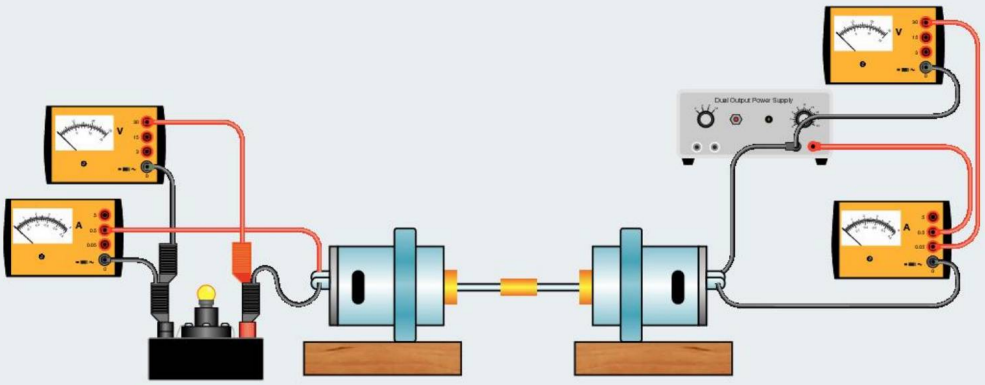
Wat is het rendement van een dynamo?

Voorspelling

Noteer hoeveel procent van de energie volgens jou nuttig wordt gebruikt.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- twee elektromotoren
- twee voltmeters
- twee ampèremeters
- voedingskastje
- lampje
- draden



1 Verbind de assen van de motortjes met elkaar.
2 Maak een stroomkring van het motortje, een ampèremeter en de voeding. Schakel er een voltmeter overheen (op de tekening rechts).
3 Maak een stroomkring van de dynamo, een ampèremeter en het lampje. Schakel ook hier een voltmeter overheen (op de tekening links).
4 Zet het voedingskastje aan en draai de spanning op tot de op de motor aangegeven waarde.
5 Als de motor regelmatig draait, lees je aan de kant van de motor U_{totaal} en I_{totaal} af.
6 Aan de kant van de dynamo lees je U_{nuttig} en I_{nuttig} af.

Vragen

a Bereken uit je meetresultaten P_{totaal} en P_{nuttig}.
b Bereken hieruit het rendement van de dynamo met $\eta = \frac{P_{nuttig}}{P_{totaal}} \times 100\%$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2 Energieverbruik meten

► 30 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Een kWh-meter meet het totale energiegebruik van het huishouden. Om inzicht te krijgen in het gebruik van individuele apparaten zijn verbruiksmeters ontwikkeld die je tussen het stopcontact en het apparaat in plaatst. Op zo'n meter kun je meteen het energiegebruik zien van het apparaat dat je aansluit. Je kunt een tijdmeting doen van het gebruik gedurende langere tijd en als je de energieprijs programmeert, zie je ook nog de kosten. Er zijn verschillende van deze meters te koop. Dit practicum is gebaseerd op een veelgebruikt model, de Energy Check 3000. Als je voor je practicum een ander type krijgt, moet je de aanwijzingen van de fabrikant opvolgen om je meting te doen.

Onderzoeksvraag

Hoe meet je het energiegebruik van een elektrisch apparaat?

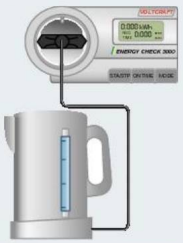
Voorspelling

Noteer wat er volgens jou gebeurt als je een apparaat op een verbruiksmeter aansluit.

Je hebt nodig:
- Energy Check 3000
- verschillende apparaten

Opstelling en werkwijze





1 Steek de Energy Check 3000 in het stopcontact.
2 De verbruiksmeter staat in standaardmode.
3 Sluit een apparaat aan op de verbruiksmeter. Zet het apparaat aan en lees direct het energiegebruik af. Het kan zijn dat deze waarde iets verspringt, dan is het energiegebruik niet constant. Schrijf de gemiddelde waarde op. Als er een energieprijs is ingevoerd, zie je ook meteen de kosten.
4 Om een betere meting van het verbruik te krijgen schakel je om naar registratiemode. Druk hiervoor kort op de MODE-toets. Als het goed is, ziet je display eruit zoals in de figuur rechts.



5 Op deze manier kun je ook het gebruik meten van apparaten met een wisselend vermogen, zoals een wasmachine.
6 Zet je apparaat aan en start een meting door op de STA/STP-toets te drukken. Met dezelfde knop kun je de meting ook weer stoppen.
7 Als je een meting hebt, kun je door op de MODE-knop te drukken vijf aspecten van het energiegebruik zien. 1 het gebruik van het apparaat tijdens de meetperiode, 2 de kosten (als er een prijs is ingevoerd), 3 het gemiddelde vermogen van het apparaat, 4 het laagst gemeten vermogen tijdens de meettijd, 5 het hoogst gemeten vermogen tijdens de meettijd.
8 Bereken het verbruik per uur uit de eerste waarde.
9 Noteer je gegevens in een tabel.
10 Wis de opgeslagen gegevens door langer dan vier seconden tegelijk op de STA/STP-knop en de MODE-knop te drukken.
11 Neem een ander apparaat en voer de proef nog een keer uit.
12 Vergelijk de resultaten van het energiegebruik. Welk apparaat is zuiniger?
13 Test nog enkele andere apparaten.

Vragen

a Vergelijk de gemiddelde waarde van de meting in de standaardmode met het aangegeven vermogen op het apparaat. Komen ze overeen?
b Zit er een groot verschil tussen het hoogste en laagste gemeten vermogen in de meetperiode?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3 Ontwerp je eigen windmolen

► **45 minuten ontwerpopdracht**

Inleiding

Voor het opwekken van elektrische energie maken we nu nog veel gebruik van de verbranding van fossiele brandstoffen. Hierbij komt CO_2 vrij, een broeikasgas dat bijdraagt aan het opwarmen van de aarde. Daarom wordt er steeds meer gezocht naar hernieuwbare energiebronnen. Een van deze energiebronnen is windenergie. In deze opdracht probeer je een windmolen te ontwerpen die zo veel mogelijk energie kan leveren. De wind wordt geleverd door een ventilator en je gebruikt een elektrometer als dynamo. De energieopbrengst wordt bepaald met een weerstand, een voltmeter en een ampèremeter zoals in experiment 1.

Je hebt nodig:
- elektromotor
- voltmeter
- ampèremeter
- ventilator
- weerstandje
- verschillende bouwmaterialen zoals hout, blik, kunststoffen, karton

Opdracht

Ontwerp een windmolen waarmee je zo veel mogelijk energie kunt opwekken.



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

Vraag

Leg uit waarom je de opgewekte energie moet opslaan om haar constant te kunnen gebruiken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4 Het rendement van een zonnecel

► 30 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Een zonnecel zet lichtenergie om in elektriciteit. Bij dit practicum kijk je hoeveel energie daadwerkelijk wordt omgezet in elektriciteit. Theoretisch zou het rendement 15% moeten zijn. Je onderzoekt of dit ook geldt voor de zonnecel die je hebt gekregen.

Onderzoeksvraag

Wat is het rendement van een zonnecel?

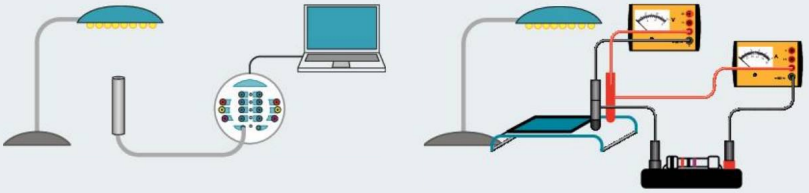
Voorspelling

Noteer hoeveel procent van de energie je denkt dat nuttig wordt gebruikt.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- zonnecel
- voltmeter
- ampèremeter
- weerstandje
- (lamp)
- draden
- laptop of pc
- CoachLab II+
- lichtsensor



1 Zoek een egaal verlicht oppervlak, dat mag worden verlicht door de zon, maar ook door lampen.
2 Je bepaalt het vermogen van het licht dat op het oppervlak valt met de lichtsensor en Coach 6. Sluit de lichtsensor aan op ingang 1 van het CoachLab en start de activiteit 'lichtmeting'.
3 Houd de lichtsensor rechtop op het verlichte oppervlak en lees op de computer het vermogen van het opvallende licht af.
4 Meet de lengte en breedte van je zonnecel en bereken de oppervlakte. Bereken hieruit het vermogen van het licht dat op de zonnecel valt.
5 Bouw de schakeling zoals is afgebeeld in bovenstaande figuur met de zonnecel als spanningsbron, een klein weerstandje en de volt- en ampèremeter om de stroom en spanning te meten.
6 Zet de zonnecel op het verlichte oppervlak, meet de stroom door en spanning over de weerstand.
7 Bereken uit de stroom en spanning het vermogen dat de zonnecel levert.
6 Bereken het rendement van de zonnecel.

Vragen

a Komt je rendement in de buurt van de theoretische 15%?
b Bereken hoeveel van deze zonnecellen je nodig hebt om bij deze belichting een laptop (65 W) van energie te kunnen voorzien.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

5 Isolatieproef

► **25 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

In Nederland worden alleen nog schuren gebouwd met een enkele wand. De rest van de gebouwen zijn beter geïsoleerd. Zo worden woonhuizen tegenwoordig met een binnen- en buitenmuur gebouwd. Bij dit practicum kijk je onder verschillende omstandigheden naar het warmteverlies uit een ruimte. Voor de verschillende ruimtes neem je een aluminium beker die je al dan niet isoleert, wat vergelijkbaar is met de schuur en spouwmuurisolatie bij een woonhuis.

Onderzoeksvraag

Wat is het effect van isolatie op het warmteverlies uit een ruimte?

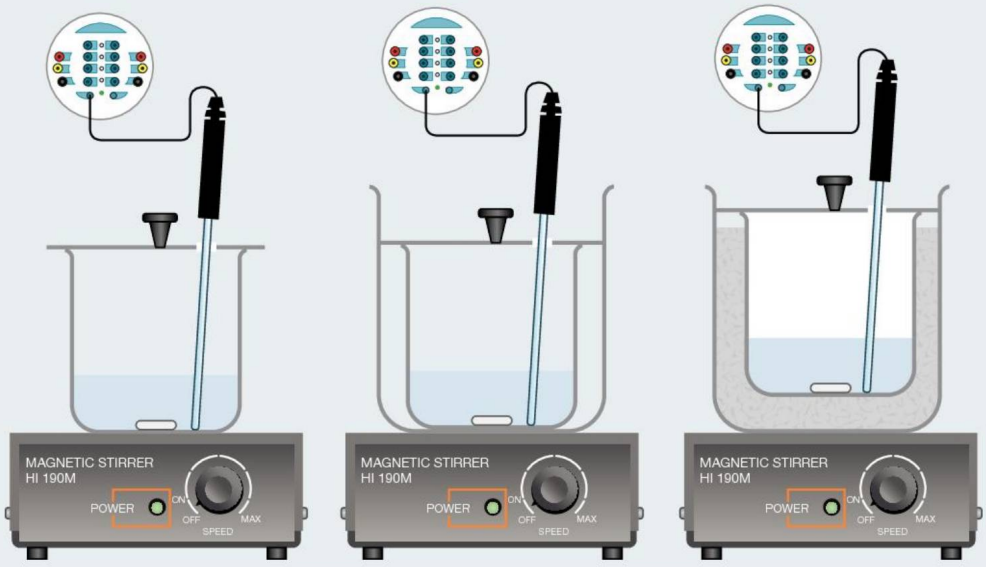
Voorspelling

Wat zou de invloed van isolatie op warmteverlies zijn?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- joulemeter
- magneetroerder
- roervlo
- maatcilinder
- waterkoker
- CoachLab II
- pc of laptop
- temperatuursensor 0511



1. Je docent geeft aan welke opstelling je gaat doormeten.
2. Start de Coach-activiteit 'isolatieproef' op.
3. Sluit de temperatuursensor aan op ingang 1 van het CoachLab.
4. Zet de beker(s) op de magneetroerder. Plaats de roervlo in de binnenbeker. Zet de magneetroerder aan op de stand die je docent heeft aangegeven.
5. Breng in de waterkoker water aan de kook.
6. Meet 100 mL heet water af in de maatcilinder en giet het in de beker. Doe meteen de deksel op de beker en start de meting.
7. Als de meting klaar is, bepaal je met behulp van de helling wat de afkoelsnelheid na één minuut was: (rechtermuisknop – analyse/verwerking – helling).
8. Vergelijk je eigen resultaten met de resultaten van leerlingen die de andere twee opstellingen hebben doorgemeten.

Vragen

a Wat valt je op als je de grafieken van de drie opstellingen vergelijkt?

b Wat valt je op als je de afkoelsnelheden na één minuut met elkaar vergelijkt? Bereken hoeveel procent het warmteverlies afneemt bij de dubbelwandige situatie en bij de dubbelwandige geïsoleerde situatie.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Oefentoets

Biomassa?

1 Biomassa is niet per se duurzaam. Geef een reden waarom dat zo is.

Elektriciteitscentrales

Als je wilgenhout in een kolencentrale stookt wordt de uitstoot van CO_2 minder groot.

2 Leg uit waarom deze uitstoot minder groot is.

In een kerncentrale wordt door splijtingen van atomen kernenergie in stappen omgezet in elektrische energie. Over kernenergie wordt uit milieuoverwegingen verschillend gedacht.

3 Welke eigenschap van kernenergie is vanuit milieuoverwegingen goed?

4 Noem twee eigenschappen van kernenergie die vanuit milieuoverwegingen niet zo best zijn.

Thermische verontreiniging

Elektriciteitscentrales veroorzaken thermische verontreiniging.

5 Leg uit wat hiermee wordt bedoeld.

6 Leg uit dat door energiezuinig gedrag de thermische verontreiniging minder wordt.

Rendement van een ventilator

Een ventilator (1,6 kW) staat 5,5 uur aan en produceert 5,32 MJ aan warmte.

7 Bereken hoeveel dit kost (1 kWh kost € 0,22).

8 Bereken het rendement van de ventilator.

Verbrandingswarmte

In een ketel verbrandt 0,9 liter stookolie met een verbrandingswarmte van 40 MJ/L. In deze ketel hangt een bak met water. Het rendement van dit systeem is 66%.

9 Bereken de energie die het water opneemt.

De zon

De zonnestraling die in Nederland op elke m^2 aarde valt heeft gemiddeld een vermogen van 110 W (dag en nacht meegerekend). Op een akker van 1,0 hectare (10 000 m^2) kun je suikerriet verbouwen en dat levert bij verbranden 157 GJ per jaar op.

10 Bereken hoeveel energie aan zonnestraling per jaar op 1,0 m^2 valt.

11 Bereken het rendement van de omzetting van zonne-energie in chemische energie in biomassa.

Een benzineauto

De auto heeft een benzinemotor met een rendement van 21%. De verbrandingswarmte van benzine is 33 GJ/m^3.

12 Bereken hoeveel benzine er is verbrand om de auto 45 minuten te laten rijden.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Duurzaamheid

Er bestaan drie manieren om duurzamer met energie om te gaan:

- beperken van energiegebruik
- duurzamere (hernieuwbare) energiebronnen gebruiken
- efficiënter en/of schoner omzetten van fossiele brandstoffen

Geef aan van welke manier sprake is bij de onderstaande situaties en geef een korte toelichting.

13 Opslag van CO_2 in de aarde op plaatsen waar eerst aardgas was.

14 Het vervangen van gloeilampen door ledverlichting.

15 Het plaatsen van zonnepanelen op huizen.

Zonnepanelen

Een boer haalt zijn koeien uit een weiland en zet er zonnepanelen neer. In totaal plaatst hij 300 panelen. Elk paneel heeft een oppervlak van 1,5 m^2 met een rendement van 21,5%. In Nederland levert zonlicht gemiddeld 2,7 kWh per vierkante meter per dag.

16 Hoeveel energie (in kWh) wordt er per jaar opgevangen door één zonnepaneel?

17 Hoeveel energie levert één zonnepaneel per jaar?

De zonnepanelen hebben de boer € 90 000 gekost. De energie die hij binnenkrijgt, verkoopt hij aan het energiebedrijf voor 4 eurocent per kWh.

18 Na hoeveel jaar heeft de boer de panelen terugverdiend?

Elektrische auto

Een elektrische auto (P = 15 kW) rijdt door de bergen. De massa van de auto is 1000 kg en de auto rijdt gedurende 45 minuten slingerend omhoog.

19 Bereken hoeveel energie in die tijd is omgezet.

3% van de omgezette energie komt ten goede aan de stijging van de auto.

20 Bereken hoeveel meter de auto in die 45 minuten is gestegen.

Waterstof

Bij het gebruik van waterstof als energiedrager let je op de effecten op het milieu.

+21 Leg uit dat de productie van waterstof weinig milieubelasting hoeft te geven.

+22 Leg uit dat het gebruiken van waterstof weinig milieubelasting geeft.

+23 Waarom zie je waterstof eerder toegepast in autobussen dan in personenauto's?

+24 Geef drie manieren om de actieradius bij elektrisch rijden te vergroten.

Waterstof versus elektrisch

In een auto met 6,0 kg waterstof in de tank is een waterstofcel (rendement 56%) ingebouwd. Er is verder een elektromotor (rendement 82%). Daarmee kan de auto met een constante snelheid acht uur rijden. De verbrandingswarmte van waterstof is $1{,}2 \cdot 10^8$ J/kg.

+25 Bereken de elektrische energie die de waterstofcel in acht uur levert.

+26 Bereken het elektrische vermogen van de elektromotor.

+27 Bereken het totale rendement.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



6 Licht

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Op de foto zie je iemand die op zijn mobiele telefoon een foto van een tenniswedstrijd maakt. In de camera zit een lens die het tennisveld op een klein scherm afbeeldt. Lenzen kom je ook tegen in digiborden, diaprojectoren en in je ogen. Hoe werkt een lens eigenlijk?

Paragraaf	Practica
6.1 Licht en beeld	**1** Fotograferen
6.2 Breking	**2** Breking **3a** Speldenpracticum met een spiegel **3b** Speldenpracticum met een lens
6.3 Construeren bij lenzen	**4** Lenzen I
6.4 Oogafwijkingen	**5** Brillen
+6.5 Rekenen aan lenzen	**6** Lenzen II
Oefentoets	

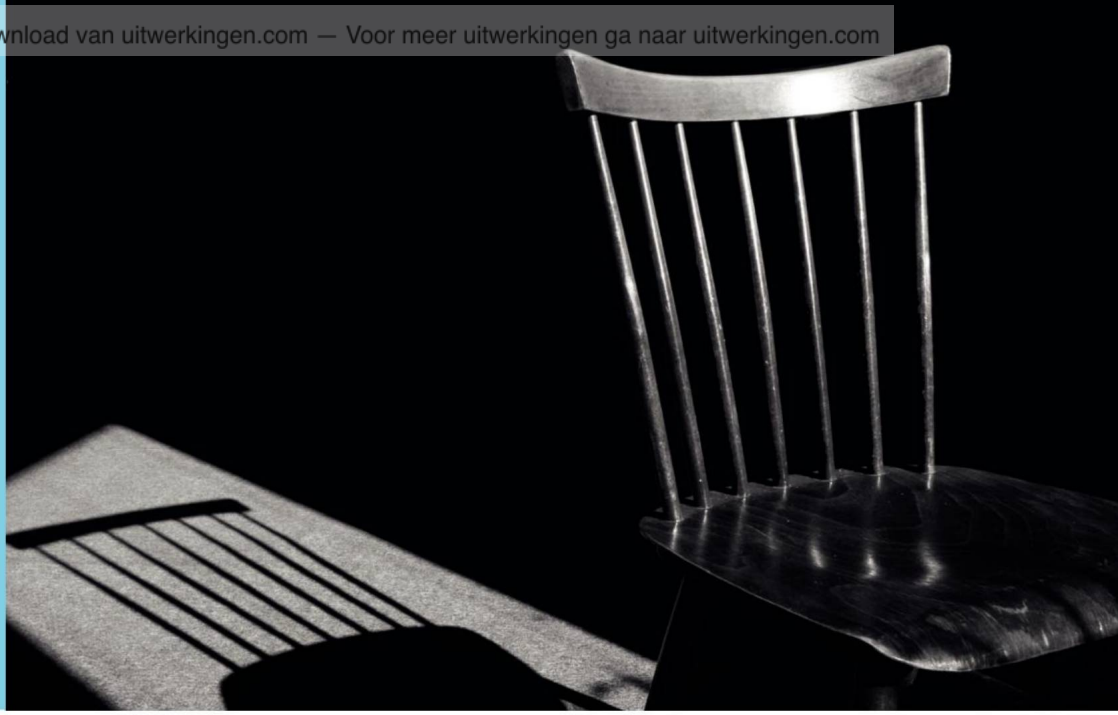
Overal online

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
Op de foto zie je een stoel. Bestudeer de stoel en zoek antwoord op de volgende twee vragen:
1 Waar bevindt zich de lichtbron die de stoel verlicht?
2 Verklaar waarom bepaalde dingen in de foto lichter zijn, en bepaalde dingen donkerder.



Je leert
- hoe je met licht waarneemt.

6.1 Licht en beeld

Licht
Als je je ogen dicht hebt of als het pikdonker is, zijn rondlopen en dingen herkennen veel moeilijker. Je ogen nemen licht waar. Van alles wat je ziet, moet dus licht komen. Er zijn twee soorten verlichting:
- **Primair licht** is afkomstig van een lichtbron. Zie figuur 6.1a. Voorbeelden van primair licht zijn de zon, een lamp of vuur.
- **Secundair licht** is afkomstig van een voorwerp dat licht reflecteert. Zie figuur 6.1b. Voorbeelden van secundair licht zijn de maan en een reflector. Maar ook een tafel in de zon, een huis op een bewolkte dag, een kamer bij een brandende kaars, een boek bij een leeslampje, enzovoort.



6.1a Primair licht van een vlam



b Secundair licht. De lamp hier geeft primair licht. Al het andere geeft secundair licht.

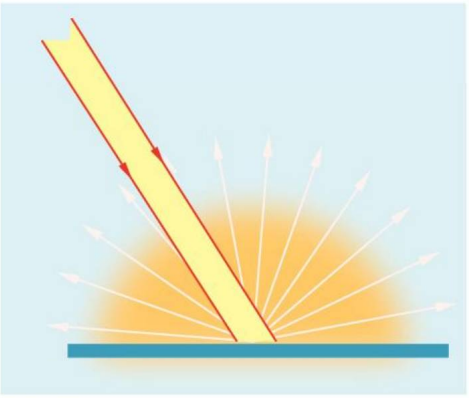
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

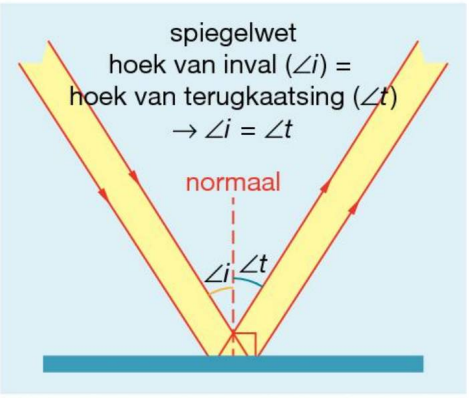
Licht heeft een aantal eigenschappen. Drie belangrijke eigenschappen zijn:
1 licht beweegt in een rechte lijn van de bron af met 300 000 km/s;
2 kleur: je hersenen kennen aan verschillende soorten licht verschillende kleuren toe;
3 de stralengang is omkeerbaar: als een lichtstraal van A naar B gaat, is er ook een lichtstraal mogelijk die precies de omgekeerde weg volgt van B naar A.

Voor het waarnemen van licht geldt iets vergelijkbaars als voor het waarnemen van geluid. Voor geluidswaarneming heb je drie dingen nodig: (1) een geluidsbron, (2) een medium (een tussenstof) en (3) een ontvanger. Ook voor lichtwaarneming heb je een bron en een ontvanger nodig. Bijvoorbeeld een vlam (1) en een oog (3). Maar licht heeft geen medium nodig: licht van de zon gaat bijvoorbeeld via het vacuüm van het heelal in een rechte lijn naar de aarde.

Licht dat op een oppervlak valt, kan drie dingen doen:
1 Het oppervlak absorbeert het licht en zet lichtenergie om in warmte-energie. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij licht dat op zwart papier valt.
2 Het oppervlak laat het licht door. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij glas.
3 Het licht weerkaatst op het oppervlak. Dat weerkaatsen kan op twee manieren:
   a Licht kan **diffuus** weerkaatsen. Het licht weerkaatst dan alle kanten op, zie figuur 6.2a. Op papier- en op textieloppervlakken weerkaatst licht bijvoorbeeld diffuus.
   b Licht kan **spiegelend** weerkaatsen, licht weerkaatst dan één kant op, zie figuur 6.2b. Spiegelend weerkaatsen gebeurt bijvoorbeeld bij een spiegel of bij een glad wateroppervlak.



6.2a Diffuus weerkaatsen



b Spiegelend weerkaatsen via de spiegelwet

► **Practicum 1**

Bij de meest oppervlakken kunnen hierboven genoemde zaken door elkaar voorkomen. Voor de huid van de vrouw in figuur 6.3 geldt bijvoorbeeld:
1 Ze absorbeert een deel van het licht. De huid absorbeert sommige kleuren wel en andere niet, waardoor ze kleur krijgt.
2 Een deel van de het licht weerkaatst ze spiegelend, daarom zie je er **spitslichtjes** op. Spitslichtjes zijn glinsteringen. Het zijn weerspiegelingen van de lichtbron.
3 Ze weerkaatst een deel van het licht diffuus, daarom kun je de huid vanaf alle kanten zien.



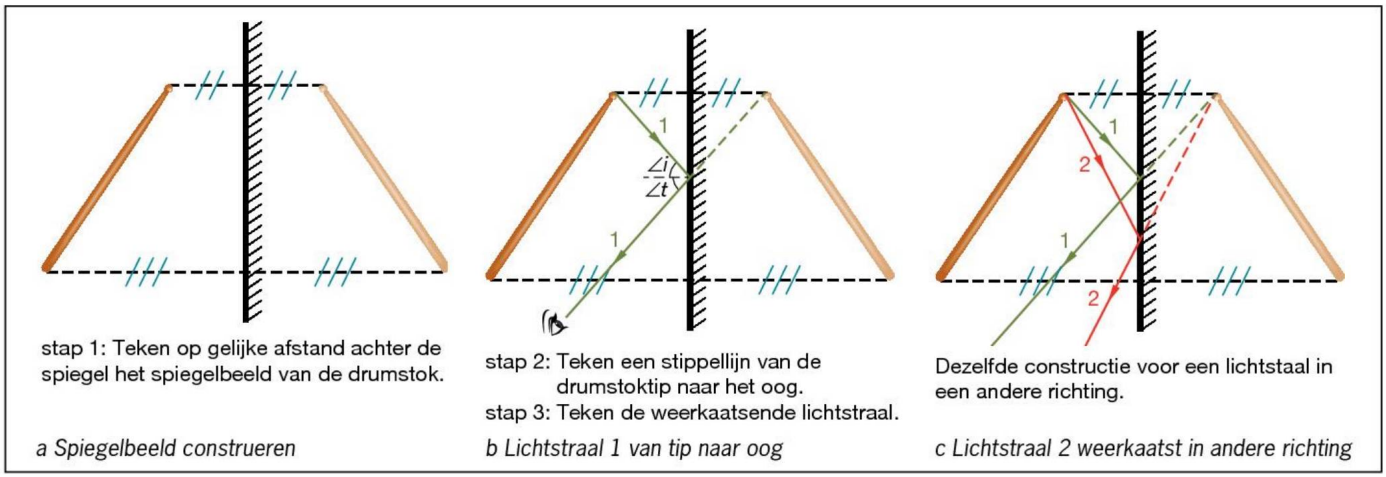
6.3 Spitslichtjes in de ogen, op de neus en op de lippen.

Beeldvorming bij een spiegel

Als je in een spiegel kijkt, zie je de wereld om je heen terug in die spiegel. Je kunt op twee manieren bij een spiegel construeren.
1 Je kunt construeren met spiegelbeelden.
2 Je kunt construeren met de spiegelwet, zie figuur 6.2b. Wat voor de spiegel staat, noem je het **voorwerp**, de weerspiegeling van het voorwerp noem je het beeld of het spiegelbeeld.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

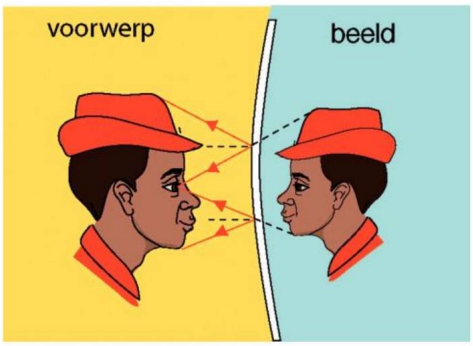


6.4 Construeren met spiegelbeelden

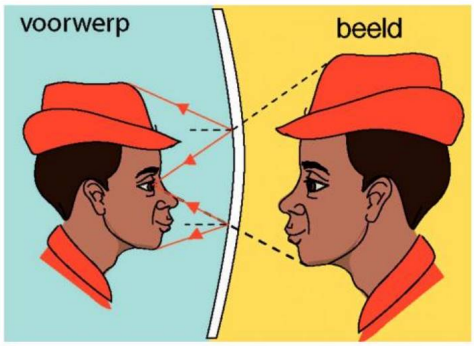
In figuur 6.4a zie je hoe je het spiegelbeeld van een drumstok construeert bij een vlakke spiegel. In figuur 6.4b zie je hoe je met dat beeld vervolgens een lichtstraal 1 construeert die van de tip van de drumstok naar je oog gaat. In figuur 6.4c zie je hoe een lichtstraal 2 vanuit de tip in een andere richting gaat. De lichtstralen vanaf de tip lijken na reflectie allemaal uit het spiegelbeeld te komen.
Ieder punt van de originele drumstok correspondeert met één punt achter de spiegel. Het is daardoor net of zich achter de spiegel een tweede drumstok bevindt. Je spreekt van een **beeld** als er van ieder punt van een voorwerp één punt op het beeld is.
Als je lichtstralen construeert via spiegelbeelden, voldoen ze automatisch aan de spiegelwet.

Vergroten en verkleinen

In een lachspiegel zie je jezelf vergroot of verkleind. De **vergrotingsfactor** geeft aan hoeveel keer zo groot een beeld is ten opzichte van een voorwerp. In een vlakke spiegel is het beeld even groot als het voorwerp en is de vergrotingsfactor 1. In een bolle spiegel is het beeld kleiner dan het voorwerp en is de vergrotingsfactor kleiner dan 1. Zie figuur 6.5. In een holle spiegel kan het beeld groter dan het voorwerp zijn. De vergrotingsfactor is in dat geval groter dan 1. Zie figuur 6.6.



6.5 In een bolle spiegel zie je iets verkleind.



6.6 In deze holle spiegel zie je iets vergroot.

Samengevat

Als je een voorwerp ziet, komt er primair of secundair licht van dat voorwerp. Primair licht komt van lichtbronnen, secundair licht van reflectoren. Een oppervlak kan licht dat erop valt absorberen en/of doorlaten en/of diffuus en/of spiegelend weerkaatsen. Op spiegelende oppervlakken kunnen spitslichtjes ontstaan.
Je kunt bij een spiegel construeren met spiegelbeelden en via de spiegelwet. Je spreekt van een beeld als er van ieder punt van een voorwerp één punt op het beeld is. De vergrotingsfactor geeft aan hoeveel keer zo groot een beeld is ten opzichte van het voorwerp.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

6.1 Opdrachten

A 1 M

a Leg uit wat het verschil is tussen primair licht en secundair licht.
b Hoe luidt de spiegelwet?
c Weerkaatst een oppervlak waarop je spitslichtjes ziet diffuus, of weerkaatst het spiegelend?

B 2 M

Licht valt op het glas van een zonnebril. Leg uit waaraan je merkt dat:
a een deel van het licht wordt geabsorbeerd;
b een deel van het licht wordt doorgelaten;
c een deel van het licht diffuus weerkaatst;
d een deel van het licht spiegelend weerkaatst.

B 3 M

Leg uit of de spiegel hiernaast bol is of hol.



B 4 M

Bekijk de spitslichtjes in figuur 6.3.
a Teken een gezicht in je schrift zonder de twee ogen er al in te tekenen.
b Teken in het gezicht één oog zonder spitslichtje.
c Teken in het gezicht een tweede oog met een spitslichtje.
d Leg uit dat je ogen en hersenen gebruikmaken van spitslichtjes bij het waarnemen van vormen.
e Zoek op internet of je portretschilderijen kunt vinden zonder spitslichtjes in de ogen.

B 5

Bekijk nogmaals de openingsfoto van deze paragraaf.
a Waar stond de lichtbron die deze scene heeft verlicht?
b Benoem zo veel mogelijk bewijzen die in de foto zijn te vinden voor je antwoord op vraag **a**.
c Welke lichtbron denk je dat de stoel verlicht? Zou het gaan om een kaars? Om een lamp? Of om iets anders?
d Benoem zo veel mogelijk bewijzen die in de foto zijn te vinden voor je antwoord op vraag **c**.

Op het zitvlak van de stoel zie je een aantal lichte lijnen.
e Wat veroorzaakt deze lichte lijnen?
f Is de oorzaak primair licht of secundair licht?

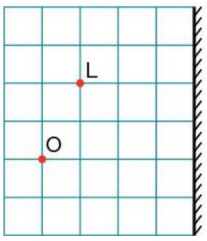
B 6 M

a Is het verkleinde spiegelbeeld in figuur 6.5 dichterbij, even ver weg of verder weg van de spiegel dan de persoon?
b Is het vergrote spiegelbeeld in figuur 6.6 dichterbij, even ver weg of verder weg van de spiegel dan het voorwerp?

Bekijk jezelf in een vlakke spiegel.
c Is je spiegelbeeld dichterbij, even ver weg of verder weg van de spiegel dan jijzelf?

B 7

Voor een spiegel staan een puntvormig lampje L en een puntvormig oog O.



a Neem de tekening correct over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Bepaal de plaats van het spiegelbeeld van de lamp.
b Teken de lichtbundel die vanaf het lampje de hele spiegel beschijnt en wordt teruggekaatst.
c Teken de lichtstraal die vanaf het lampje L vertrekt, terugkaatst van de spiegel en door punt O gaat.

C 8 N

Als je overdag door een ruit naar buiten kijkt, kun je prima door de ruit heen kijken. Als je dit doet als het buiten donker is, lukt dit een stuk minder goed. Je ziet dan vooral je eigen weerspiegeling. Pas als het licht in je kamer uit is, kun je weer beter door de ruit heen kijken. Leg uit hoe dit komt.

C 9 N

Je staat 70 cm van een vlakke spiegel. Precies in het midden tussen jou en de spiegel bevindt zich op ooghoogte een insect. Je kijkt naar het beeld van het insect en van jezelf in de spiegel. Je loopt 70 cm naar achteren.
a Hoeveel cm verandert dan de afstand tussen jou en het beeld van het insect, en tussen jou en je spiegelbeeld?

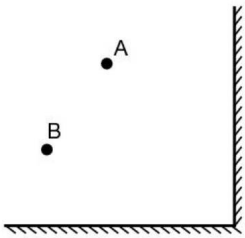
Stel dat het insect bij opdracht **a** zich niet op 35 cm afstand van de spiegel bevond, maar bijvoorbeeld op 50 cm afstand.
b Leg uit of dat je antwoord op opdracht **a** beïnvloedt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 10 N

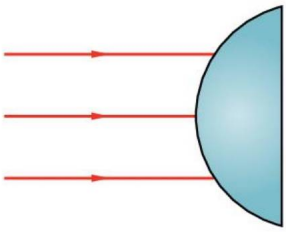
Neem de figuur hiernaast over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Construeer de lichtstraal die via beide spiegels van A naar B gaat.



C 11

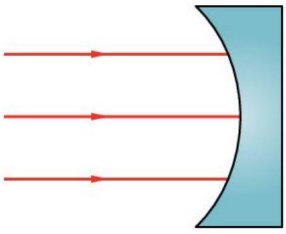
Op een bolle spiegel vallen lichtstralen.

a Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Construeer met de spiegelwet hoe de spiegel de stralen weerkaatst.



Op een holle spiegel vallen lichtstralen.

b Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Construeer met de spiegelwet hoe de spiegel de stralen weerkaatst.



c Wat gebeurt er in beide bovenstaande gevallen met de lichtstraal die horizontaal invalt op het midden van de spiegel?

d Kies het juist antwoord. Een bolle spiegel heeft een *convergerende / divergerende* werking. Een holle spiegel heeft een *convergerende / divergerende* werking.

+ 12

Bestudeer het schilderij boven in de kolom rechts.

a Benoem zo veel mogelijk spitslichtjes in het schilderij.

Kijk om je heen waar je nu bent.

b Benoem zo veel mogelijk spitslichtjes om je heen.

Je ziet spitslichtjes op oppervlakken die spiegelen. De locaties waar je spitslichtjes ziet, hebben vaak ook nog iets anders met elkaar gemeenschappelijk. Kijk goed om je heen en bekijk ook nog eens goed bovenstaand schilderij.



c Hoeveel spitslichtjes zie je op rechte oppervlakken?

d Op wat voor oppervlakken zie je vaak spitslichtjes?

e Waarom zie je in ogen vaak spitslichtjes?

Kijk naar de spitslichtjes om je heen en beweeg je hoofd.

f Zitten spitslichtjes vast op de oppervlakken als je beweegt?

Als je om je heen kijkt, zie je ook vast schaduwen. Kijk naar enkele schaduwen om je heen die je niet zelf veroorzaakt en beweeg je hoofd of loop rond.

g Zitten schaduwen vast op de oppervlakken als je beweegt?

h Zoek een verklaring voor het verschil tussen de vorige twee antwoorden.

+ 13 N

Bij ondergaande zon zie je op het water weleens een 'lichtzuil': een soort pad van licht op het water.
Verklaar de lichtzuil op de foto hieronder.



Je kunt nu

- uitleggen wat primair en secundair licht is;
- drie eigenschappen van licht noemen;
- uitleggen welke drie dingen een oppervlak kan doen met licht dat erop valt;
- het verschil tussen diffuus en spiegelend weerkaatsen aangeven;
- uitleggen en herkennen wat spitslichtjes zijn;
- spiegelbeelden construeren bij vlakke spiegels en daarmee lichtstralen construeren;
- werken met de spiegelwet bij spiegelende oppervlakken;
- uitleggen wat de vergrotingsfactor is.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

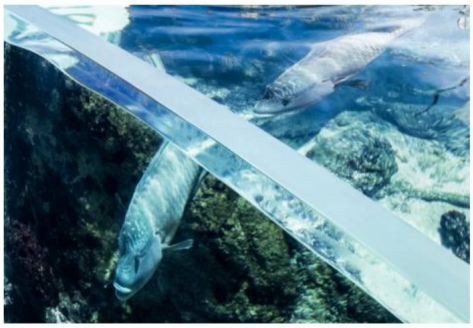


Discussievraag
De vrouw op de foto is aan het pootjebaden. Je ziet haar voeten onder water op een andere plaats dan je ze zou zien als er geen water was geweest.
Waar merk je vaker dat je iets op een andere plaats ziet dan waar het is?

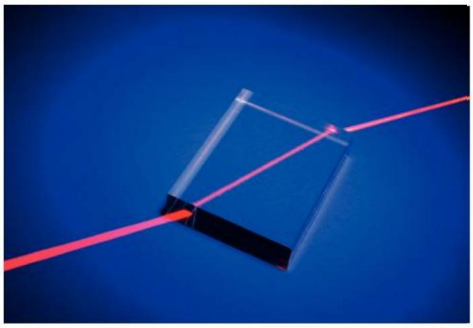
Je leert
- hoe lichtstralen knikken als ze een voorwerp in- of uitgaan.

6.2 Breking

Wat is breking?
Als je kijkt naar een vis in een aquarium, zie je de vis soms via de zijkant op een andere plaats dan wanneer je via het wateroppervlak kijkt, zie figuur 6.7. Lichtstralen knikken als ze een doorschijnende stof ingaan of uitgaan, zie figuur 6.8. Dat knikken noem je **breking**. In figuur 6.9 zie je hoe je door breking een vis op een andere plaats ziet dan hij in werkelijkheid is. Doordat lichtstralen omkeerbaar zijn, ziet de vis jou ook ergens anders dan je in werkelijkheid bent.



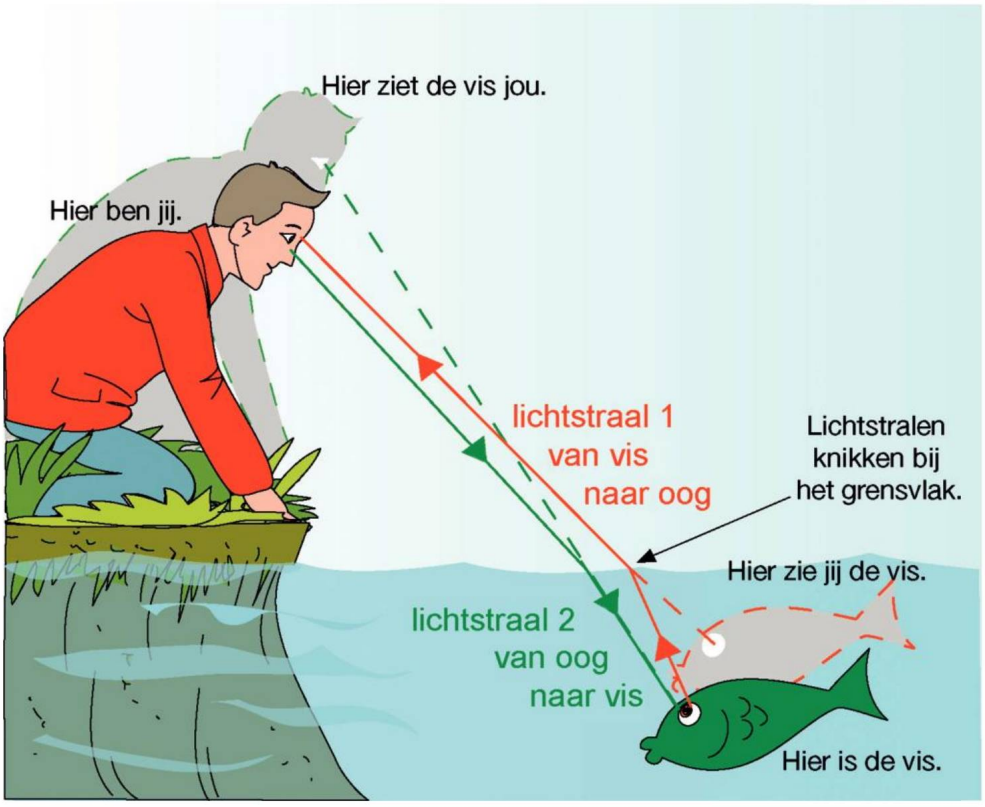
6.7 Van opzij zie je de vis ergens anders dan van boven.



6.8 Een lichtbundel valt op glas.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

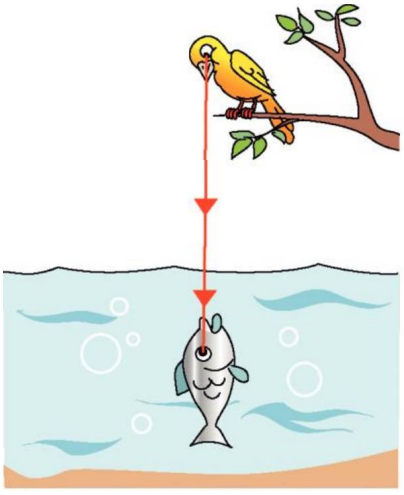


6.9 Doordat lichtstralen breken, zie je een vis op een andere plaats dan waar hij is.

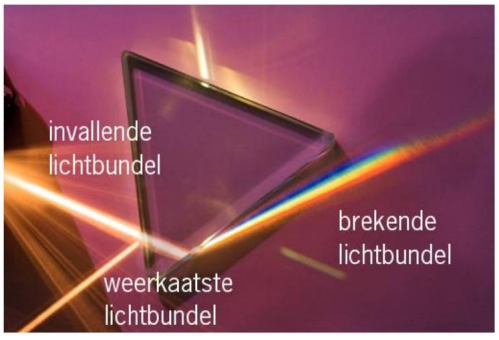
De knik is niet altijd even groot, oftewel de breking is niet altijd even sterk. Breking hangt af van:

1 Hoe schuiner een lichtstraal invalt, hoe sterker de breking. Lichtstralen die recht invallen, breken niet. Zie figuur 6.10.
2 Breking hangt af van kleur: violet licht breekt bijvoorbeeld sterker dan rood licht. Een prisma kan zo wit licht in alle kleuren van de regenboog scheiden. Zie figuur 6.11.
3 De ene stof breekt lichtstralen meer dan de andere. Bij een overgang van lucht naar glas is de breking bijvoorbeeld sterker dan bij een overgang van lucht naar water. Zie figuur 6.12.

In figuur 6.11 zie je dat het prisma ook een deel van de bundel weerkaatst. Die weerkaatsing voldoet aan de spiegelwet. In figuur 6.12 op de pagina hierna is die weerkaatste bundel weggelaten en kijk je alleen naar de gebroken lichtbundel.



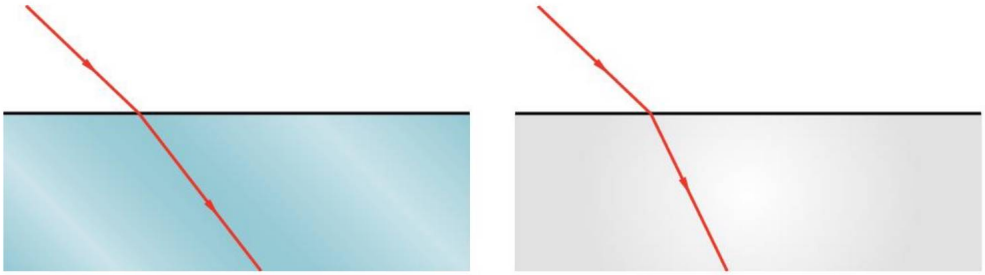
6.10 Een lichtstraal die recht invalt op een oppervlak breekt niet.



6.11 Een prisma scheidt wit licht in alle kleuren van de regenboog.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



6.12 Glas breekt lichtstralen meer dan water.

Breking van lucht naar glas en van glas naar lucht

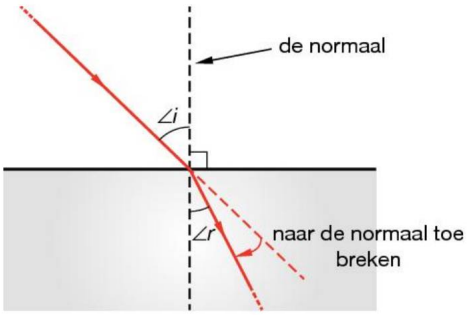
► Practicum 2

Lichtstralen breken zowel als ze een doorschijnende stof ingaan, als wanneer ze een doorschijnende stof uitgaan.

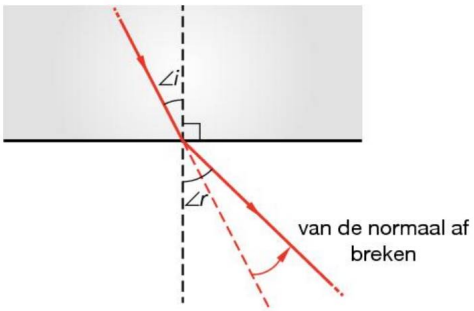
De **normaal** is de hulplijn die loodrecht op een oppervlak staat. In figuur 6.13 zie je dat als een lichtstraal de stof ingaat de lichtstralen naar de normaal toe breken. Dat betekent dat de brekingshoek $\angle r$ kleiner is dan de invalshoek $\angle i$.

In figuur 6.14 zie je dat lichtstralen die een stof uitkomen, juist van de normaal af breken: de brekingshoek $\angle r$ is groter dan de invalshoek $\angle i$.

Een lichtstraal die een doorschijnende stof ingaat, breekt dus naar de normaal toe. Een lichtstraal die een doorschijnende stof uitgaat, breekt juist van de normaal af. Dit verklaart waarom jij en de vis elkaar op andere plekken zien, zie figuur 6.9. Doordat lichtstralen omkeerbaar zijn, is figuur 6.14 eigenlijk dezelfde figuur als 6.13. Als je figuur 6.14 op zijn kop zet, zie je dat hij identiek is aan figuur 6.13, alleen gaat de lichtstraal de tegenovergestelde richting op.



6.13 Breking van lucht naar glas naar de normaal toe



6.14 Breking van glas naar lucht van de normaal af

Toepassing van breking: lenzen

► Practicum 3a
► Practicum 3b

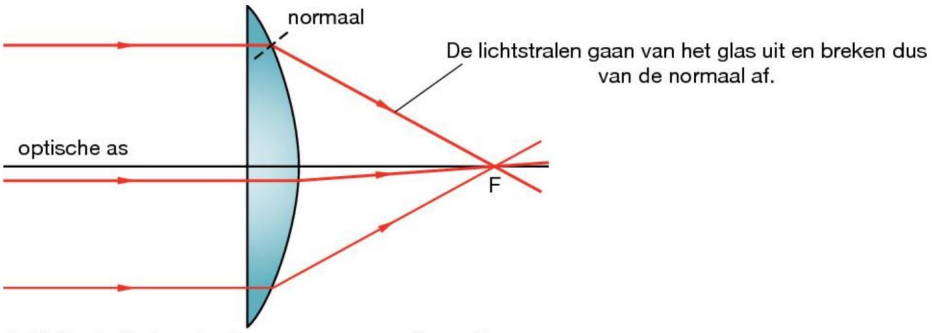
Met een bolle lens kun je vuur maken. Op de lens valt dan een lichtbundel die afkomstig is van de zon. De lens 'knijpt' die lichtbundel samen tot een punt. Met een holle lens lukt vuur maken niet. Bolle lenzen hebben een convergerende werking, holle lenzen hebben een divergerende werking. Deze convergerende en divergerende werking verklaar je met breking. Bolle lenzen noem je **positieve lenzen**, holle lenzen noem je **negatieve lenzen**.

© Noordhoff Uitgevers bv

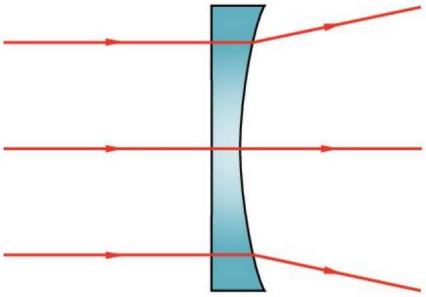
Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

In onderstaande figuren 6.15 en 6.16 zie je wat lenzen voor invloed hebben op evenwijdige invallende lichtbundels. Je ziet waardoor er sprake is van convergerende werking en waardoor er sprake is van divergerende werking.

De as die door het midden van de lens loopt, noem je de **optische as**. Lichtstralen die evenwijdig aan de optische as invallen, komen achter een bolle lens in één punt samen. Dit noem je het **brandpunt F**. Zie figuur 6.15. Door papier in het brandpunt te houden kun je vuur maken.



6.15 Een bolle lens heeft een convergerende werking.



6.16 Een holle lens heeft een divergerende werking.

Samengevat

Een lichtstraal die een doorschijnende stof ingaat, breekt naar de normaal toe. Een lichtstraal die een doorschijnende stof uitgaat, breekt van de normaal af.
Hoe groot de breking is, hangt af van:
1 hoe schuin het licht invalt;
2 de kleur van het gebruikte licht;
3 de stof waar het licht in- of uitgaat.
Bolle lenzen noem je positieve lenzen, holle lenzen noem je negatieve lenzen. Met breking kun je verklaren waarom een bolle lens een convergerende werking heeft en een holle lens een divergerende werking.
Lichtstralen die evenwijdig aan de optische as invallen, komen achter een bolle lens samen in het brandpunt F.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

6.2 Opdrachten

A 14 M

Leg uit wat er bij een bolle lens gebeurt met lichtstralen die evenwijdig aan de optische as invallen.

A 15

Noem drie factoren waarvan afhangt hoe sterk de breking is van een lichtstraal die een stof ingaat.

A 16 M

Leg uit waardoor een prisma wit licht in alle kleuren van de regenboog kan scheiden.

B 17 M

Met een bolle lens kun je vuur maken door een papiertje in het brandpunt te houden.

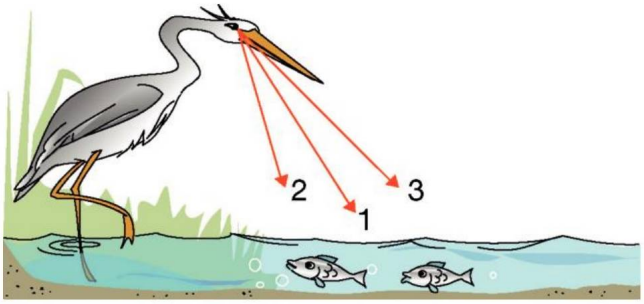
a Leg uit of je met een bolle spiegel vuur kunt maken.
b Leg uit of je met een holle lens vuur kunt maken.
c Leg uit of je met een holle spiegel vuur kunt maken.

B 18 M

In paragraaf 6.1 leerde je drie eigenschappen van licht. Met welke van die eigenschappen hangt samen dat in figuur 6.13 het tegenovergestelde effect te zien is van figuur 6.14?

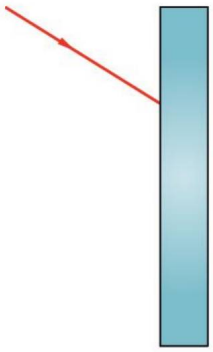
B 19

Watervogels, zoals reigers, moeten hun waarnemingen corrigeren als ze aan het vissen zijn. De prooi zwemt op een andere plaats dan een reiger waarneemt.
Een reiger kijkt in richting 1 en ziet een vis.



Leg uit in welke van de twee andere richtingen de reiger een goede kans heeft de vis te grijpen. Gebruik daarbij eventueel een tekening.

B 20



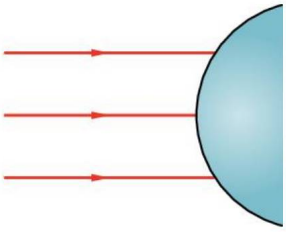
Een lichtstraal valt schuin in op een glazen ruit, zie de figuur. Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

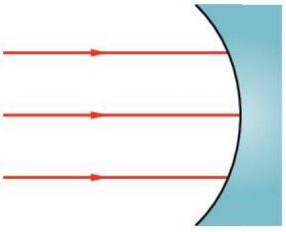
a Teken de normaal waar de lichtstraal de ruit ingaat.
b Teken nauwkeurig de teruggekaatste lichtstraal.
c Schets hoe de lichtstraal breekt als hij het glas ingaat.
d Teken nauwkeurig hoe de lichtstraal vervolgens breekt als hij het glas weer uitgaat. Maak daarvoor gebruik van de eigenschap dat lichtstralen omkeerbaar zijn.
e Kies het juiste antwoord. De lichtstraal die de ruit ingaat loopt *wel / niet* evenwijdig aan de lichtstraal die het glas uitgaat.
f Leg uit waarom je iets (bijna) niet verplaatst ziet als het achter een dunne glazen ruit staat, ondanks dat er wel breking is.

B 21

In de linker figuur hieronder vallen drie lichtstralen op een bolle lens.

a Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Schets de normalen en schets hoe de stralen breken.





In de rechter figuur vallen drie lichtstralen op een holle lens.

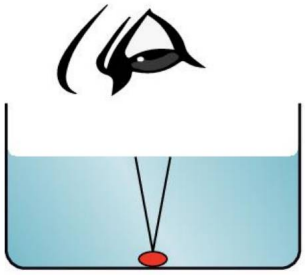
b Neem de tekening over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Schets de normalen en schets hoe deze stralen breken.
c Wat gebeurt er in beide bovenstaande gevallen met de lichtstraal die horizontaal invalt op het midden van de lens?
d Kies het juiste antwoord. Een bolle lens heeft een *convergerende / divergerende* werking. Een holle lens heeft een *convergerende / divergerende* werking.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 22 N

Een juweel ligt op de bodem van een aquarium. Je ziet in de figuur hiernaast twee lichtstralen die het water uitgaan.



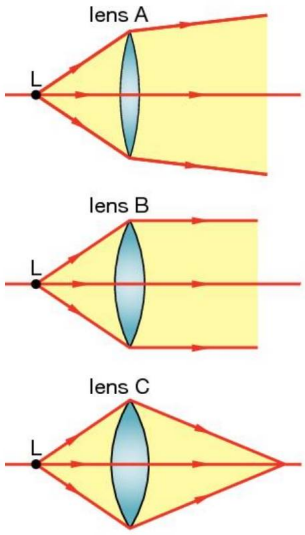
a Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Schets hoe de lichtstralen het water uitgaan en in het oog komen.

b Schets waar de twee lichtstralen die in het oog komen elkaar snijden.

c Leg uit dat iemand die boven water naar het juweel kijkt het juweel dichterbij ziet dan het in werkelijkheid is.

C 23

In de figuur hiernaast zie je driemaal dezelfde lichtbundel waarin drie verschillende lenzen worden geplaatst. De lichtbundel uit lens C komt samen in punt L*.



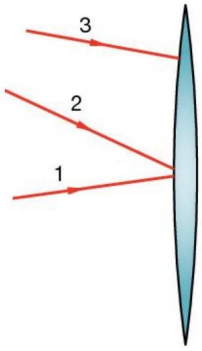
a Leg uit of dit wel of niet het brandpunt is.

Hoe sterker een lens, hoe groter de convergerende of divergerende werking.

b Rangschik de lenzen in volgorde van opklimmende sterkte.

C 24

Lichtstraal 1 en 2 vallen schuin in op het midden van een lens, zie de figuur hiernaast. Lichtstraal 3 valt schuin in op de bovenkant van de lens.



a Bij welke lichtstralen lijkt de situatie bij de lens op de situatie bij de dunne glazen ruit?

b Neem de tekening over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Teken de normaal op de plekken waar de lichtstralen de lens raken.

c Schets hoe de lichtstralen breken als ze de lens ingaan.

d Teken nauwkeurig hoe de lichtstralen 1 en 2 vervolgens breken als ze de lens weer uitgaan. Schets hoe lichtstraal 3 breekt als hij de lens uitgaat.

e Kies het juiste antwoord. Lichtstralen die invallen op het midden van een lens *gaan rechtdoor / breken*. Lichtstralen die ergens anders invallen op een lens *gaan rechtdoor / breken*.

+ 25 N

Met de volgende formule kun je de brekingshoek berekenen:

$$\frac{\sin \angle i}{\sin \angle r} = n$$

met $\angle i$ **hoek van inval in graden (°)**
$\angle r$ **de hoek van breking in graden (°)**
n **de brekingsindex van een stof (geen eenheid)**

De brekingsindex van water is 1,5. Een lichtstraal gaat onder een hoek $\angle i$ van 30° water in.

a Bereken de hoek van breking en teken de situatie.

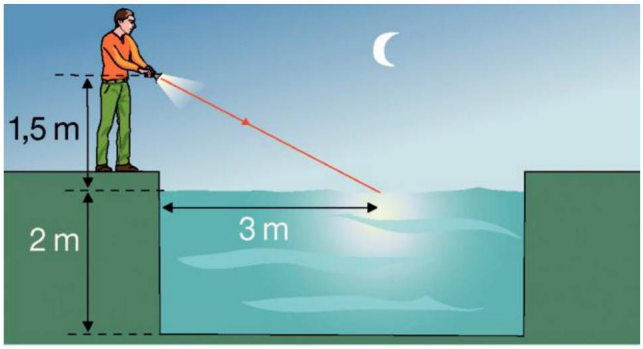
Een lichtstraal komt onder een hoek $\angle r$ van 50° water uit.

b Bereken de hoek van inval.

c Bepaal door opmeten de brekingsindex van de stof in figuur 6.13.

+ 26 N

Bert verloor zijn ring in het zwembad. 's Avonds speurt hij met een zaklamp de bodem af. Zie de figuur voor gegevens. Bereken met de formule en de brekingsindex van water uit de vorige opdracht op welke afstand van de kant de lichtstraal de bodem raakt.

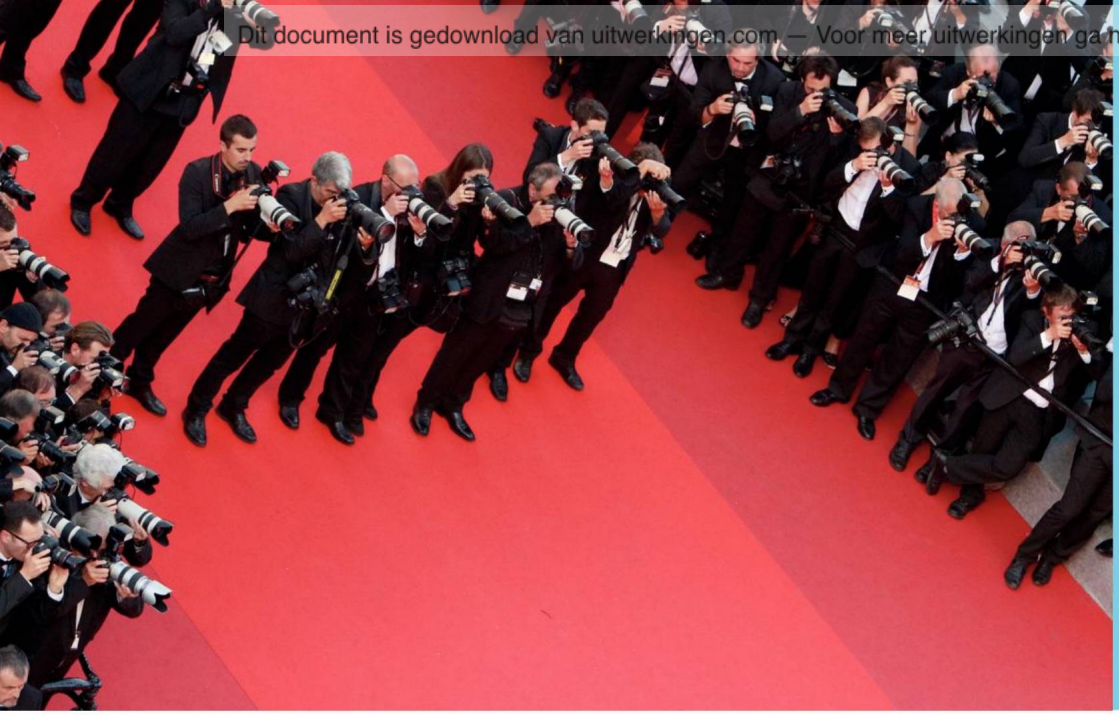


Je kunt nu

- schetsen hoe lichtstralen naar de normaal toe breken als ze een stof ingaan;
- schetsen hoe lichtstralen van de normaal af breken als ze een stof uitgaan;
- drie factoren noemen waar de sterkte van breking van afhangt;
- de optische as en het brandpunt F van een lens aangeven;
- schetsen hoe een lens lichtstralen breekt die evenwijdig aan de optische as lopen;
- met breking verklaren dat een bolle lens een convergerende werking heeft en een holle lens een divergerende werking.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



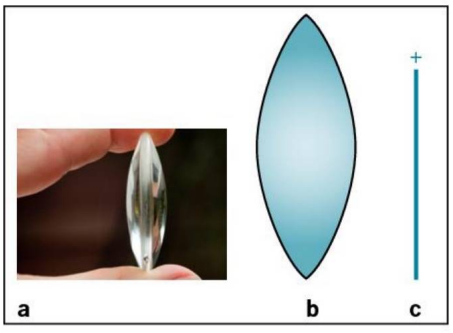
Discussievraag
Op de rode loper in Cannes staan fotografen klaar om filmsterren te fotograferen. De meesten hebben meerdere camera's met verschillende lenzen bij zich.
Waarom gebruiken sommige fotografen meerdere lenzen?

Je leert
- hoe je beelden bij lenzen construeert.

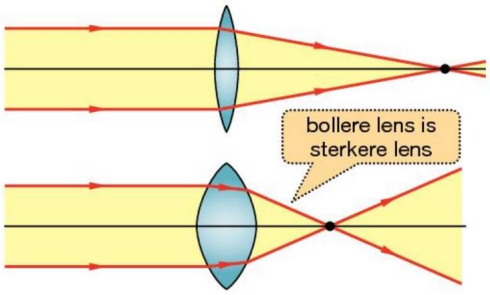
6.3 Construeren bij lenzen

Positieve en negatieve lenzen
Als je met je mobiele telefoon een foto van een huis neemt, zie je op je scherm een verkleind beeld van dat huis. Als je dat kleine plaatje vervolgens op een digibord projecteert, zie je een vergroot beeld van dat kleine plaatje. In zowel een mobieltje als in een digibordprojector zit een lens. Met lenzen kun je beelden maken die een andere grootte dan het oorspronkelijke voorwerp hebben.

In figuur 6.17 zie je hoe je schematisch een positieve lens tekent: als een streepje met een plus erboven. Hoe sterker een lens, hoe groter de convergerende of divergerende werking. Zie figuur 6.18.



6.17 Een positieve lens



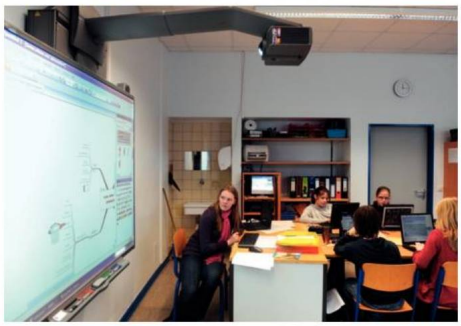
6.18 Een sterkere lens convergeert meer.

Lenzen hebben verschillende toepassingen. Door een bril met negatieve lenzen zie je alles dichterbij en verkleind. Door een bril met positieve lenzen zie je alles juist verder weg en

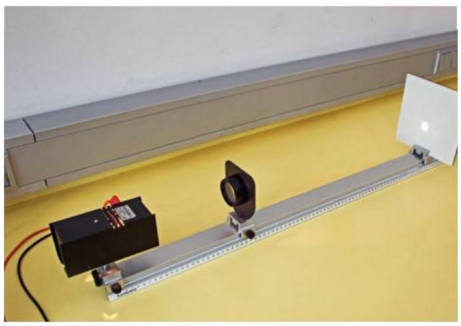
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

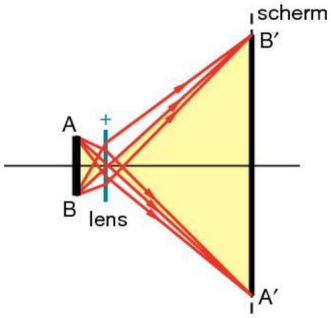
vergroot. Als je een lens gebruikt als bril, als contactlens of als loep, kijk je door de lens heen. Positieve lenzen kun je ook op een andere manier gebruiken. In filmprojectoren, diaprojectoren en bij digibordprojectoren worden positieve lenzen toegepast om beelden te projecteren. Zie figuur 6.19. Die beelden kunnen zowel vergroot, als verkleind zijn.



a Dagelijks leven: een digibordprojector projecteert beelden op een scherm.



b Laboratorium: met een optische rail kun je meten aan beeldvorming bij lenzen.



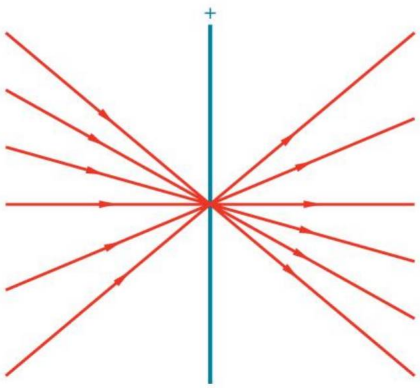
c Theorie: principe van een digibordprojector

6.19 Positieve lenzen kun je op verschillende manieren gebruiken.

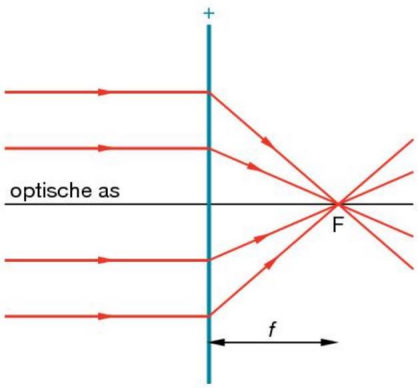
Het beeld bij een positieve lens construeren

Een filmprojector projecteert een beeld van een film. Geprojecteerde beelden construeer je met de drie constructieregels die in figuur 6.20 staan.

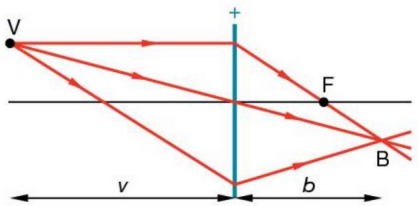
Als een lichtstraal met een willekeurige richting op een lens valt, weet je over het algemeen niet hoe de lens die lichtstraal breekt. Alleen van de lichtstralen in figuur 6.20a en b weet je hoe ze achter de lens verdergaan. Met de drie constructieregels samen kun je bij andere lichtstralen ook construeren hoe ze achter de lens verdergaan.



a Lichtstralen door het optisch midden O van de lens gaan rechtdoor.



b Lichtstralen die evenwijdig lopen aan de optische as, gaan door het brandpunt.



c Lichtstralen die uit één punt vertrekken, komen ook weer in één punt samen.

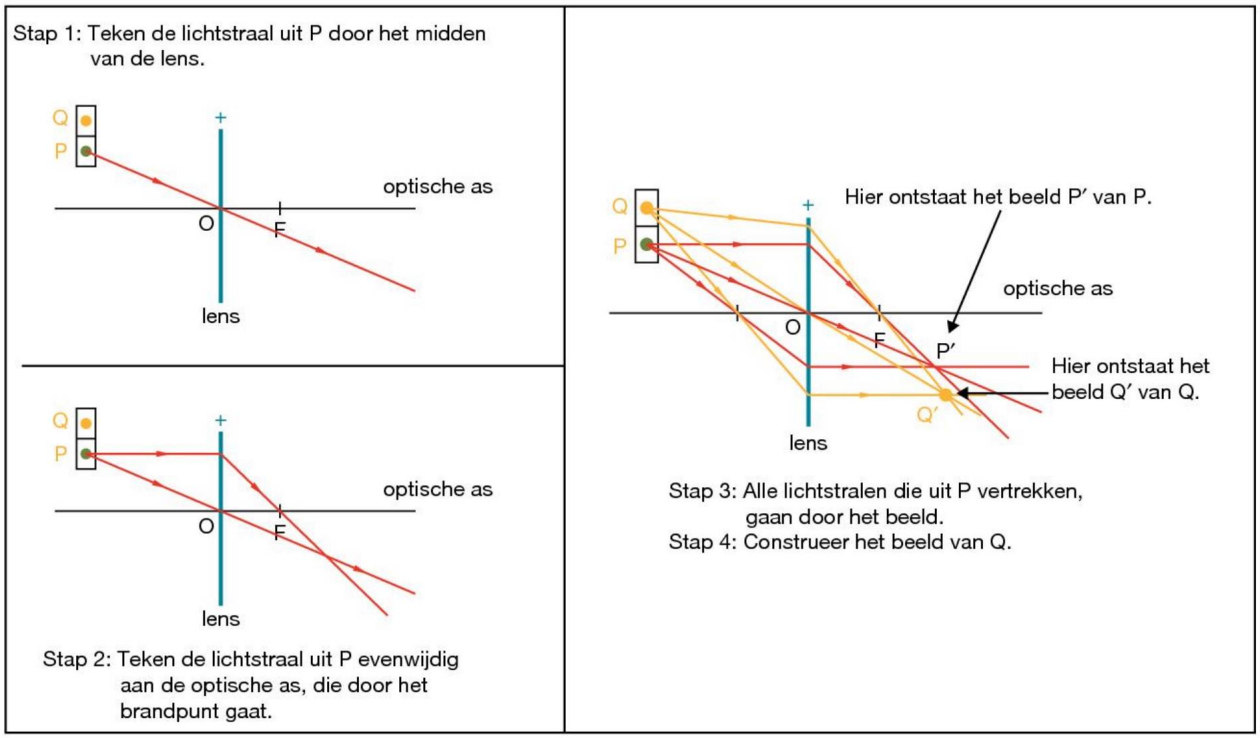
6.20 Lichtstralen

In figuur 6.21 zie je hoe je met de drie constructieregels een beeld construeert.
De afstand van de lens tot het brandpunt noem je de **brandpuntsafstand *f***. Zie figuur 6.20b. De afstand van de lens tot het voorwerp noem je de **voorwerpsafstand *v***. Zie figuur 6.20c. De afstand van de lens tot het beeld noem je de **beeldafstand *b***. Zie figuur 6.20c.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Voorbeeld 1: Construeer het beeld van twee stoplichtlampen



6.21 Een beeld construeren van twee stoplichtlampen

► **Practicum 4**

Je ziet in figuur 6.21 dat alle lichtstralen die uit punt P vertrekken, weer in één punt P' samenkomen. Voor het punt Q recht boven P geldt: alle lichtstralen die uit Q vertrekken, komen in één punt Q' samen. Ieder punt van een willekeurig voorwerp voor de lens correspondeert zo met één beeldpunt achter de lens. Bij spiegels zag je: als ieder punt op een voorwerp correspondeert met één nieuw punt, heb je een beeld van dat voorwerp. Ook een lens maakt zo een beeld. In het voorbeeld van figuur 6.21 zie je dat beeld scherp als je een scherm plaatst bij P. Je ziet dan op het scherm een verkleind beeld dat op zijn kop staat. Je kunt het beeld overigens ook zonder scherm zien als lichtstralen ervan in je oog komen. Als je het scherm iets links of iets rechts van P' zet, zie je wel het beeld, maar het beeld is dan onscherp.

Beelden die je kunt projecteren op een scherm noem je **reële beelden**. Een geprojecteerd beeld bij een positieve lens is dus een reëel beeld. Het beeld van een vlakke spiegel zit achter de spiegel en je kunt dat dus niet op een scherm opvangen. Dat is een **virtueel beeld**.

De vergrotingsfactor opmeten

In figuur 6.21 heeft het voorwerp een grootte QP. Het beeld heeft een grootte van Q' tot P'. De vergroottingsfactor N is gelijk aan de beeldgrootte gedeeld door de voorwerpsgrootte. N is ook de beeldafstand gedeeld door de voorwerpsafstand. In formulevorm:

$$N = \frac{L_b}{L_v} \quad \text{en} \quad N = \frac{b}{v}$$

met N **de vergrotingsfactor (geen eenheid)**
L_b **de beeldgrootte in meter (m)** b **de beeldafstand in meter (m)**
L_v **de voorwerpsgrootte in meter (m)** v **de voorwerpsafstand in meter (m)**

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

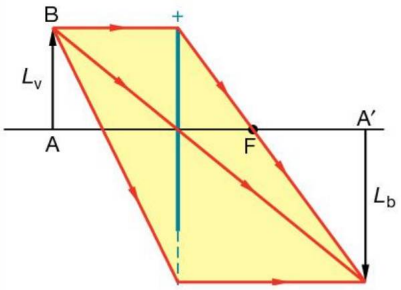
Voorbeeld 2: Beeldvorming bij een projector

Een voorwerp AB van 2,0 cm hoog staat op 2,5 cm afstand van een lens met een brandpuntsafstand van 1,5 cm.

a Construeer het beeld A'B'.
b Meet de grootte van het beeld op.
c Bereken de vergroting.

Uitwerking:

a



6.22 Antwoord op opdracht a

b De beeldgrootte is 3,0 cm. (Je mag er 1 mm naast zitten.)

c $N = \frac{L_b}{L_v} = \frac{3,0}{2,0} = 1,5$

Antwoord: De vergroting $N = 1,5$.

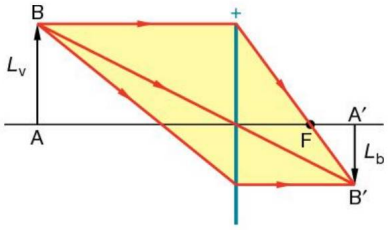
Voorbeeld 3: Beeldvorming bij een fotocamera

Een voorwerp AB van 2,0 cm hoog staat op 4,0 cm afstand van een lens met een brandpuntsafstand van 1,5 cm.

a Construeer het beeld A'B'.
b Meet de grootte van het beeld op.
c Bereken de vergroting.

Uitwerking:

a



6.23 Antwoord op opdracht a

b De beeldgrootte is 1,2 cm. (Je mag er 1 mm naast zitten.)

c $N = \frac{L_b}{L_v} = \frac{1,2}{2,0} = 0,6$

Antwoord: De vergroting $N = 0,6$.

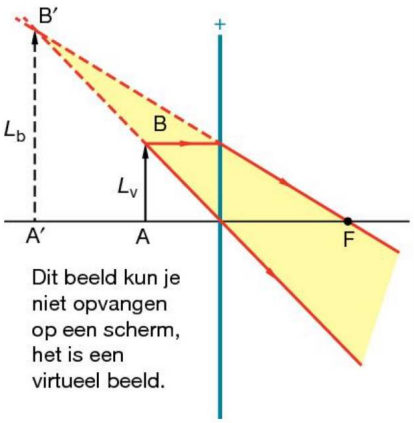
Voorbeeld 4: Beeldvorming bij een loep

Een voorwerp AB van 2,0 cm hoog staat op 0,5 cm afstand van een lens met een brandpuntsafstand van 1,5 cm.

a Construeer het beeld A'B'.
b Meet de grootte van het beeld op.
c Bereken de vergroting.

Uitwerking:

a



6.24 Antwoord op opdracht a

De lichtstralen die uit de lens komen snijden elkaar niet achter de lens, maar ervoor.

b De beeldgrootte is 3,0 cm. (Je mag er 1 mm naast zitten.)

c $N = \frac{L_b}{L_v} = \frac{3,0}{2,0} = 1,5$

Antwoord: De vergroting $N = 1,5$.

Samengevat

Een positieve lens is bol en heeft een convergerende werking. Met een positieve lens kun je reële beelden projecteren. Die beelden kun je construeren met drie regels:
1 Lichtstralen door het midden van de lens gaan rechtdoor.
2 Lichtstralen evenwijdig aan de optische as gaan door het brandpunt.
3 Alle lichtstralen die uit één punt vertrekken, komen ook weer in één punt samen.
Reële beelden kun je opvangen op een scherm, virtuele beelden niet.
De afstand van de lens tot het brandpunt noem je de brandpuntsafstand f.
De vergrotingsfactor bereken je met de volgende formules:

$N = \frac{L_b}{L_v}$ en $N = \frac{b}{v}$

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

6.3 Opdrachten

A 27 M

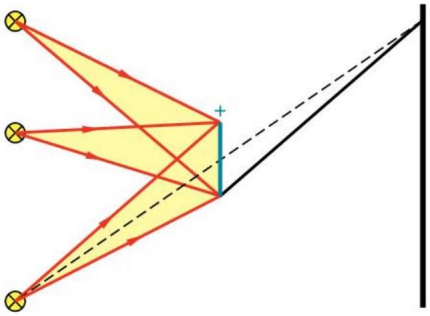
a Met welke twee formules bereken je de vergrotingsfactor?
b Leg uit wat de symbolen in de formules betekenen.

A 28 M

Met welke drie tekenregels kun je bij lenzen de lichtstralen construeren? Teken bij elke regel een voorbeeld.

B 29

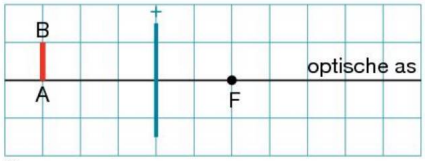
Voor een lens bevinden zich drie lichtpunten. De lens zorgt ervoor dat er op het scherm drie beeldpunten ontstaan. Neem onderstaande figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Teken de drie lichtbundels tussen lens en scherm.



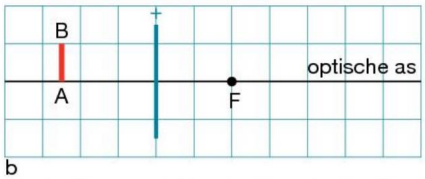
B 30 M

Een voorwerp staat voor een lens, zie onderstaande figuur.

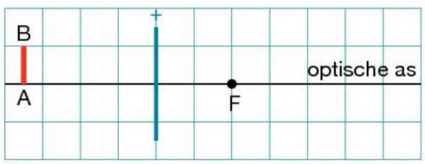
a Neem de afbeeldingen over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Construeer het beeld.
b In welk van de situaties is de vergroting het grootst?
c Leg uit dat in een projector de afstand tussen het voorwerp en de lens maar een klein beetje groter moet zijn dan de brandpuntsafstand.



a



b

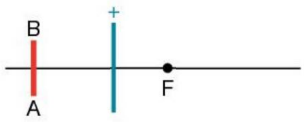


c

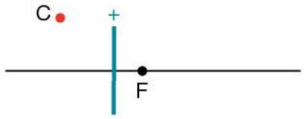
B 31 M

Neem de figuur over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.
Een voorwerp AB staat voor een lens, zie figuur a.

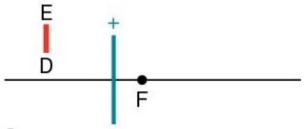
a Construeer het beeld.
b Construeer het beeldpunt C* in figuur b.
c Construeer het beeld van voorwerp DE in figuur c.
d Bepaal door opmeten de vergroting van de afbeelding uit figuur a.
e Controleer of de vergroting voldoet aan de formule $N = \frac{b}{v}$.



a



b



c

B 32

Een voorwerp AB is 1,0 cm hoog. Het voorwerp staat voor een lens met f = 1,5 cm.

a Maak in je schrift een tekening op ware grootte.
b Construeer viermaal het beeld als de voorwerpsafstand v gelijk is aan 4,5 cm, 3,0 cm, 2,0 cm en 0,5 cm.
c Leg uit welke van de vier situaties uit opdracht **b** lijkt op:
1 beeldvorming bij een projector
2 beeldvorming bij een loep
3 beeldvorming bij een camera
4 beeldvorming bij een kopieerapparaat

C 33

In de tekst staat dat een lichtstraal die evenwijdig loopt aan de optische as achter de lens door het brandpunt gaat.
Een lichtstraal valt schuin in op een lens en gaat voor de lens door het brandpunt.

a Leg uit hoe deze lichtstraal achter de lens verdergaat.

In paragraaf 1 staan drie eigenschappen van licht genoemd.

b Leg uit welke van die drie eigenschappen van licht je hebt gebruikt om vraag **a** te beantwoorden.
c Leg uit waarom je vaak twee brandpunten bij een lens tekent.

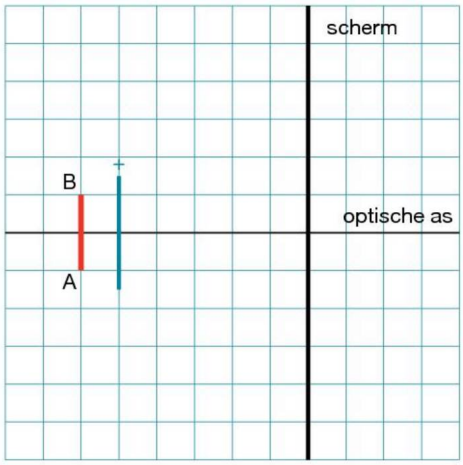
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 34

Een voorwerp AB van 2,0 cm hoog staat 1,0 cm voor een lens. Op een scherm dat 5,0 cm achter de lens staat ontstaat een scherp beeld. In onderstaande figuur is dat op schaal getekend.

a Neem de tekening over op ware grootte of gebruik het tekenblad in het hulpboek.
b Construeer het beeld op het scherm.
c Construeer waar het brandpunt ligt.
d Bepaal door opmeten op twee manieren de vergroting.



C 35 **N**

Met een lens maak je een scherp beeld van een tl-lamp op een papier op de tafel. De lamp hangt aan het plafond.

a Leg uit of de afstand tussen het voorwerp en de lens groter of kleiner is dan de afstand tussen het beeld en de lens.
b Leg uit of het voorwerp groter of kleiner is dan het beeld.

Je dekt de lens precies voor de helft af met een stuk karton.

c Is de afstand tussen het voorwerp en de lens gehalveerd?
d Is de afstand tussen het beeld en de lens gehalveerd?
e Is het beeld gehalveerd?
f Is de lichtbundel die het beeld vormt gehalveerd?
g Is de lichtsterkte van het beeld gehalveerd?

Je haalt de bedekking weer weg, maar maakt nu een onscherp beeld van de tl-lamp door de lens iets omhoog of omlaag te verplaatsen.

h Vergelijk de lichtsterkte van het beeld in deze situatie met de lichtsterkte van het beeld in de situatie van opdracht **g**.

C 36

Een voorwerp AB is 1,0 cm hoog. Het voorwerp staat voor een lens met f = 4,0 cm. De voorwerpsafstand is 3,0 cm.

a Maak een tekening op ware grootte van bovenstaande gegevens en construeer het beeld.
b Construeer het beeld als de voorwerpsafstand 2,0 cm is.
c Hoe veranderen de vergroting en de beeldafstand naarmate een voorwerp dichter bij de lens staat?
d Construeer het verdere verloop van de lichtstralen als het voorwerp 4,0 cm voor de lens staat.

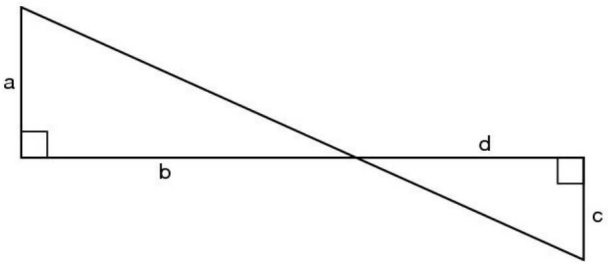
+ 37 **N**

Dicht bij je staat een paard. In de verte staat een huis. Je neemt eerst een scherpe foto van het paard. Vervolgens neem je een scherpe foto van het huis.

a Leg uit of de cameralens dan dichter naar de beeldchip toe beweegt, of juist verder ervandaan om het huis scherp te fotograferen.
b Leg uit waarom het niet lukt om zowel het paard als het huis scherp op de foto te krijgen.
c Leg uit of ofwel het paard, ofwel het huis de grootste vergrotingsfactor heeft.

+ 38 **N**

Bekijk onderstaande driehoeken.



a Bewijs dat als zijde a n keer zo lang is als zijde c, dat dan zijde b n keer zo lang is als zijde d.
b Leg aan de hand van je antwoord op opdracht **a** uit waarom geldt: $\frac{L_b}{L_v} = \frac{b}{v}$

Je kunt nu

- drie constructieregels noemen bij een lens;
- lichtstralen en beelden bij een bolle lens construeren;
- uitleggen wat een reëel beeld is;
- op twee verschillende manieren de vergrotingsfactor in een constructietekening bepalen;
- rekenen met de twee formules van de vergrotingsfactor.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
Het meisje op de foto heeft een bril waarin de twee glazen een verschillende sterkte hebben.
Hoe kun je zien welk brillenglas de sterkste lens is?

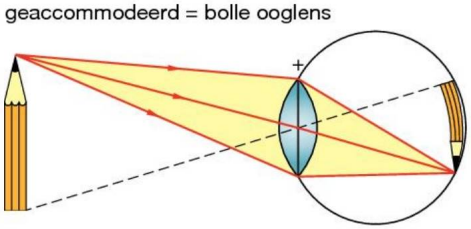
Je leert
- welke bril bij welke oogafwijking past.

6.4 Oogafwijkingen

Normaal zien
Je kijkt naar een boom in de verte en vervolgens naar een vlieg op je elleboog. Je merkt dan dat je op beide kunt scherpstellen door (onbewust) je oogspieren te gebruiken. Als je iets scherp ziet, maakt je positieve ooglens een scherp, reëel beeld op het **netvlies**. Zie figuur 6.25. In je netvlies zitten lichtgevoelige cellen die dit beeld in een signaal omzetten dat via je zenuwen naar je hersenen gaat.

Mensen met gezonde ogen zien voorwerpen in de verte scherp als ze hun oogspieren niet aanspannen. Het verste punt dat je scherp kunt zien, noem je het **vertepunt**. Voor een gezond oog ligt het vertepunt oneindig ver weg.

Het meest nabije punt dat je nog scherp kunt zien, heet het **nabijheidspunt**. Voor een gezond oog van een jongere ligt dit op ongeveer 10 cm van het oog. Als je nabijheidspunt verder ligt dan 25 cm van je oog, heb je een bril nodig.



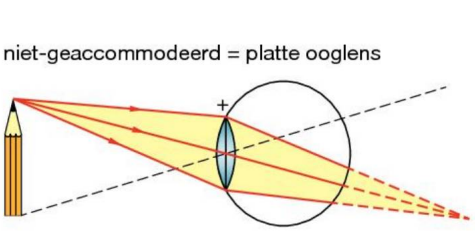
6.25 Een scherp beeld op het netvlies

Je ooglens is positief. Als je gezonde ogen hebt en naar een punt in de verte kijkt, is je ooglens het minst bol. De lens kan dan een voorwerp dat dichtbij is niet scherp afbeelden op je netvlies. Zie figuur 6.26a. Om dat voorwerp scherp waar te nemen, moet de ooglens boller worden. Dat doe je (onbewust) met de oogspier van de ooglens. Je lens wordt dan boller en dus sterker. Dit noem je het **accommoderen** van je oog. Zie figuur 6.26b. Kijk je in de verte, dan is je oog **ongeaccommodeerd**. Je oogspier is dan ontspannen. De

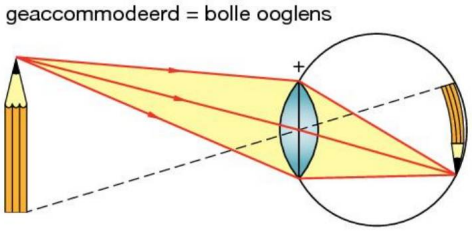
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

lichtbundel van voorwerpen heel ver weg wordt bij een ongeaccommodeerd oog precies op het netvlies afgebeeld. Zie figuur 6.27.



6.26 a Een ongeaccommodeerd oog neemt een voorwerp dat dichtbij staat niet scherp waar.



b Een voorwerp dat dichtbij staat, kan toch scherp op het netvlies worden afgebeeld door te accommoderen.

► Practicum 5

Oogafwijking: oudziend

Oude mensen die nooit een bril nodig hadden, kunnen in de verte nog prima zien. Dichtbij scherp zien wordt lastiger op latere leeftijd. Oude mensen houden op een gegeven moment een boek steeds verder van hun ogen. Ze zijn dan **oudziend**. De ooglens van een oudziende is niet sterk genoeg om dichtbij scherp te zien. Je ooglens verliest in de loop der jaren zijn flexibiliteit. Het boller worden gaat steeds lastiger. Je ooglens kan niet meer sterk genoeg accommoderen en het nabijheidspunt komt steeds verder weg te liggen. Als het nabijheidspunt verder weg ligt dan 25 cm van je oog, heb je een leesbril nodig. Je moet de lenssterkte van de ooglens vergroten. Dat kan door een positieve hulplens te gebruiken zoals een brillenglas of een contactlens.

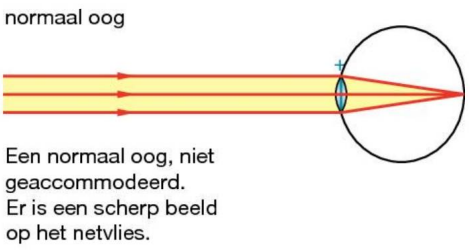
Hoe slechter de ooglens nog kan accommoderen, hoe verder weg het nabijheidspunt ligt en hoe sterker de hulplens moet zijn. Een sterkere lens heeft een kleinere brandpuntsafstand. De lenssterkte S kun je uitrekenen met de volgende formule:

$$S = \frac{1}{f}$$

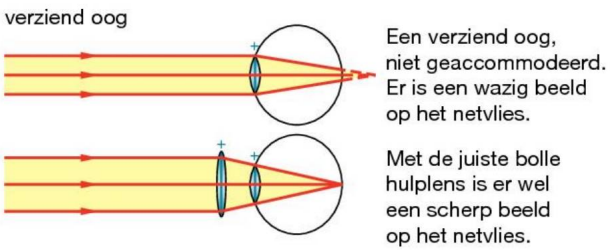
met **S de lenssterkte in dioptrie (dpt)**
f de brandpuntsafstand in meter (m)

Oogafwijking: verziend

Er zijn mensen die al op jonge leeftijd een bril met positieve lenzen nodig hebben. Deze mensen zijn **verziend**. Dat betekent dat ze in de verte goed zien, maar dichtbij niet. Het nabijheidspunt ligt net als bij een oudziende verder dan 25 cm van het oog. Er is een verschil met oudziendheid. Een oudziende ziet met ongeaccommodeerd oog scherp op oneindig.



6.27 Een normaalziend oog



6.28 Een verziend oog

Een verziende moet zelfs voor voorwerpen die heel ver weg liggen zijn ogen nog accommoderen. Het is net of zijn vertepunt voorbij oneindig ligt. Zonder bril kunnen verzienden hun ogen nooit ontspannen en dat levert hoofdpijnklachten op. Hun ooglens is niet sterk genoeg en ze dragen dus net als een oudziende een bril met positieve lenzen om de lenswerking

© Noordhoff Uitgevers bv

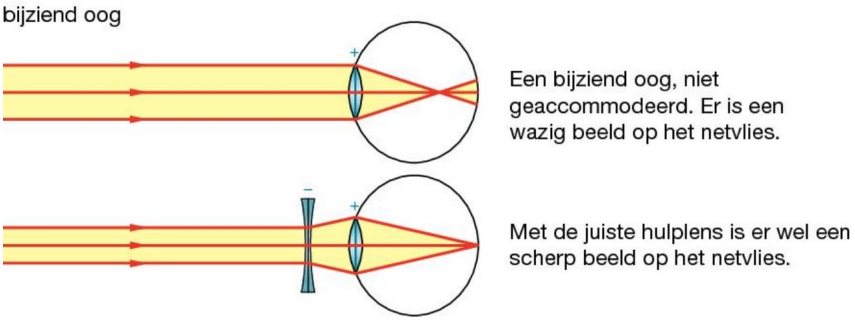
Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

te vergroten. De hulplens zorgt ervoor dat een verziend persoon met ongeaccommodeerd oog scherp ziet op oneindig. Zie figuur 6.28.

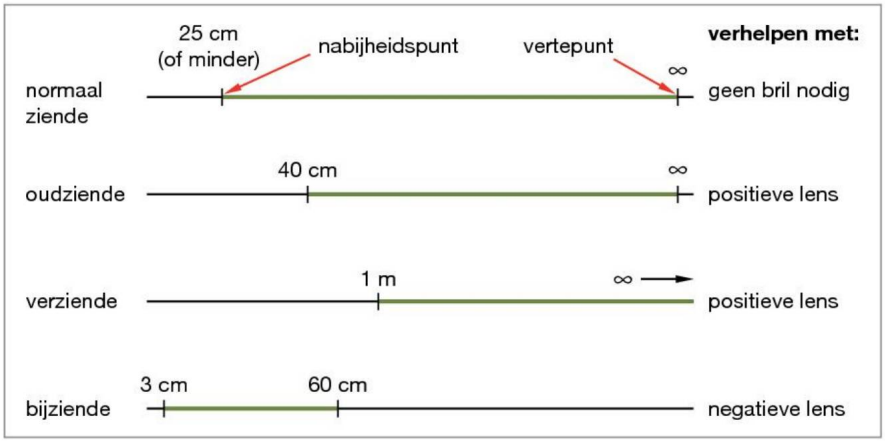
Oogafwijking: bijziend

Er zijn ook mensen die een bril met negatieve lenzen nodig hebben. Deze mensen zijn **bijziend**. Dat betekent dat ze dichtbij goed zien, maar in de verte niet. Hun vertepunt ligt niet op oneindige afstand, maar veel dichterbij. Ook hun nabijheidspunt ligt dichterbij dan dat van een normaalziende, maar daar heeft een bijziende geen last van. De ooglens van een verziende is te zwak, die van een bijziende is juist te sterk. Je zou de lenssterkte moeten verminderen. Dat kan met een negatieve hulplens. Door de divergerende werking van de negatieve lens wordt een evenwijdige lichtbundel bij een bijziend oog toch op het netvlies afgebeeld. Zie figuur 6.29. Met een hulplens ziet een bijziende in de verte zo alsnog scherp.

In figuur 6.30 zie je samengevat waar de nabijheidspunten en vertepunten liggen van verschillende personen.



6.29 De stralengang door een bijziend oog



6.30 Nabijheidspunten en vertepunten van verschillende personen. De getallen zijn voorbeelden, ze verschillen in werkelijkheid van persoon tot persoon.

Samengevat

Als je iets scherp ziet, maakt je positieve ooglens een scherp, reëel beeld op het netvlies. Een normaalziende kan scherp zien van zijn nabijheidspunt, zo'n 25 cm, tot ver weg. Een oudziende kan dichtbij niet genoeg accommoderen en heeft positieve hulplenzen nodig om te lezen. De ooglens van een verziende is niet sterk genoeg. Daardoor kan hij dichtbij niet genoeg accommoderen en moet hij zelfs accommoderen om in de verte te zien. Ook heeft een verziende positieve hulplenzen nodig. De ooglens van een bijziende is te sterk, waardoor een bijziende veraf niet scherp ziet, maar slechts tot zijn vertepunt. Dit corrigeer je met negatieve hulplenzen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

6.4 Opdrachten

A 39 M

a Hoe heten de twee punten waartussen een bijziende zonder hulplens scherp kan zien?
b Moet je accommoderen als je naar een voorwerp ver weg kijkt, of als je naar een voorwerp dichtbij kijkt?

A 40

a Leg uit wat er met je ooglens aan de hand is als je bijziend bent.
b Hoe verschillen het nabijheidspunt en het vertepunt van een bijziende ten opzichte van een normaalziende?
c Heb je een bril met positieve of met negatieve lenzen nodig als je bijziend bent?
d Kun je veraf nog goed zien als je bijziend bent?
e Kun je dichtbij nog goed zien als je bijziend bent?

A 41 M

a Wat is er met je ooglens aan de hand als je verziend bent?
b Hoe verschillen het nabijheidspunt en het vertepunt van een verziende ten opzichte van een normaalziende?

B 42 M

Je ziet in de verte een vogel vliegen.
a Welk onderdeel van je oog zorgt ervoor dat je hem scherp ziet?
b De vogel vliegt in jouw richting. Hoe moet je ooglens dan veranderen om hem scherp te blijven zien?
c Leg uit wat er dan gebeurt met de brandpuntsafstand van de ooglens.

B 43

Lens 1 heeft een sterkte van 10 dpt. Lens 2 heeft een sterkte van 8 dpt.
a Welke lens is het sterkst?
b Welke lens heeft de grootste brandpuntsafstand?
c Bereken de brandpuntsafstand van beide lenzen (in cm).
d Welke lens heeft de grootste convergerende werking?

B 44 M

Katja heeft negatieve lenzen omdat ze bijziend is. De sterkte van de lens voor haar linkeroog is –2,5 dpt.
a Bereken de brandpuntsafstand in cm. Let op: de brandpuntsafstand is ook negatief bij een holle lens.
b De brandpuntsafstand van de lens voor haar rechteroog is –32 cm. Bereken de lenssterkte.

B 45 M

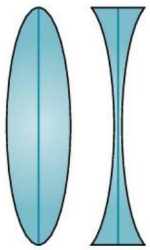
Rangschik de volgende drie personen. Noem de persoon met het meest dichtbije nabijheidspunt als eerste en de persoon met het verste nabijheidspunt als laatste.
1 normaal ziende, 2 verziende, 3 bijziende

B 46 M

Iemand die verziend is, kijkt naar een vliegtuig in de lucht. De ene keer met, de andere keer zonder zijn bril.
a Leg uit of hij dit vliegtuig zonder bril scherp kan zien.
b Teken het oog in deze twee situaties. Teken daarvoor tweemaal een oogbol met lens en netvlies. Geef de bolheid van de lens in elke situatie aan.

B 47 M

Bekijk de afbeelding hiernaast.
a Welke van de twee lenzen kun je gebruiken in een bril voor verziende personen?
b Welke voor bijziende personen?
c Welke lens kan geschikt zijn voor oudziende personen?



C 48 N

Jans vader heeft een bril met positieve glazen nodig bij het lezen van de krant. De sterkte van zijn leesbril is +2,5 dpt.
a Leg uit waar bij het lezen in het oog een beeld wordt gevormd als Jans vader zijn bril niet op heeft.

Jan heeft geen bril nodig bij het lezen.
b Leg uit hoe het kan dat Jan kan lezen met de bril van zijn vader op.
c Leg ook uit wat het verschil is tussen lezen met en zonder de bril van zijn vader.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 49

Waldo heeft zijn negatieve contactlenzen niet ingedaan en meent een vriendin op straat te herkennen. In onderstaande figuur zie je twee foto's.
Leg uit welke figuur het best past bij de situatie van Waldo.





C 50 N

De Utrechtse Mireille leest een boek dat 30 cm hoog is.
Leg uit hoe het kan dat de afbeelding van de toren van de Utrechtse Domkerk (112 m hoog) ook op haar netvlies past.

C 51

Oude mensen die nooit een bril hoefden te dragen, houden vaak op latere leeftijd een boek of een krant steeds verder van hun ogen om de letters nog scherp te kunnen zien. Ze grappen dan 'dat hun armen te kort worden'.
Leg uit of ze met langere armen nog wel zouden kunnen lezen en dus geen leesbril nodig zouden hebben.

C 52 N

Een normaal oog heeft een diameter van 1,7 cm. Ook de brandpuntsafstand is 1,7 cm.

a Bereken de sterkte van een ooglens bij ongeaccommodeerd kijken.

Door te accommoderen neemt de sterkte van de lens toe met 5,0 dpt.

b Bereken hoeveel cm de brandpuntsafstand dan is veranderd.

C 53 N

Freya is verziend en draagt daarom een bril.
Toon met een constructietekening aan dat haar ogen daardoor groter lijken.

+ 54 N

Anja is een contactlens verloren. Ze leent een lens van haar vriendin. Dat kan goed en slecht uitpakken, ook al past de lens goed op haar oog.

a Als je een lens met een sterkte van –1,5 dpt nodig hebt en je krijgt per ongeluk een lens van –2,5 dpt, dan blijkt dat je alles goed kunt zien. Leg uit hoe dat kan.

b Leg uit wat er in de omgekeerde situatie aan de hand is: je hebt een lens van –2,5 dpt nodig en je krijgt een lens van –1,5 dpt.

c Leg uit in welke van de twee bovenstaande situaties de ruil van een lens kan leiden tot hoofdpijnklachten vergelijkbaar met een verziende.

Bernd is bijziend en zet een bril van een verziende op.

d Leg uit hoe zijn nabijheidspunt en vertepunt dan veranderen.

Vera is verziend en zet de bril van een bijziende op.

e Leg uit hoe haar nabijheidspunt en vertepunt dan veranderen.

+ 55

Mensen die in de verte iets scherper willen zien, knijpen daarvoor hun ogen weleens toe. Rik denkt dat dit heeft te maken met dat ze hun ooglens daarmee boller maken.

a Leg voor ieder van onderstaande personen uit of het boller maken van de ooglens zin heeft om in de verte te kunnen kijken:
- een normaalziende
- een bijziende
- een verziende

b Zoek op internet op waarom mensen met hun ogen knijpen om in de verte scherper te zien.

Je kunt nu

- uitleggen wat het nabijheidspunt en het vertepunt is;
- uitleggen wat accommoderen is;
- de lenssterkte uit de brandpuntsafstand berekenen;
- uitleggen wat de volgende drie oogafwijkingen inhouden: oudziend, verziend en bijziend;
- uitleggen welke hulplenzen bij bepaalde oogafwijkingen nodig zijn.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
De vrouw fotografeert van dichtbij een bloem. Ze gebruikt daarvoor een lang opzetstuk waar de lens in zit.
Heeft de lens die ze gebruikt een grote, of een kleine brandpuntsafstand?



Je leert
- hoe je kunt rekenen aan lenzen.

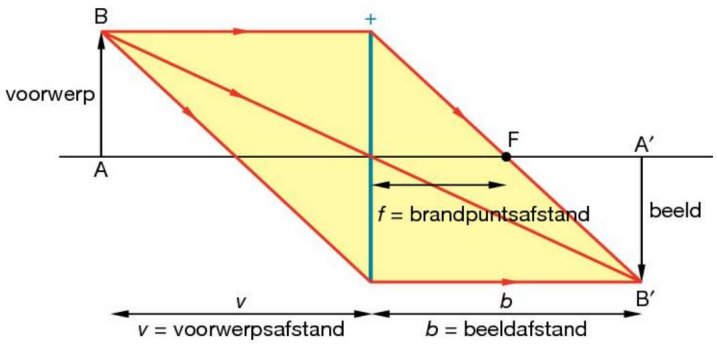
6.5 Rekenen aan lenzen

► Practicum 6

De lenzenformule
In aanvulling op construeren met lenzen, kun je met lenzen ook rekenen. Met de lenzenformule kun je de voorwerpsafstand, de beeldafstand of de brandpuntsafstand (zie figuur 6.31) berekenen:

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

met **v de voorwerpsafstand in meter (m)**
b de beeldafstand in meter (m)
f de brandpuntsafstand in meter (m)



6.31 Voorwerpsafstand v, beeldafstand b en brandpuntsafstand f

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

In voorbeeld 5 zie je hoe je de beeldafstand berekent bij een positieve lens waarbij de voorwerpsafstand groter is dan de brandpuntsafstand. Er ontstaat dan een reëel beeld en de beeldafstand is positief.
Als de voorwerpsafstand kleiner is dan de brandpuntsafstand ontstaat een virtueel beeld. De beeldafstand is dan negatief. Zie voorbeeld 6.

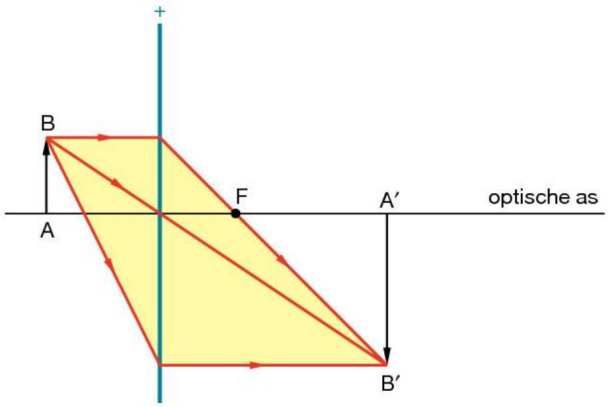
Voorbeeld 5: Tekenen en rekenen bij een reëel beeld

Op een dia staat een boom AB van 1,0 cm groot.
De dia staat 1,5 cm voor een bolle lens met een brandpuntsafstand van 1,0 cm.

a Bepaal de plaats van het beeld met behulp van een constructietekening op ware grootte.
b Meet in de tekening de beeldafstand op.
c Bereken de beeldafstand met behulp van de lenzenformule en controleer zo antwoord **b**.

Uitwerking:

a Maak een constructietekening. Zie figuur 6.32.



6.32 De oplossing van de opgave met een constructietekening

b Opmeten: de beeldafstand is 3 cm.

c Gegeven: $f = 1$ cm, $v = 1{,}5$ cm $= 0{,}015$ m
Gevraagd: beeldafstand b =?
Formule: $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$
Berekenen: $\frac{1}{1{,}5} + \frac{1}{b} = \frac{1}{1}$

$$0{,}667 + \frac{1}{b} = 1$$

$$\frac{1}{b} = 1 - 0{,}667 = 0{,}333$$

$$b = \frac{1}{0{,}333} = 3 \text{ cm}$$

Antwoord: De beeldafstand is 3 cm. Dit is in overeenstemming met antwoord b.

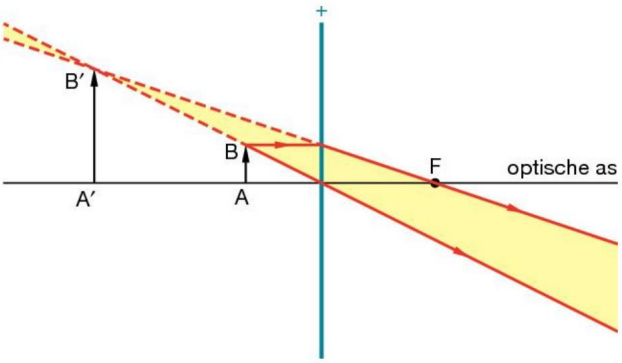
Voorbeeld 6: Tekenen en rekenen bij een virtueel beeld

Door een loep kijk je naar streep AB van 1 cm lang.
De streep staat 2 cm voor een bolle lens met een brandpuntsafstand van 3 cm.

a Bepaal de plaats van het beeld met behulp van een constructietekening.
b Meet in de tekening de beeldafstand op.
c Bereken de beeldafstand met behulp van de lenzenformule en controleer zo antwoord b.

Uitwerking:

a Maak een constructietekening. Zie figuur 6.33. De schaal in deze tekening is gehalveerd.



6.33 De oplossing van de opgave met een constructietekening

b Opmeten: de beeldafstand is −3 cm. Omdat de schaal is gehalveerd, is de werkelijke beeldafstand −6 cm.

c Gegeven: $f = 3$ cm, $v = 2$ cm
Gevraagd: beeldafstand b =?
Formule: $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$
Berekenen: $\frac{1}{2} + \frac{1}{b} = \frac{1}{3}$

$$0{,}5 + \frac{1}{b} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{b} = 0{,}333 - 0{,}5 = -0{,}167$$

$$b = \frac{1}{-0{,}167} = -6 \text{ cm}$$

Antwoord: De beeldafstand is −6 cm. Dit is in overeenstemming met antwoord b.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Voorbeeld 7: De lenzenformule met breuken, dus zonder rekenmachine

Een voorwerp staat op 4,0 cm voor een lens. Je ziet een beeld op 6,0 cm achter de lens. Bereken de brandpuntsafstand *f*. Bedenk dat je *v* en *b* best in cm mag laten staan, je krijgt *f* dan ook in cm.

Breuken gelijknamig maken.

$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

$\frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{1}{f}$

Maak de breuken gelijknamig door te vermenigvuldigen met $\frac{4}{4}$ en met $\frac{6}{6}$.

(Vermenigvuldigen met 1 mag altijd en $\frac{4}{4} = 1$, net zoals $\frac{6}{6} = 1$.)

$\left(\frac{1}{4} \times \frac{6}{6}\right) + \left(\frac{1}{6} \times \frac{4}{4}\right) = \frac{1}{f}$

$\frac{6}{24} + \frac{6}{24} = \frac{1}{f}$

$\frac{(6+4)}{24} = \frac{1}{f}$

$\frac{10}{24} = \frac{1}{f}$ Beide breuken omdraaien.

$\frac{24}{10} = \frac{1}{f}$ Reken de breuk om naar een decimaal getal.

$f = 2{,}4$ cm

Voorbeeld 8: De lenzenformule met rekenmachine

Sommen met de lenzenformule kun je met de rekenmachine op drie manieren uitrekenen:

1 Breuken op de rekenmachine met $\left[a\frac{b}{c}\right]$.
2 Gebruik [÷] op de rekenmachine.
3 Gebruik [x^{-1}] op de rekenmachine.

Een voorwerp staat op 4,0 cm voor een lens. Je ziet een beeld op 6,0 cm achter de lens. Bereken de brandpuntsafstand *f*. Bedenk dat je *v* en *b* best in cm mag laten staan. Je krijgt dan *f* ook in cm.

$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Leftrightarrow \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{1}{f}$

1 Breuken op de rekenmachine met $\left[a\frac{b}{c}\right]$

Toets in op je rekenmachine:
1 $\left[a\frac{b}{c}\right]$ 4 [+] 1 $\left[a\frac{b}{c}\right]$ 6 [=]

Je krijgt als uitkomst $\frac{5}{12}$.

Dus $\frac{1}{f} = \frac{5}{12} \rightarrow \frac{f}{1} = \frac{12}{5}$

Reken de breuk om naar een decimaal getal.
$f = 2{,}4$ cm

2 Gebruik [÷] *op de rekenmachine*

Toets in op je rekenmachine:
1 [÷] 4 + 1 [÷] 6 [=]
Je krijgt als uitkomst 0,4166666.
Dus $\frac{1}{f} = 0{,}4166666$
Toets in 1 [÷] 0,4166666 = 2,4
Dus $f = 2{,}4$ cm.

3 Gebruik [x^{-1}] *op de rekenmachine.*

Toets in op je rekenmachine:
4 [x^{-1}] + 6 [x^{-1}] [=]
Je krijgt als uitkomst 0,416666.
Dus $\frac{1}{f} = 0{,}4166666$
Druk op [x^{-1}] [=]
Je krijgt als uitkomst 2,4.
$f = 2{,}4$ cm

Samengevat

Met de lenzenformule kun je de voorwerpsafstand, de beeldafstand of de brandpuntsafstand berekenen:

$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

Is de beeldafstand positief, dan is het beeld reëel. Is hij negatief, dan is het beeld virtueel.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

+6.5 Opdrachten

A 56 M

Geef de betekenis van de volgende symbolen.

a v
b b
c f
d F
e 0
f L_v
g L_b

A 57

Welk teken, positief of negatief, heeft de beeldafstand b als:

a het beeld reëel is,
b het beeld virtueel is?

B 58 M

Leg uit of je op onderstaande wijze verschillende eenheden in de lenzenformule mag gebruiken.

$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{4\text{ m}} = \frac{1}{4\text{ cm}} = \ldots$

B 59

Reken uit door de breuken gelijknamig te maken.

a Laat zien dat $\frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{5}{6}$.

Reken uit zonder rekenmachine:

b $\frac{1}{4} + \frac{1}{18} =$
c $\frac{1}{6} - \frac{1}{8} =$
d $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} =$

B 60 M

Je plaatst een voorwerp op 35 cm afstand van een bepaalde lens. Deze lens geeft dan een scherp beeld op een scherm dat op 20 cm afstand van de lens staat.

a Bereken de brandpuntsafstand van de lens.
b Bereken de sterkte van de lens.
c Bereken de plaats waar je het scherm moet zetten als de voorwerpsafstand 50 cm is.

Je plaatst het voorwerp op 10 cm afstand van de lens.

d Leg uit of er nu een reëel of een virtueel beeld ontstaat.
e Bereken de beeldafstand.

B 61 M

Een lens heeft een sterkte van 3 dpt. Maak deze opgave zonder je rekenmachine.

a Bereken waar je het scherm moet zetten als de voorwerpsafstand 4 m is.
b Bereken waar je het voorwerp moet zetten, zodat de beeldafstand 6 m is.
c Bereken de brandpuntsafstand van een lens waarbij een voorwerp op 4 cm een beeld geeft op 6 cm.
d Bereken de sterkte van een lens waarbij een voorwerp op 4 cm een virtueel beeld geeft op –5 cm.

B 62

In de tabel staan steeds enkele gegevens van een opstelling met verschillende lenzen. Neem de tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul de ontbrekende waarden in.

v (m)	*b* (m)	*f* (m)	*S* (dpt)
0,20	0,20		
0,30	–0,60		
1,00			2,5
	0,45	0,35	

B 63 M

Een voorwerp van 2,0 cm hoogte staat 5,0 cm voor een bolle lens met een sterkte van 40 dpt. De diameter van de lens is 4 cm.

a Maak een tekening van de situatie en construeer nauwkeurig het beeld.
b Meet de beeldafstand op.
c Controleer of je nauwkeurig hebt getekend door de beeldafstand te berekenen.

B 64 M

Je fotografeert een insect op 10 cm afstand van de cameralens. Je wilt dat het insect vier keer zo groot op de beeldsensor komt.

a Bereken de afstand tussen de lens en de beeldsensor.
b Bereken de sterkte van de lens.

B 65

Bereken deze opgave zonder rekenmachine. Een lens heeft een brandpuntsafstand van 10 cm.

a Neem de tabel hiernaast over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Vul de tabel in.

v (in cm)	*b* (in cm)
15	
30	
12	
60	
14	

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De voorwerpsafstand is 35 cm. Kijk goed naar je antwoorden in de tabel.
b Bepaal zonder te rekenen de beeldafstand.

In paragraaf 1 staan drie eigenschappen van licht genoemd.
c Met welke van deze drie eigenschappen hangt samen dat je antwoord **b** kunt bepalen zonder te hoeven rekenen?

C 66

Bereken deze opgave zonder rekenmachine.
Een lens heeft een brandpuntsafstand van 7 cm.
a Op welke afstand moet je een voorwerp plaatsen, zodat de voorwerpsafstand v gelijk is aan de beeldafstand b?

Je plaatst een voorwerp op een afstand groter dan twee keer de brandpuntsafstand.
b Ga na of de beeldafstand dan groter of kleiner is dan de voorwerpsafstand.

Je plaatst een voorwerp op een afstand kleiner dan twee keer de brandpuntsafstand.
c Ga na of de beeldafstand dan groter of kleiner is dan de voorwerpsafstand.

C 67 N

a Leg uit waarom het maken van een nauwkeurige constructietekening bij een projector bijna onmogelijk is.
b Leg uit of dit ook voor een fotocamera geldt.

C 68 N

Met je mobiele telefoon fotografeer je een boom in de verte. Schat aan de hand van de dikte van je mobiele telefoon hoe groot de brandpuntsafstand van de camera is.

C 69 N

Jan draagt een bril met positieve glazen. Je ziet zijn ogen een factor twee vergroot. De afstand tussen de bril en Jan zijn ogen is 4 cm.
a Bereken via de vergrotingsfactor de beeldafstand.
b Bereken via de lenzenformule de sterkte van de bril.

C 70

Je fotografeert een vlinder die 70 cm voor de cameralens zit. De lens heeft een brandpuntsafstand van 5 cm.
a Bereken de beeldafstand.

Een stoel staat 1,3 m voor een cameralens met een sterkte van 30 dpt.
b Bereken de beeldafstand.

Kijk goed naar je antwoorden op opdracht **a** en **b**.
c Wat geldt er voor de beeldafstand als je een voorwerp heel ver van een lens plaatst?
d Geef wiskundig via de lenzenformule een verklaring voor je antwoord op opdracht **c**.

+ 71 N

Een lens heeft een brandpuntsafstand van 10 cm. De vergroting $N = 2$ is gegeven.
a Stel de wiskundige formule op waarin je b uitdrukt in v.
b Bereken de beeldafstand en de voorwerpsafstand.
c Er geldt: $N = 3$; $f = 8$ cm. Bereken v en b.

Als een beeld virtueel is, is de vergroting negatief. Gegeven is: een beeld is virtueel, $N = -2$, $f = 8$ cm.
d Bereken v en b.

+ 72 N

Gegeven is: de vergrotingsfactor $N = 1$.
a Stel de formule op waarin je b uitdrukt in v.
b Vul je formule uit opdracht **a** in de lenzenformule in en bewijs daarmee dat de voorwerpsafstand dan gelijk is aan tweemaal de brandpuntsafstand.

+ 73 N

Een lens heeft een brandpuntsafstand van 2 cm. Er is gegeven dat de afstand tussen het voorwerp en het beeld gelijk is aan 9 cm.
a Stel de formule op waarin je b uitdrukt in v.
b Vul je formule van opdracht **a** in de lenzenformule in en bereken v en b. Opmerking: je vindt twee uitkomsten.
c Leg uit hoe je antwoord op opdracht **b** samenhangt met de omkeerbaarheid van lichtstralen.

Je kunt nu

- de lenzenformule gebruiken voor het berekenen van de beeldafstand, de voorwerpsafstand of de brandpuntsafstand.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Practica

1 Fotograferen

► **30 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

In dit experiment onderzoek je de fotocamera van je eigen telefoon. Je kunt onder andere kijken hoe goed je kunt inzoomen, hoever je flits reikt, hoe de fotokwaliteit afhangt van de belichting en of je een fotobeeld kunt maken dat groter is dan het origineel. Je vergelijkt je resultaten met de foto's die zijn gemaakt met andere (merken of typen) telefoons.

Onderzoeksvraag

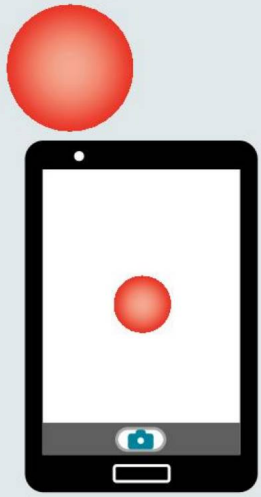
Hoe verandert wat je fotografeert als je de omstandigheden verandert?

Voorspelling

Noteer wat je denkt dat de invloed op het beeld zal zijn van inzoomen of anders belichten.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- mooi voorwerp
- mobiel
- eventueel kunstlicht
- rolmaat



1 Kies een leuk onderwerp om te fotograferen en zet dat op een tafel in de klas.
2 Ga op 3 m afstand van je onderwerp staan en maak een foto met je mobiel.
3 Blijf op dezelfde afstand staan, zoom maximaal in met je mobiel en maak nog een foto.
4 Zet je mobiel weer op z'n oorspronkelijke instelling en maak het lokaal donkerder door de lampen uit te doen of de gordijnen te sluiten.
5 Maak twee foto's, één met flits en één zonder flits.
6 Ga op 2 m afstand van je onderwerp staan en maak weer twee foto's, met en zonder flits. Doe hetzelfde op 1 m afstand.
7 Zorg dat het lokaal weer net zo licht is als in het begin en probeer een zo groot mogelijke foto van het onderwerp te maken, liefst groter dan het onderwerp zelf.
8 Zet de foto's op een computer om ze op een groot scherm te vergelijken. Vergelijk de foto's ook met die van een andere mobiel. Schrijf zo veel mogelijk verschillen op.

Vragen

a Is er een mobiel die onder alle omstandigheden de beste foto's maakt?
b Met welke mobiel kun je het beste inzoomen?
c Welke mobiel fotografeert het beste bij minder licht?
d Welke mobiel heeft de krachtigste flitser?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2 Breking

► **30 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Bij dit practicum kijk je hoe een lichtstraal breekt als hij een transparante stof ingaat en hoe een lichtstraal breekt als hij dezelfde stof weer uitkomt. Je gebruikt hiervoor een halfronde schijf van perspex. Als je op school een lichtkastje hebt waarmee je direct één of meer lichtstralen over de tafel kunt laten schijnen, dan kun je meteen gaan meten. Als dit niet het geval is, moet je met een optische rail een opstelling bouwen.

Onderzoeksvragen

Hoe breekt een lichtstraal als hij een transparante stof ingaat en hoe breekt een lichtstraal als hij een transparante stof uitkomt?

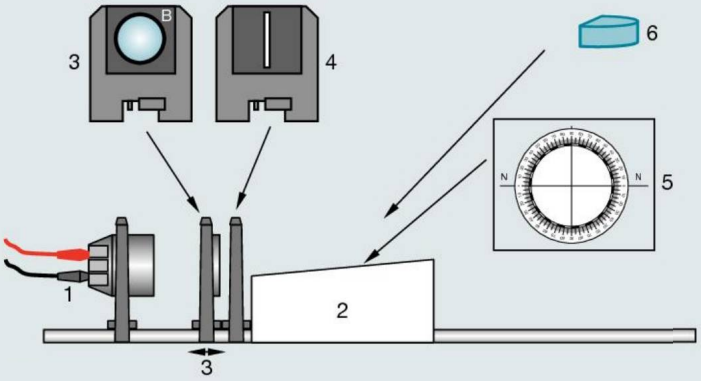
Voorspelling

Noteer of je denkt dat een lichtstraal naar de normaal toe breekt of ervanaf als hij een transparante stof binnenkomt. En als de lichtstraal er uitkomt?

Opstelling en werkwijze

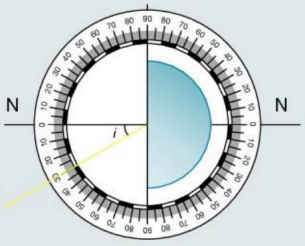
Je hebt nodig:

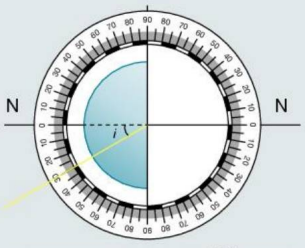
- lichtkastje of optische rail
- lamp
- B-lens
- enkele spleet
- projectietafel
- gradencirkel
- perspex halve cirkel



1 lamp
2 projectietafel
3 B-lens
4 enkele spleet
5 gradencirkel
6 perspex halve cirkel

1 Zet je lichtkastje aan of zet de lamp op de optische rail en sluit hem aan.
2 Zet de projectietafel voor de lamp met de lage kant aan de kant van de lamp.
3 Zet de B-lens tussen de lamp en de tafel en schuif hem heen en weer tot er een rechte lichtbundel over de tafel schijnt.
4 Zet de houder met de enkele spleet tussen de lens en de tafel.
5 Leg het kaartje met de gradencirkel op de tafel en leg de perspex schijf erop.
6 Laat de lichtstraal onder verschillende hoeken midden op de vlakke kant invallen, draai de gradencirkel steeds 10° en lees steeds de hoek af waaronder de lichtstraal de schijf uitkomt.
7 Draai vervolgens de schijf een halve slag zodat het licht via de ronde kant binnenvalt.
8 Laat het licht onder verschillende hoeken invallen, draai de gradencirkel weer steeds 10°. Lees de hoeken af waaronder het licht de schijf verlaat.





Vragen

a Breekt een lichtstraal naar de normaal toe of ervanaf als hij een transparante stof binnenkomt?
b Breekt een lichtstraal naar de normaal toe of ervanaf als hij een transparante stof uitkomt?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3a Speldenpracticum met een spiegel

► 20 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Een spiegel weerkaatst het licht dat erin valt en geeft zo een beeld van de omgeving. Licht dat onder een bepaalde hoek invalt, wordt ook onder een bepaalde hoek weerkaatst. Aan de hand van een speldenproef probeer je uit te vinden wat het verband hiertussen is.

Onderzoeksvragen

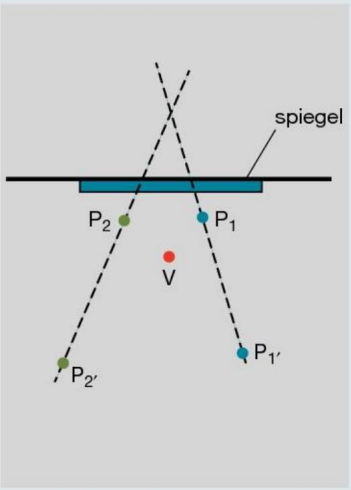
Welk verband is er tussen de plaats van een voorwerp en van het spiegelbeeld bij terugkaatsing in een vlakke spiegel? Wat is het verband tussen de hoek van inval en de hoek van terugkaatsing?

Voorspelling

Wat denk je dat het verband is tussen de plaats van het voorwerp en de plaats van het beeld? En het verband tussen de hoek van inval en de hoek van terugkaatsing?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- A4'tje
- spiegel
- vijf spelden
- prikbordje



1 Neem een A4'tje en zet in het midden een lijn.
2 Leg het blaadje op een prikbord en zet een spiegel tegen de lijn met de spiegelende kant naar je toe.
3 Prik op plaats V zo'n 5 cm voor de spiegel een rode speld in het bord. Dit is je voorwerp.
4 Prik op plaats P_1 ongeveer 2 cm voor de spiegel een blauwe speld in het bord.
5 Kijk met één oog naar speld P_1 en het beeld van V in de spiegel. Prik op plaats P_1 nog een blauwe speld in het bord zo dat $P_{1'}$, P_1 en het beeld van V op één lijn liggen.
6 Doe hetzelfde vanuit een andere hoek met twee groene spelden.
7 Verwijder de spiegel en verbind de punten P_1 en $P_{1'}$ met een lijn. Doe hetzelfde met de punten P_2 en $P_{2'}$.
8 Het snijpunt van de twee lijnen noem je punt B.

Vragen

a Wat ligt er op punt B?
b Teken de lichtstraal die vanuit V vertrekt en via de spiegel en de punten P_1 en $P_{1'}$ bij je oog aankomt. Teken de normaal op de plaats waar deze lichtstraal de spiegel raakt. Wat kun je zeggen over de hoek van inval en de hoek van terugkaatsing?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3b Speldenpracticum met een lens

► 20 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Een lens laat het licht dat erin valt door, maar het wordt afgebogen. Licht dat evenwijdig aan de normaal invalt, wordt onder een bepaalde hoek gebroken. Aan de hand van een speldenproef probeer je uit te vinden wat er met deze lichtstralen gebeurt.

Onderzoeksvraag

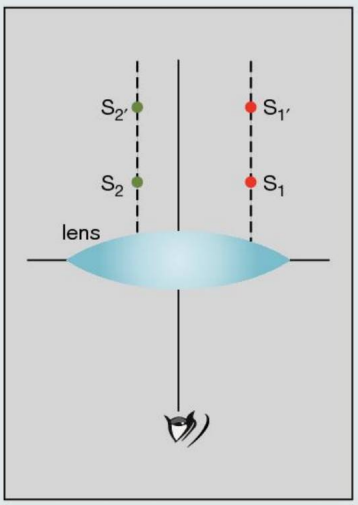
Wat gebeurt er met lichtstralen die evenwijdig aan de normaal in een lens invallen?

Voorspelling

Wat denk je dat er met de recht invallende lichtstralen gebeurt?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- A4'tje
- lensvormig blokje
- acht spelden
- prikbordje



1 Neem een A4'tje en zet in het midden twee elkaar kruisende lijnen.
2 Leg het blaadje op een prikbord en zet een lensvormig perspexblokje op het kruispunt van de lijnen.
3 Prik op twee plaatsen op dezelfde afstand van de normaal twee spelden in het bord, achter de lens (S_1 en $S_{1'}$). Deze liggen op een lijn met een lichtstraal die evenwijdig invalt in de lens.
4 Kijk aan de voorkant door de lens en zoek de plaats waar je de spelden op één lijn ziet liggen. Prik voor de lens nog twee spelden in het bordje zodat je ze op dezelfde lijn ziet liggen.
5 Doe hetzelfde met twee andere spelden (S_2 en $S_{2'}$) op een andere afstand van de normaal.
6 Haal de lens weg en verwijder de spelden. Trek een lijn door de punten S_1 en $S_{1'}$ tot aan de dwarslijn. Trek van daaruit een lijn door de punten van de spelden die je hebt bijgeplaatst.
7 Doe hetzelfde met de punten S_2 en $S_{2'}$ en de punten van de bijgeplaatste spelden.

Vragen

a Wat valt je op aan de lijnen?
b Wat ligt er op snijpunt van de lijnen?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4 Lenzen I

► **45 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Met behulp van een optische rail projecteer je van een voorwerp, door verschillende lenzen, een beeld op een scherm. Je kijkt bij verschillende voorwerpsafstanden wat de beeldafstand moet zijn om een scherp beeld te krijgen. Als voorwerp kun je de houder met een pijltje gebruiken, maar het mag ook een dia zijn met een afbeelding of je kunt ook een afbeelding op je mobiel gebruiken.

Onderzoeksvraag

Hoe veranderen de beeldafstand (*b*) en de vergroting als je de voorwerpsafstand (*v*) steeds groter maakt?

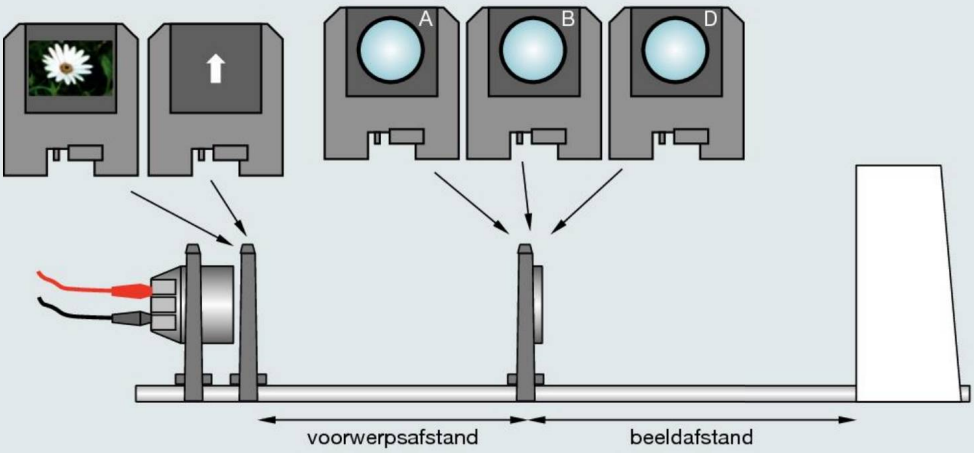
Voorspelling

Noteer wat je denkt dat er met de beeldafstand en vergroting gebeurt als de voorwerpsafstand groter wordt.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- optische rail
- lamp
- houder met pijltje of dia
- A-, B-, en/of D-lens
- projectiescherm
- rolmaat



1. Zet de onderdelen van de opstelling in deze volgorde op de optische rail: lamp, pijltje of dia, lens en dan projectiescherm.
2. Meet de grootte van het pijltje of (iets op) de dia.
3. Stel een voorwerpsafstand in, zorg dat deze bij een A-lens groter is dan 5 cm, bij een B-lens groter dan 10 cm en bij een D-lens groter dan 20 cm.
4. Schuif het projectiescherm heen en weer tot je een scherp beeld van je voorwerp hebt.
5. Meet de beeldafstand en de grootte van het beeld.
6. Noteer je meetresultaten in een tabel met vijf kolommen, in kolom 1 noteer je *v*, in kolom 2 noteer je *b*, in kolom 3 bereken je *b*/*v*, in kolom 4 de beeldgrootte en in kolom 5 de vergroting.
7. Vergroot de voorwerpsafstand steeds met stapjes van 5 cm en bepaal de bijbehorende beeldafstand en beeldgrootte.
8. Herhaal het experiment met een andere lens.

Vragen

a Waaraan zie je dat je een scherp beeld hebt?
b Wat valt je op als je kolom 3 en kolom 5 in je resultatentabel met elkaar vergelijkt?
c Wat gebeurt er met de beeldafstand en vergroting als de voorwerpsafstand groter wordt?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

5 Brillen

► 20 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Mensen met een oogafwijking gebruiken een bril of contactlenzen om hun beeld te verbeteren. Bij dit practicum bekijk je wat de effecten van een bril zijn op je normale zicht. Je kijkt met een bril met positieve lenzen en een bril met negatieve lenzen naar je nabijheidspunt en je vertepunt.

Onderzoeksvraag

Wat gebeurt er met je nabijheidspunt en vertepunt als je een bril met positieve lenzen of een bril met negatieve lenzen opzet?

Voorspelling

Noteer wat je denkt dat het effect is van een bril met positieve lenzen op je nabijheidspunt en je vertepunt. En van een bril met negatieve lenzen?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- leesbril
- bril met negatieve lenzen
- potlood
- rolmaat



1. Bepaal je nabijheidspunt door een potlood voor je ogen heen en weer te bewegen en te kijken wat de kleinste afstand is waarop je het potlood nog scherp ziet.
2. Bepaal je vertepunt door te kijken op welke afstand je voorwerpen nog scherp kunt zien. Als je tot aan de horizon alles scherp waarneemt, mag je het vertepunt op oneindig houden. Als je vertepunt niet op oneindig ligt, probeer het zo nauwkeurig mogelijk te bepalen in een lange gang of buiten.
3. Zet een bril met positieve lenzen op. Bepaal het nabijheidspunt en vertepunt met deze bril op.
4. Zet een bril met negatieve lenzen op. Bepaal nogmaals het nabijheidspunt en vertepunt.

Vragen

a Wat gebeurt er met het nabijheidspunt en vertepunt bij een bril met positieve lenzen?
b Wat gebeurt er met het nabijheidspunt en vertepunt bij een bril met negatieve lenzen?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

6 Lenzen II

► **30 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Bij dit practicum controleer je de lenzenformule. Je gebruikt hiervoor dezelfde opstelling als bij proef 4. Je gebruikt alleen de B-lens. Als voorwerp mag je weer kiezen of je een pijltje neemt of een afbeelding op een dia. Je kunt eventueel ook een afbeelding op je mobieltje als voorwerp nemen.

Onderzoeksvraag

Wat is de brandpuntsafstand van een B-lens?

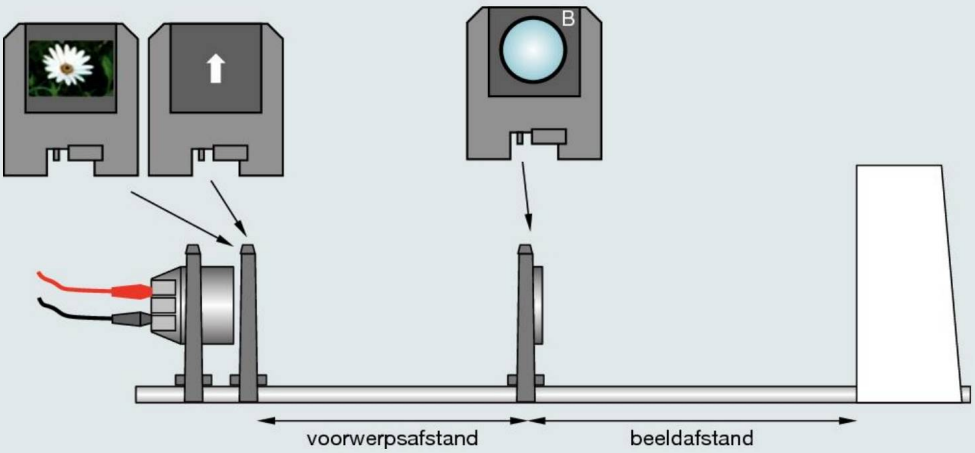
Voorspelling

Wat denk je dat de brandpuntsafstand zal zijn? Denk ook aan proef 4.

Je hebt nodig:

- optische rail
- lamp
- houder met pijltje of dia met afbeelding of mobieltje
- B-lens
- projectiescherm
- rolmaat

Opstelling en werkwijze



1. Bouw de opstelling met een lamp, een pijltje of dia, de B-lens en het projectiescherm.
2. Stel de voorwerpsafstand achtereenvolgens in op 12, 15, 20, 25 en 30 cm en bepaal de bijbehorende beeldafstand.
3. Noteer je resultaten in een tabel met vier kolommen. In kolom 1 zet je de voorwerpsafstand v, in kolom 2 zet je de beeldafstand b, in kolom 3 bereken je $1/v$, in kolom 4 bereken je $1/b$.
4. Maak een grafiek waarin je $1/v$ en $1/b$ tegen elkaar uitzet.
5. Als alles goed is gegaan, bestaat je grafiek uit een lijn die voldoet aan de formule $x + y =$ constant. Bepaal de constante.
6. Bereken de brandpuntsafstand uit $f = 1/\text{constante}$.

Vragen

a De brandpuntsafstand van een B-lens is 10 cm. Heb je dat ook als uitkomst gekregen?
b Als deze brandpuntsafstand niet je uitkomst is, wat kan hiervan dan een oorzaak zijn?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Oefentoets

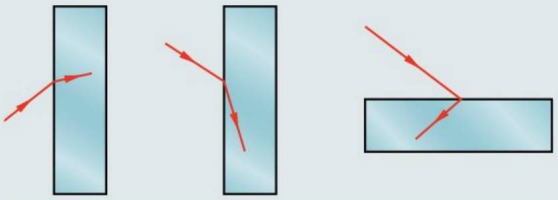
Juist of onjuist?

1 Je spreekt van een beeld als er van ieder punt van een voorwerp één punt op het beeld is.
2 Een lichtstraal die een doorschijnende stof uitgaat, breekt naar de normaal toe.
3 Met een positieve lens kun je zowel virtuele als reële beelden creëren.
4 De ooglens van een bijziende is te sterk.
5 Het nabijheidspunt van een bijziende ligt meer dan 25 cm van het oog.

Breking

In onderstaande figuur zie je een lichtstraal die vanuit de lucht een doorzichtig blok in gaat.

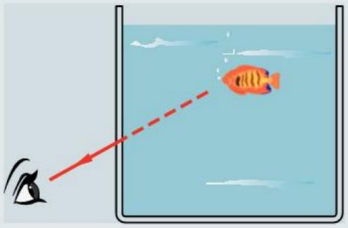
6 Leg uit welk(e) van onderstaande breking(en) mogelijk is/zijn.



Een vis

In de figuur hiernaast zie je waar iemand een vis ziet. Neem de tekening over of gebruik het tekenblad in het hulpboek.

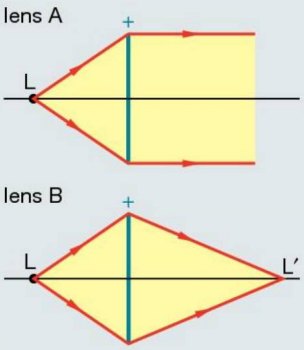
7 Construeer waar de vis in werkelijkheid kan zijn.



Brandpuntsafstand

In de figuur hiernaast zie je twee lenzen.

8 Leg uit of lens B een kleinere of een grotere brandpuntsafstand heeft dan lens A.



Zwembad

Op de bodem van een zwembad zie je vaak patronen zoals in onderstaande figuur.

9 Zie je die patronen bij stilstaand water of bij bewegend water?
10 Verklaar waarom je dergelijke patronen ziet.



© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Een spiegel

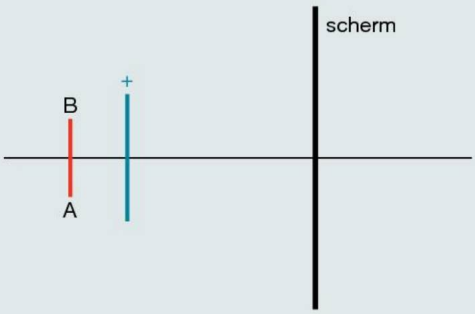
Voor een vlakke verticale spiegel staat op 3,0 cm afstand een puntvormig lampje L. Een puntvormig oog O bevindt zich 2,0 cm onder het lampje op 4,0 cm afstand van de spiegel.

11 Maak een tekening en bepaal de plaats van het spiegelbeeld van de lamp.

12 Teken de lichtstraal die vanaf het lampje L vertrekt, terugkaatst van de spiegel en door punt O gaat.

Een beeld

Neem de figuur hiernaast over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Op het scherm ontstaat een scherp beeld.



13 Teken het beeld A*B* op het scherm. Construeer waar het brandpunt van deze lens ligt.

14 Teken de lichtbundel uit B die de hele lens verlicht. Teken ook hoe deze bundel achter de lens verder loopt.

Een kaars

Je zet een kaars voor een lens. Op een scherm ontstaat een scherp beeld van de kaars. Je verwisselt de lens voor een andere lens 2. Het voorwerp blijft staan. Het blijkt dat je het scherm nu verder weg moet zetten om een scherp beeld te krijgen.

15 Leg uit dat *N* in de situatie met de tweede lens groter is.

16 Leg uit of de brandpuntsafstand van lens 2 groter of kleiner is dan die van lens 1.

Een fotograaf

Een fotograaf gaat iets dichter staan bij wat hij fotografeert en stelt opnieuw scherp.

17 Leg uit of de lens dan verder van of dichter naar de beeldsensor gaat.

Lezen op het bord

Jos zit achter in de klas en heeft positieve contactlenzen.

18 Leg uit of Jos zijn contactlenzen nodig heeft om te kunnen lezen wat er op het bord staat.

Kijken door een loep

Alicia kijkt door een loep met een sterkte van S = 12,5 dpt naar een postzegel. Het beeld van de postzegel bevindt zich 25 cm van de loep.

+19 Leg uit of Alicia kijkt naar een virtueel beeld of naar een reëel beeld.

+20 Bereken de afstand tussen de loep en de postzegel.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com





7 Materialen

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



In de loop der jaren is er veel veranderd in de wereld van het bergbeklimmen. In de foto links zie je twee bergbeklimmers in de Alpen in 1907. De foto rechts is genomen in de Himalaya in 2013. De uitrusting is in de loop der jaren enorm verbeterd. Touwen en katrollen zijn lichter en sterker geworden, jassen isoleren de warmte beter, ze houden de wind buiten en laten zweet door. De juiste keuze van stoffen en materialen is hierin essentieel.

Paragraaf	Practica
7.1 Stofeigenschappen	**1** Dichtheid, drijven of zinken
7.2 Warmte	**2** Soortelijke warmte van messing
7.3 Warmtegeleiding	**3** Warmtegeleiding
7.4 Sterkte van materialen	**4** Sterkte van materialen
+7.5 Supergeleiding	**5** Geleiders en isolatoren
Oefentoets	

Overal online

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
In Brussel staat het Atomium. Het is gebouwd voor de Brusselse wereldtentoonstelling van 1958, de zogenaamde Expo 58.
Waarom is de naam 'Atomium' een misleidende naam?



Je leert
- waaruit materialen zijn opgebouwd.

7.1 Stofeigenschappen

Bouwstenen van stoffen
Het boek dat je nu leest, is gemaakt van verschillende materialen, zoals papier en inkt. Deze materialen zijn opgebouwd uit verschillende stoffen, zoals hout en kleurstoffen. Deze stoffen bestaan uit **moleculen**, zeer kleine deeltjes. De moleculen van een stof bepalen de stofeigenschappen. Zo bepalen zuurstofmoleculen het kook- en smeltpunt van zuurstof. Een **zuivere stof** bestaat uit één soort moleculen. Soda, een stof die bij de productie van glas en reinigingsmiddelen wordt gebruikt (figuur 7.1), is een voorbeeld van een zuivere stof. Soda bestaat alleen uit sodamoleculen. Een stof die uit verschillende soorten moleculen bestaat, heet een **mengsel**. Lucht is een mengsel van onder andere zuurstof- en stikstofmoleculen.

Moleculen vertonen 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 dichtbij elkaar zitten.
- Er zit niets tussen moleculen, zelfs geen lucht.



7.1 De sodamoleculen bepalen de eigenschappen van soda.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Er bestaan deeltjes die nog kleiner zijn dan moleculen: **atomen**. Moleculen zijn opgebouwd uit twee of meer atomen. Een sodamolecuul bestaat uit natrium- (Na), waterstof- (H), koolstof- (C) en zuurstofatomen (O). Er komen op aarde 94 soorten atomen in de natuur voor. Deze atoomsoorten zijn de bouwstoffen voor alle moleculen op aarde. Een atoomsoort heet ook wel een element.

Dichtheid

► Practicum 1

Een ballon gevuld met lucht is erg licht. Een even grote ballon gevuld met water is een stuk zwaarder. De dichtheid geeft aan hoeveel massa van een stof in een bepaald volume zit. Lucht heeft dus een kleinere dichtheid dan water.
Voor de dichtheid ρ (spreek uit: 'rho') geldt:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

met ρ **de dichtheid in gram per kubieke centimeter (g/cm³)**
m **de massa in gram (g)**
V **het volume in kubieke centimeter (cm³)**

Dichtheid is een stofeigenschap. Dit betekent niet dat de dichtheid van een stof onder alle omstandigheden gelijk is. Als de temperatuur stijgt, zullen de luchtmoleculen in de ballon sneller bewegen en ontstaat er meer ruimte tussen de moleculen. Omdat het aantal moleculen gelijk blijft, verandert de massa niet. De ballon heeft nu met dezelfde massa een groter volume: de dichtheid neemt af. Omdat de dichtheid afhankelijk is van de temperatuur, is in figuur 7.2 aangegeven bij welke temperatuur deze dichtheden gelden.
In figuur 7.2 kun je zien dat vaste stoffen in het algemeen een grotere dichtheid hebben dan vloeistoffen. Gassen hebben de kleinste dichtheid.

stof	ρ (g/cm³)
vaste stoffen	
aluminium	2,70
baksteen	1,8
brons	8,9
eikenhout	0,78
glas	2,6
goud	19,3
koper	8,96
perspex (plexiglas)	1,2
staal	7,8
ijzer	7,87
vloeistoffen	
alcohol	0,80
paraffineolie	0,80
water	1,00
gassen	
helium	0,000 178
lucht	0,001 29

7.2 De dichtheid van verschillende stoffen bij kamertemperatuur (20 °C)

Voorbeeld 1: De massa uit de dichtheid berekenen
Voor een bepaald recept heb je een eetlepel (15 cm³) suiker nodig. Suiker heeft een dichtheid van 1,58 g/cm³.
Bereken de massa van de suiker in de lepel.

Uitwerking:
Gegeven: $V = 15$ cm³, $\rho = 1{,}58$ g/cm³
Gevraagd: massa m = ?
Formule: $\rho = \frac{m}{V}$
Berekenen: $1{,}58 = \frac{m}{15}$
$m = 1{,}58 \times 15 = 23{,}7$ g
Antwoord: De massa van de suiker is 23,7 gram.

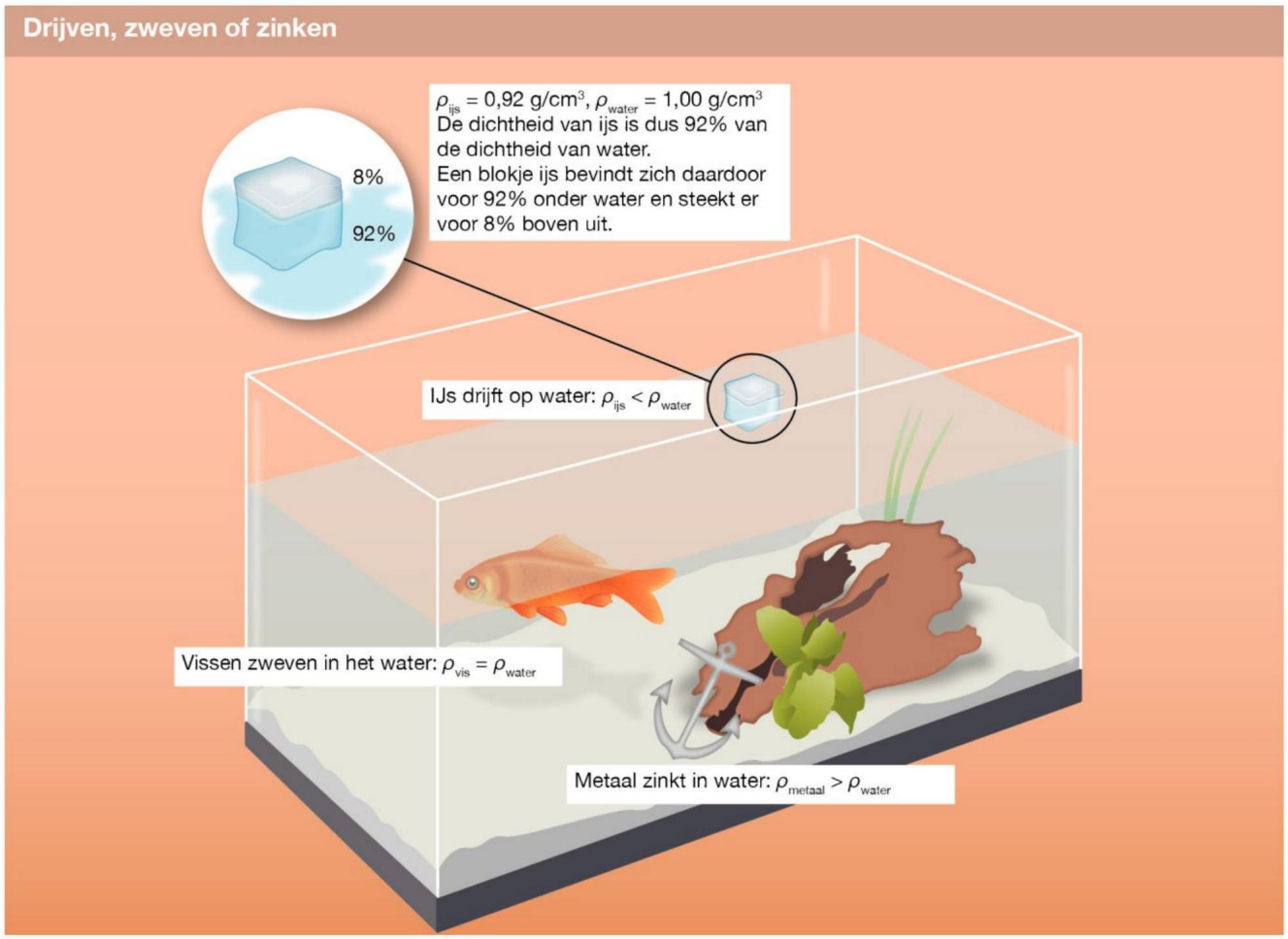
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Zinken, zweven en drijven

Je weet dat ijsschotsen op het water **drijven**. Dat komt omdat de dichtheid van ijs kleiner is dan de dichtheid van water. Metalen voorwerpen **zinken** in water naar de bodem, omdat de dichtheid van metalen groter is dan van water. Een voorwerp dat dezelfde dichtheid heeft als water blijft **zweven**: het gaat niet drijven en het zinkt niet, maar het blijft op dezelfde hoogte. Zie figuur 7.3.

In deze figuur zie je dat 92% van het volume van het ijsblokje onder, en 8% van het blokje boven water zit. Dit komt omdat de dichtheid van ijs 92% van die van water is. Deze verhouding tussen dichtheden wordt de **relatieve dichtheid** genoemd. De relatieve dichtheid geeft tevens de verhouding van het volume van een voorwerp dat deels is ondergedompeld en zich deels boven de oppervlakte bevindt. Het is de verhouding tussen de dichtheid van het voorwerp en de dichtheid van de stof waarin het voorwerp wordt ondergedompeld.



7.3 Of een voorwerp zinkt, zweeft of drijft hangt af van de dichtheid.

Samengevat

Stoffen bestaan uit moleculen. Een zuivere stof bestaat uit één soort molecuul, een mengsel bestaat uit meerdere molecuulsoorten. Een molecuul is opgebouwd uit twee of meer atomen.

De dichtheid van een stof kun je berekenen met $\rho = \frac{m}{V}$.

Als de dichtheid van een stof groter is dan de dichtheid van water, dan zinkt deze stof in water; als de dichtheid kleiner is, drijft hij. Als de dichtheid van een stof precies gelijk is aan de dichtheid van water, zweeft deze stof.

De relatieve dichtheid is de verhouding van dichtheden van een stof en de stof waarin het voorwerp zich bevindt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

7.1 Opdrachten

A 1 M

Juist of onjuist?

a Moleculen bestaan uit atomen.
b Moleculen bewegen sneller als de temperatuur lager is.
c De dichtheid is een stofeigenschap.
d Een vaste stof zweeft in een vloeistof als de vaste stof een kleinere dichtheid heeft dan de vloeistof.

A 2 M

Leg uit waarom je bij het opzoeken van de dichtheid van een stof ook altijd moet weten wat de temperatuur is.

B 3 M

Leg uit hoe je weet zonder in de tabel met dichtheidswaarden te kijken dat de dichtheid van water groter is dan die van lucht.

B 4 M

Bereken met behulp van figuur 7.2 de massa van:

a 15 cm^3 glas
b 35 cm^3 brons
c 2,0 m^3 baksteen
d 33 cL water

B 5

Je hebt drie even grote kisten. In kist 1 doe je tennisballen, in kist 2 voetballen en in kist 3 bowlingballen.

a In welke kist zitten de meeste ballen?
b Is die kist daarom ook het zwaarst?
c Van welke twee eigenschappen van de voorwerpen zal afhangen hoe zwaar de kist is?

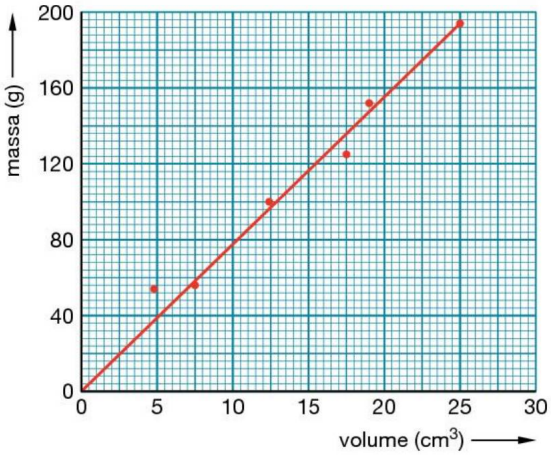
B 6 M

Olie en water mengen niet, maar olie drijft op water.
Leg uit welke stof een grotere dichtheid heeft, olie of water?

B 7

Dave heeft in een werkplaats blokjes van verschillende grootte, maar van hetzelfde materiaal gevonden. Hij heeft van alle blokjes de massa en het volume bepaald. Zijn meetresultaten staan in het diagram hierna.

a Bepaal met behulp figuur 7.2 van welk materiaal de blokjes zijn gemaakt.
b Leg uit waarom het beter is om met behulp van meerdere metingen in een diagram de dichtheid te bepalen dan met behulp van slechts één meting.



C 8

Een houten balk heeft een lengte van 1,0 m, een doorsnede van 1,0 dm^2 en een massa van 6,0 kg.

a Bereken de dichtheid van het hout in g/cm^3.
b Bereken de relatieve dichtheid van het hout in water.

Je legt de balk nu in water.

c Bereken hoeveel cm de balk boven water zal uitsteken.
d Bereken de relatieve dichtheid van de balk in alcohol.

Je legt de balk nu in alcohol.

e Bereken hoeveel cm de balk boven alcohol zal uitsteken.

C 9

Op een mooie zomerse dag zie je een grote luchtballon. De ballon bestaat uit nylon, is gevuld met hete lucht en eronder hangt een mand met mensen erin.

a Beredeneer of de luchtballon zinkt, zweeft of drijft op de lucht.

Als de lucht wordt verwarmd met een brander stijgt de ballon iets.

b Wat weet je nu over de dichtheid van hete lucht?

C 10 N

Yolanda heeft van vijf blokjes de massa en het volume bepaald. Je ziet de meetresultaten hieronder.

a Welke blokjes hebben hetzelfde volume? Hoe groot is dat volume?
b Welke blokjes hebben dezelfde massa? Hoe groot is die massa?

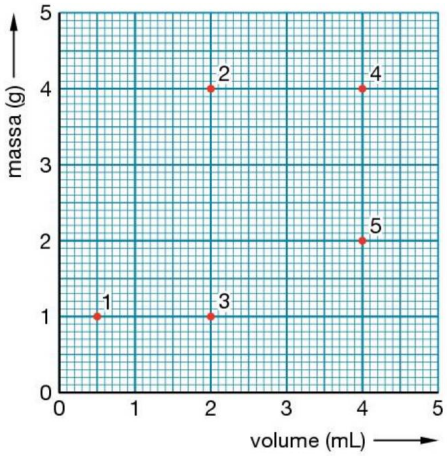
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

c Welke blokjes zouden van dezelfde stof gemaakt kunnen zijn? Wat doe je met de gegevens in het diagram om aan je antwoord te komen?

Een blokje dat is gemaakt van hetzelfde materiaal als blokje 4 heeft een volume van 8 cm^3.

d Bereken de massa van dit blokje.



C 11 N

De dichtheid van zeewater is wat groter dan de dichtheid van zoetwater.
Leg uit wat dit betekent voor de diepgang van een schip als het door een zeesluis naar zoetwater vaart.

C 12

Bert giet water en paraffineolie in een glas. Daarna doet hij er een ijsklontje bij.
Maak een schets van hoe dit eruit zal zien. Geef duidelijk aan waar het water, de olie en het ijsklontje zich bevinden.

+ 13 N

Bij de Natuurkunde Olympiade heeft Jorrit de bronzen medaille gewonnen. De medaille is rond, heeft een dikte van 5,0 mm en een straal van 3,0 cm.
De medaille heeft een massa van 126 g.

a Bereken de dichtheid van de medaille.

Op internet leest Jorrit dat brons een mengsel is van koper en zink. Het mengsel heeft een massaverhouding van 90% koper en 10% zink.

b Bereken het volume aan koper dat de medaille bevat.

+ 14 N

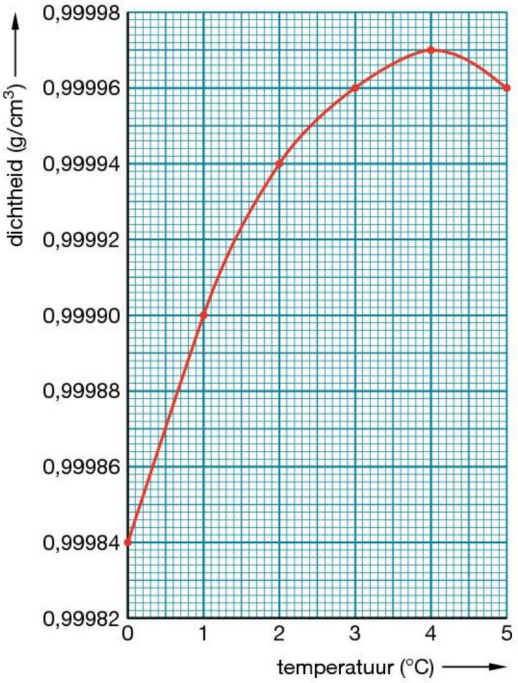
IJs drijft op water. Dit is eigenlijk erg bijzonder, want ijs en water zijn opgebouwd uit dezelfde moleculen. IJs en water zijn dus dezelfde stoffen.

a Wat kun je zeggen over de afstand tussen de moleculen in ijs en water?

Hieronder zie je de dichtheid van water uitgezet tegen de temperatuur. Een sloot met een diepte van 2,0 m heeft in de winter een laagje ijs gekregen.

b Leg uit dat de maximale temperatuur in de sloot 4 °C is.

c Schets een grafiek van de temperatuur in de sloot. Zet de diepte op de *x*-as en de temperatuur op de *y*-as.



Je kunt nu

- uitleggen waaruit materialen bestaan;
- werken met de formule $\rho = \frac{m}{V}$;
- uitleggen wat er gebeurt met de dichtheid als de temperatuur verandert;
- uitleggen wanneer een voorwerp zinkt, zweeft of drijft;
- uitrekenen welk deel van het volume van een voorwerp zich onder water bevindt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
De baby wil een sterkere waterstraal, maar hij moet goed oppassen. Als hij de hendel te ver naar rechts draait, wordt het water veel te warm.
Hoe kun je met één hendel de sterkte én de temperatuur bepalen?

Je leert
- wat het verschil is tussen warmte en temperatuur.

7.2 Warmte

Warmte en temperatuur
De begrippen warmte en temperatuur gebruik je in het dagelijks leven vaak door elkaar. Als je een kamer warm vindt, dan heeft de kamer een hoge temperatuur. Warmte en temperatuur zijn echter verschillende grootheden. De **temperatuur** is een maat voor de snelheid van de moleculen: hoe hoger de temperatuur, hoe sneller de moleculen bewegen. Ze hebben dan meer bewegingsenergie. Om de temperatuur te verhogen moet je dus energie toevoeren. Die toegevoerde energie noem je **warmte**.
Als je warmte toevoert aan water, stijgt de temperatuur. Bij 100 °C verandert de fase: het water gaat dan over in waterdamp. Zie figuur 7.4. De temperatuur neemt dan niet meer toe, ook al blijf je warmte toevoeren. De toegevoerde warmte wordt gebruikt om de bindingen tussen de moleculen te verbreken. In een vloeistof zijn deze bindingen relatief sterk: de moleculen zitten dichtbij elkaar. In een gas is de binding veel zwakker: de afstand tussen de moleculen is een stuk groter. De bindingen tussen moleculen moeten bij een faseovergang dus verbroken worden.



7.4 Bij 100 °C gaat water over in waterdamp. Tijdens deze faseovergang blijft de temperatuur constant.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Warmte is een vorm van energie. De SI-eenheid van warmte is daarom joule (J). Let er dus altijd goed op hoe je de begrippen warm en warmte gebruikt. In de vraag 'Hoe warm wordt het vandaag?', gaat het om de temperatuur. Eigenlijk moet je dus vragen: 'Welke temperatuur wordt het vandaag?' Als je zegt: 'Wat een warmte straalt de kachel uit!', dan bedoel je met warmte de energie.

Verwarmen en soortelijke warmte

► Practicum 2

Als je een kopje thee wilt zetten, heeft het geen zin om een waterkoker helemaal met water te vullen. Hoe meer water je wilt verwarmen, hoe meer warmte je moet toevoeren. Met dezelfde waterkoker duurt het dan ook langer voor het water kookt. De hoeveelheid warmte die je aan een stof moet toevoeren om de temperatuur te laten stijgen hangt af van de massa van de te verwarmen stof, van de temperatuurverandering en van de **soortelijke warmte**. De soortelijke warmte is de warmte die nodig is om 1 g van een stof 1 °C in temperatuur te laten stijgen. Voor de hoeveelheid warmte die je nodig hebt, geldt:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

met **Q de warmte in joule (J)**
c de soortelijke warmte in joule per gram per graad Celsius (J/(g · °C))
m de massa in gram (g)
ΔT ($\Delta T = T_{eind} - T_{begin}$) de temperatuurverandering in graden Celsius (°C)

Net als de dichtheid is de soortelijke warmte een stofeigenschap. In figuur 7.5 kun je zien dat water een grotere soortelijke warmte heeft dan olijfolie. Dit betekent dat je meer warmte nodig hebt om 1 g water 1 °C in temperatuur te laten stijgen dan je nodig hebt voor 1 g olijfolie. Olijfolie heeft een soortelijke warmte van 1,7 J/(g · °C) (spreek uit: joule per gram per graad Celsius). Dit betekent dat je 1,7 J nodig hebt om 1 g olijfolie 1 °C in temperatuur te laten stijgen. Voor 10 g heb je 10 keer zo veel nodig, voor 10 graden Celsius temperatuurstijging heb je ook 10 keer zo veel nodig, enzovoort.
In figuur 7.5 zie je dat de soortelijke warmte van water veel groter is dan die van zand. Dit verklaart waarom in de zomer het zandstrand warm kan zijn, terwijl de zee nog steeds koud is: om water te verwarmen heb je veel warmte nodig.

stof	c (J/(g · °C))
alcohol	2,4
aluminium	0,88
glas	0,80
ijzer	0,46
koper	0,39
lood	0,13
olijfolie	1,7
water	4,2
zand	0,80

7.5 Soortelijke warmte van enkele stoffen

Afkoelen

In het warme water dat door de buizen van een verwarmingsinstallatie stroomt, zit veel energie opgeslagen. Er is namelijk veel warmte nodig om het water op die temperatuur te krijgen. Deze warmte kan het water ook weer afgeven. De hoeveelheid warmte die een stof afgeeft bij het afkoelen bereken je met dezelfde formule als de formule voor het opwarmen. De temperatuurverandering (ΔT) is dan negatief. De eindtemperatuur is namelijk lager dan de begintemperatuur. Dit betekent dat de warmte die je berekent ook negatief is. Een negatieve Q betekent dat er warmte vrijkomt, een positieve Q betekent dat er warmte is toegevoegd.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



7.6 Afkoelende melk staat warmte af.

Voorbeeld 2: Afkoelende melk
Je hebt een glas met 150 g melk opgewarmd tot 80 °C. Je laat het vervolgens een tijdje staan. De temperatuur is gedaald tot 30 °C. Hierbij is 29 kJ warmte vrijgekomen.
Bereken de soortelijke warmte van melk.

Uitwerking:
Gegeven: $m = 150$ g, $T_{begin} = 80$ °C, $T_{eind} = 30$ °C
$Q = -29$ kJ (de warmte is vrijgekomen)
Gevraagd: soortelijke warmte c = ?
Formule: $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$
Berekenen: Het temperatuurverschil is $\Delta T = T_{eind} - T_{begin} = 30 - 80 = -50$ °C.
$-29\,000 = c \times 150 \times -50$ °C
$-29\,000 = c \times -7500$

$$c = \frac{-29\,000}{-7500} = 3{,}9 \text{ J J/(g} \cdot \text{°C)}$$

Antwoord: De soortelijke warmte van melk is 3,9 J/(g · °C).

Warmte-uitwisseling
Als je melk in je thee doet, merk je dat je thee wat kouder wordt. Zodra twee stoffen met verschillende temperaturen bij elkaar komen, wisselen ze warmte met elkaar uit totdat hun temperatuur hetzelfde is. De (negatieve) warmte die de ene stof afstaat, is gelijk aan de (positieve) warmte die de andere stof opneemt:

$$Q_{opwarmen} = -Q_{afkoelen}$$

met Q **de warmte in joule (J)**

Voorbeeld 3: Thee met melk
Een glas met 200 g thee (de soortelijke warmte is gelijk aan die van water) heeft een temperatuur van 50 °C. Je giet er 50 g melk bij, melk heeft een soortelijke warmte van 3,9 J/(g · °C). De melk en thee krijgen een eindtemperatuur van 45 °C.
Bereken de begintemperatuur van de melk.

Uitwerking:
Gegeven: $m_{thee} = 200$ g, $T_{begin\ thee} = 50$ °C, $T_{eind\ thee} = 45$ °C, $c_{thee} = 4{,}2$ J/(g · °C)
$m_{melk} = 50$ g, $T_{eind\ melk} = 45$ °C, $c_{melk} = 3{,}9$ J/(g · °C)
Gevraagd: begintemperatuur van de melk $T_{begin\ melk}$ = ?
Formules: $Q_{opwarmen} = -Q_{afkoelen}$, $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$
Berekenen: De warmte die de thee afstaat is: $Q = 4{,}2 \times 200 \times (45 - 50) = -4200$ J.
Omdat geldt: $Q_{opwarmen} = -Q_{afkoelen}$ weet je dat de melk 4200 J opneemt.
$4200 = 3{,}9 \times 50 \times (45 - T_{begin\ melk})$

$$45 - T_{begin\ melk} = \frac{4200}{3{,}9 \times 50} = 22 \qquad T_{begin\ melk} = -22 + 45 = 23 \text{ °C}$$

Antwoord: De begintemperatuur van de melk was 23 °C.

Samengevat

Warmte en temperatuur zijn twee verschillende grootheden. Temperatuur is een maat voor de snelheid van moleculen, warmte is een vorm van energie.
De soortelijke warmte c van een stof is de hoeveelheid warmte die nodig is om 1 g van die stof 1 °C in temperatuur te laten stijgen. Er geldt: $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$.
Als een stof afkoelt, is de temperatuurverandering negatief en komt er warmte vrij.
Bij warmte-uitwisseling geldt: $Q_{opwarmen} = -Q_{afkoelen}$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

7.2 Opdrachten

A 15 M

Juist of onjuist?

a Water heeft een kleine soortelijke warmte.
b Warmte is een maat voor de snelheid van moleculen.
c Als een stof afkoelt, stroomt er warmte weg.
d De temperatuurverandering is negatief als een stof opwarmt.

A 16 M

Maak de volgende zinnen natuurkundig juist.

a Hoe warm wordt het vandaag?
b Wol is een warme stof.

A 17

Wat is het verschil tussen temperatuur en warmte?

B 18

Met een brander verwarm je 450 mL water van 18,3 °C totdat het kookt.

a Bereken hoeveel energie nodig is om dit water aan de kook te brengen.

Als het water kookt, blijft de brander nog even aanstaan.

b Wat gebeurt er nu met de energie die naar het water gaat?

B 19 M

Je voert aan 100 g water en 100 g alcohol evenveel warmte per seconde toe.

a Bij welke vloeistof stijgt de temperatuur het snelst? Leg je antwoord uit.
b Leg uit waarom het zolang duurt voordat zeewater in de zomer wat warmer wordt.

B 20 M

Melk heeft een soortelijke warmte van 3,9 J/(g · °C). Bereken de warmte die vrijkomt als 2,5 kg melk afkoelt van 90 °C tot 15 °C.

B 21

Om een metalen blokje van 60 g 10 °C in temperatuur te doen stijgen is 528 J aan warmte nodig.
Bepaal met behulp van figuur 7.5 waarvan dit blokje is gemaakt.

B 22

Je hebt 200 g (thee)water en giet hierbij 20 g melk, c = 3,9 J/(g · °C), van 20 °C. De eindtemperatuur is 40 °C.

a Bereken hoeveel warmte de melk opneemt.
b Bereken hoeveel warmte de thee afstaat.
c Bereken de begintemperatuur van de thee.

C 23

In een koelkast staat een maatcilinder die is gevuld met water van 6,6 °C. Je haalt de maatcilinder uit de koelkast. De maatstreepjes op de cilinder zijn weg. Je meet de hoogte van het water: 17,2 cm. De oppervlakte van de doorsnede weet je: 4,6 cm^2. Na 1,5 uur hebben het water en de maatcilinder de temperatuur van de kamer: 19,3 °C.
Hoeveel warmte is er in die tijd door het water opgenomen?

C 24 N

In de aanvoerleiding naar een warmwaterkraan blijft altijd ongebruikt warm water staan.

a Schat het watervolume dat in een leiding van 10 m lengte blijft staan.

Dit water koelt af van 70 tot 18 °C.

b Bereken hoeveel warmte dan door de boiler nutteloos in het water is gestopt. Geef je antwoord in kJ.

C 25

Met een elektrische dompelaar kun je water verwarmen. Je houdt een 350 W dompelaar 20 s in een glas met 150 g water.

a Bereken hoeveel energie in deze tijd aan het water wordt toegevoerd.

Het water heeft voor het verwarmen dezelfde temperatuur als de kamer: 20 °C.

b Bereken de maximale temperatuur van het water na 20 s.
c Leg uit waarom dit de *maximale* temperatuur is.

C 26 N

Bereken hoeveel minuten het duurt om 0,35 kg alcohol met een verwarmingselement van 25 W te verwarmen van 5 °C tot 38 °C.

C 27

Een aluminium pan van 400 g bevat 4,0 L water. De pan en het water hebben een temperatuur van 20 °C. De pan met water wordt aan de kook gebracht.
Bereken hoeveel energie er aan het water in de pan is toegevoerd.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 28 **N**

Soms wordt de soortelijke warmte gegeven in de eenheid J/(kg · °C).

a Geef de soortelijke warmte van water in deze eenheid.

Vroeger werd de eenheid calorie (cal) veel gebruikt. 1 cal is de hoeveelheid warmte die je nodig hebt om 1 g water 1 °C in temperatuur te laten stijgen.

b Leg uit hoe groot 1 cal is, uitgedrukt in joule.

Op voedingsmiddelen wordt de energiewaarde vaak nog in calorie aangegeven. Een flesje limonade bevat per 100 mL een energie van 21 kcal.

c Bereken hoeveel kJ dit is.

C 29

De boiler in je huis verwarmt water tot heet water van 60 °C. Je vult een wastafel met 4,0 L heet water. Om het water wat af te koelen doe je er 1,0 L koud water van 18 °C bij.

a Druk de hoeveelheid warmte die het warme water afstaat uit in de grootheden c, T_{begin} en T_{eind} en m.

b Druk de hoeveelheid warmte die het koude water opneemt uit in de grootheden c, T_{begin} en T_{eind} en m.

c Bereken de eindtemperatuur van het water in de wasbak.

d Beantwoord de discussievraag aan het begin van de paragraaf.

+ 30 **N**

Sommige fijnproevers willen niet dat hun drankje 'verwatert' en gebruiken roestvrijstalen (rvs) 'ijsblokjes' om hun drankje af te koelen. Rvs heeft een soortelijke warmte van c_{rvs} = 0,46 J/(g · °C), een rvs-blokje en een ijsblokje hebben elk een massa van 62 g.
Marinus haalt twee rvs-blokjes uit de vriezer met een temperatuur van −7,0 °C en doet deze bij 100 g vloeistof, c = 3,5 J/(g · °C), met een temperatuur van 22 °C.

a Bereken de eindtemperatuur van de vloeistof.

IJs heeft een soortelijke warmte van 2,2 J/(g · °C).

b Leg uit of ijs op grond hiervan geschikter is dan rvs om een drankje af te koelen.

Om ijs tot water te smelten is veel warmte nodig.

c Leg uit of ijs op grond hiervan geschikter is dan rvs om een drankje af te koelen.

Vloeistoffen en gassen die opwarmen stijgen op. Wanneer ze afkoelen, dalen ze.

d Leg uit of ijs op grond hiervan geschikter is dan rvs om een drankje af te koelen.

+ 31

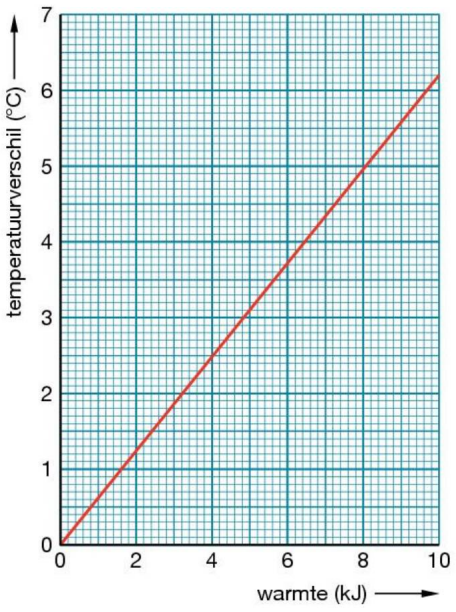
Hieronder zie je de resultaten van een experiment dat Benjamin en Sven hebben uitgevoerd. Ze hebben het temperatuurverschil gemeten als functie van de warmte die ze hebben toegevoerd. Ze weten alleen niet meer hoeveel water ze in dit experiment hebben gebruikt.

a Bepaal de massa van het water dat ze hebben gebruikt.

b Leg uit hoe de grafiek er uit zou zien als er meer water zou zijn gebruikt.

De warmte die ze hebben toegevoerd gaat in werkelijkheid niet alleen naar het water, maar ook naar het bekerglas waar het water in zat. Het bekerglas stijgt dan ook in temperatuur.

c Leg uit of het antwoord dat je bij **a** hebt gevonden in werkelijkheid dan groter of kleiner is.



Je kunt nu

- uitleggen wat het verschil is tussen warmte en temperatuur;
- werken met de formule $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$;
- de soortelijke warmte van een stof berekenen;
- uitleggen wat de gevolgen zijn van de grote soortelijke warmte van water;
- berekenen wat de eindtemperatuur is van twee stoffen die warmte uitwisselen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
Als je bij het snowboarden hete thee in een thermosfles meeneemt kan hij erg lang warm blijven. IJsthee in een thermosfles kan juist erg lang koud blijven. Waarom kan een thermosfles thee heel goed warm én koud houden?

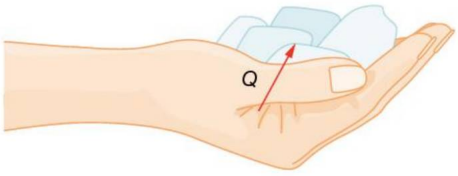


Je leert
- hoe goed of slecht een stof warmte kan geleiden.

7.3 Warmtegeleiding

► Practicum 3

Warmtetransport
Als je een ijsblokje in je handen houdt, voelt het blokje erg koud aan. Je hand staat namelijk warmte af, het ijsblokje neemt deze warmte op. Zie figuur 7.7. Hierdoor krijgt je hand een lagere en het ijsblokje een hogere temperatuur. Warmte stroomt altijd van een hoge naar een lage temperatuur. Er zijn drie manieren waarop warmte kan worden getransporteerd: geleiding, stroming en straling.



7.7 Warmte stroomt van warm naar koud.

De warmte die je hand aan het ijsblokje toevoert, zal zich binnen het ijsblokje verspreiden. Als warmte van de ene plaats in een vaste stof of vloeistof wordt doorgegeven aan een andere plaats, noem je dat **geleiding**. Het warmtetransport vindt plaats door bewegende moleculen. Op een plek met een hogere temperatuur bewegen de moleculen sneller. Deze moleculen zorgen ervoor dat de moleculen ernaast sneller gaan trillen. Hierdoor verspreidt de warmte zich. Metalen kunnen beter geleiden dan niet-metalen.
Geleiding in gassen vindt nauwelijks plaats. Dit komt omdat de moleculen in gassen te ver bij elkaar vandaan zitten om de trilling door te geven.
Er is sprake van **stroming** als het transport van warmte samengaat met het stromen van een gas of een vloeistof. Warmtestroming vindt plaats in vloeistoffen en gassen doordat moleculen zich verplaatsen. De warme lucht boven een verwarming zal omhoog stromen en zich zo door een kamer verspreiden.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De warmte die afkomstig is van een kampvuur voel je door **straling**. Als je naar het kampvuur toe zit, voel je deze warmte. Je rug blijft dan koud. Alle voorwerpen zenden deze warmtestraling uit. De hoeveelheid warmtestraling is groter naarmate het voorwerp een hogere temperatuur heeft. Voor straling is geen tussenstof nodig: tussen de zon en de aarde bevindt zich helemaal niets en toch komt er warmtestraling van de zon naar de aarde.

Energiebesparing in huis

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 in de glaswol geleidt de warmte erg slecht en isoleert dus goed.

Stroming tegengaan

Warmtetransport door stroming ga je tegen door ervoor te zorgen dat er geen vloeistof of gas kan stromen. Je kunt ervoor zorgen dat de ruimtes waar lucht inzit zo klein zijn, dat er nauwelijks stroming plaatsvindt. Bij glaswol en dubbelglas isoleert de stilstaande lucht doordat hij niet kan stromen. Ook kun je spleten afdichten met tochtstrips en kit om te voorkomen dat warme lucht wegstroomt.

Straling tegengaan

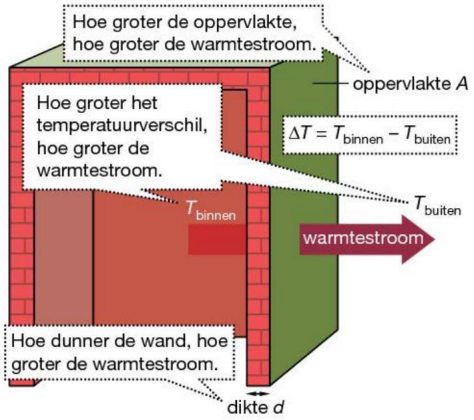
Warmtetransport door straling ga je tegen door materialen te gebruiken die de warmtestraling weerkaatsen, zoals folie en schuim. Dit zie je vaak achter een verwarming, tegen de binnenkant van een dak of tegen de onderkant van een vloer. Er is ook vensterglas dat warmtestraling van de zon tegenhoudt.

Warmtegeleiding in stoffen

Een kop hete thee zal altijd afkoelen naar kamertemperatuur. Als je de thee in een thermosfles doet, blijft je thee langer warm dan in een plastic bekertje. Toch zal ook de thee in de thermosfles na een tijdje de temperatuur van de kamer aannemen. Hoelang dit duurt, hangt af van de **warmtestroom**. Dit is de warmte die per seconde door een wand gaat. De eenheid van de warmtestroom is watt (W), 1 watt is gelijk aan 1 joule per seconde.

Door een wand met een grotere oppervlakte zal een grotere warmtestroom gaan dan door een kleinere oppervlakte. Zie figuur 7.8. Een dikkere wand zal de warmte beter tegenhouden dan een dunnere wand: hoe dikker, hoe kleiner de warmtestroom. Ook het temperatuurverschil tussen beide kanten van de wand is van belang: hoe groter het temperatuurverschil, hoe groter de warmtestroom.

Zolang er een temperatuurverschil is, zal er warmte van de warme naar de koude kant stromen. Als beide kanten dezelfde temperatuur hebben, is er een evenwicht bereikt. De temperatuur aan beide kanten verandert dan niet meer.



7.8 De warmtestroom door een wand is onder andere afhankelijk van de dikte, de oppervlakte en het temperatuurverschil.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De warmtestroom is ook afhankelijk van de soort stof van de wand. De **warmtegeleidingscoëfficiënt** λ (spreek uit: labda) van een stof geeft aan hoe goed een stof warmte kan geleiden. Niet alle stoffen geleiden even goed. Zie figuur 7.9.

materiaal	λ (W/(m · °C))
baksteen	0,60
beton	1,2
glas	0,9
glaswol	0,036
gipsplaat	0,24
hout	0,40
koper	390
piepschuim	0,035

7.9 De warmtegeleidingscoëfficiënten van enkele materialen

Voor de warmtestroom door een wand geldt:

$$P = \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta T}{d}$$

met **P de warmtestroom door de wand in watt (W)**
λ de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal waarvan de wand is gemaakt in watt per meter per graad Celsius (W/(m · °C))
A de oppervlakte van de wand in vierkante meter (m²)
ΔT het temperatuurverschil tussen beide kanten in graden Celsius (°C)
d de dikte van de wand in meter (m)



7.10 Door de muur van de garage stroomt warmte.

Voorbeeld 4: Warmtestroom door een garagemuur
De binnentemperatuur van de garage in figuur 7.10 is 19 °C. De muur van de garage is van baksteen gemaakt. De bakstenen muur is 2,4 m hoog, 5,0 m breed en 0,20 m dik. Bereken de warmtestroom door de muur als de buitentemperatuur 4 °C is.

Uitwerking:
Gegeven: $T_{binnen} = 19$ °C, $T_{buiten} = 4$ °C, $d = 0{,}20$ m
$h = 2{,}4$ m, $b = 5{,}0$ m
Gevraagd: warmtestroom P = ?
Formule: $\frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta T}{d}$
Berekenen: Het temperatuurverschil is $\Delta T = T_{binnen} - T_{buiten} = 19 - 4 = 15$ °C.
De warmtegeleidingscoëfficiënt van baksteen is $\lambda = 0{,}60$ W/(m · °C) (zie figuur 7.9) .
De oppervlakte is $A = h \times b = 2{,}4 \times 5 = 12$ m².
$P = \frac{0{,}60 \times 12 \times 15}{0{,}20} = 540$ W
Antwoord: De warmtestroom door de muur is 0,54 kW.

Samengevat

Warmte kan door middel van straling, stroming en geleiding worden getransporteerd. De warmte die per seconde door een materiaal gaat, heet de warmtestroom. De warmtestroom is onder andere afhankelijk van de soort stof. Voor de warmtestroom geldt: $P = \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta T}{d}$. Hierin is λ de warmtegeleidingscoëfficiënt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

7.3 Opdrachten

A 32 M

Juist of onjuist?

a Stroming kan in gassen plaatsvinden.
b Glas geleidt warmte beter dan beton.
c Door een dikkere muur gaat een grotere warmtestroom.
d Warmte stroomt van koud naar warm.

A 33

Noem een verschil tussen transport van warmte door straling en transport van warmte door geleiding en stroming.

A 34 M

Leg uit waarom warmtegeleiding bij gassen minder goed werkt.

B 35 M

Je roert met een ijzeren lepel in een pan kokende soep. Al snel brand je je vingers. Met een houten lepel heb je daar nauwelijks last van.
Leg uit hoe dat komt.

B 36

Bekijk de tekening hieronder.
Geef aan welke mening correct is.



B 37 M

Aan de achterkant van de garage uit voorbeeld 4 zit een glazen ruit van 1,0 × 1,5 m. Door deze ruit gaat een warmtestroom van 2,0 kW.
Bereken de dikte van de ruit.

B 38

Je laat thuis in de woonkamer een glas heet water van ongeveer 55 °C afkoelen.

a Tot welke temperatuur zal dit water ongeveer dalen?
b Waarom daalt de temperatuur van het water in het begin sneller?

B 39 M

Berber heeft een pan met hete rijst. Om de rijst goed te kunnen isoleren, stopt ze de pan in een doos van piepschuim. De doos heeft wanden van 20 × 20 cm en elke wand heeft een dikte van 1,5 cm. De rijst heeft een temperatuur van 90 °C, de temperatuur in de kamer is 20 °C.
Bereken met behulp figuur 7.9 de warmtestroom door één van de wanden.

B 40

De meeste thermosflessen zijn van metaal gemaakt. In de metalen fles zit een tweede fles van glas waar een drank in gaat. Deze glazen fles heeft een spiegelende laag. Tussen de metalen en de glazen fles zit een luchtlaag. Ook heeft de thermosfles een dop.

a Leg uit hoe de thermosfles de verschillende vormen van warmtetransport tegengaat.
b Beantwoord de discussievraag aan het begin van de paragraaf.

C 41 N

Als je in de winter je fiets pakt, dan voelt je handvat minder koud aan dan je stuur. Astrid zegt dat dit komt doordat je handvat warmer is. Nanne is het hier niet mee eens, volgens hem hebben ze dezelfde temperatuur. Leg uit wie er volgens jou gelijk heeft.

C 42 N

Een auto heeft 2,90 m^2 aan ruitoppervlak, waarin glas van 0,40 cm zit. Het is buiten 26 °C. De airco heeft een maximaal vermogen van 3,2 kW.
Bereken de laagste temperatuur die de airco kan bereiken. Neem aan dat de warmte alleen via de ruiten kan wegstromen.

C 43

Een klaslokaal is op de ramen na perfect geïsoleerd. Er zijn drie ramen van 2,0 × 1,5 m waarin enkelglas van 0,75 cm zit. In het lokaal is het 20 °C terwijl het buiten 18 °C is.

a Bereken de warmtestroom door de ramen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Een gemiddelde leerling produceert 110 W aan lichaamswarmte. Een klas van 24 leerlingen komt het lokaal binnen.

b Bereken het vermogen aan lichaamswarmte in het lokaal.

c Zal het op den duur warmer of kouder in het lokaal worden? Leg je antwoord uit.

C 44 **N**

Wilma komt 's zomers thuis van school en merkt dat het binnen warmer is dan buiten. Ze vraagt zich af hoe dit komt, de verwarming staat immers uit.
Leg uit wat dit betekent voor het stralingsvermogen van de zon en de warmtestroom door de muren en ramen van het huis.

C 45

Als je een slaapzak koopt, kun je kiezen uit een klassiek, rechthoekig model of een mummieslaapzak. Een mummieslaapzak heeft een pasvorm die aansluit op de vormen van je lichaam. Leg uit waarom je het in een mummieslaapzak minder snel koud zult hebben.

C 46

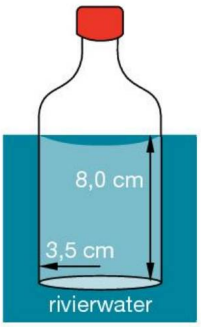
Dubbelglas bestaat uit twee stukken glas met daartussen een laagje lucht. Sem beweert dat je beter een stuk enkelglas kunt nemen dat net zo dik is als dubbelglas. Dit isoleert beter.
Leg uit waarom Sem geen gelijk heeft.

+ 47

Je wilt een glazen flesje met 308 mL water van 24 °C afkoelen door het in een koele beek van 18 °C te zetten, zoals in de figuur boven in de kolom rechts.
Het glazen flesje heeft een straal van 3,5 cm en het glas heeft een dikte van 3,0 mm. Het flesje staat 8,0 cm diep in het rivierwater.

a Bereken het oppervlak van het flesje dat met het rivierwater in contact is.

b Bereken de warmtestroom door het flesje.



c Bereken de warmte die in een halve minuut door de wand van het flesje stroomt.

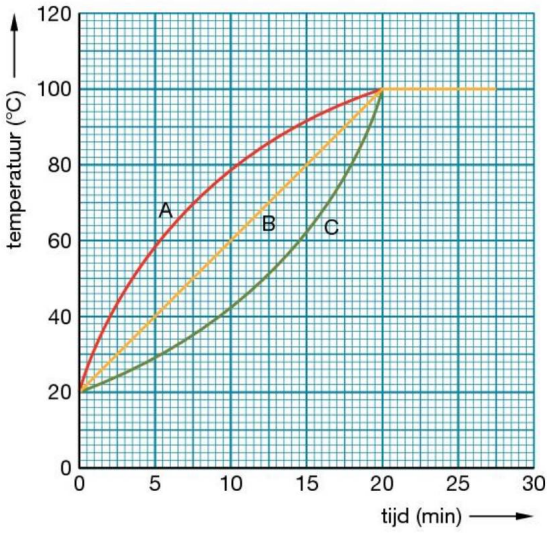
d Bereken met behulp van je antwoord op **c** de temperatuur van het water in het flesje na een halve minuut.

De warmtestroom van vraag **b** is temperatuurafhankelijk.

e Leg uit of je antwoord op **d** *te laag*, *correct*, of *te hoog* is.

+ 48 **N**

Met behulp van een verwarmingselement verwarmt Paul een beker water. Het verwarmingselement voert elke seconde evenveel warmte toe. Paul meet de temperatuur op meerdere tijdstippen en zet dit in een diagram.
Leg uit welke van de onderstaande grafieken overeenkomt met de meetwaarden van Paul.



Je kunt nu

- uitleggen op welke manieren warmte wordt getransporteerd;
- werken met de formule $P = \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta T}{d}$;
- uitleggen hoe je in huis warmte kunt besparen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
Een goed klimtouw mag niet breken bij een val. Maar niet alle touwen zijn even dik, zwaar of elastisch. Verschillende materialen hebben verschillende eigenschappen.
Hoe kun je de sterkte van klimtouwen eerlijk met elkaar vergelijken?

Je leert
- hoe je de sterkte van een materiaal kunt omschrijven.

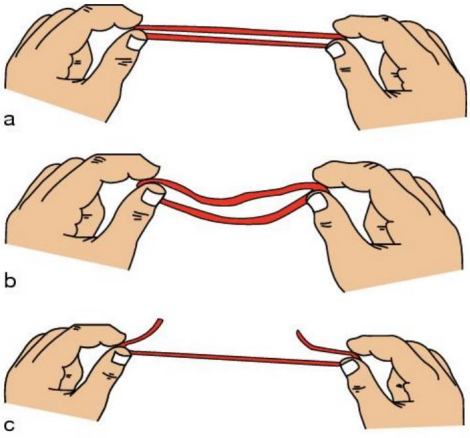
7.4 Sterkte van materialen

► Practicum 4

Vervormen en breken
Als je een elastiekje uitrekt, verandert de vorm van het elastiekje. Als je het elastiekje weer loslaat, neemt het weer zijn oude vorm aan. Als een materiaal na vervormen terugkeert naar zijn oorspronkelijke vorm, is er sprake van **elastische vervorming**. Zie figuur 7.11.

Als je de kracht weghaalt en het materiaal niet terugkeert naar zijn oude vorm, dan is er sprake van **plastische vervorming**. De **vloeigrens** wordt bereikt als de kracht die op het materiaal werkt zorgt voor een plastische vervorming van het materiaal.

Maak je de trekkracht nog groter, dan breekt het materiaal. De **breekgrens** van het materiaal is dan bereikt.



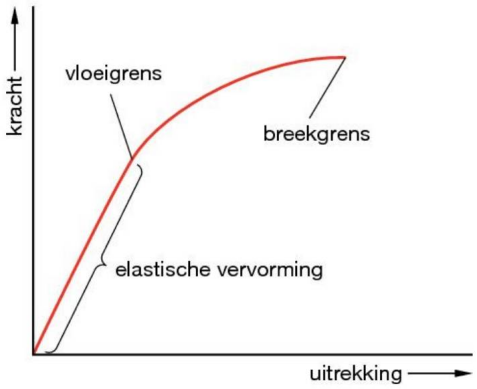
7.11 Een elastiekje rekt uit (a), keert terug naar zijn oorspronkelijke vorm (b) en is voorbij de breekgrens (c).

De uitrekking van een materiaal is afhankelijk van de kracht die erop werkt. In figuur 7.12 zie je een (F,u)-diagram, een diagram van de kracht tegen de uitrekking. In het eerste gedeelte loopt de grafiek recht, dit is het elastische gedeelte. Kracht en uitrekking zijn hier recht evenredig met elkaar. Aan het eind van dit lineaire gedeelte bevindt zich de vloeigrens.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De vervorming is hierna plastisch. Waar de grafiek eindigt, bevindt zich de breekgrens. Als je het materiaal nog meer uitrekt, zal het breken.



7.12 In het (F,u)-diagram kun je zien waar de vloeigrens en de breekgrens van een materiaal zitten.

Treksterkte en druksterkte

Niet alle materialen zijn even sterk. Een katoenen draadje zal sneller breken als je er hard aan trekt dan een visdraad. Visdraad is bestand tegen grote **trekkrachten**. Zie figuur 7.13. Om de maximale trekkracht van materialen te bepalen, trek je zo hard aan een materiaal tot het stukgaat. Je meet dan de kracht waarbij het materiaal breekt of scheurt. Om eerlijk te kunnen vergelijken, moet je wel materialen nemen met dezelfde vorm, dezelfde lengte en dezelfde dikte. Het materiaal van de poten van je stoel hoeft niet een grote maximale trekkracht te hebben, de poten worden namelijk in elkaar gedrukt. De stoelpoten (zie figuur 7.14) moeten bestand zijn tegen grote **drukkrachten**.



7.13 Visdraad heeft een grote maximale trekkracht.



7.14 Stoelpoten moeten tegen grote drukkrachten bestand zijn.

Materiaaldikte en sterkte

Uit ervaring weet je dat een dun touw eerder breekt dan een dik touw. De maximale trekkracht hangt niet alleen af van de stof, maar ook van de dikte van het materiaal. Ook de trekkracht waarbij je de vloeigrens bereikt, hangt af van de dikte. Om materialen eerlijk met elkaar te kunnen vergelijken moet je daarom naar de **trekspanning** kijken. De trekspanning is de kracht per mm^2. Voor de trekspanning geldt:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

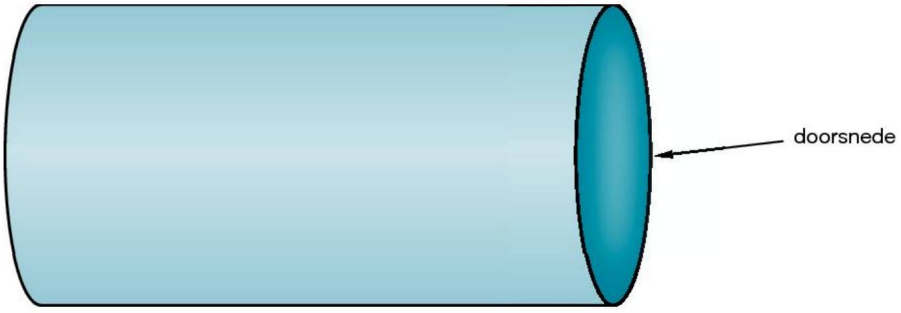
met σ **de trekspanning in newton per vierkante millimeter (N/mm^2)**
F **de trekkracht in newton (N)**
A **de oppervlakte van de doorsnede in vierkante millimeter (mm^2)**

Als er op een staalkabel met een oppervlakte van 1,0 mm^2 een trekkracht werkt van 50 N, dan is de trekspanning dus 50 N/mm^2. Als de oppervlakte van de doorsnede (figuur 7.15) drie keer zo groot is, dan is de maximale trekkracht die je op het materiaal kunt uitoefenen ook drie keer zo groot.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Visdraad (figuur 7.13) heeft een grote **treksterkte**, dit betekent dat het een grote maximale trekspanning heeft.



7.15 Gearceerd is de oppervlakte van de doorsnede.

Voorbeeld 5: De trekkracht van visdraad
Ryan wil gaan vissen en koopt visdraad in de winkel. Het materiaal van het draad heeft een treksterkte van 60 N/mm^2. De doorsnede van het draad is 0,40 mm^2.
Bereken de maximale trekkracht die je met het visdraad kunt uitoefenen.

Uitwerking:
Gegeven: $\sigma = 60$ N/mm^2, $A = 0{,}40$ mm^2
Gevraagd: maximale trekkracht $F = ?$
Formule: $\sigma = \frac{F}{A}$
Berekenen: $60 = \frac{F}{0{,}40}$
$F = 60 \times 0{,}40 = 24$ N
Antwoord: De maximale trekkracht is 24 N.

Dit betekent dat het visdraad een vis van ongeveer 2,4 kg kan dragen.

Niet alleen de maximale trekkracht is afhankelijk van de doorsnede, ook de maximale drukkracht hangt van de doorsnede af. Om de maximale druksterkte van materialen eerlijk met elkaar te kunnen vergelijken, moet je daarom ook naar de **drukspanning** kijken. Dit is de drukkracht per mm^2. De drukspanning bereken je op dezelfde manier als de trekspanning. De treksterkte en de **druksterkte** (de maximale drukspanning) van een materiaal kunnen flink verschillen. Zo heeft beton een maximale trekspanning van 6 N/mm^2 en een maximale drukspanning van 90 N/mm^2. Beton kan dus beter tegen drukkrachten dan tegen trekkrachten.

Samengevat

Als een materiaal na uitrekking terugkeert naar zijn oorspronkelijke vorm is er sprake van elastische vervorming. Voorbij de vloeigrens is er sprake van plastische vervorming. Als je een materiaal verder dan de breekgrens uitrekt, breekt het.
Een materiaal met een grote trek- of druksterkte is bestand tegen grote trek- of drukkrachten. De maximale trek- en drukkracht is afhankelijk van de oppervlakte van de doorsnede van het materiaal. Voor de trekspanning en drukspanning geldt: $\sigma = \frac{F}{A}$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

7.4 Opdrachten

A 49 M

Juist of onjuist?

a Plastische vervorming is blijvend.
b De trekspanning is de trekkracht per mm^2.
c De breekgrens is hetzelfde als de vloeigrens.

A 50

Je zet grote trekkrachten op een stalen staafje. Bij een trekkracht van 1000 N begint het staafje blijvend te vervormen.

a Hoe noem je het punt waarop het staal blijvend vervormt?
b Geef aan wat er gebeurt met het staafje als de kracht niet groter dan 1000 N wordt.
c Geef aan wat er gebeurt als je de kracht steeds groter maakt.

B 51

Evert-Jan heeft vier verschillende touwen en verschillende gewichten van 1,00 tot 250 kg.
Leg uit hoe hij kan bepalen welk touw de grootste maximale trekkracht heeft.

B 52 M

Welke van de volgende materialen kunnen drukkrachten goed opvangen?

a leer
b hout
c beton
d textiel

B 53

Ineke onderzoekt de treksterkte van materialen. Ze neemt zes even lange metaaldraden van dezelfde dikte, maar van verschillend metaal. Ze meet de maximale trekkracht van elke metaaldraad.

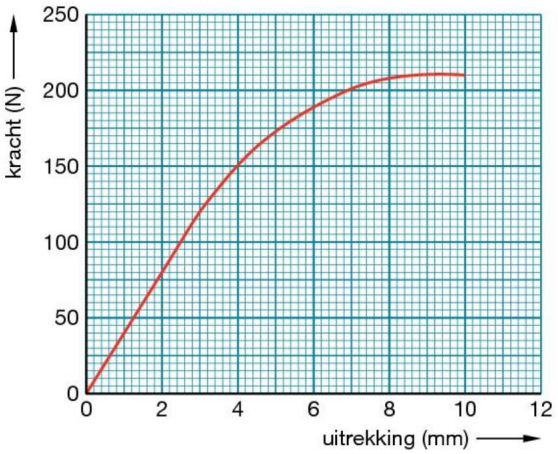
a Waarom neemt Ineke draden van dezelfde dikte?
b In de tabel rechtsboven zie je de resultaten van deze trekproef. Zet de metalen op volgorde van treksterkte met het sterkste metaal als laatste.
c Leg uit of je nu kunt concluderen dat gietijzer niet bestand is tegen trekkrachten.

metaal	trekkracht (kN)
aluminium	0,10
gietijzer	0,34
koper	0,44
messing	0,50
roestvast staal	1,72
staal	0,80

B 54

Wilco doet een experiment waarbij hij de kracht en uitrekking van een staaldraad meet. In de grafiek hieronder zie je zijn resultaten.

a Leg uit of de uitrekking bij een kracht van 50 N plastisch of elastisch is.
b Bepaal bij welke trekkracht de vloeigrens ligt.



C 55

Matthijs ontwerpt een stoel. De stoel heeft vier vierkante poten met een afmeting van 1,0 bij 1,0 cm. Het ijzer van de poten heeft een drukspanning van 400 N/mm^2.

a Bereken het totale oppervlakte van de stoelpoten in mm^2.
b Bereken de druksterkte van de stoelpoten.
c Leg uit of de stoel sterk genoeg is om een leerling op te laten zitten.

Matthijs wil het ontwerp van de stoel veranderen, hij vindt ronde poten mooier. Hij wil wel dat de stoelpoten even sterk blijven.

d Bereken de diameter van de stoelpoten die hij moet gebruiken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 56 **N**

Je zet grote trekkrachten op een vierkant stalen staafje met een oppervlakte van 2,0 bij 2,0 mm. Bij een kracht van 1000 N begint het staafje blijvend te vervormen.

a Bereken de doorsnede van de staaf in mm^2.

b Bereken de trekspanning op de staaf bij de kracht van 1000 N.

Barend wil de vloeigrens bepalen, maar kan met zijn spieren maar een kracht van 300 N uitoefenen.

c Welke afmeting moet de oppervlakte van de doorsnede van het stalen staafje hebben zodat je bij 300 N de vloeigrens bereikt?

C 57

Kijk nog eens terug naar de trekproef van Ineke uit opgave 53.

a Leg uit dat twee draadjes koperdraad in elkaar gedraaid een grotere maximale trekkracht hebben dan één draadje.

b Als je vier draadjes koperdraad in elkaar draait, kun je er dan meer of minder kracht op zetten dan op één even dik draadje roestvast staal?

C 58 **N**

In een laboratorium meet Wesley de maximale drukkracht op een rechthoekig stuk beton met een oppervlakte van 15 bij 20 cm. Het beton gaat kapot bij een belasting van 232,5 kN.

a Bereken de doorsnede van het beton in cm^2 en in mm^2.

b Bereken de druksterkte van het beton.

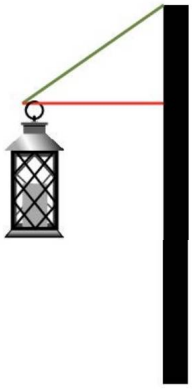
In een ander laboratorium meet Asli aan een andere betonsoort. Zij vindt een maximale drukkracht van 12,53 MN bij een doorsnede met een oppervlakte van 1,0 m^2.

c Leg uit wie het beton met de grootste druksterkte heeft getest.

C 59 **N**

Op het visdraad in figuur 7.13 staan de diameter, de lengte en de maximale massa die het draad kan dragen.
Bereken de treksterkte van het visdraad.

C 60



Een lantaarn hangt aan een rode houten balk. Een groene houten balk, houdt deze rode balk op zijn plek. Zie de figuur rechts.

a Leg uit in welke balk trekkrachten werken en in welke balk drukkrachten.

b Leg uit *welke* balk je eventueel door een touw kunt vervangen.

+ 61

Een touw gemaakt van Dyneema heeft een diameter van 1,0 mm. Dyneema is een zeer sterke kunstmatige vezel en heeft een treksterkte van 3300 N/mm^2.

a Bereken bij welke trekkracht het touw zal breken.

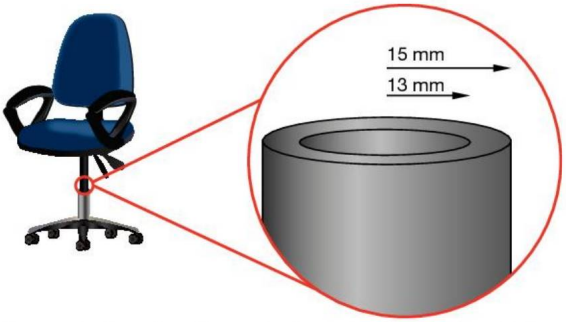
Dyneema heeft een dichtheid van 0,97 g/cm^3.

b Leg uit waarom deze dichtheid het touw geschikt maakt om te gebruiken bij zeilboten.

+ 62 **N**

De zitting van een bureaustoel bestaat uit een ronde holle stang met afmetingen zoals aangegeven in de figuur.

a Bereken de oppervlakte van de stang in mm^2.



Het materiaal heeft een drukspanning van 300 N/mm^2.

b Bereken de maximale massa die op de stoel mag worden geplaatst.

c Kan de stang deze massa ook dragen als hij op het puntje van de stoel wordt geplaatst? Leg je antwoord uit.

Je kunt nu

- aan de hand van een (F,u)-diagram uitleggen wanneer er sprake is van elastische en plastische vervorming;
- uitleggen wat de begrippen treksterkte en druksterkte betekenen;
- uitleggen wat het verband is tussen de maximale trekkracht en de dikte van een materiaal;
- werken met de formule $\sigma = \frac{F}{A}$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Discussievraag
In een MRI-scanner zitten zeer sterke elektromagneten. Door de spoelen in deze elektromagneten gaat een grote stroomsterkte. Waarom moet het materiaal van de spoel een zeer lage weerstand hebben?



Je leert
- hoe de elektrische weerstand afhangt van de temperatuur.

7.5 Supergeleiding

Elektrische geleiding
De polen van een batterij kun je zonder problemen met je handen vastpakken; er loopt bijna geen stroom door je handen. Als je de polen met een ijzerdraad verbindt, zal de ijzerdraad heet worden: er loopt een grote stroom doorheen. Blijkbaar geleidt de ijzerdraad gemakkelijker elektrische stroom dan je handen. Anders gezegd: de weerstand van de draad is kleiner. Dat komt vooral doordat het materiaal waarvan de draad is gemaakt minder weerstand heeft dan het menselijk weefsel van je handen. De **soortelijke weerstand** geeft aan hoe groot de weerstand van een materiaal is. Materialen met een lage soortelijke weerstand hebben een lage weerstand en kunnen elektrische stroom goed geleiden. Voor de weerstand van een draad geldt:

$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$$

met R **de weerstand in ohm (Ω)**
ρ **de soortelijke weerstand in ohm vierkante millimeter per meter ($\Omega \cdot mm^2/m$)**
ℓ **de lengte van de draad in meter (m)**
A **de oppervlakte van de doorsnede van de draad in vierkante millimeter (mm^2)**

Koper heeft een soortelijke weerstand van 0,017 $\Omega \cdot mm^2/m$. Dit betekent dat een koperdraad van 1 m lang met een doorsnede van 1 mm^2 een weerstand heeft van 0,017 Ω. Een twee keer zo lange draad heeft ook een twee keer zo grote weerstand. Als de oppervlakte van de doorsnede twee keer zo groot wordt, wordt de weerstand juist twee keer zo klein. Een grote oppervlakte van de doorsnede betekent een kleine weerstand.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



7.16 Koper kan elektrische stroom goed geleiden.

Voorbeeld 6: De weerstand van een draad

Koper wordt veel gebruikt in elektrische kabels. Nawid koopt koperkabels in de winkel. Zie figuur 7.16. Deze kabels hebben een doorsnede van 1,5 mm^2.
Bereken de weerstand van een 10 m lange kabel.

Uitwerking:

Gegeven: lengte ℓ = 10 m
doorsnede A = 1,5 mm^2
soortelijke weerstand ρ = 0,017 Ω · mm^2/m

Gevraagd: weerstand R =?

Formule: $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$

Berekenen: $R = 0{,}017 \times \frac{10}{1{,}5}$

R = 0,11 Ω

Antwoord: De weerstand van de kabel is 0,11 Ω.

Temperatuur en weerstand

De meeste elektrische kabels zijn van koper gemaakt. Omdat koper een goede geleider is, gaat er weinig elektrische energie in de kabels verloren. In figuur 7.17 kun je zien dat koper een lage soortelijke weerstand heeft.
Metalen zijn goede geleiders. Dit komt omdat de geleidingselektronen zich gemakkelijk door het metaal kunnen bewegen. Zie paragraaf 3.1.

De soortelijke weerstand in figuur 7.17 geldt bij kamertemperatuur. Als de temperatuur stijgt, wordt de soortelijke weerstand van metalen groter. Ze geleiden dan slechter.

stof	ρ (Ω · mm^2/m)
aluminium	0,027
goud	0,022
koper	0,017
wolfraam	0,055
ijzer	0,105
zilver	0,016
constantaan	0,45
koolstofstaal	0,18
grafiet	10

7.17 De soortelijke weerstand van enkele stoffen bij kamertemperatuur

De atomen in het rooster gaan bij een hogere temperatuur sneller bewegen en de ruimte tussen de atomen wordt groter. Hierdoor hinderen ze de vrije beweging van de elektronen. Hoe hoger de temperatuur, hoe slechter de geleiding.

Met een digitale thermometer kun je snel de temperatuur bepalen en aflezen van een display. In de thermometer zit een **NTC-weerstand**. NTC staat voor negatieve temperatuurcoëfficiënt. Bij deze materialen neemt de weerstand af als de temperatuur toeneemt. Door de veranderende weerstand meet de thermometer een andere spanning en kan de thermometer de temperatuur bepalen.
Er bestaan ook **PTC-weerstanden**, positieve temperatuurcoëfficiënt. Deze weerstanden werken precies omgekeerd; bij toenemende temperatuur neemt de weerstand ook toe. Metalen gedragen zich dus als een PTC.

Supergeleiding

► Practicum 5

Als je de temperatuur verlaagt, geleiden metalen steeds beter. Bij sommige stoffen valt de weerstand onder een bepaalde temperatuur zelfs helemaal weg. Dit heet **supergeleiding**. Supergeleidende materialen worden veel gebruikt in apparaten die sterke elektromagneten

© Noordhoff Uitgevers bv

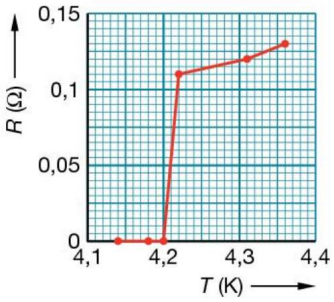
Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

hebben. Door een elektrische stroom door een spoel te sturen ontstaat een elektromagneet (zie paragraaf 3.5). Voor een sterke elektromagneet heb je een grote stroomsterkte nodig. Omdat gewone koperen kabels weerstand hebben, worden ze erg warm als er een grote stroom doorheen gaat, waardoor de weerstand verder toeneemt. Supergeleidende kabels hebben geen weerstand. Dit betekent dat er in spoelen met supergeleidende kabels geen energie in warmte wordt omgezet. Met supergeleidende kabels kun je dus een sterke elektromagneet maken zonder dat je energie in warmte omzet. In MRI-scanners worden supergeleidende kabels gebruikt. Een andere toepassing van supergeleiding is bijvoorbeeld de magneetzweeftrein. Zie figuur 7.18. Sterke elektromagneten tillen deze trein op en bewegen hem voort.

Supergeleiding is in 1911 in Nederland ontdekt. In het lab van Heike Kamerlingh Onnes werd ontdekt dat de weerstand van kwik bij een temperatuur van 4,2 K volledig verdween. Zie figuur 7.19. Later werden ook materialen ontdekt die bij een hogere temperatuur supergeleidend werden. Het record staat pas op 139 K, oftewel –134 °C. Omdat deze temperatuur nog steeds erg laag is, wordt supergeleiding nog niet op veel plekken toegepast. De techniek is erg duur en het is soms erg onpraktisch om kabels op zo'n lage temperatuur te houden. Een materiaal dat bij kamertemperatuur supergeleidend is, zou erg nuttig zijn. Nu wordt er in hoogspanningskabels bij het transport van elektrische energie nog veel energie omgezet in warmte. Als je elektrische energie vanaf de energiecentrale met supergeleidende kabels zou kunnen transporteren, dan zou er geen elektrische energie meer in warmte worden omgezet.



7.18 Deze Japanse magneetzweeftrein werkt met supergeleidende elektromagneten.



7.19 Bij een temperatuur van 4,2 K valt de weerstand van kwik volledig weg.

Samengevat

De weerstand van een draad hangt af van de lengte, de doorsnede en de soortelijke weerstand van de stof. Er geldt: $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$.

Metalen geleiden de stroom goed omdat geleidingselektronen zich gemakkelijk door het metaalrooster kunnen bewegen. Metalen gedragen zich als een PTC, hierbij neemt de weerstand toe als de temperatuur toeneemt. Bij NTC's neemt de weerstand dan af.

Bij sommige stoffen valt de weerstand bij lage temperaturen helemaal weg. Dit heet supergeleiding.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

+7.5 Opdrachten

A 63 M

Juist of onjuist?

a Hoe dikker de draad, hoe groter de weerstand.
b Weerstand is een stofeigenschap.
c Een metaal met veel geleidingselektronen heeft een lage soortelijke weerstand.
d Kwik wordt supergeleidend onder 4,2 °C.

A 64 M

Goud heeft een soortelijke weerstand van 0,022 Ω · mm²/m.
Leg uit wat hiermee wordt bedoeld.

A 65

a Noem twee toepassingen van supergeleiding.
b Leg uit waarom het belangrijk is dat wetenschappers zoeken naar materialen die bij een hogere temperatuur supergeleidend zijn.

A 66 M

Leg het verschil tussen een PTC en een NTC uit.

B 67 M

a Bereken de weerstand van een koperdraad met een doorsnede van 0,75 mm² en een lengte van 2,0 m.
b Als de temperatuur stijgt, wat gebeurt er dan met de weerstand van de draad?
A De weerstand wordt groter.
B De weerstand verandert niet.
C De weerstand wordt kleiner.
c Leg uit waarom dit gebeurt.

B 68 M

Jesse en Thomas hebben een discussie over kabels. Thomas beweert dat elektriciteitskabels van goud een kleinere weerstand hebben dan kabels van koper. Jesse is het hier niet mee eens.
Leg uit wie er volgens jou gelijk heeft.

B 69

a Welke stof heeft volgens figuur 7.17 de kleinste soortelijke weerstand?
b Waarom zijn elektriciteitskabels niet van deze stof gemaakt?

Elektriciteitskabels zijn doorgaans van aluminium gemaakt.
c Noem twee voordelen van het gebruik van aluminium.

B 70

Gerard heeft een 2,5 m lange metaaldraad. Hij wil bepalen van welke stof deze draad is gemaakt. Hij bepaalt de weerstand en komt uit op 3,0 Ω. De doorsnede is 0,15 mm².
a Leg uit waarom je ook de temperatuur moet weten waarbij Gerard zijn metingen heeft uitgevoerd.

De temperatuur in de ruimte waar Gerard zijn metingen heeft uitgevoerd is 20 °C.
b Bepaal met deze gegevens van welke stof de draad is gemaakt.

B 71 M

Je rekt een koperdraad uit. Hierdoor wordt hij langer, maar de diameter kleiner. Wat gebeurt er met de twee eigenschappen van de draad? Neem de tabel over of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Kruis de juiste hokjes aan.

	neemt af	blijft gelijk	neemt toe
soortelijke weerstand van het koper (ρ)			
weerstand van de draad (R)			

C 72 N

Martijn voert een experiment met een elektrische schakeling uit. Helaas zijn de koperen kabels die hij gebruikt niet lang genoeg. Hij wil met behulp van ijzerdraad de koperen kabels met elkaar verbinden.
a Heeft een even lange en dikke koperdraad een hogere of een lagere weerstand dan een ijzerdraad?

De weerstand van de ijzerdraad die Martijn heeft gebruikt is te groot. Hij wil de weerstand twee keer zo laag maken. Martijn wil daarom ijzerdraad gebruiken met een twee keer zo grote doorsnede.
b Leg uit of dit het gewenste effect heeft.

Jeanne zegt dat Martijn ook twee ijzerdraadjes naast elkaar kan gebruiken in plaats van dikker ijzerdraad te pakken.
c Leg uit of Jeanne gelijk heeft.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 73

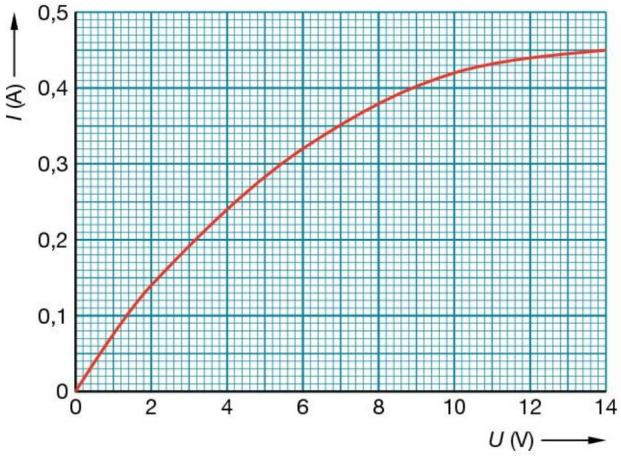
In de tekst heb je gelezen dat digitale thermometers een NTC bevatten. Is het ook mogelijk om een thermometer met een PTC te maken? Leg je antwoord uit.

C 74

In de figuur hieronder zie je een grafiek van de stroomsterkte uitgezet tegen de spanning over een gloeidraad. Aan de vorm van de grafiek kun je zien dat de weerstand niet constant blijft.

a Leg uit hoe je dit kunt zien.

b Leg uit waarom de weerstand groter is bij een hogere spanning.



c Neem de figuur over in je schrift of gebruik het tekenblad in het hulpboek. Schets het verloop van een NTC-weerstand.

+ 75 N

Als je een grote stroom door een metalen draad stuurt, wordt hij zo heet dat hij gaat gloeien, zie de figuren hiernaast.

a Leg uit wat er dan met de weerstand van de draad gebeurt.

De draad gaat niet alleen gloeien, hij gaat ook uitzetten. In de onderste figuur kun je dat zien: de draad buigt een beetje door.

b Leg uit wat er gebeurt met de weerstand van een draad als hij langer wordt.





Zodra de draad roodgloeiend is, koel je de linkerhelft in korte tijd zo sterk af dat deze helft niet meer gloeit. Je merkt dat de andere helft ineens veel feller begint te gloeien en uiteindelijk zelfs doorbrandt.

c Geef een verklaring voor deze waarnemingen.

+ 76 N

De temperatuurafhankelijkheid van de soortelijke weerstand wordt gegeven door $\rho = \rho_0(1 + \alpha(T - 293))$. Hierin is ρ_0 de weerstand zoals is weergeven in figuur 7.17. T is de temperatuur in kelvin en α is de weerstandstemperatuurcoëfficiënt. Voor kwik geldt: $\alpha = 0{,}93 \cdot 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$.

a Bereken de soortelijke weerstand van kwik bij 0 °C.

b Bereken de soortelijke weerstand van kwik bij 4,2 K met behulp van de formule.

Vergelijk deze waarde met de waarden in figuur 7.17.

c Wat valt je op?

d Leg uit of supergeleiding valt te verklaren met de temperatuurafhankelijkheid van de weerstand van kwik.

Je kunt nu

- uitleggen hoe geleiding werkt;
- werken met de formule $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$;
- uitleggen wat de invloed is van de temperatuur op de soortelijke weerstand van metalen;
- uitleggen wat er met de weerstand van NTC's en PTC's gebeurt bij veranderende temperatuur;
- uitleggen wat het begrip supergeleiding betekent;
- toepassingen van supergeleiding noemen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Practica

1 Dichtheid, drijven of zinken

► 30 minuten leerlingpracticum

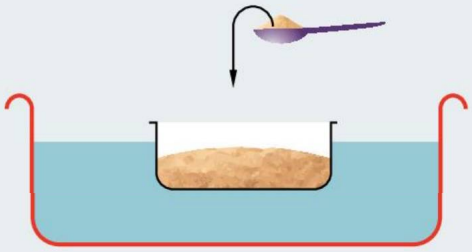
Inleiding
Je hebt geleerd dat de relatieve dichtheid bepaalt of een voorwerp drijf, zinkt of blijft zweven in een vloeistof. Bij dit experiment kijk je naar de dichtheid en de relatieve dichtheid bij een voorwerp dat nog net drijft in een bak met water.

Onderzoeksvraag
Hoeveel gram zand kun je in een in water drijvend diepvriesbakje doen zodat het nog net blijft drijven?

Voorspelling
Welke relatieve dichtheid zal het diepvriesbakje met zand hebben?

Je hebt nodig:
- diepvriesbakje
- bovenweger
- maatcilinder
- trechter
- grote bak
- lepel
- water
- zand
- afwasmiddel

Opstelling en werkwijze



Symbool	Kunststof	Dichtheid (g/cm^3)
1	PET	1,38
2	HDPE	0,96
3	PVC	1,36
4	LDPE	0,94
5	PP	0,90
6	PS	1,05

1 Bepaal de massa van het diepvriesbakje.
2 Kijk onder op het bakje van welke kunststof het is gemaakt. Je kunt dit zien aan het recyclesymbool of het staat er gewoon op. Zoek in de tabel hierboven de dichtheid van de kunststof en bereken met de massa van het bakje het volume aan kunststof.
3 Om de inhoud van het bakje te bepalen vul je het bakje helemaal met water. Giet het water via de trechter in de maatcilinder en meet hoeveel het is.
4 Tel de beide volumes bij elkaar op.
5 Vul de grote bak met water en doe er een druppel afwasmiddel in.
6 Laat het diepvriesbakje als een bootje op het water drijven.
7 Bepaal de massa van het zand dat je hebt gekregen. Schep het zand lepel voor lepel in het bakje, verdeel het zand goed zodat je bakje niet scheef zakt en zinkt. Ga door tot je diepvriesbakje nog net niet zinkt.
8 Bepaal de massa van het overgebleven zand en bereken hoeveel zand er in het bakje zit.
9 Tel de massa van het diepvriesbakje en het zand dat erin zit bij elkaar op.
10 Bereken de dichtheid van het 'bootje met zand' uit het totale volume en de totale massa.
11 Bereken de relatieve dichtheid.

Vraag
Als je warm water in de grote bak zou doen, kun je dan meer zand in het diepvriesbakje scheppen of minder, voordat het zinkt?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2 Soortelijke warmte van messing

► 30 minuten leerlingpracticum

Inleiding

Ook soortelijke warmte is een stofeigenschap. Bij dit experiment bepaal je de soortelijke warmte van messing. Dit doe je met behulp van een joulemeter. Dat is een goed geïsoleerde ruimte waarin de warmte die vrijkomt bij het afkoelen van een blokje messing wordt gebruikt voor de opwarming van water.

Onderzoeksvraag

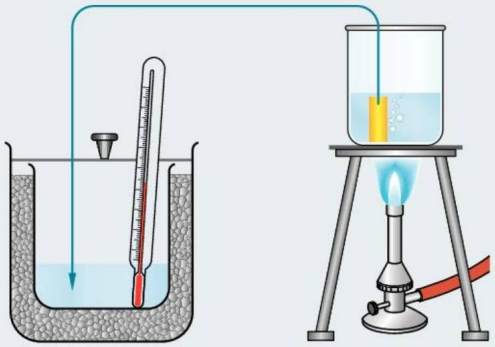
Wat is de soortelijke warmte van messing?

Voorspelling

Noteer wat je denkt dat de soortelijke warmte van messing zal zijn. Kijk even naar figuur 7.5, daar staat de soortelijke warmte van andere metalen.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- joulemeter
- thermometer
- messing blok
- brander met driepoot
- bekerglas
- water



1 Meet 100 mL water af in een maatcilinder en giet het in de joulemeter.
2 Steek een thermometer door de deksel van de joulemeter en meet de temperatuur van het water.
3 Haal een blok messing uit het bekerglas met kokend water (100 °C) en doe dit snel in het water in de joulemeter.
4 Zwenk rustig met de joulemeter tot de temperatuur van het water niet meer stijgt en lees de eindtemperatuur van het water en het messing af.
5 Haal het blokje messing uit de joulemeter, droog het even af en bepaal de massa met behulp van een bovenweger.
6 De warmte die het messing blok heeft afgestaan, is opgenomen door het water. Bereken de soortelijke warmte van messing met:
$c_{water} \cdot m_{water} \cdot \Delta T_{water} = c_{messing} \cdot m_{messing} \cdot \Delta T_{messing}$
7 Zoek de soortelijke warmte van water op in figuur 7.5.

Vragen

a Zoek de soortelijke warmte van messing op in Binas. Komt deze overeen met de waarde die je zelf hebt gevonden?
b Wat zou een oorzaak kunnen zijn als je waarde afwijkt?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3 Warmtegeleiding

► **30 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Een van de manieren waarop warmtetransport plaatsvindt, is geleiding. Metalen geleiden warmte beter dan niet-metalen, maar er is ook nog verschil tussen metalen onderling. Je vergelijkt bij dit experiment de warmtegeleiding van drie verschillende metalen met elkaar.

Onderzoeksvraag

Welk metaal geleidt het beste de warmte?

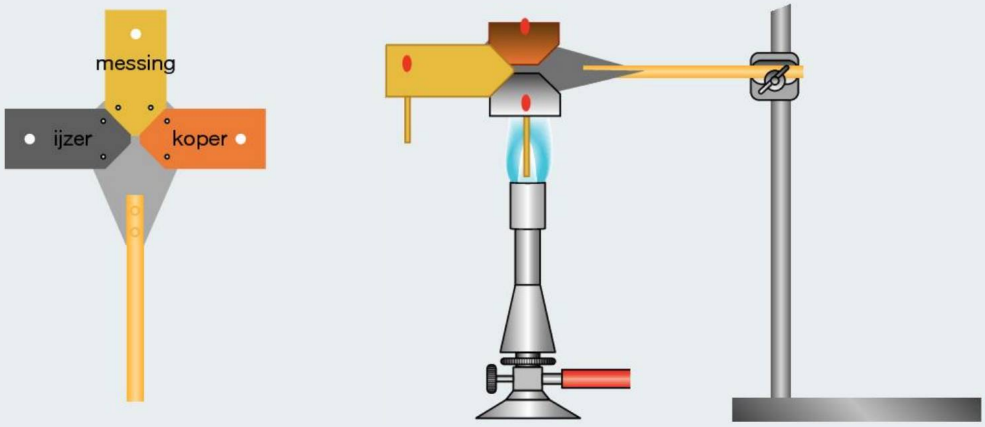
Voorspelling

Noteer welk metaal volgens jou het best warmte geleidt.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- kruis met drie metalen
- lucifers
- statief met kruiskoppeling
- brander



1. Je hebt een soort kruis dat is gemaakt van verschillende metalen.
2. Klem het kruis vast aan een statief met een kruiskoppeling.
3. Doe een lucifer in de gaatjes aan het eind van de metalen strips.
4. Steek een brander aan en regel een ruisende vlam.
5. Zet de brander midden onder het kruispunt.
6. Bepaal hoelang het duurt voordat de lucifers ontbranden en bepaal de volgorde waarin dit gebeurt.

Vraag

Zet de metalen in volgorde van warmtegeleidbaarheid.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4 Sterkte van materialen

► **45 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Je test bij dit experiment de druksterkte van verschillende materialen. Hiervoor heb je een pers waarmee je steeds grotere druk op het materiaal kunt uitoefenen. De druk wordt bijgehouden op de computer.

Onderzoeksvraag

Welk materiaal kan de grootste druk verdragen?

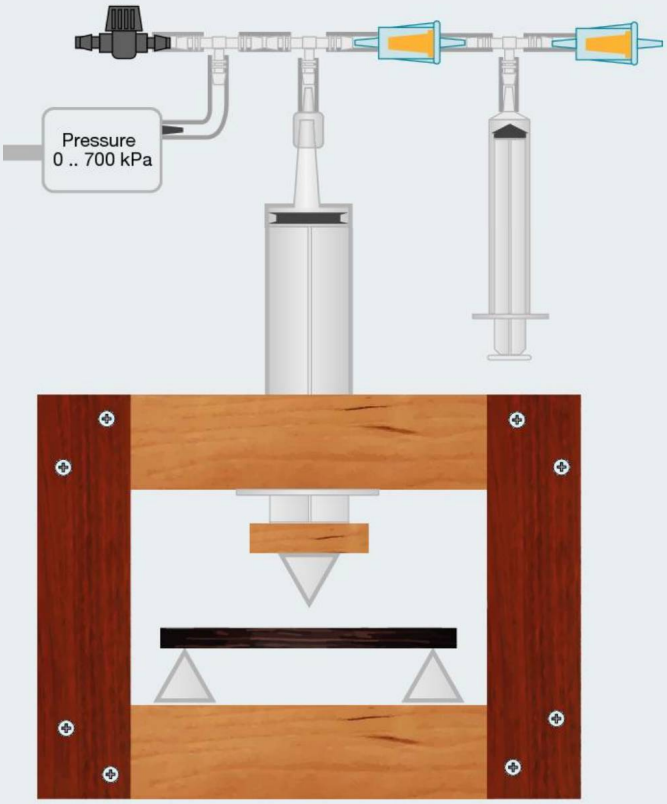
Voorspelling

Noteer welke van de gekregen materialen je denkt dat het sterkst is.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- testpers
- spuit 20 mL
- twee terugslagkleppen
- drie T-stukjes
- kraantje
- aquariumslang
- computer met Coach 6 of Coach 7 met interface
- druksensor 023i
- balkjes van verschillende materialen



1 Bouw de opstelling zoals hierboven is afgebeeld. Sluit de druksensor aan op de interface en start de Coachactiviteit materialentest op.
2 Leg het balkje van het testmateriaal op de driehoekjes. Start de meting en pomp met de 20 mL spuit lucht in de grote zuiger tot de druk zo hoog is geworden dat je materiaal breekt.
3 Lees op de computer af wat de maximale druk was dat je materiaal kon verdragen.
4 Draai het kraantje open, duw de zuiger omhoog, draai het kraantje weer dicht en de pers is klaar voor de volgende test.

Vragen

a Welk van de geteste materialen was bij jou het sterkst?
b Bepaal zo goed mogelijk het oppervlak waarop de druk is uitgeoefend op je materiaal. Bereken hieruit de uitgeoefende kracht.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

5 Geleiders en isolatoren

► **15 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Een lampje kun je laten branden op een batterij. Je maakt daarvoor een stroomkring. Als je de stroomkring onderbreekt en daar een bepaalde stof tussen houdt, kun je onderzoeken welke stoffen stroom geleiden en welke niet.

Onderzoeksvraag

Welke stoffen geleiden de stroom goed en welke niet?

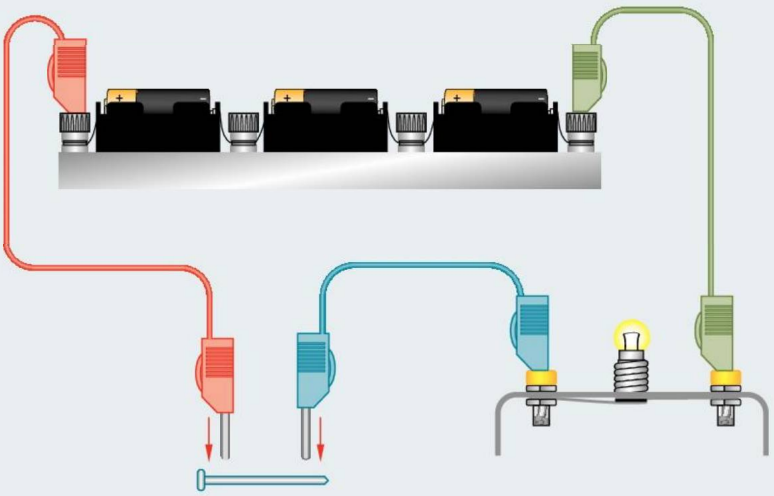
Voorspelling

Noteer welke stoffen je denkt dat stroom geleiden.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:

- batterijen
- lampje
- drie draden
- verschillende voorwerpen van:
  - porselein
  - ijzer
  - kunststof
  - glas
  - koper
  - hout
  - aluminium
  - koolstof
  - rubber
  - eigen stoffen



1 Bouw de schakeling zoals hierboven staat.
2 Druk de losse stekkers op het voorwerp dat is gemaakt van de stof die je onderzoekt.
3 Kijk of de stof stroom geleidt.
4 Noteer je meetresultaten in een tabel.

Vragen

a Een stof die stroom geleidt is een geleider. Welke stoffen zijn geleiders?
b Brandt het lampje bij iedere geleider even fel?
c Een stof die de stroom niet of slecht geleidt is een isolator. Welke stoffen zijn isolatoren?
d Van welke stoffen klopte je voorspelling?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Oefentoets

Juist of onjuist?

1 Dichtheid is een stofeigenschap.
2 De druksterkte is altijd groter dan de treksterkte.
3 De warmtestroom door een muur is groter als de muur dunner is.
4 Met een dikkere visdraad kun je zwaardere vissen optillen.
5 Temperatuur is een maat voor de hoeveelheid beweging van moleculen.

Dobbelsteen

Een houten dobbelsteen van 2,0 × 2,0 × 2,0 cm heeft een dichtheid van 0,75 g/cm^3.
6 Bereken hoeveel cm de dobbelsteen in water boven het oppervlakte uitsteekt.

Daarna wordt de dobbelsteen in een olie gedaan. De dobbelsteen steekt nog maar 0,12 cm boven het oppervlakte uit.
7 Bereken de relatieve dichtheid van de dobbelsteen in olie.
8 Bereken de dichtheid van de olie.

Kokend water

Je brengt 1,0 L kraanwater van 15 °C aan de kook. De soortelijke warmte van water is 4,2 J/(g · °C).
9 Bereken hoeveel warmte je aan het water moet toevoeren. Geef je antwoord in kJ.

Je giet het kokende water in een glazen theekan van 500 g. Glas heeft een soortelijke warmte van 0,80 J/(g · °C). De kan heeft in het begin een temperatuur van 20 °C.
10 Bereken de eindtemperatuur van het water en de kan.

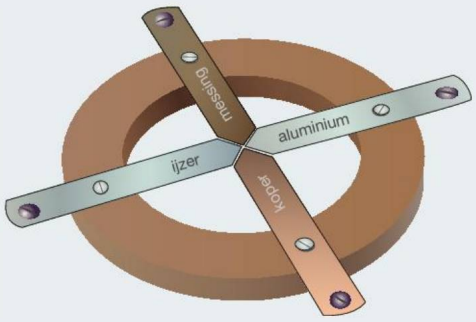
Na verloop van tijd koelen de kan en het water af tot kamertemperatuur.
11 Schets het temperatuurverloop van het water en de kan.

Het geheime boek

Gerard maakt een geheim hol boek. Boek en kaft zijn van hetzelfde papier gemaakt. Hij snijdt in bijna alle bladzijden een gat. Zo ontstaat een geheime opbergruimte in het boek.
12 Leg uit of de massa van het boek tijdens het werk van Gerard verandert.
13 Leg uit of het volume aan papier in het boek tijdens het werk van Gerard verandert.
14 Leg uit of de dichtheid van het papier tijdens het werk van Gerard verandert.

Warmtegeleiding

In een experiment wordt met een apparaat zoals hiernaast gekeken naar de warmtegeleiding van vier verschillende metalen. In de kuipjes aan de uiteinden van de vier metalen stripjes wordt een bolletje kaarsvet geplaatst en in het midden waar de stripjes samen komen, wordt een brander aangestoken.



© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

15 Leg uit hoe met dit experiment kan worden bepaald welk materiaal de hoogste warmtegeleiding heeft.

16 Leg uit waarom alle stripjes even lang en even dik moeten zijn.

Trekken aan een metalen staaf

In een trekproef met de metalen staaf in onderstaand figuur a ligt de vloeigrens bij een trekkracht van 1163 N.

17 Leg uit wat er gebeurt met deze staaf bij een kracht groter dan 1163 N.

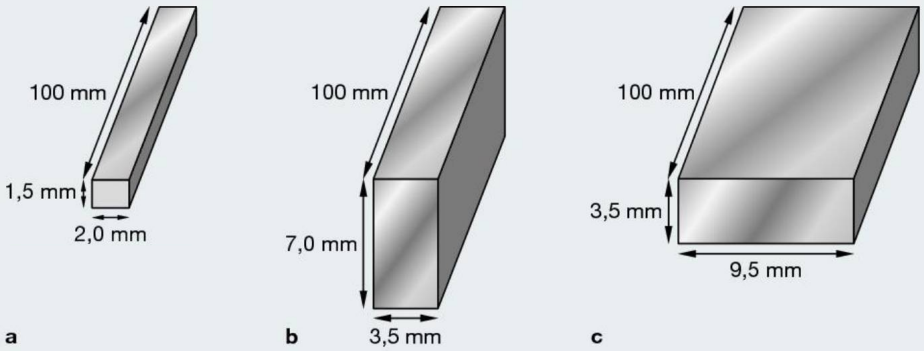
18 Bereken de trekspanning op de staaf bij 1163 N.

De staaf in figuur b is gemaakt van hetzelfde metaal.

19 Bij welke trekkracht bereikt deze staaf de vloeigrens? Geef je antwoord in kN en rond af op één decimaal.

De staaf in figuur c is gemaakt van een ander metaal.

20 Waarom kun je van deze staaf de vloeigrens niet uitrekenen?



Koperdraad op een klos

Jermain heeft een grote klos met geïsoleerd koperdraad. De draad heeft een doorsnede van 0,50 mm^2. Hij meet de weerstand van de draad op de klos. Hij vindt een waarde van 0,15 Ω.

+21 Bereken de lengte van de koperdraad op de klos.

Jermain neemt de helft van de koperdraad van de klos.

+22 Is de weerstand van het koper dat nu nog op de klos zit:
a 0,15 Ω,
b 0,30 Ω,
c 0,075 Ω?

Als Jermain het koper verwarmt, zet het uit en wordt het langer.

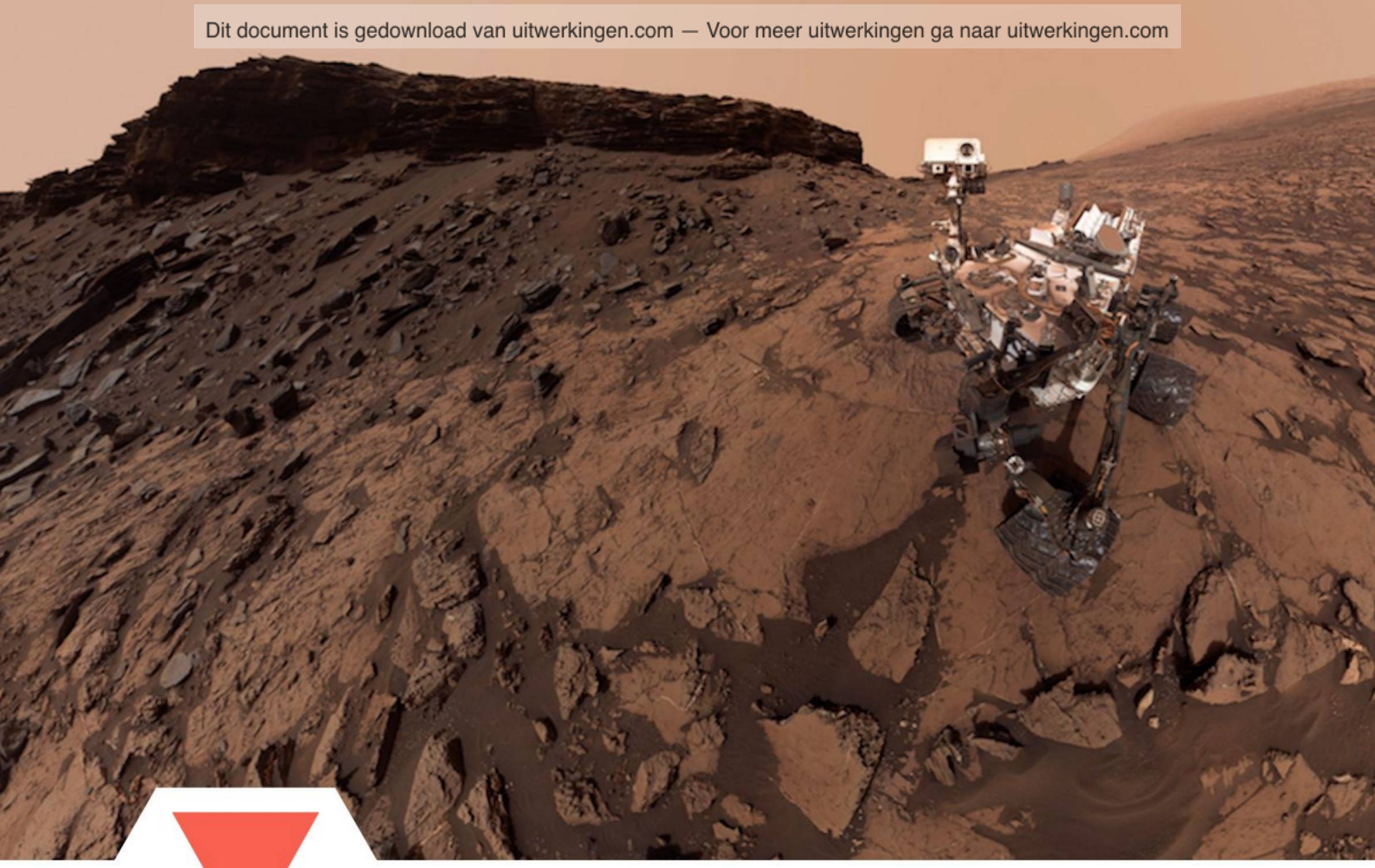
+23 Leg uit of door alleen de toename in lengte en diameter de weerstand van de draad en de soortelijke weerstand van het koper veranderen. Zo ja, hoe.

+24 Leg uit of door alleen de toename in temperatuur de weerstand van de draad en de soortelijke weerstand van het koper veranderen. Zo ja, hoe.

+25 Leg uit of de koperdraad zich als NTC of als PTC gedraagt.

© Noordhoff Uitgevers bv

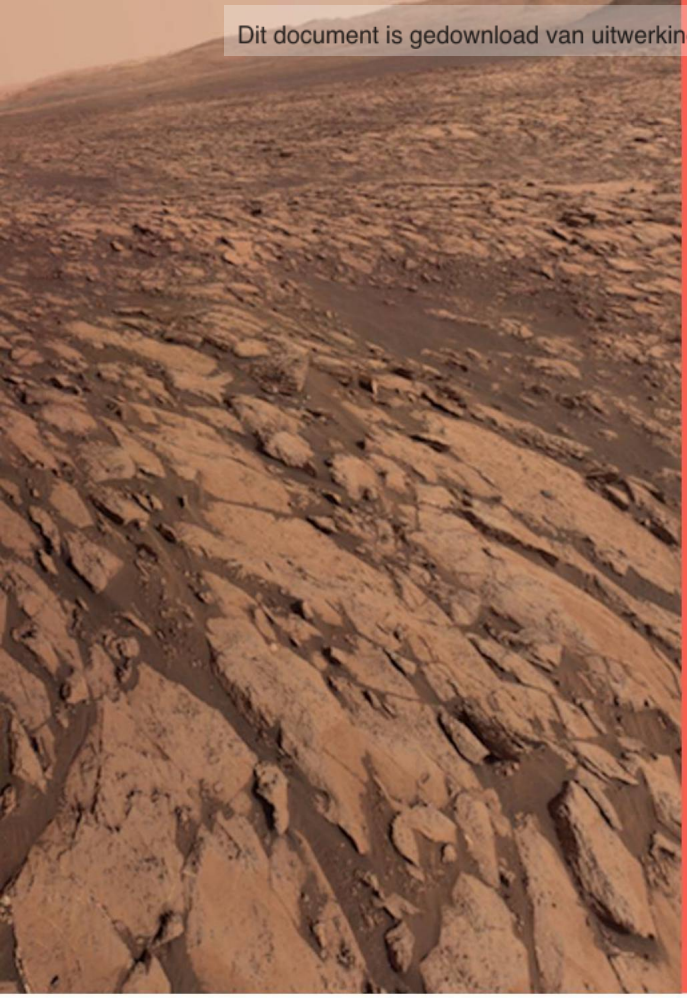
Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



8 Zonnestelsel en heelal

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Een bemande missie naar Mars is misschien nog ver weg, maar dat betekent niet dat we Mars niet kunnen bezoeken. Op de foto zie je een selfie van Curiosity, een robotvoertuig dat sinds 2012 op Mars rondrijdt. Dit rijdende laboratorium doet allerlei onderzoeken met onder andere als doel om vast te stellen of er leven op Mars mogelijk was en is. Ook onderzoekt hij de samenstelling van Mars en het klimaat op Mars. Zijn energie haalt het voertuig uit het verval van meegebrachte radioactieve stoffen.

Paragraaf	Practica
8.1 Ons zonnestelsel	**1** Het zonnestelsel op schaal **2** Kijken naar planeten
8.2 De aarde en haar omgeving	**3** De schijngestalten van de maan **4** Waarnemen van het ISS
8.3 De Melkweg in het heelal	**5** Orion in een schoenendoos **6** WorldWide Telescope
8.4 Zijn wij alleen?	
+8.5 De levensloop van een ster	
Oefentoets	

Overal online

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

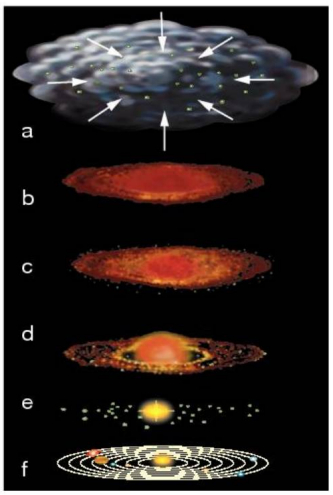
Discussievraag
Op deze foto zie je het wolkendek van Jupiter gefotografeerd vanaf een hoogte van 15 000 km. Waarom zou de kleur van het wolkendek anders zijn dan op aarde?



Je leert
- over de samenstelling en het ontstaan van ons zonnestelsel.

8.1 Ons zonnestelsel

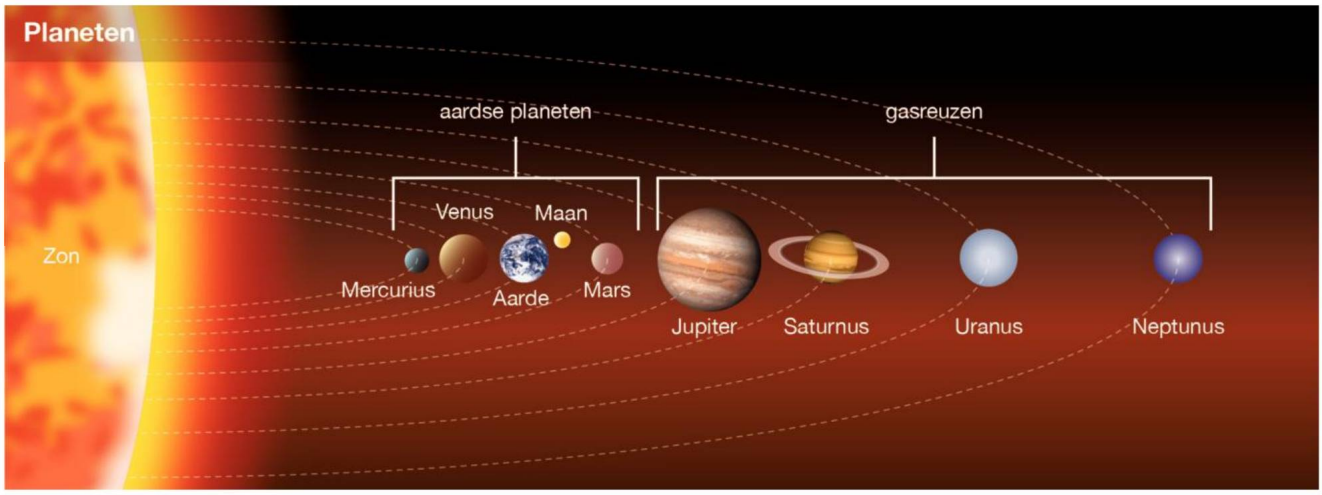
Het zonnestelsel
De zon en alles wat daaromheen draait, noem je het **zonnestelsel**. De aarde draait op een gunstige afstand om de zon: het is hier niet te koud en niet te warm. Onder meer daarom is er leven op aarde mogelijk. De aarde is de derde planeet in een stelsel van acht planeten die om de zon draaien. Deze planeten bewegen allemaal in dezelfde richting en doorlopen bijna cirkelvormige banen die ongeveer in hetzelfde vlak liggen. Dit heeft te maken met de vorming van het zonnestelsel, 4,6 miljard jaar geleden. Een grote, langzaam ronddraaiende wolk gas en stof stortte in elkaar door de zwaartekracht die de gasdeeltjes op elkaar uitoefenden. Er ontstond toen een afgeplatte draaiende schijf waarin zich de zon en de planeten vormden. Zie figuur 8.1.



8.1 Ons zonnestelsel is ontstaan uit een grote wolk gas.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



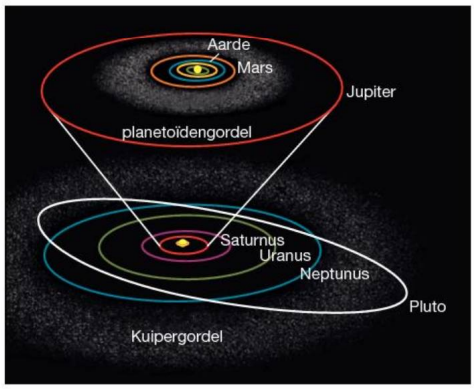
8.2 De planeten en andere objecten in ons zonnestelsel. De afstanden en groottes zijn niet op schaal.

Planeten en andere objecten

► Practicum 1
► Practicum 2

Niet alle planeten in het zonnestelsel zijn even groot. Er zijn vier relatief kleine en vier relatief grote planeten. De vier kleinere planeten, waartoe onze aarde behoort, bevinden zich het dichtst bij de zon en worden **aardse planeten** genoemd. Zie figuur 8.2. De aardse planeten bestaan uit gesteenten en metalen. De vier grote planeten, die het verst van de zon staan, zijn **gasreuzen**. Ze hebben waarschijnlijk wel een vaste kern, maar hun buitenste lagen zijn gasvormig.

Op de grens tussen aardse reuzen en gasreuzen bevindt zich de **planetoïdengordel**. Dat is een ring van stofdeeltjes, steentjes en rotsblokken. Zie figuur 8.3. Er bevindt zich een dwergplaneet in deze gordel, Ceres. **Dwergplaneten** zijn rotsachtige bollen die kleiner zijn dan planeten en waarvan de baan nog vol zit met stof, steentjes en rotsblokken. Voorbij de baan van Neptunus is nog zo'n gordel die de Kuipergordel is genoemd. Dwergplaneet Pluto is het bekendste object in deze gordel.



8.3 De posities van de planetoïdengordel en de Kuipergordel in ons zonnestelsel

Naast deze acht planeten zijn er nog veel andere objecten in ons zonnestelsel, zoals kometen en meteorieten. **Kometen** zijn niet groter dan een kilometer of tien. Ze bestaan uit stof, steengruis en ijs. Als zo'n komeet dicht bij de zon komt, verdampt het ijs. Samen met het steengruis vormt deze damp een mooie staart. Zo'n komeetstaart kan wel 100 miljoen kilometer lang worden.

Af en toe valt er een stuk steen of ijzer uit de ruimte op aarde. Dat kan een brokstukje van een komeet of van een ander hemellichaam zijn. Zo'n steen uit de ruimte die op aarde is gevallen, heet een **meteoriet**. Tijdens hun tocht door de dampkring worden deze brokken gesteente of ijzer door de wrijving met de atmosfeer erg heet. Het lichtspoor dat hierdoor ontstaat, noem je een **meteoor** of vallende ster. Een vallende ster is dus geen ster, maar een brokje steen of ijzer van meestal hooguit enkele centimeters groot dat door de wrijving met de bovenste luchtlagen van de atmosfeer uit elkaar valt.

De snelheid en afstand van planeten

Figuur 8.2 is niet op schaal getekend. De planeten zijn veel kleiner dan de zon en de afstanden zijn enorm groot. De afstand van een planeet tot de zon heet ook wel de **baanstraal**.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

De baanstraal van de aarde is 150 miljoen kilometer; de baanstraal van de planeet Neptunus om de zon is 4497 miljoen km. De baanstralen van planeten kun je ook uitdrukken in de **astronomische eenheid** (AE). Afgesproken is dat de afstand aarde-zon ($1{,}50 \cdot 10^{11}$ m) gelijk is aan 1 AE. De baanstraal van de aarde is dus 1 AE; die van Neptunus is 29,98 AE. Zie figuur 8.4. Om de baanstraal in AE om te rekenen naar m moet je vermenigvuldigen met $1{,}50 \cdot 10^{11}$ m.
De aarde maakt in ongeveer één jaar één rondje om de zon. De tijd die een planeet nodig heeft om één rondje rond de zon te draaien heet de **omlooptijd**. De snelheid waarmee een planeet beweegt, heet de **baansnelheid**. Voor deze baansnelheid geldt:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

met **v de baansnelheid in meter per seconde (m/s)**
r de baanstraal in meter (m)
T de omlooptijd in seconde (s)

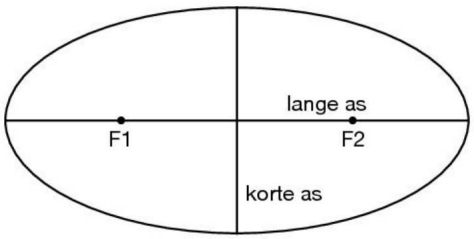
planeet	baanstraal (AE)	omlooptijd (dagen)
Mercurius	0,39	88
Venus	0,72	225
Aarde	1	365
Mars	1,52	687
Jupiter	5,19	$4{,}33 \cdot 10^3$
Saturnus	9,51	$1{,}08 \cdot 10^4$
Uranus	19,13	$3{,}07 \cdot 10^4$
Neptunus	29,98	$6{,}02 \cdot 10^4$

8.4 De afstanden tot de zon en de omlooptijden van de planeten.

Voorbeeld 1: De baansnelheid van de aarde
Bereken met behulp van de gegevens uit figuur 8.4 de baansnelheid van de aarde.

Uitwerking:
Gegeven: $r = 1{,}00 \text{ AE} = 1{,}50 \cdot 10^8 \text{ km} = 1{,}50 \cdot 10^{11} \text{ m}$
$T = 365 \text{ d} = 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s} = 3{,}15 \cdot 10^{11} \text{ s}$
Gevraagd: baansnelheid v = ?
Formule: $v = \frac{2\pi r}{T}$
Berekenen: $v = \frac{2\pi \times 1{,}50 \cdot 10^{11}}{3{,}15 \cdot 10^7} = 29\,919 = 2{,}99 \cdot 10^4$ m/s
Antwoord: De baansnelheid van de aarde is $2{,}99 \cdot 10^4$ m/s.
Dit is $1{,}07 \cdot 10^5$ km/h.

Bij de baanstraal wordt ervan uitgegaan dat de baan cirkelvormig is. In werkelijkheid zijn de banen een klein beetje elliptisch. Een **ellips** is een wiskundige figuur die de vorm heeft van een afgeplatte cirkel. Zie figuur 8.5. Een ellips heeft twee brandpunten, F1 en F2. In het aarde-zonsysteem staat de zon in een van de brandpunten.



8.5 Een ellips met de lange as en de korte as

Samengevat

In het zonnestelsel bevinden zich onder andere aardse planeten en gasreuzen, dwergplaneten, de planetoïdengordel, kometen en meteorieten. Een meteoor is een andere naam voor een vallende ster.
De baanstralen van de planeten zijn zo groot dat je de afstand in astronomische eenheden (AE) uitdrukt of in machten van 10. De banen van de planeten zijn een klein beetje elliptisch.
De baansnelheid van een planeet bereken je met de baanstraal en de omlooptijd. Hiervoor geldt: $v = \frac{2\pi r}{T}$.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

8.1 Opdrachten

A 1
Juist of onjuist?
a Jupiter is een aardse planeet.
b Gasreuzen zijn groter dan aardse planeten.
c Een brokstuk dat op aarde valt, heet een komeet.
d De omlooptijd van de aarde is gelijk aan een maand.
e Van alle planeten is Neptunus het verst verwijderd van de zon.
f De Kuipergordel bestaat alleen uit dwergplaneten.

A 2 M
a Noem de vier aardse planeten en de vier gasreuzen.
b Noem twee verschillen tussen aardse planeten en gasreuzen.

A 3
Leg uit wat het verschil tussen een meteoriet en een meteoor is.

A 4 M
a Wat bedoel je met de omlooptijd van een planeet?
b Hoe groot is de omlooptijd van Neptunus?

A 5
Leg in eigen woorden uit hoe het zonnestelsel is ontstaan.

B 6
a Leg uit hoe breed de planetoïdengordel maximaal zou kunnen zijn.
b Welke planeten zijn de buren van de aarde?

B 7
Leg uit of een jaar op Mars korter of langer duurt dan een jaar op aarde.

B 8 M
Reken de baanstraal van Venus om in meter.

B 9 M
Een komeet heeft een kenmerkende staart.
a Waardoor ontstaat de staart van een komeet?
b Noem twee verschillen tussen een komeet en een vallende ster.

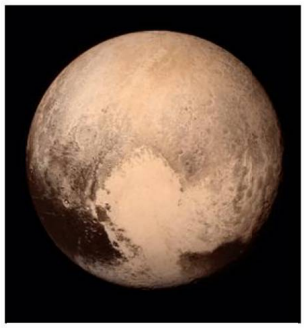
B 10
Bereken de baansnelheid van Mars.

C 11 N
De maan draait in een elliptische baan om de aarde. Hierdoor is de afstand van de aarde tot de maan niet altijd hetzelfde.
a Teken een ellips en plaats de aarde in F1.
b Geef de posities van de korte en de lange as aan.

De minimale afstand tussen de aarde en de maan is $3{,}6 \cdot 10^8$ m. De lange as heeft een lengte van $7{,}7 \cdot 10^8$ m.
c Bereken de maximale afstand tussen de aarde en de maan.

C 12 N
Het licht van de zon bereikt onze aarde in ongeveer 8 minuten. Zonlicht legt in 8 minuten dus 1 astronomische eenheid (AE) af. Bereken hoelang het zonlicht erover doet om bij Neptunus te komen.

C 13 N
Van de dwergplaneet Pluto zijn in juli 2015 voor het eerst gedetailleerde opnamen gemaakt, zie de figuur hiernaast.



a Zoek op internet op wat de baanstraal van Pluto is. Geef je antwoord in AE.
b Zoek op internet op welke dwergplaneten nog verder dan Pluto van de zon af staan.

Pluto heeft een baansnelheid van 4700 m/s.
c Bereken de omlooptijd van Pluto. Gebruik hiervoor ook je antwoord op vraag **a**.

C 14
In februari 2013 ontplofte een meteoriet met een diameter van ongeveer 15 m boven de Russische stad Tsjeljabinsk, zie de foto.



De drukgolf van de explosie veroorzaakte veel schade, ongeveer 1100 mensen raakten gewond. Van de meteoriet bleef bijna niets over. De tabel op de volgende bladzijde geeft aan hoe vaak de aarde gemiddeld in jaren door meteorieten van een bepaalde grootte wordt getroffen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

diameter meteoriet	gemiddelde tijd tussen inslagen (jaar)	gevolgen inslag
4 m	1	heldere vuurbol: meteorieten op aarde
7 m	5	zeer heldere vuurbol: mogelijk explosie in dampkring, meteorieten op aarde
15 m	50	dampkringexplosie: regionale schade
50 m	1000	dampkringexplosie of inslag: verwoesting in gebied ter grootte van de Randstad
100 m	5000	zware inslag: verwoesting in gebied zo groot als Nederland
500 m	$1{,}0 \cdot 10^5$	zeer zware inslag: verwoesting in gebied ter grootte van Europa
1 km	$5{,}0 \cdot 10^5$	extreem zware inslag: (klimaat)effecten op een compleet halfrond
5 km	$2{,}0 \cdot 10^6$	desastreuze inslag: wereldwijde (klimaat) effecten, uitsterven van diersoorten
10 km	$1{,}0 \cdot 10^8$	catastrofale inslag: wereldwijde (klimaat) effecten, massaal uitsterven van diersoorten

a Bereken hoe vaak er een meteoriet van 15 m in een mensenleven (80 jaar) op aarde inslaat.

Twee procent van het aardoppervlak is in enige mate bewoond.

b Bereken hoeveel jaar er gemiddeld zit tussen twee inslagen van een object van 15 m in bewoond gebied.

Ongeveer 65 miljoen jaar geleden sloeg er een meteoriet bij Mexico in de aardkorst. Dit veroorzaakte het uitsterven van onder andere de dinosaurussen.

c Hoe groot was de meteoriet minimaal?

C 15

De maan beweegt in 27,3 dagen rond de aarde. De baansnelheid is ongeveer 1000 m/s.

a Bereken de baanstraal van de maan.

b Leg uit waarom je deze afstand beter niet in AE kunt uitdrukken.

C 16

Op het Kosmoscollege maken leerlingen van de derde klas op het schoolplein een zonnestelsel op schaal. Voor de afstand zon-aarde nemen ze een cirkel van 10 m.

a Bereken met dezelfde schaal de afstanden van de overige zeven planeten van ons zonnestelsel.

b Bepaal welke schaal je moet gebruiken als het zonnestelsel met de acht planeten op jouw schoolplein moet passen.

+ 17

Een planeet ver hiervandaan draait in 10 dagen een rondje rond zijn ster. Hoe oud ben je op deze planeet in de jaren die daar gelden?

+ 18 N

Overdag is de gemiddelde temperatuur op Mercurius ongeveer 427 °C. Venus bevindt zich verder weg van de zon dan Mercurius. Je zou kunnen verwachten dat het daarom koeler is op Venus. Toch is de gemiddelde (dag)temperatuur daar hoger (462 °C) dan op Mercurius.
Leg met behulp van informatie op internet uit hoe dat kan.

Je kunt nu

- planeten en andere hemellichamen benoemen en aangeven waar ze in het zonnestelsel voorkomen;
- omrekeningen maken van afstanden in m naar afstanden in AE;
- werken met de formule voor baansnelheid.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
Deze foto is gemaakt door de bemanning van de Apollo 11-capsule die rond de maan cirkelde. Waarom zie je de aarde niet als een hele bol?

Je leert
- over dag en nacht, de seizoenen en getijden.

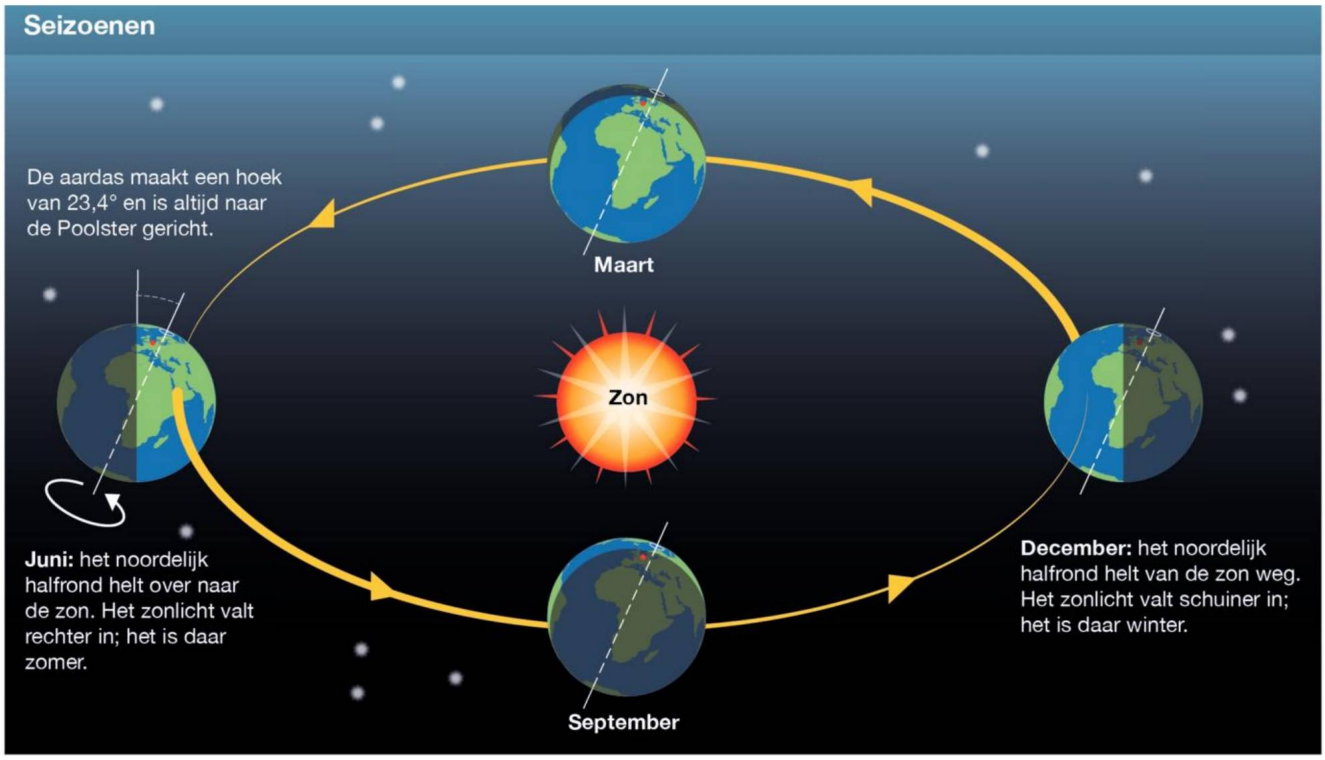
8.2 De aarde en haar omgeving

De aardbaan, aardas en seizoenen
De baan van de aarde rond de zon is een zeer goede benadering van een cirkelbaan. Het vlak rond de zon waarin deze cirkelbaan ligt (zie figuur 8.1), heet het **baanvlak** of het **eclipticavlak**. Zowel het middelpunt van de aarde als het middelpunt van de zon ligt dus altijd in het baanvlak. De omlooptijd van de aarde om de zon is 365,25 dagen. De omlooptijd is dus zes uur langer dan een normaal kalenderjaar van 365 dagen. Eens in de vier jaar wordt dit verschil verrekend door het jaar met één extra dag te verlengen. Zo'n jaar noem je een **schrikkeljaar**. Een dag, ook wel etmaal genoemd, is de tijdsduur die de aarde nodig heeft om één keer rond te draaien. Daardoor schijnt het zonlicht op de plek waar je je bevindt voor een deel van de dag wel (overdag) en voor een ander deel van de dag niet (nacht).

De aarde draait om een denkbeeldige as, de **aardas**. De aardas is de lijn die door de noord- en zuidpool prikt. De aardas staat niet loodrecht op het baanvlak, maar onder een hoek van 23,4 graden. Zie figuur 8.6. Door deze schuine stand van de aardas ontstaan de seizoenen. De richting waarin de aardas wijst, verandert niet gedurende het jaar. De aardas blijft altijd gericht naar een ster, de **Poolster**. Voor ons, op het noordelijk halfrond, helt in de zomer de aardas over in de richting van de zon. Hierdoor valt het zonlicht rechter in en legt het een kortere weg af door de atmosfeer. Het is daardoor warmer, de dagen duren langer en de nachten korter. In de winter wijst de aardas op het noordelijk halfrond juist weg van de zon. Zonlicht valt schuiner in, het is hierdoor kouder, de dagen zijn korter en de nachten langer.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



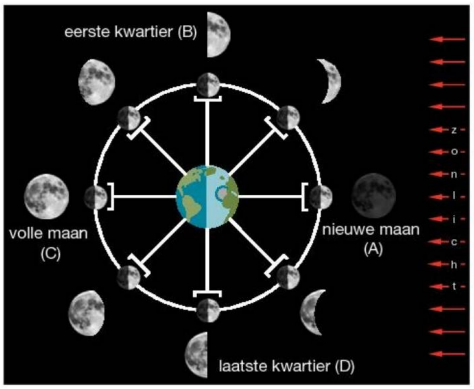
8.6 De seizoenen zijn een gevolg van de kanteling van de aardas ten opzichte van het baanvlak.

De maan

Onze planeet heeft één maan, die je ook gewoon maan noemt. De maan draait op een afstand van $3{,}84 \cdot 10^8$ m in 27,3 dagen (ongeveer een maand) om de aarde. Het is niet precies bekend hoe de maan is ontstaan. Een van de ideeën is dat de maan is gevormd uit het puin dat vrijkwam nadat een kleine planeet in botsing met de aarde kwam. Dat zou vroeg in de geschiedenis van het zonnestelsel zijn gebeurd.
De maan is de enige andere wereld die ooit door mensen is bezocht. Tussen 1969 en 1972 zijn er zes succesvolle maanlandingen geweest. De maan heeft altijd dezelfde kant van zijn oppervlak naar de aarde gericht. Om radiocontact met de astronauten te houden hebben alle landingen op de voor ons zichtbare kant van de maan plaatsgevonden.

► Practicum 3

De maan zendt zelf geen zichtbaar licht uit, maar reflecteert het licht van de zon. Er wordt niet steeds hetzelfde gedeelte van het vanaf de aarde zichtbare maanoppervlak door de zon verlicht. Hierdoor ontstaan de schijngestalten van de maan. Zie figuur 8.7. Als de maan zich tussen de aarde en de zon bevindt, verlicht de zon de kant van de maan die je niet zien. Dit noem je **nieuwe maan**. Ongeveer een week later valt er zonlicht op de helft van het voor ons zichtbare deel van de maan. Dit noem je **eerste kwartier**. Het is **volle maan** als de zon het gehele voor ons zichtbare deel van het oppervlak verlicht. Na het **laatste kwartier** volgt de volgende nieuwe maan.

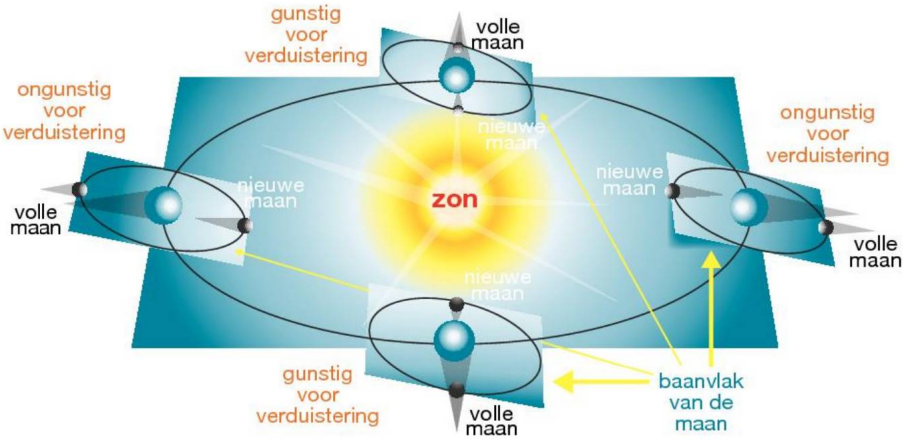


8.7 Vanuit de aarde gezien verlicht de zon maar een deel van de maan. Hierdoor ontstaan de schijngestalten van de maan.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

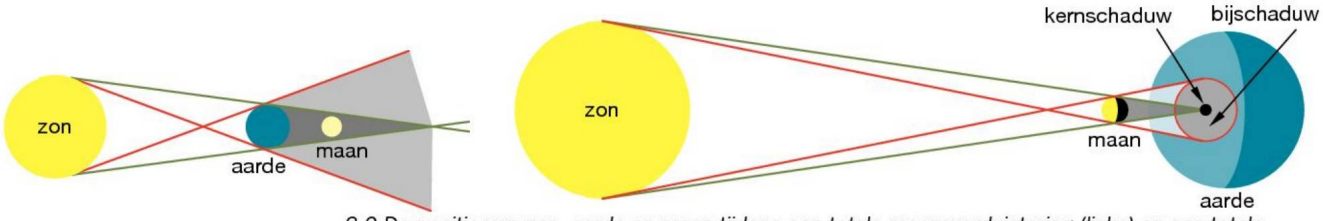
Als je naar de volle maan in figuur 8.7 kijkt, zou je kunnen denken dat de aarde precies vóór de maan zit, waardoor er geen licht op de maan valt. De maan wordt dan verduisterd. Het vlak waarin de maan om de aarde draait, staat echter schuin ten opzichte van het baanvlak waarin de aarde om de zon draait. Zie figuur 8.8. Hierdoor valt er tijdens volle maan meestal gewoon licht op de maan.



8.8 Het vlak waarin de maan om de aarde draait maakt een hoek met het baanvlak van de aarde. Hierdoor wordt de maan tijdens volle maan meestal niet verduisterd.

Ongeveer één keer per jaar komt de aarde wel tussen de maan en de zon te staan. Er is dan sprake van een **maansverduistering**. Zie figuur 8.9. De maan verdwijnt gedurende enkele uren geheel of gedeeltelijk in de schaduw van de aarde.

Omgekeerd komt het ook voor dat de maan precies tussen de zon en de aarde in staat. De maan houdt dan het licht van de zon tegen Dit heet een **zonsverduistering**. Zie figuur 8.9. Precies in het midden van de verduistering, in de kernschaduw, is de afdekking van de zon volledig. Hier is sprake van een totale zonsverduistering. Daaromheen, in de bijschaduw, schijnt de zon nog voor een deel langs de maan. Daar is sprake van een gedeeltelijke zonsverduistering. Je moet dus bij een zonsverduistering precies op de goede plek op aarde zijn om een totale zonsverduistering te zien.



8.9 De positie van zon, aarde en maan tijdens een totale maansverduistering (links) en een totale zonsverduistering (rechts)

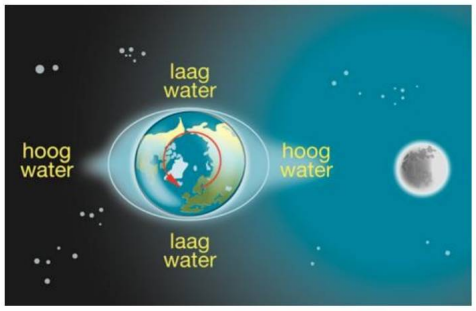
Getijden

De aarde trekt ieder voorwerp op aarde of in de buurt van de aarde aan. Dat noem je de zwaartekracht. De zwaartekracht wordt kleiner als je verder van de aarde weggaat. De zon en de maan oefenen ook zwaartekracht uit. Die is door de grote afstand zo klein dat je dat meestal niet merkt. De zwaartekracht van de zon en de maan veroorzaken de **getijden**, oftewel laag- en hoogwater op aarde, ook wel **eb** en **vloed** genoemd. De zwaartekracht van de maan op het deel van het aardoppervlak dat zich het dichtst bij de maan bevindt, is iets sterker dan in de kern van de aarde. Omdat het oceaanwater op aarde zich gemakkelijk kan verplaatsen, hoopt zich aan die kant van de aarde water op: er ontstaat een 'vloedberg'.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Aan de andere kant van de aarde, vanaf de maan gezien, is de zwaartekracht van de maan minder sterk dan in de kern. Omdat er dus minder aan het oceaanwater wordt getrokken, ontstaat ook daar een vloedberg. Tussen de vloedbergen in is er juist minder water. Daar is het eb. Doordat de aarde rond haar as draait, is het overal op aarde elke dag twee keer hoogwater en twee keer laagwater. Zie figuur 8.10.



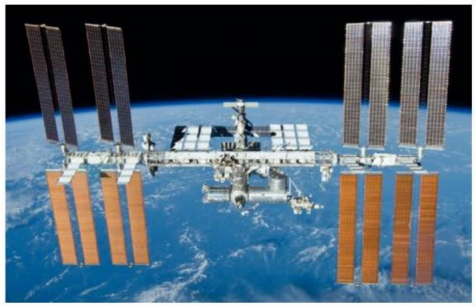
8.10 Hoog- en laagwater ten gevolge van de stand van de maan ten opzichte van de aarde

Ook de zon veroorzaakt getijden. Het effect van de zon op de getijden is minder sterk dan dat van de maan. Als de vloedbergen van maan en zon precies samenvallen, is het oceaanwater daar extra hoog. Dit noem je **springtij**. De zon en de maan staan dan op één lijn met de aarde. Je spreekt van **doodtij** als de lijnen aarde-maan en aarde-zon loodrecht op elkaar staan. Het verschil tussen hoog- en laagwater is dan minimaal. Het effect van de zon op het oceaanwater werkt het effect van de maan dan juist tegen.

Rondje aarde

► Practicum 4

Voorwerpen die in een baan rond de aarde bewegen, heten **satellieten**. Onze maan is een natuurlijke satelliet. Er zijn inmiddels echter ook meer dan 10 000 kunstmatige satellieten in banen rond de aarde gebracht, voor allerlei verschillende doeleinden. Eén van de bekendste satellieten bevindt zich op zo'n 360 km boven de aarde: het internationale ruimtestation **ISS**. Zie figuur 8.11. Dit ruimtestation, dat inclusief zonnepanelen ongeveer zo groot is als een voetbalveld, is permanent bemand door astronauten uit de hele wereld. Ze doen onderzoek aan bijvoorbeeld materialen en medicijnen. Dat doen ze daar, omdat er bijzondere omstandigheden heersen, die je op aarde niet kunt bereiken. Satellieten zijn onmisbaar als het gaat om positionering op aarde (gps), communicatie, aardobservatie en sterrenkundig onderzoek (de Hubble-ruimtetelescoop).


8.11 Het International Space Station, ISS

Naast satellieten zwerven er ook veel onderdelen van lanceerraketten rond de aarde. Dit kunnen kleine metaaldeeltjes zijn, maar soms zijn het ook hele rakettrappen. Dit afval noem je ruimteschroot. Er zijn nu waarschijnlijk al meer dan 500 000 stukjes ruimteschroot met afmetingen van 1 tot 10 cm. Als het ISS zou worden geraakt door een snel bewegend groot stuk ruimteschroot, kan dit gevaarlijk zijn voor de aanwezige astronauten.

Samengevat

De aarde maakt in ongeveer één kalenderjaar een rondje rond de zon. Omdat de omlooptijd niet precies één kalenderjaar is, is er eens in de vier jaar een schrikkeljaar.
De aardas staat niet loodrecht op het baanvlak; hierdoor ontstaan de seizoenen. De aardas wijst altijd in de richting van de Poolster.
De zon verlicht niet altijd hetzelfde deel van de maan. Hierdoor ontstaan nieuwe maan, volle maan en het eerste en laatste kwartier. Bij een zonsverduistering staat de maan tussen de aarde en de zon; bij een maansverduistering staat de aarde tussen de zon en de maan.
De zwaartekracht van zon en maan veroorzaakt de getijden (eb en vloed), dood- en springtij.
Om de aarde draaien vele satellieten, zoals het ISS.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

8.2 Opdrachten

A 19
Juist of onjuist?
a Een maansverduistering kan alleen tijdens volle maan plaatsvinden.
b De maan is een satelliet.
c Eb en vloed worden veroorzaakt door de zwaartekracht van de zon op de aarde.
d Er zijn zes maanfasen.
e Tijdens springtij staan de maan, aarde en zon op één lijn.

A 20 M
De Poolster is een ster met een bijzondere positie aan de hemel. Wat maakt de positie van de Poolster bijzonder?

A 21 M
a Wat is een schrikkeljaar?
b Hoe vaak is er een schrikkeljaar?
c Waarom is een schrikkeljaar nodig?

A 22
Satellieten zijn er voor allerlei verschillende doeleinden. Noem drie verschillende doelen waarvoor satellieten worden gebruikt.

A 23 M
In een maand zie je de maan telkens anders.
a Hoelang duurt iedere maanfase ongeveer?
b Teken de schijngestalten van de maan en schrijf bij elke schijngestalte de naam.

B 24
In de zomer is het warmer dan in de winter.
a Noem hiervoor een oorzaak.
b Waarom komt een witte kerst in Australië niet voor?

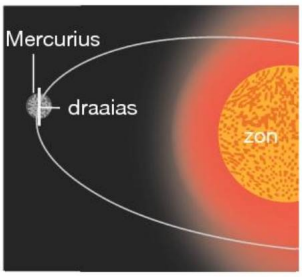
B 25 M
Bereken de snelheid van de maan in zijn baan om de aarde in m/s.

B 26 M
Per dag is het twee keer eb en twee keer vloed.
a Als het 's ochtends om 6:00 uur eb is, hoe laat zal het dan ongeveer vloed zijn?
b Waarom is er op de maan geen eb en vloed?

B 27
a Tijdens welke maanfase(n) kan een zonsverduistering plaatsvinden?
b Leg uit waarom je een totale zonsverduistering altijd maar op een klein deel van de aarde kunt zien.

B 28
We benaderen de baan van de aarde om de zon als een cirkelbaan.
a Bereken hoeveel meter de aarde tijdens één omloop rond de zon aflegt.
b Bereken met welke snelheid in km/h de aarde rond de zon beweegt.

C 29
Van de planeet Mercurius staat de draaias rechtop; zie de figuur hiernaast. Leg uit waarom Mercurius geen seizoenen heeft.



C 30 N
Een gedeeltelijke zonsverduistering kun je in Nederland wel een paar keer in je leven zien. Een complete zonsverduistering is er pas weer in 2135. Leg uit waarom een totale verduistering veel zeldzamer is dan een gedeeltelijke verduistering.

C 31 N
a Teken het zon-aarde-maansysteem tijdens doodtij.
b Welke twee maanfasen zijn er mogelijk bij doodtij?

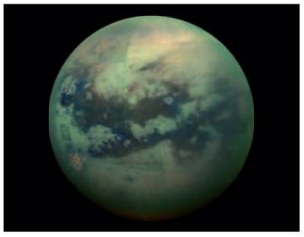
C 32 N
De maan heeft altijd dezelfde kant van zijn oppervlak naar de aarde gericht. Stel dat je op de nabije kant van de maan staat en je lang naar de aarde kijkt. Welke bewering is waar?
a De aarde komt op in het oosten en gaat onder in het westen.
b De aarde komt op in het westen en gaat onder in het oosten.
c De aarde is altijd op en staat altijd op dezelfde plek aan de hemel.

C 33
Leg uit waarom niet elke nieuwe maan een zonsverduistering geeft.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

C 34 N



Niet alleen de aarde heeft manen, ook andere planeten hebben manen. Hiernaast zie je een foto van de maan Titan. Onze maan is de op vier na grootste maan van ons zonnestelsel. Zoek op welke manen nog groter zijn en rond welke planeten ze draaien.

C 35

Leg uit waarom een totale zonsverduistering maximaal maar zeven minuten duurt, terwijl een totale maansverduistering wel anderhalf uur duurt.

C 36

a Zoek op internet op wat de massa (in kilogram) van de aarde en de maan is. Zoek ook op wat de straal in meter van de aarde en de maan is.

Stel dat de aarde zo groot en zwaar zou zijn als een voetbal. Een voetbal heeft een diameter van 15 cm en een massa van 325 g. Je bepaalt nu in dezelfde verhouding de diameter en de massa van de maan.

b Wat zou dan de diameter en massa van de maan zijn? Geef je berekening.

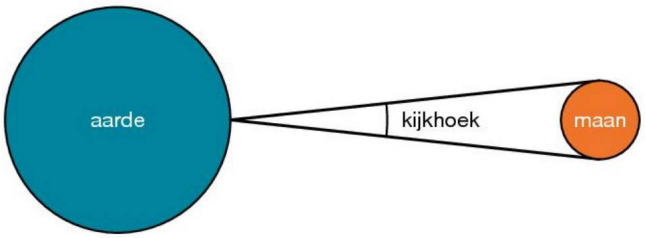
c Leg uit wat voor bolvormig voorwerp je dan zou kunnen gebruiken om de maan voor te stellen.

+ 37 N

De maan lijkt aan de hemel ongeveer even groot als de zon. Uit metingen weten we dat de zon 400 keer zo ver weg staat als de maan. De maan heeft een diameter van $3{,}5 \cdot 10^6$ m en staat op een afstand van $3{,}8 \cdot 10^8$ m van de aarde.

a Bereken nu de diameter van de zon in meter.

b Bereken de kijkhoek waaronder je naar de maan kijkt. Zie de figuur in de kolom hiernaast.



c Leg zonder berekening uit hoe groot de kijkhoek is waaronder je de zon ziet.

+ 38 N

De aarde draait in 365,25 dagen om de zon. Om dat als lengte van een jaar te nemen is erg onhandig. Daarom is er afgesproken dat een kalenderjaar 365 dagen duurt. Stel nu eens dat een duur van 366 dagen was afgesproken.

a Hoeveel dagen te veel heb je dan na één kalenderjaar?

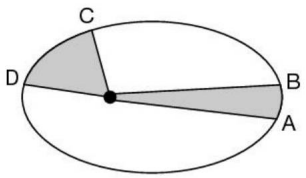
b Hoe moet je de kalender dan na vier jaar aanpassen?

+ 39

De baan van de aarde om de zon is een elliptische baan. Hierdoor is de afstand van de aarde tot de zon een deel van het jaar groter en in een ander deel kleiner.

a Leg uit waarom dit niet de oorzaak van de seizoenen kan zijn.

Johannes Kepler heeft met zijn drie wetten de elliptische baan van de aarde beschreven. Zijn tweede wet zegt dat als een planeet in dezelfde tijd van punt A naar B als van punt C naar D beweegt, de oppervlakten van de grijze gebieden in de figuur hiernaast gelijk zijn.



b Leg uit in welk punt de aarde de grootste baansnelheid heeft, in het punt het dichtst bij de zon of in het punt het verst weg van de zon?

Je kunt nu

- de baan van de aarde omschrijven;
- uitleggen wat de begrippen aardas, baanvlak en schrikkeljaar betekenen;
- uitleggen wat de seizoenen op aarde veroorzaakt;
- uitleggen wat doodtij en springtij is en hoe de getijden worden veroorzaakt;
- uitleggen hoe zons- en maansverduisteringen ontstaan;
- beschrijven wat de positie van de aarde, de zon en de maan bij de verschillende schijngestalten van de maan is.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



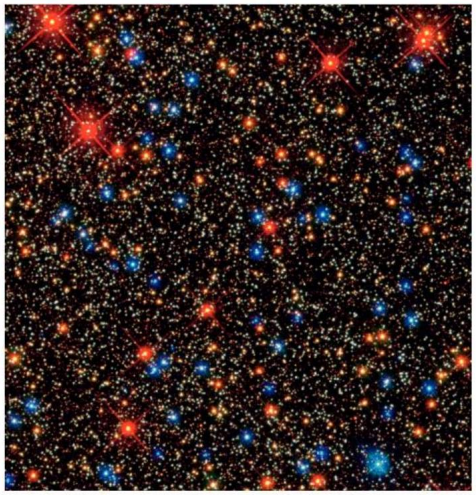
Discussievraag
De sterren die je op de foto ziet, staan heel ver weg van de aarde. We zullen deze sterren misschien wel nooit kunnen bezoeken. Toch weten we erg veel van deze sterren, bijvoorbeeld temperatuur, lichtsterkte en afstand.
Hoe komen we aan deze informatie?

Je leert
- welke hemellichamen er buiten ons zonnestelsel zijn.

8.3 De Melkweg in het heelal

Sterren om ons heen
In het centrum van ons zonnestelsel staat de zon. Onze zon is een heel gewone ster. Ze is niet bijzonder groot, maar ook niet bijzonder klein. De meeste lichtpuntjes die je 's nachts aan de hemel ziet, zijn ook sterren. De afstand van deze sterren is zo groot, dat je deze niet in meter of astronomische eenheden aangeeft, maar in **lichtjaar**. Eén lichtjaar is de afstand die licht in 365,25 dagen aflegt. Het licht heeft een snelheid van $3{,}0 \cdot 10^8$ m/s. Een lichtjaar komt zo overeen met een afstand van $9{,}5 \cdot 10^{15}$ m. De meest nabije ster na de zon is Proxima Centauri. Deze ster staat op een afstand van 4,22 lichtjaar.

De lichtpuntjes aan de nachtelijke hemel zie je niet allemaal even helder. Hoe helder je een ster ziet, de helderheid, hangt af van de lichtsterkte en de afstand tot de ster. De lichtsterkte is een eigenschap van een ster. Hoe groter de lichtsterkte van de ster, hoe meer stralingsenergie hij uitzendt en hoe helderder je de ster ziet. Een ster die dichtbij staat, zie je helderder dan een net zo lichtsterke ster die verder weg staat. De sterren hebben ook niet allemaal dezelfde kleur. Zie figuur 8.12. Sommige zijn rood, andere geel of blauw. De kleur van de ster zegt iets over zijn temperatuur. Je weet dat als je een metalen staaf in een heet vuur houdt, hij eerst rood zal beginnen te gloeien.



8.12 Sterren hebben verschillende kleuren.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

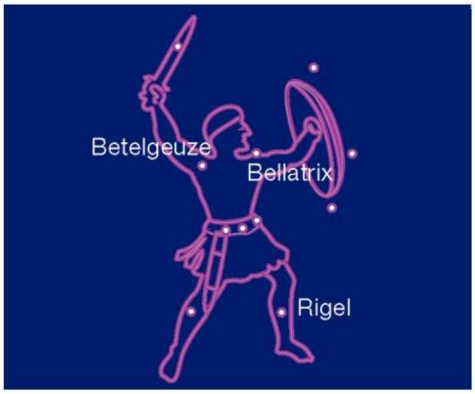
Als de temperatuur verder stijgt, wordt de kleur van de staaf oranje, geel en hij gloeit uiteindelijk wit/blauw. De kleur licht die de staaf uitzendt, heeft dus te maken met de temperatuur van de staaf. Hoe warmer de staaf, hoe blauwer de kleur. Dit geldt ook voor sterren. Als een ster heter is, zal hij ook een blauwere kleur hebben. De zon is een gelige ster met een temperatuur van 5500 °C. De ster Rigel is met 10 700 °C veel heter en blauw. De ster Betelgeuze is met 3200 °C juist veel koeler dan de zon; deze ster is rood.

Ons Melkwegstelsel

Alle sterren die je 's nachts met het blote oog kunt zien maken deel uit van ons **Melkwegstelsel** of kortweg de **Melkweg**. De Melkweg is een **sterrenstelsel**, een grote groep sterren die bij elkaar horen. De Melkweg heeft wel $2{,}0 \cdot 10^{11}$ sterren. Deze sterren vormen samen een platte schijf die rond zijn as in het centrum van de Melkweg draait. We kunnen geen foto van buitenaf van ons sterrenstelsel nemen: we wonen er immers zelf in. Als je omhoogkijkt naar de Melkweg, kijk je het platte sterrenstelsel in. Daarom zie je een band van sterren, zie de openingsfiguur van deze paragraaf. De Melkweg is erg groot. De diameter van de platte schijf van de Melkweg is $1{,}0 \cdot 10^5$ lichtjaar. De zon is ongeveer $2{,}8 \cdot 10^4$ lichtjaar van het centrum van de Melkweg verwijderd. We wonen dus eigenlijk in een buitenwijk van de Melkweg.

► Practicum 5
► Practicum 6

Soms lijkt het alsof sterren in groepjes bij elkaar aan de hemel staan. De oude Grieken meenden in sommige van die groepjes een dier of een mythologische held te herkennen. Dit zijn de **sterrenbeelden**. Een van de bekendste is Orion. Zie figuur 8.13. De sterren in een sterrenbeeld lijken vanaf de aarde gezien dichtbij elkaar te staan, maar hun afstanden tot de aarde kunnen sterk verschillen. Zo is de afstand tot Bellatrix (rechtsboven in Orion) 252 lichtjaar en die tot Rigel (rechtsonder in Orion) 863 lichtjaar. De sterren in de sterrenbeelden vormen geen groep en horen niet bij elkaar. Ze hebben ook geen merkbare invloed op gebeurtenissen op aarde.



8.13 Het sterrenbeeld Orion in ons Melkwegstelsel



8.14 Het sterrenstelsel NGC3982 van bovenaf gezien. Dit stelsel lijkt veel op ons Melkwegstelsel.

De oerknal

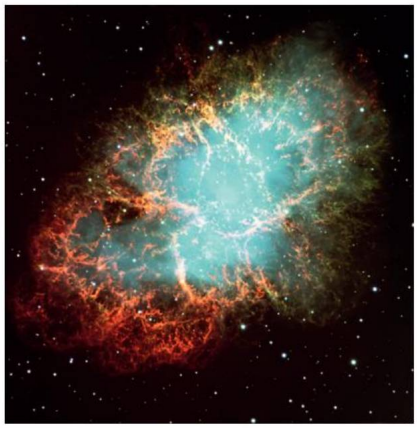
Er zijn veel andere sterrenstelsels in het heelal. Vrijwel alle sterrenstelsels blijken van elkaar af te bewegen. Als je die beweging in gedachten omdraait, gaat alles weer terug naar één punt. Dat is de basis van de theorie dat het heelal is ontstaan vanuit één punt. Deze theorie heet ook wel de **oerknaltheorie**, ofwel de bigbangtheorie. Sterrenkundigen hebben berekend dat de oerknal 13,8 miljard jaar geleden heeft plaatsgevonden.
Niet alle stelsels bewegen van ons af. Eén van de uitzonderingen is het Andromedastelsel. Dat is een groot sterrenstelsel dat zich dicht bij onze Melkweg bevindt, op een afstand van $2{,}54 \cdot 10^6$ lichtjaar. Deze afstand wordt steeds kleiner: wetenschappers hebben berekend

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

dat over ongeveer 4 miljard jaar het Andromedastelsel met de Melkweg zal botsen. Omdat sterrenstelsels vooral uit lege ruimte bestaan (de afstanden tussen sterren zijn groot), zullen er geen sterren met elkaar botsen.
Sommige sterrenstelsels lijken veel op onze Melkweg. Zie figuur 8.14. Je kunt goed zien dat er uit een bolvormige centrale verdikking enkele armen komen die zich in spiralen om dat centrum winden. De meeste sterren bevinden zich in deze spiraalarmen. Sterrenstelsels zoals onze Melkweg hebben een spiraalstructuur. Dit zijn **spiraalstelsels**. Sterrenstelsels kunnen ook eivormig zijn. Door bijvoorbeeld botsingen met andere sterrenstelsels kunnen ze ook een heel onregelmatige vorm hebben.

Sterren waarnemen
Met een gewone **telescoop** kijk je naar het zichtbare licht van sterren of gaswolken. Zie figuur 8.15a. Maar sterren zenden ook straling uit met een andere stralingsenergie, zoals infrarode (ir) en ultraviolette (uv) straling. Een speciale telescoop kan ook foto's maken van de ir- of de uv-straling van een ster of een gaswolk. Zie figuur 8.15b. De kleuren die je in dit soort opnamen ziet zijn niet de kleuren die je echt zou zien, want uv- en ir-straling kun je niet met het blote oog zien. De kleuren worden met een computer zo gekozen dat details goed zichtbaar worden. Behalve ir en uv zijn er nog meer soorten elektromagnetische straling die je niet kunt zien. Ook die soorten straling kun je met telescopen 'fotograferen' en daarna met een computer inkleuren. Zo zijn er **radiotelescopen** die kijken naar de radiogolven die sterren uitzenden. Zie figuur 8.15c. De grootste radiotelescoop van Europa, LOFAR, staat in Drenthe en heeft extra antennes in Duitsland, Zweden, Engeland en Frankrijk. LOFAR is een netwerk van duizenden antennes die aan elkaar zijn gekoppeld. De afzonderlijke beelden worden door een supercomputer tot één geheel gecombineerd.



8.15a De Krabnevel, het restant van een geëxplodeerde ster, door een gewone telescoop



b De Krabnevel door een ir-telescoop



c De Krabnevel door een radiotelescoop

Samengevat

De afstanden tussen sterren geef je aan in lichtjaar. Hoe lichtsterker een ster is, hoe helderder je hem ziet. De helderheid is minder als de ster verder van je vandaan is. Hoe heter een ster is, hoe blauwer de kleur van het licht van de ster. Het sterrenstelsel waar wij ons in bevinden, heet het Melkwegstelsel (de Melkweg). Dit is een spiraalstelsel.
Sommige sterren lijken een patroon te vormen, dit heet een sterrenbeeld.
Bijna alle sterrenstelsels bewegen van elkaar af. Dan moeten die sterrenstelsels ooit vanuit een punt zijn begonnen met bewegen. Dit noem je ook wel de oerknaltheorie.
Met een telescoop kun je het zichtbare licht van objecten aan de hemel onderzoeken. Licht met een andere stralingsenergie kun je bijvoorbeeld met een radiotelescoop onderzoeken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

8.3 Opdrachten

A 40
Juist of onjuist?
a Een lichtjaar is een eenheid van tijd.
b Een rode ster is kouder dan een blauwe ster.
c De sterren in een sterrenbeeld staan altijd dichtbij elkaar.
d Het Andromedastelsel komt op ons af.
e Alle sterrenstelsels komen op ons af.

A 41 M
a Leg uit wat de Melkweg is.
b Hoeveel sterren bevinden zich in de Melkweg?
c Leg uit wat een sterrenbeeld is.

A 42
Leg uit wat het verschil is tussen helderheid en lichtsterkte.

B 43
a Geef de definitie van een lichtjaar.
b Laat met een berekening zien dat een lichtjaar overeenkomt met een afstand van $9{,}5 \cdot 10^{15}$ m.

Jupiter staat op een afstand van $7{,}5 \cdot 10^{11}$ m van de aarde.
c Reken deze afstand om naar lichtjaar.

B 44 M
De kleur van sterren heeft te maken met de temperatuur. Zet de juiste kleuren op volgorde van koel naar warm:
rood – wit – blauw – geel – oranje

B 45
Sirius is de helderste ster aan de nachthemel, vele malen helderder dan de ster Proxima Centauri die bijna twee keer zo dichtbij staat als Sirius. Leg uit hoe dit kan.

C 46
Op de zon vinden soms explosies plaats, zogenoemde zonnevlammen. Deze zijn met een telescoop met een zonnefilter vanaf de aarde zichtbaar.
Bereken hoeveel tijd er zit tussen het begin van de explosie en het waarnemen met een telescoop.

C 47 N
De zon heeft een diameter van $1{,}4 \cdot 10^9$ m. Om je de zon voor te stellen neem je een sinaasappel met een diameter van 8 cm. De meest nabije ster, Proxima Centauri, staat op een afstand van 4,22 lichtjaar.
a Bereken in dit schaalmodel hoe groot deze afstand is.
b Beschouw nu ook Proxima Centauri als een sinaasappel. Kies waar je deze sinaasappel het beste kunt neerleggen, zodanig dat alles in je schaalmodel de juiste verhouding heeft:
1 buiten op het schoolplein
2 onder het Atomium in Brussel
3 op een skipiste in Oostenrijk
4 op het Rode Plein in Moskou

C 48
Het Andromedastelsel is het dichtstbijzijnde grotere sterrenstelsel. Bereken hoelang het Andromedastelsel erover doet om bij de Melkweg te komen als het stelsel met 1000 km/h op ons afkomt.

+ 49 N
Zoek op het internet naar een simulatie van de botsing van het Andromedastelsel met de Melkweg. Zijn de twee sterrenstelsels na de botsing nog steeds spiraalstelsels?

+ 50
Er zijn telescopen op aarde en in de ruimte geplaatst.
a Zoek op waarom veel telescopen op aarde op de toppen van hoge bergen staan.
b Noem een voordeel en een nadeel van een ruimtetelescoop vergeleken met een telescoop op aarde.

Je kunt nu

- uitleggen wat de Melkweg is;
- rekenen met het begrip lichtjaar;
- uitleggen waarom je niet alle sterren even helder ziet;
- uitleggen wat de kleur van een ster met de temperatuur heeft te maken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



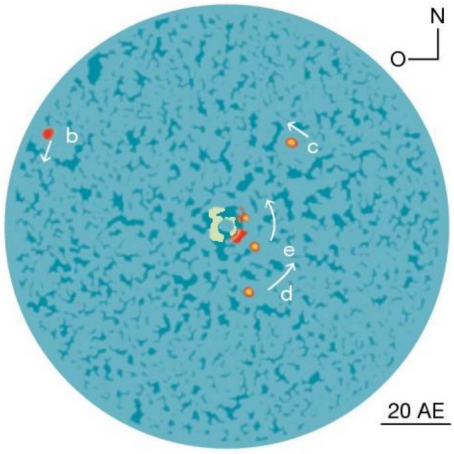
Discussievraag
Op Mars heeft het onderzoekswagentje Curiosity deze foto van de bodem van een krater gemaakt. De foto is 120 cm breed. Je ziet opgedroogde modder, wat ons vertelt dat er water in de krater heeft gestaan. Hoe zou je kunnen onderzoeken of daar ook leven in voorkwam?

Je leert
- over de zoektocht naar leven in andere zonnestelsels.

8.4 Zijn wij alleen?

Direct waarnemen van exoplaneten
Ook andere sterren hebben net als de zon planeten die eromheen draaien. Waarschijnlijk hebben bijna alle sterren in de Melkweg minstens één planeet. Dat betekent dat er in ons sterrenstelsel honderden miljarden planeten zijn. Je noemt planeten rond andere sterren **exoplaneten**.

Exoplaneten zijn met een bepaalde techniek direct waarneembaar. Het licht van de ster wordt dan zo goed als mogelijk afgedekt. Hierdoor worden de planeten die om de ster draaien zichtbaar. Figuur 8.16 is een foto van ster HR8799 en zijn vier planeten b, c, d, e. HR8799 staat op een afstand van 129 lichtjaar in het sterrenbeeld Pegasus. Dicht in de buurt van de ster lukt dit afdekken van de ster niet helemaal perfect en ziet het er wat rommelig uit. Het is mogelijk dat er zich binnen de baan van planeet e, op 15 AE van HR8799, nog meer planeten bevinden.



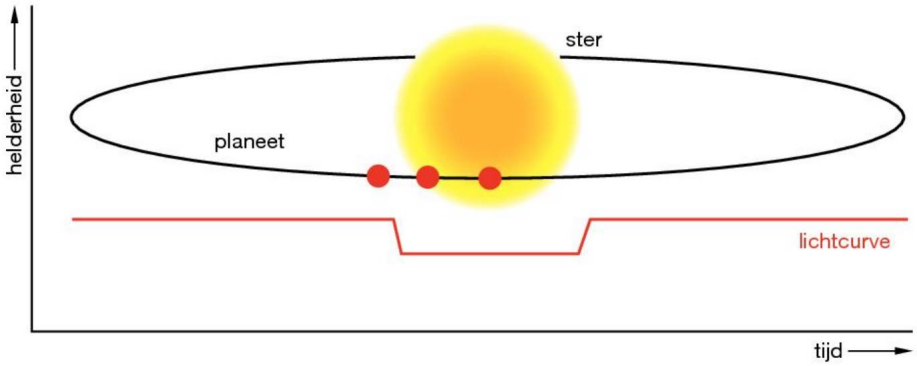
8.16 Het planetenstelsel van ster HR8799. De rode puntjes zijn de planeten van deze ster.

Indirect waarnemen van exoplaneten
Met een andere techniek kun je ook planeten ontdekken die heel dicht bij hun ster staan. Bij de **transitmethode** wordt continu de lichtsterkte van een ster gemeten. Als die ster een planeet heeft en de baan daarvan vanaf de aarde gezien voor de ster langskomt, zal

© Noordhoff Uitgevers bv

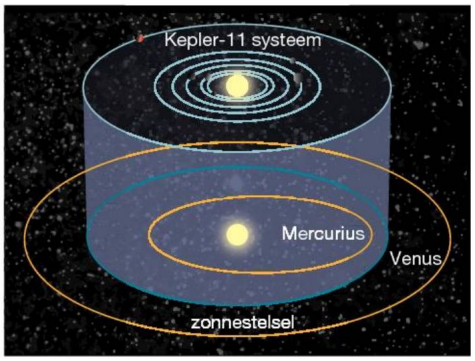
Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

de planeet eens per omloop tijdelijk een klein stukje van zijn ster afdekken. Je ontvangt dan regelmatig een klein beetje minder licht van de ster. Zie figuur 8.17. Zo kun je indirect, dus zonder de planeet echt te zien, aantonen dat een ster een planeet heeft.



8.17 Met de transitmethode kun je exoplaneten ontdekken die voor hun ster langs schuiven en een deel van het licht van de ster tegenhouden.

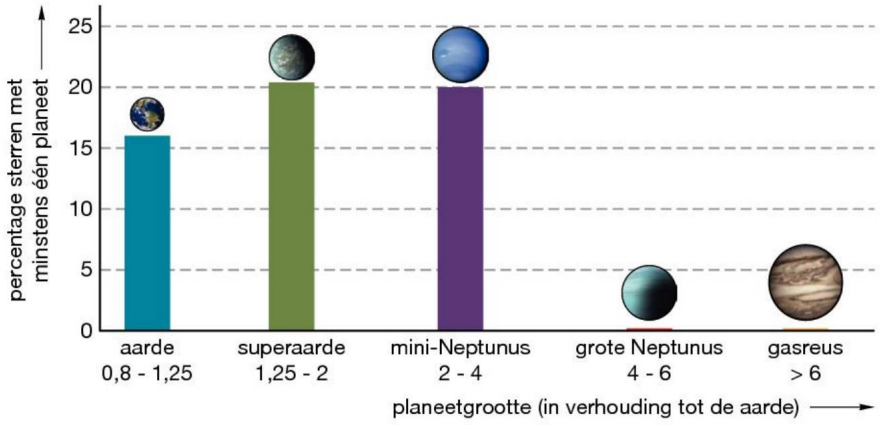
Het planetenstelsel van Kepler-11 in het sterrenbeeld Zwaan is met de transitmethode ontdekt. Figuur 8.18 laat zien hoe het planetenstelsel van deze ster eruitziet in vergelijking met ons zonnestelsel. Ook bij Proxima Centauri is een planeet ontdekt. Die planeet is Proxima b genoemd. Proxima b is een klein planeetje dat heel dicht bij zijn ster staat, op slechts 0,05 AE.



8.18 Het planetenstelsel van de ster Kepler-11 vergeleken met de banen van Mercurius en Venus

Er zijn nog meer technieken waarmee je exoplaneten kunt ontdekken. Door dit soort technieken te combineren zijn verschillende eigenschappen van een exoplaneet te bepalen, zoals de straal en de massa. Van sommige exoplaneten is aangetoond dat ze een atmosfeer hebben.

Figuur 8.19 laat zien hoeveel procent van de met de transitmethode onderzochte sterren een planeet van een bepaalde afmeting heeft. Het blijkt uit de eerste meetseries dat bijvoorbeeld 17% van de sterren een planeet heeft met een straal die tussen de 0,8 en 1,25 keer zo groot is als die van de aarde. Gasreuzen zijn zeldzamer; slechts 2% van de sterren heeft zo'n soort planeet.



8.19 Het percentage sterren met ten minste één planeet van een bepaalde grootte

© Noordhoff Uitgevers bv

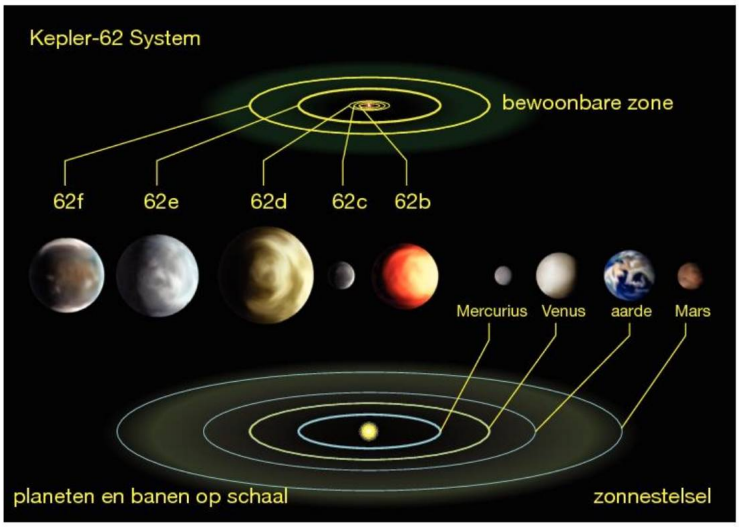
Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Leefbare planeten

Tot nu toe is onze aarde de enige planeet waarvan we zeker weten dat er leven is. Zouden er nog meer planeten in het heelal zijn waarop leven is of is geweest? En hoe zouden die werelden eruitzien? Mogelijk zijn dat exotische werelden met leven dat totaal niet lijkt op het leven op aarde, maar misschien ook niet. Misschien moet een wereld wel erg op de aarde lijken wil hij geschikt zijn voor het ontstaan van leven. Omdat we weten hoe het leven op aarde eruitziet, richt de zoektocht naar leefbare, en misschien wel bewoonde, planeten zich op het vinden van het zusje van de aarde. Dat zusje van de aarde moet aan ten minste vier eisen voldoen:

1 Ze moet een rotsachtige planeet zijn.
2 Ze moet een atmosfeer hebben.
3 Ze moet op zo'n afstand van haar ster staan dat het er niet te heet en niet te koud is.
4 Ze moet een aanzienlijke hoeveelheid water in vloeibare vorm op haar oppervlak hebben.

Wil er vloeibaar water op het oppervlak aanwezig kunnen zijn, dan mag de temperatuur van de planeet niet te hoog zijn, anders zal het aanwezige water verdampen. Is de temperatuur te laag, dan bevriest het. Dit betekent dat de planeet niet te dicht bij een ster mag staan (te heet) en ook weer niet te ver weg (te koud). Het gebied waarin de temperatuur precies goed is, noem je de **bewoonbare zone**. In figuur 8.20 zie je dat er in de bewoonbare zone rond de ster Kepler-62 twee aardachtige planeten zijn die ook nog eens ongeveer even groot zijn als onze planeet. Of deze planeten een atmosfeer en water hebben, weten we nog niet. Maar stel dat ze die hebben, dan zou daar misschien leven kunnen zijn.



8.20 Het planetenstelsel rond Kepler-62, met twee aarde-achtige planeten in de bewoonbare zone

Samengevat

Planeten die om andere sterren draaien heten exoplaneten. Er zijn verschillende technieken om exoplaneten te ontdekken, bijvoorbeeld de transitmethode.
Als een exoplaneet aan bepaalde eisen voldoet, is het mogelijk dat er leven is. Eén van die eisen is dat de exoplaneet zich in de bewoonbare zone bevindt.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

8.4 Opdrachten

A 51 M

a Wat is een exoplaneet?
b Noem een methode om exoplaneten te ontdekken.
c Leg uit hoe deze methode werkt.

A 52

a Leg uit waarom een exoplaneet niet op een te kleine of een te grote afstand van een ster mag staan om er leven mogelijk te laten zijn.
b Noem nog drie eisen waaraan een exoplaneet moet voldoen zodat er leven mogelijk is.

B 53

a Gebruik de schaal in de rechterbenedenhoek van figuur 8.16 om te bepalen op hoeveel AE de vier planeten van ster HR8799 af staan.

In ons zonnestelsel staat Neptunus het verst van de zon.
b Welke van de planeten rond HR8799 staan nog verder weg van hun ster dan Neptunus van de zon?

B 54 M

Reken de afstand van de exoplaneet Proxima b tot aan zijn ster om naar m.

B 55

Proxima b ligt in de bewoonbare zone rond zijn ster. Als Proxima b op dezelfde afstand in ons zonnestelsel zou staan, dan is het er onleefbaar heet. Wat zegt dat over de ster Proxima Centauri?

C 56

In het voorjaar van 2017 werd bekend dat Belgische astronomen bij de koele dwergster TRAPPIST-1 met de transitmethode zeven aardachtige planeten hebben ontdekt. Drie van deze planeten bevinden zich in de bewoonbare zone rond de ster. Is die afstand groter of kleiner dan 1 AE? Verklaar je antwoord.

C 57 N

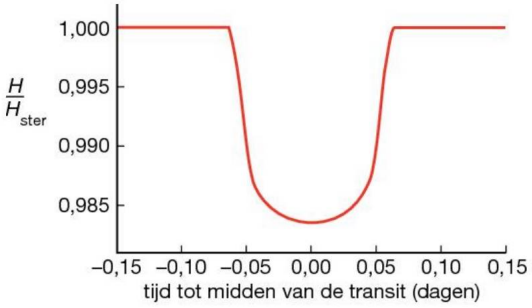
Gasreuzen als exoplaneet zijn zeldzamer dan aarde-achtige planeten.
a Welke gasreuzen heeft ons zonnestelsel?

De eerste exoplaneet die werd ontdekt draait rond de ster met de aanduiding 51 Pegasi.
b Zoek op of dit een aardse planeet is of een gasreus.

+ 58

Bij een transit van een planeet neemt de helderheid van een ster, H_{ster}, tijdelijk af tot wat je H noemt. Je bekijkt dan de verhouding H/H_{ster}: $\frac{H}{H_{ster}} = 1 - \left(\frac{R_{planeet}}{R_{ster}}\right)^2$

Hierbij is $R_{planeet}$ de straal van de exoplaneet en R_{ster} de straal van de ster waarvan een beetje licht wordt afgedekt. De Hubble-ruimtetelescoop heeft de ster HD209458 ($R_{ster} = 8{,}0 \cdot 10^8$ m) waargenomen en er een transit bij gezien. In onderstaande figuur zie je de waarneming.



a Lees af hoeveel procent van de ster er tijdens het diepste punt van de waarneming wordt afgedekt.
b Bereken de straal van de planeet die voor HD209458 langsgaat.
c Vergelijk de straal met die van de aarde. Wat valt je op?
d Met welke planeet van ons zonnestelsel kun je de exoplaneet het best vergelijken?
e Bepaal hoelang de planeet voor de ster langs beweegt.

Je kunt nu

- uitleggen wat een exoplaneet is;
- uitleggen hoe je exoplaneten kunt waarnemen;
- uitleggen aan welke eisen een planeet moet voldoen om leven mogelijk te maken.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



Discussievraag
De zon straalt elke seconde heel veel energie uit. Deze stralingsenergie is voor het leven op aarde van enorm belang. De energievoorraad van de zon is echter niet oneindig groot.
Wat gebeurt er met de zon als haar brandstof opraakt?

Je leert
- over de geboorte en dood van een ster.

8.5 De levensloop van een ster

Het leven van de zon
De zon is een stralende bol gas die is gevormd uit een langzaam ronddraaiende wolk gas. Ook nu nog worden er sterren in de Melkweg gevormd. Meestal stort een onregelmatig gevormde reuzengaswolk in en worden er minstens honderden sterren tegelijk gevormd. De gebieden waar dit gebeurt, noem je stervormingsgebieden. De Adelaarsnevel is zo'n gebied. Zie figuur 8.21.
Binnen in de donkere delen, waaruit licht niet kan ontsnappen, ontstaan op dit moment nieuwe sterren. Het zal nog miljoenen jaren duren voordat de sterren in de Adelaarsnevel 'af' zijn.



8.21 Het stervormingsgebied de Adelaarsnevel

Opvallend is dat pas gevormde sterren niet allemaal even zwaar zijn. Sommige hebben veel minder massa dan de zon en andere zijn weer veel zwaarder. De massa die een ster bij zijn geboorte krijgt, bepaalt in belangrijke mate het verdere verloop van zijn leven.
Alle sterren die aan het eind van het vormingsproces minder dan negen keer zo zwaar zijn als de zon, noem je lichte sterren. De zon is dus een lichte ster. Een ster begint zijn leven officieel op het moment dat in het centrum, waar temperatuur en druk het hoogst zijn,

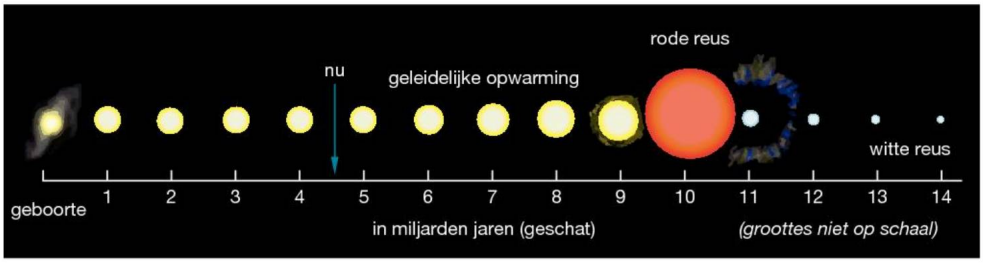
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

waterstofatomen in kernreacties worden omgezet in heliumatomen. De reactievergelijking die hierbij hoort, is:

4 H → He + energie

De energie die bij dit proces vrijkomt, wordt aan het oppervlak als licht uitgestraald. In de eerste 9 miljard jaar van haar bestaan zet de zon in haar centrum waterstof om in helium. Daarbij wordt ze langzaam een beetje groter en lichtsterker en het oppervlak een beetje koeler. Zie figuur 8.22. Als de waterstof op is, zwelt de zon op en wordt ze rood van kleur. Ze wordt een rode reus. In deze fase blaast onze zon ongeveer de helft van haar massa de ruimte in, tot een klein heet object overblijft. Ze wordt een witte dwerg.



8.22 De levensloop van de zon

Het leven van andere sterren

Niet alle sterren hebben dezelfde levensloop. Het leven van een ster die minstens negen keer zo zwaar is als de zon loopt anders af. Deze zware sterren eindigen hun leven met een grote explosie waarbij de buitenste gaslagen van de ster met grote snelheid worden weggeblazen. Dit noem je een **supernova-explosie**.
Ook deze zware sterren beginnen hun leven met het omzetten van waterstof in helium in hun kern en ze zwellen daarbij een beetje op. Als de waterstofvoorraad in het centrum van een zware ster is verbruikt, zwelt hij enorm op, net als bij een lichte ster. Hij wordt een rode superreus en blaast veel gas de ruimte in. De temperatuur en druk in het centrum lopen zo hoog op dat in kernreacties een reeks aan elementen, van koolstof tot ijzer, worden gevormd. Als de energievoorraad van de ster op is, zal hij instorten. Bij het instorten komt heel veel energie vrij, waardoor de supernova-explosie ontstaat. Gedurende enige honderden dagen is de stervende ster even lichtsterk als alle sterren van de Melkweg bij elkaar.

Dat sterren tijdens en aan het einde van hun leven gas de ruimte inblazen, is belangrijk voor onze kosmische oorsprong. Tijdens de oerknal – het moment van vorming van het heelal – werden maar twee elementen gevormd, waterstof en helium. Alle andere elementen zijn allemaal gemaakt in het binnenste van sterren, daarna de ruimte ingeblazen waar ze zijn vermengd met de gaswolken. Uit die gaswolken zijn later nieuwe sterren gevormd, die aan het eind van hun leven weer bijdroegen aan de verdere verrijking van gaswolken met nieuwe elementen. Toen er eenmaal genoeg materiaal was, konden zich rond nieuwe generaties sterren aardachtige planeten vormen. De elementen waaruit je lichaam bestaat, zijn dus gemaakt in het binnenste van sterren. Jij bent écht 'van sterrenstof gemaakt'.

Zwarte gaten

Bij een supernova-explosie stort het binnenste van een ster in en kan een **zwart gat** ontstaan. Een zwart gat is een object waaraan niets kan ontsnappen, zelfs geen licht.
Hoe sterker de zwaartekracht die werkt op een instortende ster, des te sterker wordt het gas samengedrukt. Die zwaartekracht wordt groter als de massa van het binnenste van een ster groter wordt. Als de massa van het samengeperste centrum van de ster groter wordt dan tweemaal de massa van de zon, wordt een zwart gat gevormd.
Het is niet eenvoudig te ontsnappen aan de zwaartekracht van de aarde, maar het is niet onmogelijk. Met een raket kun je naar de ruimte reizen. En als je met een laserlamp

© Noordhoff Uitgevers bv

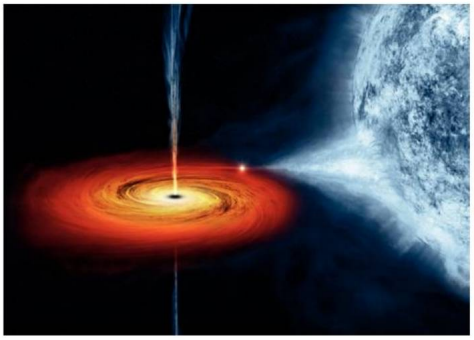
Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

omhoog schijnt, ontsnapt het licht dat uit de laser komt schijnbaar moeiteloos. Zie figuur 8.23. De zwaartekracht van een zwart gat is echter zo sterk, dat zelfs de snelheid van licht te klein is om aan het oppervlak van de ster te ontsnappen. Omdat er geen licht van een zwart gat kan ontsnappen, kun je het ook niet zien.



8.23 Het licht van een laser kan ontsnappen aan de zwaartekracht van de aarde.

In de geschiedenis van onze Melkweg zijn er waarschijnlijk al 100 miljoen zwarte gaten gemaakt. Tot nu toe hebben we daar een paar van ontdekt. Hoe ontdek je eigenlijk iets wat je niet kunt zien? Vaak worden sterren in paren gevormd. Dit noem je een **dubbelster**. Ze draaien om elkaar heen, net als de aarde en de maan, en houden elkaar gevangen door hun zwaartekracht. Als één van die sterren een supernova-explosie ondergaat en een zwart gat vormt, ontstaat een systeem waar een zwart gat en een ster rond elkaar draaien. Als gas overstroomt van de ster naar het zwarte gat komt dit eerst in een schijf rond het zwarte gat terecht voor het wordt opgeslokt. Zie figuur 8.24. Het licht van die schijven kunnen astronomen waarnemen. Zo kun je, zonder ze echt te zien, zwarte gaten ontdekken.



8.24 Een schijf van gas rond een zwart gat dat wordt gevoed door een ster

Albert Einstein heeft voorspeld dat als twee zwarte gaten naar elkaar toe spiralen en samensmelten, de ruimte zelf even aan het trillen wordt gebracht. Dit heet een zwaartekrachtsgolf. Die trilling beweegt zich als een golf naar buiten, net zoals de kringen die ontstaan als je een steen in het water gooit. In 2015 is voor het eerst een zwaartekrachtgolf ontdekt. Ook dit is een manier om zwarte gaten te ontdekken.

Samengevat

De massa van een ster bepaalt zijn levensloop. Tijdens zijn leven vormt een ster de elementen waar de materie die wij kennen uit opgebouwd is.
Als de massa van een ster groot genoeg is, kan er aan het eind van zijn leven een supernova-explosie ontstaan en kan een zwart gat ontstaan. Aan een zwart gat kan zelfs licht niet ontsnappen. Als een zwart gat een onderdeel van een dubbelster is, kan er rond het zwarte gat een gasschijf ontstaan die je kunt waarnemen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

+8.5 Opdrachten

A 59
a Leg uit hoe een zwart gat ontstaat.
b Leg uit hoe je een zwart gat kunt waarnemen.

A 60
a Beschrijf de levensloop van een ster die zo zwaar is als de zon.
b Beschrijf de levensloop van een ster die minstens negen keer zo zwaar is als de zon.

A 61 M
Wij zijn allemaal gemaakt van sterrenstof. Leg uit waarom dit zo is.

B 62 M
In de tabel hieronder staat aangegeven wat de belangrijkste elementen zijn waaruit een menselijk lichaam bestaat. 1,0% van de massa van je lichaam bestaat bijvoorbeeld uit fosfor. Je lichaam bevat geen helium.

zuurstof	65,0%	calcium	1,5%
koolstof	18,5%	fosfor	1,0%
waterstof	9,5%	overige elementen	1,2%
stikstof	3,3%		

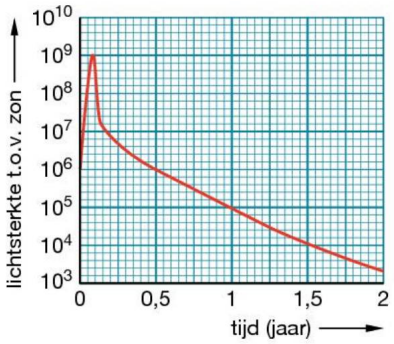
Welk percentage van je lichaam is gemaakt van 'sterrenstof' en welk percentage van 'oerknalstof'?

B 63 M
Waarom wordt de kleur zwart bij een zwart gat gebruikt?

B 64
De aarde is gemaakt van sterrenstof. Op de aarde bevindt zich ook helium. Leg uit of al het helium ook sterrenstof is.

C 65
De reactie in een ster waarbij hij helium vormt, is geen chemische reactie. Leg uit hoe je dit weet.

C 66 N
In onderstaande figuur is de lichtsterkte van een supernova gegeven als functie van tijd. Op de *y*-as staat hoeveel keer lichtsterker de supernova is dan de zon.
a Na hoeveel dagen bereikt de supernova haar maximale lichtsterkte?
b Hoeveel keer lichtsterker dan de zon is de supernova op dat moment?
c Na hoeveel dagen is de supernova 1000 keer zwakker geworden dan op het moment van maximale lichtsterkte?



+ 67
In deze opgave schat je de afstand tot het meest nabije zwarte gat. Neem voor de vorm van de Melkweg een cilinder met een diameter van $1{,}0 \cdot 10^5$ lichtjaar en een dikte van $1{,}0 \cdot 10^3$ lichtjaar. Er zijn waarschijnlijk ongeveer $1{,}0 \cdot 10^8$ zwarte gaten in ons sterrenstelsel. Neem aan dat de zware gaten gelijkmatig zijn verdeeld over het hele volume van de Melkweg.
a Bereken het totale volume van de Melkweg in kubieke lichtjaar.
b Bereken hoeveel volume er per zwart gat beschikbaar is.

Stel je het volume per zwart gat voor als een kubus. De lengte van de ribbe is dan de typische afstand tot het meest nabije zwarte gat.
c Bereken hoe groot die afstand is.
d Stelt je dat gerust, of juist niet? Leg uit.

Je kunt nu
- uitleggen wat de levensloop van een ster is;
- uitleggen wat een zwart gat is en hoe je dat kunt waarnemen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Practica

1 Het zonnestelsel op schaal

► 30 minuten leerlingpracticum

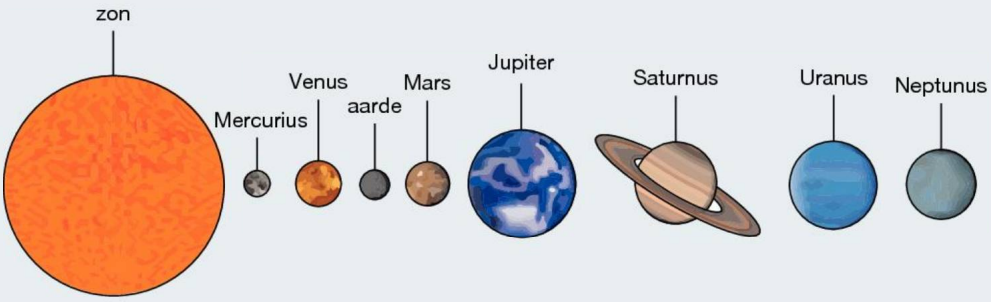
Inleiding
In dit experiment onderzoek je hoe groot het zonnestelsel nu eigenlijk is. Je maakt een modelvoorstelling in de buurt van de school.

Onderzoeksvraag
Kun je je een voorstelling maken van hoe groot het zonnestelsel is?

Voorspelling
Noteer welke schaal je denkt dat nodig is zodat het zonnestelsel op het schoolplein past.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- krijt
- meetlint



Om een idee te krijgen van de onderlinge afstanden in het zonnestelsel maak je op het schoolplein een tekening op schaal van het zonnestelsel.

Voor je onderzoek heb je de gegevens in figuur 8.4 nodig.
1. Eerst bepaal je een geschikte schaal. Vergelijk de afstand van de zon tot Neptunus met de grootste afstand op het schoolplein. Kies een handige schaal.
2. Daarna teken je het zonnestelsel op schaal. Elke groep krijgt een planeet. De gegevens staan in figuur 8.4. Bereken met de schaal de afstand voor jouw planeet op het schoolplein. Teken deze planeet in.

Vraag
Je zou dezelfde schaal ook kunnen gebruiken voor de grootte van de planeten. Leg uit waarom het met deze schaal niet goed mogelijk is om de grootte van de planeten te tekenen.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

2 Kijken naar planeten

► 30 minuten leerlingpracticum

Inleiding
Met behulp van internet en met een programma op je computer kun je heel gemakkelijk achterhalen welke planeten er aan de hemel zichtbaar zijn.

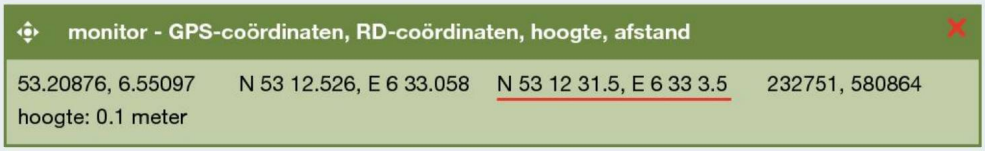
Onderzoeksvraag
Hoe kun je de planeten tussen de sterren aan de hemel ontdekken?

Voorspelling
Noteer wat je denkt dat het antwoord op de onderzoeksvraag is.

Opstelling en werkwijze
Je hebt nodig:
- computer
- programma Stellarium

Download op de site www.stellarium.org/nl/ het programma Stellarium. Dit programma toont de sterren zoals je ze waar dan ook ter wereld aan de hemel kunt zien.
Voordat je met het programma kunt werken, moet je eerst aangeven waar je je bevindt. Daarvoor bepaal je eerst je coördinaten. Dat kun je doen op deze site: www.gpscoordinaten.nl/bepaal-gps-coordinaten.php

Zoom naar je locatie en de coördinaten worden boven in het scherm weergegeven. Neem de laatste coördinaten van het resultaat (boven de rode streep in de afbeelding) van je scherm over op een papiertje.



Nu kun je in Stellarium met F6 je locatie invullen. Neem de gegevens over die je net hebt genoteerd en kies voor 'gebruik als standaard'.
Nu zie je de sterren zoals je die op dit moment aan de hemel kunt zien.
Druk op F5. Je ziet dat je hiermee de tijd kunt veranderen.
Druk nu op F3. Hiermee kun je op zoek naar planeten, sterren, enzovoort.

1 Zoek in Stellarium Venus, Mars, Jupiter en/of Saturnus op.
2 Zijn deze planeten op dit moment te zien? Zo ja, kijk dan buiten aan de hemel.
3 Hoe ziet een planeet met het blote oog eruit?

Volg met de software de planeet gedurende een aantal dagen tussen de sterren. Tip: gebruik F5 om de tijd snel door te laten gaan.
4 Maak een tekening van de weg die de planeet volgt.

Vragen
a Waarom volgt een planeet zo'n rare weg?
b Wat is het verschil tussen een planeet en een ster als je naar de beweging aan de hemel kijkt?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

3 De schijngestalten van de maan

► 15 minuten
leerlingpracticum

Inleiding

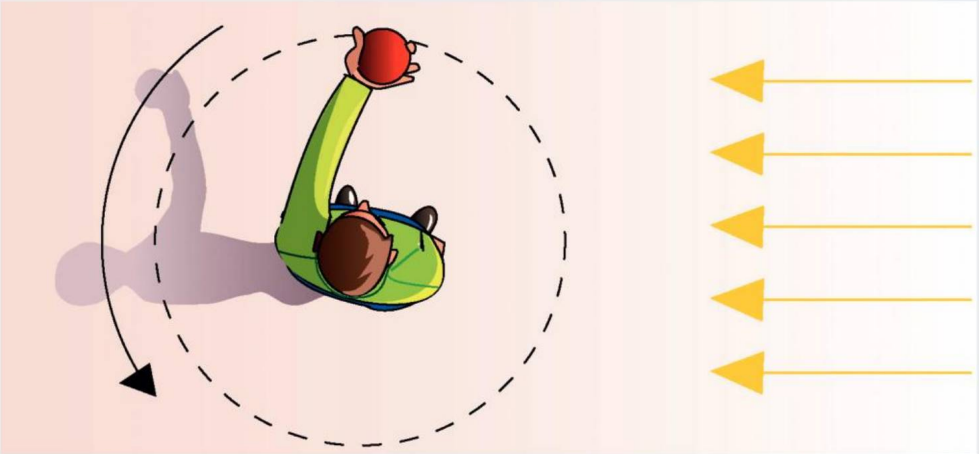
Met behulp van een lamp en een bal onderzoek je de schijngestalten van de maan. Verduister het lokaal en neem één grote lamp. Je hoofd is de aarde en de bal is de maan.

Onderzoeksvraag

Hoe kun je de maanfasen beter begrijpen?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- felle lamp
- bal



Teken de schaduw op de bal als je hem op vier verschillende standen houdt: voor je, achter je, links van je en rechts van je.

1 Houd de bal op een vaste afstand van je hoofd.
2 Vervolgens draai je rond en kijk je goed naar de bal.

Vragen

a Wat stelt de lamp in je model voor?
b En wat stelt de maan voor?
c Teken de posities van je hoofd, de lamp en de bal als er sprake is van:
- nieuwe maan
- eerste kwartier
- volle maan
- laatste kwartier

d Teken bij iedere stand de schaduw op de bal.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4 Waarnemen van het ISS

► 15 minuten leerlingpracticum

Inleiding
Het International Space Station is soms heel goed zichtbaar aan de hemel. Als je tenminste weet waar je moet kijken.

Onderzoeksvraag
Waar kun je het ISS met het blote oog zien?

Voorspelling
Noteer je voorspelling van het antwoord op de onderzoeksvraag.

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- computer



Het ISS is heel groot en weerkaatst dus ook veel licht als hij door de zon wordt beschenen. Als het ISS na zonsondergang overkomt, wordt hij nog beschenen door de zon terwijl wij al in het donker zitten. Het ISS is dan heel goed zichtbaar aan de hemel.

1 De baan van het ISS is goed voorspelbaar. Via de site www.heavens-above.com kun je uitzoeken wanneer het ISS precies overkomt en waar hij is te zien.
2 Voer eerst je locatie in: Nederland en vervolgens je woonplaats. Klik daarna op '10 days prediction ISS'. De computer berekent dan wanneer en waar het object te zien zal zijn.

Starts:	tijdstip waarop en windstreek waar het object verschijnt
Max altitude:	tijdstip en windstreek van maximale hoogte
Ends:	tijdstip waarop en windstreek waar het object achter de horizon verdwijnt
Mag:	magnitude; geeft de helderheid aan van het ISS: hoe lager het getal, hoe helderder het ISS
Alt:	altitude; geeft de kijkhoek aan ten opzichte van de horizon
Az:	azimut; geeft de windstreek aan

Vragen
a Hoe komt het dat je het ISS alleen rond zonsondergang en zonsopkomst kunt zien?
b Wanneer is het ISS in Nederland te zien?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

5 Orion in een schoenendoos

► **45 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Als je in de winter naar buiten kijkt, zie je het prachtige sterrenbeeld Orion met de Orionnevel. Het lijkt of de sterren allemaal bij elkaar horen, maar is dat in werkelijkheid ook zo? Je maakt een 3D-model van de helderste sterren van Orion.

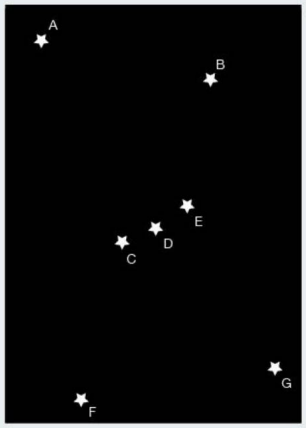
Onderzoeksvragen

Hoe maak je een 3D-model van een sterrenbeeld? Als je ergens anders zou wonen in het Melkwegstelsel, ziet het sterrenbeeld er dan net zo uit?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- werkblad (site)
- witte fimoklei
- satéprikkers
- karton
- camera (van smartphone)





Op het werkblad staan de hoofdsterren van het sterrenbeeld met letters aangegeven.

1 Plak dit werkblad op een kartonnen ondergrond.

Nu heb je een tweedimensionaal model van het sterrenbeeld. Je maakt het ruimtelijk door de sterretjes als bolletjes witte klei voor te stellen en de afstand tot de zon aan te geven met de lengte van een satéprikker. De satéprikker met een bolletje klei prik je dan in het karton bij de bijbehorende ster.

2 Bereken hoe groot de satéprikkers moeten zijn. Neem voor elke 100 lichtjaar 1 cm satéprikker. Dit zijn de bijbehorende gegevens:

	naam	afstand tot de zon (lichtjaar)
A	Betelgeuze	643
B	Bellatrix	252
C	Alnitak	1262
D	Alnilam	1977
E	Mintaka	1200
F	Saiph	647
G	Rigel	863

Vragen

a Vanaf welke positie moet je een foto maken om het sterrenbeeld te zien zoals wij dat vanaf de aarde zien?

b Maak drie foto's van posities waarbij het sterrenbeeld nog maar moeilijk is te herkennen.

c Beantwoord de tweede onderzoeksvraag.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

6 WorldWide Telescope

► **45 minuten leerlingpracticum**

Inleiding

Om een beeld te krijgen van het zonnestelsel, de Melkweg en het heelal, ga je werken met het programma WorldWide Telescope. In dit project van de American Astronomical Society worden data van allerlei bronnen samengebracht om een 3D-beeld van het universum te creëren.

Onderzoeksvraag

Denk je dat je beeld van het heelal met dit programma reëler wordt?

Opstelling en werkwijze

Je hebt nodig:
- pc of laptop

1 Laad het programma WorldWide Telescope in een computer vanaf www.worldwidetelescope.org/download.
2 Kies bij Settings: select your language en selecteer Dutch.
3 Laat het programma even opnieuw starten om de taal te installeren.
4 Zet bij lagen (links op het scherm) de sterrenbeelden uit en de planetoïden aan.

Het zonnestelsel

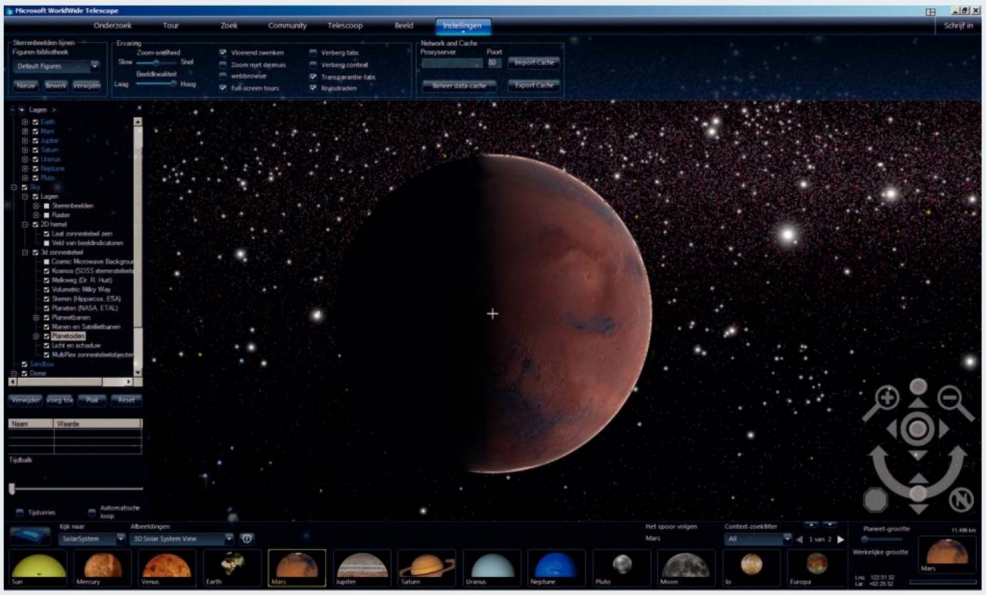


5 Zoom met behulp van het scrolwiel in naar de zon.
6 Zoom uit naar de grens van het zonnestelsel. Wat voor getal staat er linksonder met als eenheid AU?
7 Zoom verder uit tot je de gehele vorm van de Melkweg ziet. Op welke afstand zit je nu?
8 Zoom uit tot je op 1,5 gpc (gigaparsec) bent, dit is bijna 5 miljard lichtjaar. Beweeg de muis met de linkermuisknop ingedrukt, wat zie je nu? Maak hier een screenprint van.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Mars





9 Zoom in naar Mars via de knoppenbalk aan de onderkant van het scherm.

10 De Gale crater is de krater waar het rijdend laboratorium Curiosity zijn onderzoek uitvoert. De coördinaten van de Gale crater zijn: 5,4° S lattitude (breedtegraad) en 137,8° E longitude (lengtegraad). Gebruik de knoppen zoals hiernaast om op de planeet te navigeren. Zoom in op de krater en beschrijf de opvallende kenmerken van deze krater.

11 Ga op zoek naar Olympus Mons en geef de coördinaten van het midden van de Caldera (vulkaan).

12 Valles Marineris is het meest opvallende kloofsysteem op Mars. Probeer een methode te vinden om de lengte van Valles Marineris te vinden.

13 Via het knopje Mars in de bovenbalk kun je ook verschillende panoramaopnames vinden die zijn gemaakt door de robotjes Spirit, Opportunity en Phoenix. Bekijk eens via Opportunity de Lyell crater.

14 Zoek naar het bewijs van ijs op de panoramafoto van Phoenix.

15 De maantjes Phobos en Demos zijn niet opgenomen in het programma, wel de maanbanen. Zoek uit hoe je die zichtbaar krijgt.

Aarde

16 Zoom in naar de aarde via de knoppenbalk aan de onderkant van het scherm.

17 Kijk naar Noord-Amerika.

18 Zet de waarneemtijd via BEELD op 21 augustus 2017 en kijk of het vakje UTC is aangevinkt.

19 Versnel met behulp van de pijltjes de tijd vanaf 10:00 uur UTC en kijk vooral rond 17:00 uur UTC.

20 Maak van dit verschijnsel een screendump.

21 Verklaar wat je nu ziet en zoek er op internet meer informatie over.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Oefentoets

Juist of onjuist?

1 Bij een maansverduistering staat de aarde tussen de zon en de maan.
2 Een brokstuk uit het heelal dat op aarde valt, noem je een meteoor.
3 Venus is een aardse planeet.
4 Alle sterrenstelsels bewegen van ons af.
5 De Melkweg is een spiraalstelsel.

Schrikkeljaar

Om de vier jaar is er een schrikkeljaar.
6 Uit hoeveel dagen bestaat een normaal kalenderjaar?
7 Uit hoeveel dagen bestaat een schrikkeljaar?
8 Leg uit waarom het nodig is om eens in de vier jaar een schrikkeljaar te maken.

Afstanden in het heelal

De afstand van de zon tot de aarde is $1{,}496 \cdot 10^{12}$ m. De planeet Uranus staat op een afstand van 19,2 AE van de zon.
9 Reken deze afstand om naar m.

De afstand tot de ster die na de zon het dichtst bij de aarde staat, wordt niet in AE, maar in lichtjaar aangegeven.
10 Leg uit waarom je deze afstand niet in AE aangeeft.

Een lichtjaar komt overeen met een afstand van $9{,}5 \cdot 10^{15}$ m.
11 Bereken hiermee de snelheid van het licht.

Manen

In een maand heb je twee keer halve maan.
12 Hoe noem je de maanfasen waarbij je precies de helft van de maan ziet?
13 Teken de positie van de zon, aarde en maan tijdens deze twee maanfasen.
14 Welk verschil tussen deze twee maanfasen zie je vanaf de aarde?

De maan Ganymedes van Jupiter staat op een afstand van $1{,}08 \cdot 10^{9}$ m van Jupiter en beweegt in 7,15 dagen rond Jupiter.
15 Bereken de baansnelheid van Ganymedes.

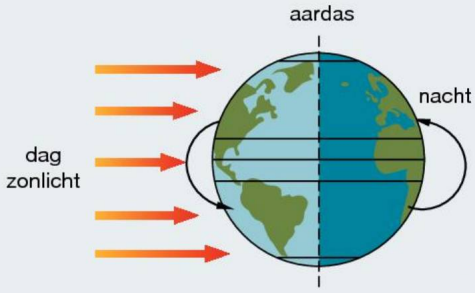
De baan van Ganymedes is een klein beetje elliptisch.
16 Maak een schets van de baan van Ganymedes om Jupiter. Geef in je schets aan waar de brandpunten ongeveer liggen.
17 Wat bevindt zich in één van de brandpunten?

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Seizoenen

Stel je voor dat de aardas van de aarde niet schuin, maar recht zou staan. Zie de figuur hiernaast.



18 Leg uit dat de dag en de nacht dan overal op aarde even lang zouden duren.

19 Leg uit dat er dan geen seizoenen zouden zijn.

Andere sterren

20 Hoe kun je de temperatuur van sterren bepalen?

Hoe helder je andere sterren zien, hangt van een aantal dingen af.

21 Noem twee factoren die bepalen hoe helder je een ster ziet.

22 Welke ster zie je het helderst?

Exoplaneten

Eén van de manieren om exoplaneten te ontdekken is de zogenoemde transitmethode.

23 Leg uit hoe deze methode werkt.

Op een exoplaneet zou leven mogelijk kunnen zijn. De exoplaneet moet dan aan een aantal voorwaarden voldoen.

24 Noem drie voorwaarden.

De Krabnevel

De Krabnevel in het sterrenbeeld Stier is het overblijfsel van een supernova-explosie. Die explosie was in juli 1054 met het blote oog overdag zichtbaar, waarnemingen zijn opgetekend in China, Japan, Korea en Iran. De nevel dijt uit met een snelheid van 1500 km/s en de kern van de nevel staat op een afstand van 6500 lichtjaar.



+25 Leg uit wat een supernova-explosie is.

+26 Bereken hoelang geleden de explosie werkelijk plaatsvond.

+27 Gebruik het antwoord op opgave 26 om te berekenen wat de huidige diameter van deze nevel is.

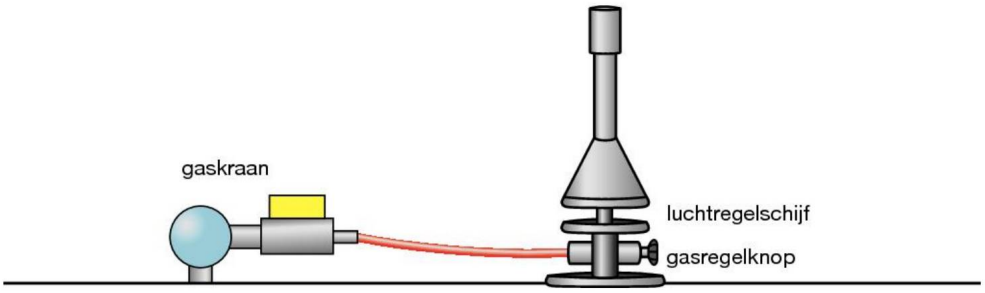
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

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 luchtregelschrijf 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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

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

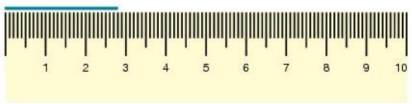


- Lees op het venster van het meetinstrument de meetwaarde direct als getal af. Voorbeelden van digitale meetinstrumenten zijn: digitale thermometer, digitale klok en digitale weegschaal.

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

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 3e uur in het NaSk-lokaal.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

4 Diagram tekenen

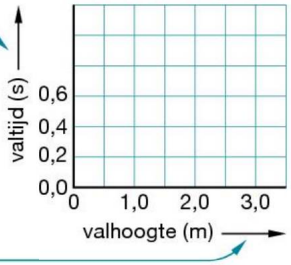
Als je bij een practicum veel metingen doet, is het handig om de meetwaarden eerst in een tabel te zetten.
Vaak maak je daarna een diagram van je meetwaarden.
Hieronder zie je hoe je dat doet met metingen van een practicum met een vallende bal. In dit practicum viel een bal van verschillende hoogtes en werd steeds de valtijd gemeten.

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

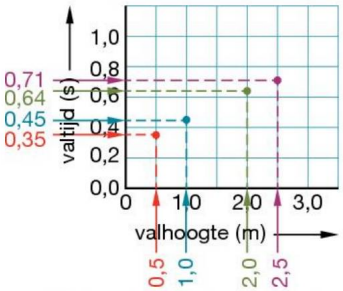
2 Teken een assenstelsel.

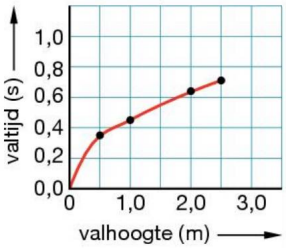
3 Zet de grootheid en de eenheid uit de kop van de tabel bij iedere as.



4 Geef iedere as een regelmatige schaalverdeling.

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





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

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.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

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

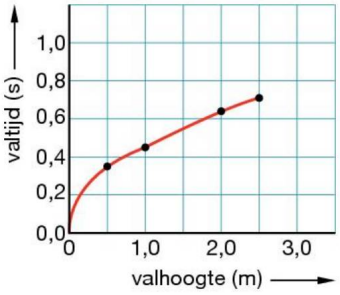
Onderzoeksvraag
Wat gebeurt er met de valtijd van een bal als de valhoogte 2× zo groot wordt?

Voorspelling
Als de valhoogte van de bal 2× zo groot wordt, wordt de valtijd ook 2× 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× zo groot wordt, wordt de valtijd minder dan 2× zo groot. De voorspelling klopte niet.

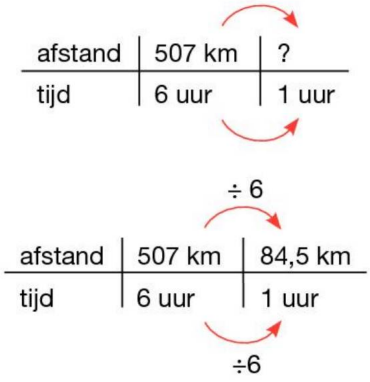
© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

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.

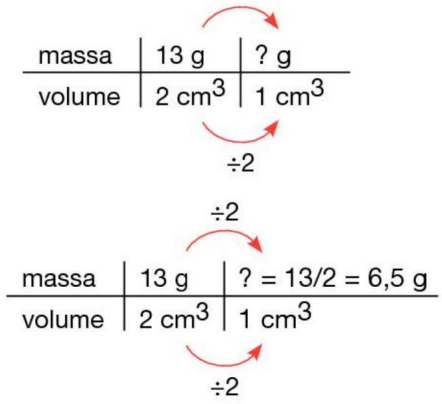
In dit boek kom je verhoudingen onder andere tegen bij dichtheid (hoofdstuk 3), snelheid (hoofdstuk 4) en krachten (hoofdstuk 7). Als je rekent met verhoudingen kun je een **verhoudingstabel** gebruiken.



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.



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 cm^3 is. Bereken de dichtheid van de sleutel.

Gegeven: volume = 2 cm^3
massa = 13 g
Gevraagd: De 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 2, dan boven de massa ook.
Antwoord: De dichtheid is 6,5 g/cm^3.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

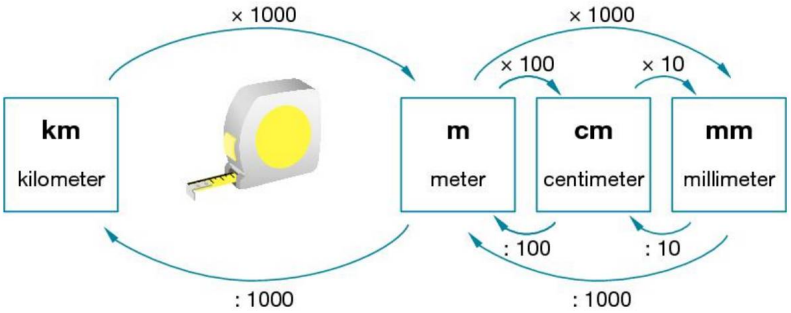
7 Werken met eenheden en formules

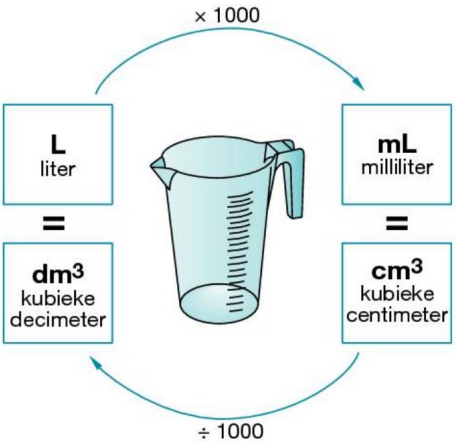
Werken met eenheden

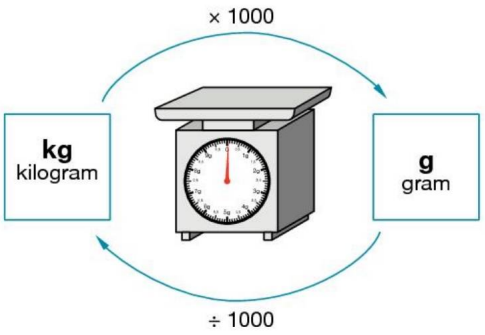
Een **eenheid** is een maat waarmee je een grootheid meet, zoals kilogram voor massa of liter voor volume.

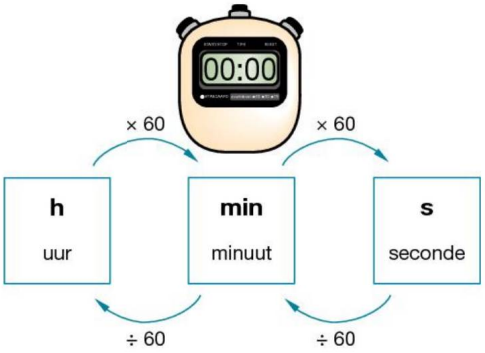
Soms moet je eenheden omrekenen, bijvoorbeeld van meter naar kilometer.

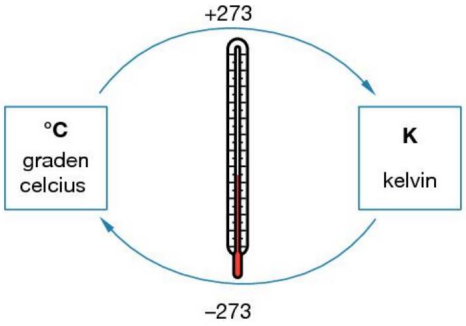
Hieronder zie je hoe je eenheden voor lengte, volume, massa, tijd en temperatuur omrekent.











© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Voorbeelden
3 km = 3 × 1000 = 3000 m
25 mm = 25 ÷ 10 = 2,5 cm
1,5 L= 1,5 × 1000 = 1500 mL = 1500 cm^3
250 mL = 250 ÷ 1000 = 0,250 L = 0,250 dm^3
2,2 kg = 2,2 × 1000 = 2200 g
350 g = 350 ÷ 1000 = 0,350 kg
3 h = 3 × 60 = 180 min
30 s = 30 ÷ 60 = 0,5 min
18 °C = 18 + 273 = 291 K
253 K = 253 – 273 = – 20 °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.

$$v_{gem} = \frac{s}{t}$$

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 grootheid 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 grootheid.
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 min en 10 s = 6 × 60 + 10 = 370 s s = 5 km = 5 × 1000 = 5000 m
Gevraagd:	v_{gem} = ?
Formule:	$v_{gem} = \frac{s}{t}$
Berekenen:	$v_{gem} = \frac{5000}{370}$ = 13,5 m/s
Antwoord:	De gemiddelde snelheid van Sven tijdens de rit is 13,5 m/s.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

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.

$$v_{gem} = \frac{s}{t}$$

2 Vermenigvuldig beide kanten met t.

$$v_{gem} \times t = \frac{s \times t}{t}$$

3 Streep t in de noemer en t in de teller tegen elkaar weg.

$$v_{gem} \times t = s$$

4 Je hebt nu de formule waarmee je afgelegde afstand s kunt berekenen:

$$s = v_{gem} \times t$$

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 ontwerpvraag hebt voldaan en hoe het ontwerp verbeterd kan worden. Je maakt een verslag van alle stappen van het ontwerpproces.

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Register

Symbols
(*I*,*U*)-diagram 81
(*s*,*t*)-diagram 112
(*v*,*t*)-diagram 113

A
aardas 257
aardse planeten 253
absolute druk 30
accommoderen 197
actieradius 169
alfastraling 47
arbeid 117
arm van de kracht 9
astronomische eenheid 254
atomen 46, 219

B
baansnelheid 254
baanstraal 253
baanvlak 257
beeld 182
beeldafstand b 192
besmetting 53
bestraald 53
bètastraling 47
bewoonbare zone 269
bijziend 199
botskracht 124
brandpunt 188
brandpuntsafstand f 192
breekgrens 233
breking 185

C
contragewicht 14
CT-scanner 58

D
diffuus 181
doodtij 260
doordringend vermogen 52
dosislimiet 53
dosismeter 54
draaipunt 9
drijven 220
druk 25
drukkrachten 234
drukspanning 235
druksterkte 235
dubbelster 273
duurzame wereld 164
dwergplaneten 253

E
eb 259
eclipticavlak 257
eerste kwartier 258
elastische vervorming 233
elektrische verschijnselen 74
elektromagneet 98
elektromagnetische straling 42
elektromagnetisch spectrum 42
element 47
ellips 254
energiedichtheid 168
energieomzetting 146
energiestroomdiagram 146
evenwicht 14
exoplaneten 267

F
F 8, 188
formule 291
fotonen 43

G
gammacamera 59
gammastraling 42
gaskraan 284
gasregelknop 284
gasreuzen 253
geladen 75
geleidbaarheid 80
geleider 75
geleiding 228
geleidingselektronen 75
getijden 259
golflengte 43
gulden regel 134

H
halveringsdikte 52
halveringstijd 48
hefboom 9
hefboomwet 14
hernieuwbare energiebronnen 158

I
in serie 87
instabiel 47
inwendige bestraling 60
ir-straling 42
ISS 260

K
katrol 18
kerncentrale 63
kernfusie 64
kettingreactie 64
kometen 253
kreukelzone 124
kunstmatige stralingsbronnen 44

L
laatste kwartier 258
ladingen 74
lichtjaar 263
losse katrol 19
luchtdruk 29
luchtdrukmeter 30
luchtregelschijf 284

M
maansverduistering 259
machten van tien 43
magneet 97
magnetisch 97
magnetiseerbaar 97
Melkweg 264
Melkwegstelsel 264
mengsel 218
meteoor 253
meteoriet 253
microgolfstraling 42
moleculen 218

N
N 8
nabijheidspunt 197
natuurlijke stralingsbronnen 44
natuurlijk verval 63
negatief 74
negatieve arbeid 118
negatieve lenzen 187
netvlies 197
neutraal 74
neutronen 64
newton 8
niet-ohmse weerstanden 82
nieuwe maan 258
noordpool 97
normaal 187
NTC-weerstand 239

O
oerknaltheorie 264
ohmse weerstanden 82
omgekeerd evenredig verband 26
omlooptijd 254
onderdruk 30
ongeaccommodeerd 197
ontwerpcyclus 292
optische as 188
oudziend 198
overbrenging 20
overcapaciteit 169
overdruk 30

P
parallel 86
permanente magneet 97
planetoïdengordel 253
plastische vervorming 233
polen 97
Poolster 257
positief 74
positieve lenzen 187
primaire spoel 99
primair licht 180
PTC-weerstanden 239

R
radioactief 47
radioactief afval 64
radiogolven 42
radiotelescopen 265
reactieafstand 123
reactietijd 123

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

recht evenredig verband 81
reële beelden 193
regelstaven 64
relatieve dichtheid 220
remweg 123
rendement 148
resulterende kracht 113
röntgenstraling 42

S
satellieten 260
schrikkeljaar 257
secundaire spoel 99
secundair licht 180
soortelijke warmte 224
soortelijke weerstand 238
spankracht 18
spanning 75
spiegelend 181
spiraalstelsels 265
spitslichtjes 181
splijting 63
springtij 260
stabiel 10
sterrenbeelden 264
sterrenstelsel 264
steunvlak 10
stoot 128
stopafstand 123
stopkracht 124
straling 229
stralingsdosis 53
stralingsenergie 43
stroming 228
stroom 75
stroomsterkte 75
supergeleiding 239
supernova-explosie 272

T
takel 19
telescoop 265
temperatuur 223
thermische verontreiniging 163
tracer 59
transformator 99
transitmethode 267
trekkrachten 234
trekspanning 234
treksterkte 235

U
uitwendige bestraling 60
uv-straling 42

V
variabel 119
vaste katrol 18
verbrandingswarmte 157
vergrotingsfactor 182
verhoudingstabel 289
vermogen 44, 93, 147
verslag 288
vertepunt 197
vervallen 47
verzet 20
verziend 198
virtueel beeld 193
vloed 259
vloeigrens 233
volle maan 258
voorwerp 181
voorwerpsafstand v 192

W
warmte 223
warmtegeleidingscoëfficient 230
warmtestroom 229
weerstand 82
werklijn van de kracht 9
werkplan 286
wet van behoud van energie 148
wrijvingskracht 118

Z
zichtbaar licht 42
zinken 220
zonnestelsel 252
zonsverduistering 259
zuidpool 97
zuivere stof 218
zwaarte-energie 133, 147
zwaartekracht 8
zwaartepunt 8
zwart gat 272
zweven 220

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Verantwoording

DigiDaan, Amsterdam: p. 6-7
Bram van de Biezen/ANP, Rijswijk: p. 8(b)
Ron Giling/Lineair, Arnhem: p.8(o), 13(o), 18(o), 21(mr), 24, 28(o), 29, 32(b), 50, 55, 83, 92, 94, 95, 98(rb, o), 99, 152(l), 191(o), 192(r), 201, 223(o), 225, 234, 239, 242, 286, 288
Shutterstock, New York: p.12(b), 28(b), 42, 45, 58(o), 202
Picture Alliance/Lineair, Arnhem: p. 12(o), 21(l), 130, 192(l), 285(b)
Karel Kok, Corona del Mar: p.13
Andreas Rose/Lineair, Arnhem: p. 15
iStock, Calgary: p.16, 18(b), 21(ml, r), 22, 25(o), 30, 43, 57, 58(b), 62, 77, 86(o), 87, 116, 117, 118, 120, 123, 129, 133(b), 142, 180(lo, ro), 181, 184(o), 214, 218(o), 223(b), 228, 279
J.W.Alker/Lineair: p. 19
Rijkswaterstaat/Ton Borsboom, Amsterdam: p. 25(b)
Justin Elliott, New York: p. 26
iFixit, San Luis Obispo: p. 32(o)
Robin van Lonkhuijsen/ANP, Rijswijk: p. 40-41
Granger/Alamy, Abingdon: p. 46
Kyodo News/Getty Images, Dublin: p. 51
Reuters/Novum, Rijswijk: p. 53
New York Times/HH, Den Haag: p. 54
Fokke en Sukke, Soest: p. 56
Fundamental Photographs, New York: p. 59
KNMI, De Bilt: p. 60
Science Source/Getty Images, Dublin: p.63, 185(ro)
Ton Koene/Lineair, Arnhem: p. 64, 167
Mark Woollard/UK-Atomic Energy Authority, Oxford: p. 65
Pymca/Getty Images, Dublin: p. 72-73
Paul Doorschot, Nijmegen: p. 74, 97, 183
Corné Sparidaens/HH, Den Haag: p. 80
Bloomberg/Getty Images, Dublin: p. 86(b)
AFP/ANP, Rijswijk: p. 93, 146
Science Photo Library/ANP, Rijswijk: p. (lb), 185(lo)
Magnetfishinggear, Miami: p. 100(b)
EON Productions, Londen: p. 100(o)
Davide Mombelli/Getty Images, Dublin: p. 110-111
Image Source / Alamy, Abingdon: p. 112
Weia Reinboud, Utrecht: p. 122(l)
Corbis/Getty/Getty Images, Dublin: p. 122(r), 144-145, 162, 191(b)
Shane Gibson, Temecula: p. 126
Sportswire/Getty Images, Dublin: p. 128(b)
Thrust SSC, Nevada: p. 128(o)
Maksymenko/Lineair, Arnhem: p. 133(o)
Roel Burgler/HH, Den Haag: p. 151
Chauvet lighting, Sunrise: p. 152(r)
Solar Reserve, Nevada: p. 156
Focus/HH, Den Haag: p. 163
Bureau DiepArnhem, Arnhem: p. 168(l)
Thomas Schlijper/HH, Den Haag: p. 168(r)

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Tom Dulat/Getty Images, Dublin: p. 178-179
Vaclav Krupicka, Zdar: p. 180(b)
Rijksmuseum, Amsterdam: p. 184(b)
Alamy/Imageselect, Wassenaar: p. 185(b), 218(b)
Joe Henderson/Visuals Unlimited/Lineair, Arnhem: p. 186
Dingena Mol/HH, Den Haag: p.197
Ullsteinbild/Lineair, Arnhem: p. 216
National Geographic/Getty Images, Dublin: p. 217
Henn Photography/Imageselect, Wassenaar: p. 233
Juice Images/Imageselect, Wassenaar: p. 238
Asahi Shimbun/Getty Images, Dublin: p. 240
NASA, Washington: p. 250-251, 252, 253, 255(b), 257, 260, 262, 263, 264, 265(m, r), 267, 271, 273(o), 278
Nasha Gazeta, Kostanai: p. 255(o)
European Southern Observatory, Atacama: p. 265(l), 283
ESO/J. Girard, Munchen: p. 273(b)
Jochen Tack/Lineair, Arnhem: p. 285(o)

© Noordhoff Uitgevers bv

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com

Dit document is gedownload van uitwerkingen.com — Voor meer uitwerkingen ga naar uitwerkingen.com



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



MIX
Papier van verantwoorde herkomst
FSC® C118189

www.overal.noordhoff.nl

ISBN 978-90-01-87207-6

