



Blok 5

INHOUD

BASISSTOF

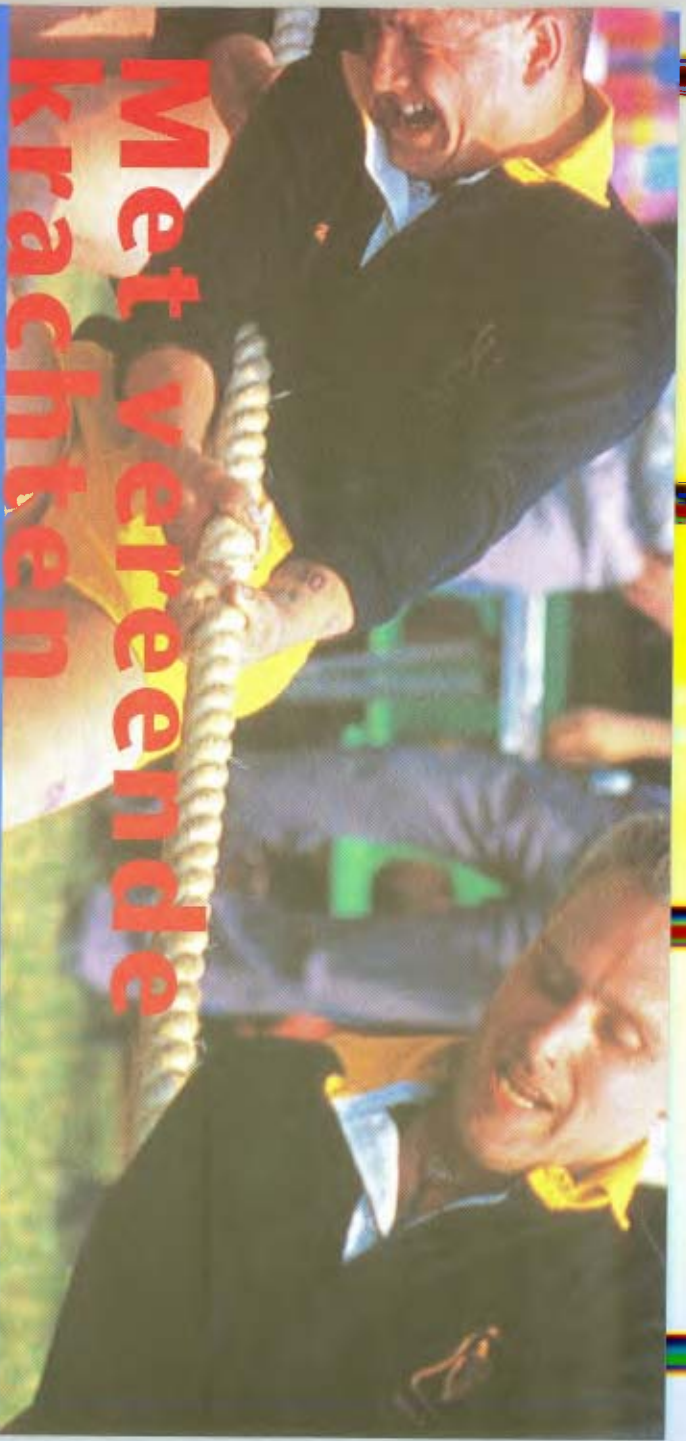
T0	Soorten krachten	116
W0		118
T1	Grootheden zonder richting	119
W1		121
T2	Grootheden met richting: vectoren	121
W2		123
T3	Opwaartse kracht	124
W3		126
T4	Twee krachten werken samen	128
W4		129
T5	Ontbinden van krachten	131
W5		133

HERHAALSTOF

H1	Krachten	135
H2	Het optellen en ontbinden van krachten	138
H3	Opwaartse kracht	141
H4	Oefenen met examenopgaven	143

LEERDOELEN

- 1 Je moet weten dat een kracht zorgt voor:
 - a verandering van vorm, of
 - b verandering van snelheid, of
 - c verandering van bewegingsrichting. [T0, W0]
- 2 Je moet negen soorten krachten kennen en kunnen aangeven wanneer deze krachten optreden. [T0, W0]
- 3 Je moet weten wanneer een voorwerp in evenwicht is. [T0, W0]
- 4 Je moet weten hoe je met een krachtmeter (veerunster) een kracht meet. [T0, W0]
- 5 Je moet weten dat je een kracht aangeeft met de letter F en dat de eenheid van kracht de newton (N) is. [T0, W0]
- 6 Je moet weten dat je in een tekening een kracht aangeeft met een pijl. [T0, W0]
- 7 Je moet weten wat een krachtschaal is en hoe je die moet gebruiken bij tekeningen met krachten. [T0, W0]
- 8 Je moet grootheden kunnen noemen die geen richting hebben. [P1, T1, W1]



Met vereende krachten

- 9 Je moet weten dat je grootheden zonder richting gewoon als getallen kunt optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen. [P1, T1, W1]
- 10 Je moet weten wat een vector is. [P2, T2, W2]
- 11 Je moet weten dat van een vector de grootte, de richting en het aangrijpingspunt belangrijk zijn. [P2, T2, W2]
- 12 Je moet weten dat een kracht een vector is. [P2, T2, W2]
- 13 Je moet weten wat de werklijn van een kracht is. [P2, T2, W2]
- 14 Je moet het aangrijpingspunt van de zwaartekracht (het zwaartepunt) van een eenvoudige homogene voorwerpen kunnen aangeven. [P2, T2, W2]
- 15 Je moet van een voorwerp waarvan je de massa weet, de zwaartekracht op dat voorwerp kunnen berekenen. En je moet van een voorwerp waarvan je weet hoe groot de zwaartekracht is die op dat voorwerp werkt, de massa kunnen berekenen. [P2, T2, W2]
- 16 Je moet kunnen voorspellen wat er met een voorwerp in een vloeistof gebeurt als je de dichtheid van de vloeistof en van het voorwerp weet. [P3, T3, W3]
- 17 Je moet weten wat er voor de opwaartse kracht op een voorwerp geldt als dit voorwerp geheel of gedeeltelijk onder water gehouden wordt. [P3, T3, W3]
- 18 Je moet weten wat er voor de krachten op een voorwerp geldt als het voorwerp zinkt, zweeft, stijgt of drijft in een vloeistof. [P3, T3, W3]
- 19 Je moet weten hoe je twee krachten die langs dezelfde werklijn werken moet optellen. [P4, T4, W4]
- 20 Je moet weten hoe je twee krachten met verschillende werklijnen op moet tellen. [P4, T4, W4]
- 21 Je moet weten hoe je de componenten van een kracht langs twee gegeven richtingen moet bepalen. [P5, T5, W5]

TO Soorten krachten

In dit blok ga je weer krachten onderzoeken. Je bent al veel krachten tegengekomen.

In figuur 1 zie je Jan en Rob samen een slee trekken. In welke richting gaat de slee? Niet in de richting van Rob. Niet in de richting van Jan. Maar iets daar tussenin. In dit blok leer je hoe je het resultaat van deze twee krachten kunt bepalen.

Maar het is al lang geleden dat je iets over krachten geleerd hebt. Dus eerst maar even herhalen.

Gevolgen van een kracht

Hoe zie je dat er een kracht werkt? Een kracht kun je niet zien. Wel de gevolgen van een kracht. Die gevolgen kunnen zijn:

- verandering van vorm;
- verandering van snelheid;
- verandering van de richting waarin het voorwerp beweegt.

Soorten krachten

- 1 Zwaartekracht: de kracht die de aarde op een voorwerp uitoefent. Als je valt komt dat doordat de aarde je naar beneden trekt. De zwaartekracht werkt op alle voorwerpen met massa. Op aarde is de zwaartekracht op een massa van 1 kg gelijk aan 10 N.
- 2 Spierkracht: de kracht die je zelf met je spieren uitoefent.
- 3 Magnetische kracht: een magneet trekt voorwerpen van ijzer (staal, nikkel) aan. Een magneet kan een andere magneet afstoten.
- 4 Elektrische kracht: een gewreven (geladen) pen kan snippers papier optillen. Twee geladen voorwerpen kunnen elkaar aantrekken of afstoten.
- 5 Veerkracht: als je een veer uitrekt, oefent deze een kracht uit die tegenwerkt.
- 6 Spankracht: als je een voorwerp aan een touwtje hangt, rekt het touwtje een beetje uit. Het oefent een spankracht uit.



FIG. 1 Jan en Rob trekken een slee.

7 Wrijvingskracht: zodra een voorwerp gaat bewegen, ondervindt het de wrijvingskracht (een tegenwerkende kracht).

8 Normaalkracht: als je een boek op tafel legt, probeert de zwaartekracht dat boek naar beneden te trekken. De tafel houdt het boek tegen. De tafel oefent dan een normaalkracht uit.

9 Opwaartse kracht: een voorwerp in water lijkt lichter te zijn dan in lucht. Het water zorgt voor een opwaartse kracht. In T3 leer je hier meer over.

Evenwicht

Als er op een voorwerp een kracht werkt, dan verandert de snelheid van het voorwerp. Werken er meerdere krachten, dan kunnen deze krachten elkaar opheffen. De snelheid van het voorwerp verandert niet. De krachten op het voorwerp zijn met elkaar in evenwicht.

VOORBEELD 1

Als je op de grond staat, sta je stil. De krachten die op jou werken zijn met elkaar in evenwicht (figuur 2). De zwaartekracht F_z en de normaalkracht F_n zijn even groot maar tegengesteld van richting.

VOORBEELD 2

Als je een zak grind draagt, hou je die zak stil. De krachten die op de zak grind werken zijn met elkaar in evenwicht (figuur 3). De zwaartekracht F_z en de spierkracht F_{sp} zijn even groot maar tegengesteld van richting.

FIG. 2 De zwaartekracht F_z en de normaalkracht F_n zijn met elkaar in evenwicht. Je valt niet naar beneden.

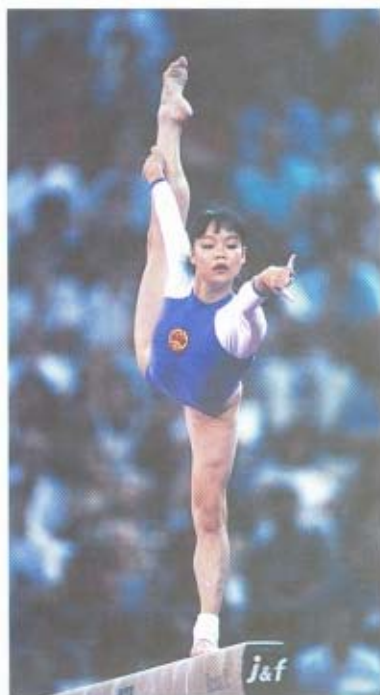


FIG. 3 De zwaartekracht F_z en de spierkracht F_{sp} zijn met elkaar in evenwicht. De zak grind valt niet naar beneden.



FIG. 4 Zó meet je met een krachtmeter.

Krachten meten

Je hebt grote krachten en kleine krachten. De grootte van een kracht kun je meten met een krachtmeter. Een ander woord voor krachtmeter is veerunster. Een krachtmeter maakt gebruik van vormverandering. In een krachtmeter zit een veer. Hoe harder je trekt, hoe verder de veer uitrekt. Op de schaalverdeling kun je aflezen hoe groot je kracht is. De eenheid van kracht is de newton (N). De afgebeelde krachtmeter geeft een kracht aan van 0,5 N (figuur 4).

Krachten tekenen

Je hebt gezien dat een kracht een grootte en een richting heeft. Een handige manier om een kracht aan te geven is een pijl. Een pijl heeft een richting. Een grote kracht kun je tekenen met een lange pijl. Een kleine kracht teken je als een korte pijl. De pijl moet je laten beginnen op de plaats waar de kracht werkt. Als je de krachten op schaal moet tekenen, geef je ook de krachtschaal aan. Je schrijft dan bij de tekening hoeveel newton 1 cm van de pijl voorstelt (figuur 5).

FIG. 5 Een kracht met een krachtschaal.



- 1 **a** Wat is de eenheid van kracht?
b Met welke letter geef je een kracht aan?
 Je kunt een kracht voorstellen als een pijl.
c Wat stelt de lengte van de pijl voor?
d Waar moet je de pijl laten beginnen?
e Wat stelt de richting van de pijl voor?
- 2 Hoe zie je dat er op een voorwerp een kracht werkt?
- 3 Schrijf alle krachten op die je kent. Schrijf bij elke kracht op hoe je merkt dat die kracht werkt.
- 4 Een blok hout heeft een gewicht van 50 N.
a Met welk instrument kun je het gewicht van een voorwerp meten?
b Hoe groot is de massa van dit blok hout?
c Hoe moet je het gewicht van een voorwerp uitlezen als je de massa weet?
- 5 Een steen met een massa van 25 kg ligt op de grond.
a Hoe groot is de zwaartekracht op die steen?
b Waarom valt de steen niet naar beneden?
c Maak een tekening van de steen en van alle krachten die op de steen werken.
- 6 Op de maan heeft een voorwerp met een massa van 1,0 kg een gewicht van 1,6 N. Een astronaut heeft met een ruimtepak aan een massa van 200 kg.
a Bereken het gewicht van deze astronaut hier op aarde.
b Hoe groot is de massa van de astronaut als hij op de maan staat?
c Bereken het gewicht van de astronaut op de maan.
d Hoe komt het dat je op de maan minder weegt dan hier op aarde?

- 7 Een gewichtheffer kan een kracht uitoefenen van 1600 N. In de tekening zie je alle krachten op schaal (figuur 6).
a Geef alle getekende krachten de juiste naam.
b Hoe groot zijn die krachten?
c Laat zien dat de halter in evenwicht is.
d Laat zien dat de gewichtheffer in evenwicht is.
- 8 In een krachtmeter zit een veer die 1,0 cm uitrekt als je een kracht van 0,20 N uitoefent. Je hangt een blokje ijzer aan de krachtmeter. De veer rekt 4,0 cm uit.
a Hoe groot is de veerkracht?
b Bereken de massa van het blokje.

FIG. 6 Alle krachten die een rol spelen bij gewichtheffen.

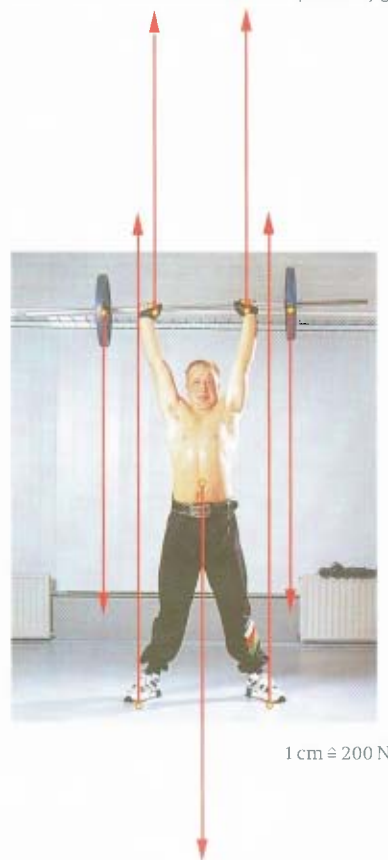


FIG. 8 De richting van wind is wel belangrijk!



Sommige grootheden zoals tijd, oppervlakte, temperatuur en massa hebben alleen maar een grootte (een getal). Maar als je iets over de windkracht wilt vertellen, dan is alleen een getal vaak niet genoeg. Ook heel belangrijk is *de richting* van de wind (figuur 8).

VOORBEELD 1

Een blokje ijzer heeft een massa van 5,0 kg. Bereken het volume van dat blokje.

Gegeven:

$m = 5,0 \text{ kg}$

materiaal = ijzer

Gevraagd:

volume V

Formule:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Oplossing:

In je informatieboekje vind je voor de dichtheid van ijzer:

$$\rho = 7,87 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$7870 = \frac{5,0}{V}$$

$$V = \frac{5,0}{7870} = 0,00064 \text{ m}^3 = 640 \text{ cm}^3$$

Dit voorbeeld moet je om twee redenen heel goed begrijpen. Ten eerste is het een herhaling van rekenen met dichtheid (moet je kunnen). Ten tweede zie dat je bij de antwoorden niet hoeft te zeggen welke richting de grootheden hebben. Je ziet dat je grootheden zonder richting kunt vermenigvuldigen en delen. Maar je kunt ze ook optellen en aftrekken.

Als de richting van een grootheid wel belangrijk is, dan gelden er andere regels voor het optellen. Deze leer je in T4.

BLOK 5 BASISSTOF

W1

- 1 **a** Wat is een grootheid?
b Schrijf drie grootheden op die geen richting hebben.
c Schrijf drie grootheden op die wel een richting hebben.
- 2 **a** Zoek de dichtheid van diamant op.
De eenheid in je informatieboekje is: $10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
b Wat wordt hiermee bedoeld?
c Reken de dichtheid van diamant om in g/cm^3 .
- 3 Een blok heeft een volume van $2,5 \text{ m}^3$. De massa van het blok is 6750 kg.
a Bereken de dichtheid van het blok.
b Van welk materiaal is het blok gemaakt?
- 4 Een beeld is gemaakt van brons. Het heeft een volume van $0,25 \text{ m}^3$.
a Zoek in je informatieboekje de dichtheid van brons op en noteer deze dichtheid.
b Bereken de massa van het beeld.
c Bereken het gewicht van het beeld.
Het beeld is hol van binnen.
d Beredeneer dat het beeld minder zwaar is dan wat je in vraag **c** berekend hebt.
- 5 Een blokje heeft een massa van 386 g. Het volume van het blokje is 20 cm^3 .
a Bereken de dichtheid van het blokje.
b Van welke stof is het blokje gemaakt?
Een goudsmid heeft een aantal verschillende blokjes die allemaal van dit materiaal gemaakt zijn. De blokjes hebben allemaal een verschillend volume. Hij smelt alle blokjes om tot een groot blok.
c Hoe bereken je het volume van het grote blok?
d Hoe bereken je de massa van het grote blok?
e Hoe weet je de dichtheid van het grote blok?

BLOK 5 BASISSTOF

T2

Grootheden met richting: vectoren

Vectoren

Van een kracht is het wel belangrijk in welke richting hij werkt. Heb je wind in de rug, of juist tegen. Of duwt de wind je van de weg af?

Grootheden waarbij de richting wel van belang is, heten *vectoren*. Een vector heeft:

- een grootte;
- een richting;
- een aangrijpingspunt.

De *grootte* van een vector kun je aflezen uit de lengte van de pijl die de vector weergeeft. Hoe langer de pijl, des te groter is de vector. Dit wist je al: de krachten-schaal uit T0.

De *richting* van een vector weet je door te kijken welke kant de pijl uitwijst. De lijn waarop de pijl ligt die de vector voorstelt, noemen we de *werklijn* (figuur 9).

FIG. 9 Een krachtvector en zijn werklijn.



FIG. 10 Waar je met de voet de bal raakt, is het aangrijpingspunt van jouw kracht op de bal.



Het *aangrijpingspunt* weet je door te kijken naar het beginpunt van de vector. Bij een kracht is dit letterlijk de plaats waar de kracht aangrijpt: als je de koelkast opentrekt is het handvat het aangrijpingspunt. Als je een bal wegschopt, is het aangrijpingspunt: het punt waar je voet de bal raakt (figuur 10).

Evenwicht van krachten

Als een voorwerp horizontaal ligt maakt de normaalkracht evenwicht met de zwaartekracht: beide werken op hetzelfde voorwerp en zijn even groot en tegengesteld gericht! De richting van de zwaartekracht is altijd loodrecht naar beneden. De normaalkracht werkt altijd loodrecht op het oppervlak dat voor de normaalkracht zorgt (figuur 11).

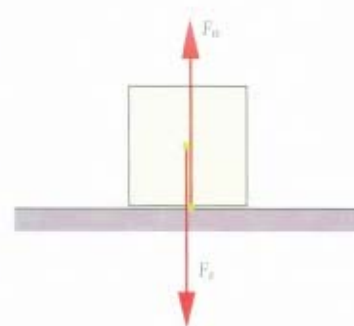
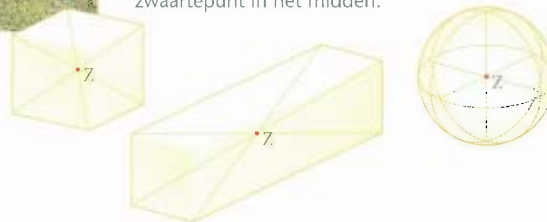


FIG. 11 Een voorwerp in rust: de krachten zijn in evenwicht.

FIG. 12 Een kubus, een balk en een bol hebben hun zwaartepunt in het midden.



Het punt waar de zwaartekracht aangrijpt, noemen we het *zwaartepunt* of *massamiddelpunt*. Bij regelmatig gevormde voorwerpen, zoals een kubus, een balk en een bol, ligt het zwaartepunt in het midden (figuur 12).

De grootte van de zwaartekracht bereken je met: $F_z = m \cdot g$. Hierin is m de massa van het voorwerp in kg; g is de grootte van de valversnelling. Op de aarde geldt: $g = 10 \text{ m/s}^2$. Je kunt ook onthouden: op aarde komt 1 kg massa overeen met 10 N zwaartekracht.

VOORBEELD 1

Een balk ligt over een sloot. Hierbij steunt de balk aan iedere kant even zwaar op de oever. De massa van de balk is 70 kg. Teken alle krachten op de balk op schaal.

Gegeven:

$$m = 70 \text{ kg}$$

Gevraagd:

De krachten F_z en F_n op de balk

Formule:

$$F_z = m \cdot g$$

Oplossing:

$$F_z = 70 \times 10 = 700 \text{ N (naar beneden)}$$

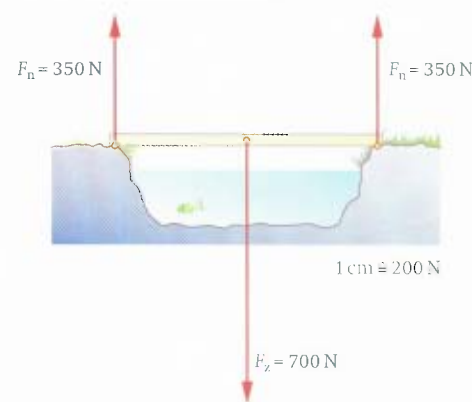
Op de balk werkt de zwaartekracht naar beneden. Aan iedere kant werkt een normaalkracht omhoog. De twee normaalkrachten samen zijn even groot als de zwaartekracht. Dus:

$$F_n + F_n = 700 \text{ N}$$

$$F_n = 350 \text{ N (naar boven)}$$

Bekijk dit in de tekening en controleer de krachten-schaal (figuur 13).

FIG. 13 Een balk over een sloot.



BLOK 5 BASISSTOF

W2

- 1
 - a Geef drie voorbeelden van grootheden die een vector zijn.
 - b Maak bij elke vector die je genoemd hebt, met een voorbeeld duidelijk dat de richting van belang is.
- 2
 - a Wat is de bron van de zwaartekracht?
 - b Hoe wordt het aangrijpingspunt van de zwaartekracht genoemd?
 - c In welke richting werkt de zwaartekracht?
 - d Hoe kun je de grootte van de zwaartekracht berekenen? Wat moet je dan weten?
- 3 Een kracht heeft een aangrijpingspunt, grootte en richting. Jan trekt aan een touw een slee vooruit.
 - a Maak een schets van deze situatie.
 - b Teken in deze schets de spankracht in het touw (30 N).
 - c Zet een A bij het aangrijpingspunt van de spankracht.
 - d Hoe zie je de richting en de grootte van de spankracht in jouw tekening?

Op de slee werkt ook de zwaartekracht (50 N).

 - e Teken de zwaartekracht.
 - f Zet bij het aangrijpingspunt van de zwaartekracht de letter Z.
- 4 Een blok met een massa van 12 kg ligt op tafel.
 - a Maak een tekening en geef daarin het zwaartepunt van het blok aan.
 - b Teken de werklijn van de zwaartekracht die op het blok werkt.
 - c Bereken de zwaartekracht die op het blok werkt.
 - d Teken de zwaartekracht op het blok als een vector. Gebruik als krachtschaal $1 \text{ cm} \hat{=} 40 \text{ N}$.

T3 Opwaartse kracht

- 5** Een steen ligt op een helling. De hellingshoek is 20° .
- a** Maak een tekening van de steen op de helling. Op de steen werkt een zwaartekracht van 80 N.
 - b** Teken de zwaartekracht op de steen. Denk aan het aangrijpingspunt, de richting en de krachten-schaal!
 - Op de steen werkt ook een normaalkracht. Het aangrijpingspunt van de normaalkracht is midden onder de steen. De richting is *schuin omhoog, loodrecht op de helling*. De normaalkracht is 75 N.
 - c** Teken de normaalkracht.
 - d** Waarom kan er met zwaartekracht en normaalkracht samen nu geen evenwicht zijn?
 - e** Wat zal er met de steen gebeuren als er geen wrijving is?
 - Er is wel wrijving. De wrijvingskracht is 27 N.
 - f** Teken de wrijvingskracht op de steen.
- 6** Je duwt een blokje hout onder water. Als het op de bodem is, laat je het los. Er werken dan twee krachten op het blokje: de opwaartse kracht en de zwaartekracht. Er geldt: $F_{\text{opw}} = 0,8 \text{ N}$ en $F_z = 0,6 \text{ N}$.
- a** Teken het blokje en teken de krachten die op het blokje werken op schaal.
 - b** Wat zal er gebeuren met het blokje?
 - Even later drijft het blokje. De krachten zijn in evenwicht.
 - c** Wat is er met de zwaartekracht op het blokje gebeurt?
 - d** Wat is er met de opwaartse kracht gebeurt?
 - e** Teken weer het blokje en de krachten die erop werken.

Zinken, zweven, drijven

Een boomstam drijft in het water. Je hebt al eerder geleerd hoe je dit kunt verklaren: de dichtheid van hout is kleiner dan de dichtheid van water.

Voor drijven, zweven en zinken heb je de volgende regels geleerd:

- Een voorwerp drijft als de dichtheid van het voorwerp kleiner is dan de dichtheid van de vloeistof.
- Een voorwerp zweeft als de dichtheid van het voorwerp en de dichtheid van de vloeistof gelijk zijn.
- Een voorwerp zinkt als de dichtheid van het voorwerp groter is dan de dichtheid van de vloeistof.

Opwaartse kracht

Vaak heb je met voorwerpen te maken die niet uit één stof bestaan. Ijzer heeft een dichtheid van $7,9 \text{ g/cm}^3$.

Toch drijft een schip op het water (figuur 14). Een schip bestaat niet alleen uit ijzer, maar er zit ook veel lucht in. Als je alleen maar naar de dichtheid kijkt, wordt het lastig uit te leggen dat een schip van ijzer drijft. Maar je kunt ook naar de krachten kijken die op een drijvend voorwerp werken.

De zwaartekracht trekt het voorwerp naar beneden. Bij drijvende voorwerpen is het de *opwaartse kracht* die zorgt dat het voorwerp in evenwicht is. Zo kan een mens bijvoorbeeld drijven in het heel zoute water van de Dode Zee (figuur 15).

Maar niet alleen bij drijven werkt de opwaartse kracht. Een zware steen lijkt onder water minder te wegen dan boven water. Een vis zweeft in het water.

De grootte van de opwaartse kracht hangt af van:

- de vloeistof waarin het voorwerp zich bevindt;
- het volume van het voorwerp.

Er geldt:

Een voorwerp in een vloeistof gedompeld ondervindt een opwaartse kracht. Deze kracht is gelijk aan het gewicht van de verplaatste vloeistof.

FIG. 14 De opwaartse kracht zorgt ervoor dat het schip blijft drijven.

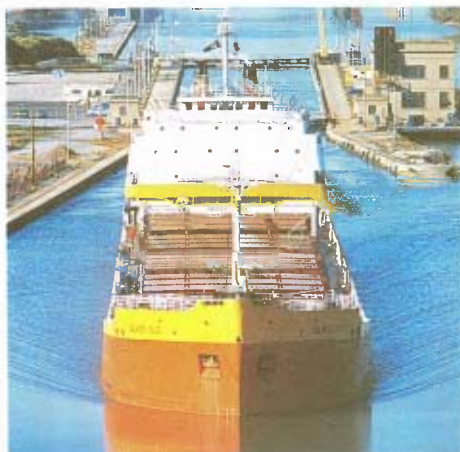


FIG. 15 Drijven in de Dode Zee.



FIG. 16 Vier mogelijke situaties bij zinken, zweven en drijven.



De opwaartse kracht werd voor het eerst beschreven door Archimedes. De regel die geldt voor de opwaartse kracht noemen we dan ook *de wet van Archimedes*.

Opwaartse kracht en zwaartekracht

In figuur 16 zie je een overzicht van de situaties die voor kunnen komen bij zinken, zweven en drijven.

VOORBEELD 1

Een blokje eikenhout (dichtheid $0,8 \text{ g/cm}^3$) met een volume van 25 cm^3 wordt geheel ondergedompeld in water (dichtheid $1,0 \text{ g/cm}^3$).

Bereken de zwaartekracht op het blokje.

Gegeven:

eikenhout: $\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3$

$V = 25 \text{ cm}^3$

Gevraagd:

F_z

Formules:

$m = \rho \cdot V$

$F_z = m \cdot g$

Oplossing:

$m = 0,8 \times 25 = 20 \text{ g} = 0,02 \text{ kg}$

$F_z = 0,02 \times 10 = 0,20 \text{ N}$

VOORBEELD 2

Bereken de opwaartse kracht op het blokje van voorbeeld 1.

Gegeven:

$$V = 25 \text{ cm}^3$$

$$\text{water: } \rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$$

Gevraagd:

$$F_{\text{opw}}$$

Formule:

$$F_{\text{opw}} = \text{gewicht van het verplaatste water}$$

Oplossing:

$$m_{\text{water}} = \rho \cdot V = 1,0 \times 25 = 25 \text{ g} = 0,025 \text{ kg}$$

$$F_z = m \cdot g = 0,025 \times 10 = 0,25 \text{ N}$$

Het gewicht van het verplaatste water is gelijk aan de opwaartse kracht. De opwaartse kracht is dus 0,25 N.

VOORBEELD 3

Wat gebeurt er als we het blokje van voorbeeld 1 loslaten onder water?

Gegeven:

$$F_z = 0,20 \text{ N (zie voorbeeld 1)}$$

$$F_{\text{opw}} = 0,25 \text{ N (zie voorbeeld 2)}$$

Gevraagd:

Gaat het blokje zinken, zweven of drijven?

Oplossing:

Omdat de opwaartse kracht groter is dan de zwaartekracht zal het voorwerp gaan stijgen.

Als het blokje boven water uitsteekt, verplaatst het minder water. F_{opw} wordt kleiner, totdat $F_{\text{opw}} = F_z$. Het blokje is dan in evenwicht.

Je kunt deze oplossing ook anders beredeneren: De dichtheid van eikenhout is kleiner dan de dichtheid van water. Als je het blokje loslaat, zal het blokje dus gaan drijven.

- 1 Of een voorwerp zinkt, zweeft of drijft kun je op twee manieren voorspellen. Met krachten en met dichtheid.
 - a Leg uit met krachten wanneer een voorwerp zinkt.
 - b Hoe kun je aan de dichtheid zien of een voorwerp zal zinken, zweven of drijven?
- 2 a Hoe luidt de wet van Archimedes?
b Leg met je eigen woorden uit wat ermee bedoeld wordt.
- 3 Zeg van de volgende grootheden of het vectoren zijn. Als het vectoren zijn, zeg dan ook in welke richting de vectoren werken.
 - a De zwaartekracht.
 - b De massa van een voorwerp.
 - c De dichtheid van een stof.
 - d Karel de Grote.
 - e De opwaartse kracht.
 - f Het volume van een voorwerp.
 - g De normaalkracht.
- 4 In je informatieboekje vind je een tabel met de dichtheid van vaste stoffen en een tabel met de dichtheid van vloeistoffen. Leg met deze tabellen uit of voorwerpen, gemaakt van de volgende stoffen, zullen zinken, zweven of drijven in de genoemde vloeistof waarin ze worden gedompeld:
 - a Perspex in water.
 - b Eikenhout in alcohol.
 - c Paraffine in zwavelzuur.

FIG. 17 Twee blokjes A en B, geheel en gedeeltelijk in vloeistof gedompeld.

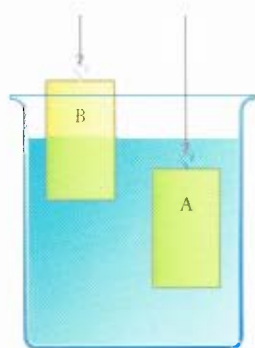


FIG. 18 Twee blokjes 1 en 2 op verschillende diepte in de vloeistof.

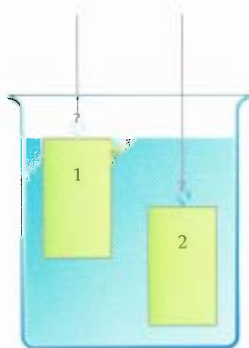


FIG. 19 Een in water gedompeld voorwerp hangt aan een krachtmeter.



- 5 In figuur 17 zie je twee blokjes A en B die in dezelfde vloeistof zijn gedompeld.
- a** Welk blokje ondervindt de grootste opwaartse kracht? Verklaar je antwoord.
- In figuur 18 zie je twee blokjes 1 en 2 getekend.
- b** Welk blokje ondervindt de grootste opwaartse kracht? Verklaar je antwoord.
- 6 Een blokje aluminium van 10 cm^3 wordt ondergedompeld in alcohol.
- a** Bereken de massa van het aluminium blokje.
- b** Bereken de grootte van de zwaartekracht op het blokje.
- De opwaartse kracht in alcohol is $0,08 \text{ N}$.
- c** Wat gebeurt er met het aluminium blokje als we het loslaten?
- 7 Een schip vaart de haven van Rotterdam uit. Het komt van zoet water in zout water.
- a** Zoek de dichtheid van zoet en zout water op in je informatieboekje.
- b** Hoe verandert de diepgang van dat schip? Licht je antwoord toe.

- 8 Een voorwerp weegt in lucht $1,5 \text{ N}$. Als dat voorwerp onder water aan een krachtmeter hangt, wijst deze $0,5 \text{ N}$ aan (figuur 19).
- a** Bepaal de opwaartse kracht.
- b** Bepaal het gewicht van het verplaatste water.
- c** Bepaal de massa van het verplaatste water.
- 9 In een duikboot zitten tanks, waarin men bij het duiken water kan pompen. De duikboot vaart 10 m onder water. Men gaat duiken. Geef van de volgende grootheden aan of ze wel of niet veranderen als de duikboot gaat duiken. Geef ook aan hoe ze eventueel veranderen.
- a** De massa van de duikboot.
- b** Het volume van de duikboot.
- c** Het gewicht van de duikboot.
- d** De massa van het verplaatste zeewater.
- e** De opwaartse kracht.

T4 Twee krachten werken samen

- 10 Twee onderzeeërs zijn volkomen gelijk van bouw. Ze zijn verschillend beladen, waardoor hun massa's niet gelijk zijn. Onderzeeër A is zwaarder dan B. Beide boten drijven op water.

a Welke boot ondervindt de grootste opwaartse kracht?

b Welke boot ligt het diepste in het water? Waarom is dat zo?

- 11 Een blokje koper heeft een dichtheid van $9,0 \text{ g/cm}^3$. Het blokje heeft een volume van 25 cm^3 .

a Bereken de massa van het blokje.

b Bereken de grootte van de zwaartekracht op het blokje.

Het blokje ligt op de bodem van een bekerglas gevuld met petroleum.

c Zoek de dichtheid van petroleum op.

d Bereken de opwaartse kracht op het blokje.

e Teken het blokje en alle krachten die op het blokje werken.

f Bereken de normaalkracht op het blokje.

Hans en Peter trekken een sneeuwpop over het ijs (figuur 20). Ze werken samen. Hans oefent een kracht van 20 N uit, Peter heeft een kracht van 25 N . Samen oefenen ze een kracht F_T uit van 45 N .

FIG. 20 Hans en Peter trekken een sneeuwpop over het ijs. Hun krachten werken in *dezelfde* richting.

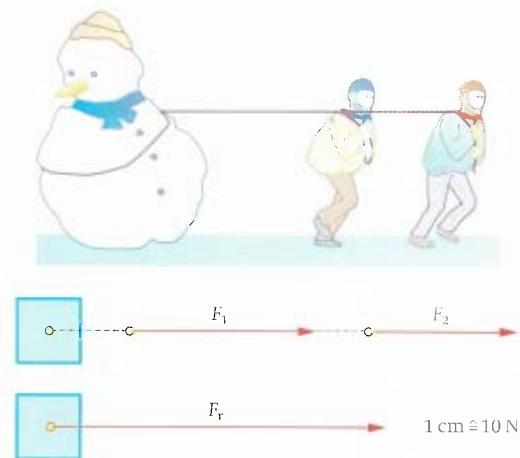
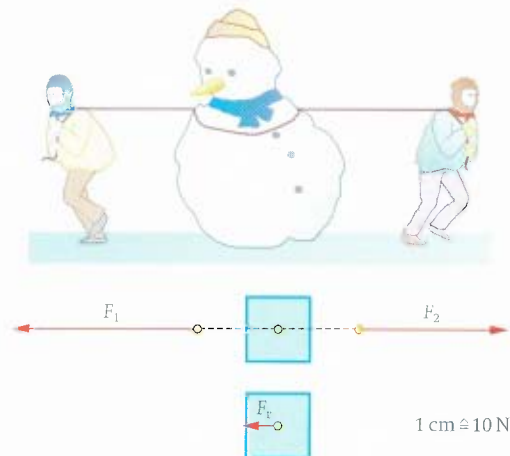


FIG. 21 Hans en Peter trekken een sneeuwpop over het ijs. Hun krachten werken in *tegengestelde* richtingen.



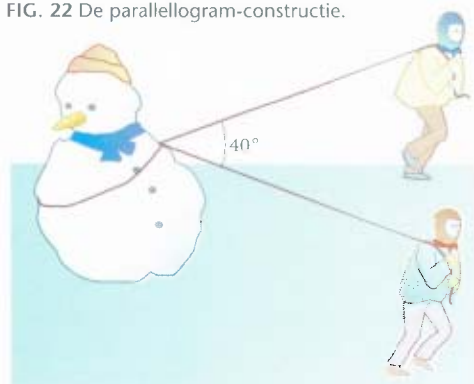
Even later krijgen ze ruzie. Hans trekt de ene kant op, Peter de andere kant (figuur 21). Nu ze elkaar tegenwerken is het resultaat F_r slechts 5 N. Peter trekt met 25 N de ene kant op, Hans met 20 N de andere kant op. Peter wint met $25 - 20 = 5$ N.

Je ziet:

- Twee krachten die in *dezelfde* richting werken (dus ook dezelfde werklijn hebben) kun je optellen.
- Twee krachten die in *tegengestelde* richtingen werken kun je van elkaar aftrekken.

Hans en Peter werken nu weer samen, maar lopen elkaar niet meer in de weg. De sneeuwpop gaat niet in de richting van Peter, niet in de richting van Hans, maar in een richting daar tussenin. Om die krachten op te tellen moet je een *parallellogram* tekenen (figuur 22). Je ziet dat de krachterschaal nu wel heel belangrijk wordt, om te zien wat het resultaat van de twee krachten is. De kracht die de som van twee of meer krachten is, noemen we de *resultante* F_r . In figuur 22 is $F_r = 42$ N. Meet dit na met behulp van de krachterschaal!

FIG. 22 De parallellogram-constructie.



- 1 **a** Hoe bepaal je de resultante van twee krachten die langs dezelfde werklijn in dezelfde richting werken?
b Hoe bepaal je de resultante van twee krachten die wel langs dezelfde werklijn, maar in tegengestelde richtingen werken?
c Hoe bepaal je de resultante van twee krachten die verschillende werklijnen hebben?
- 2 Hans, Astrid en Peter gaan touwtrekken tegen Björn, Arne en Johann. Hans trekt met een kracht van 450 N, Astrid met 500 N en Peter met 350 N naar links. Björn, Arne en Johann trekken ieder met een kracht van 420 N naar rechts.
a Maak een tekening met daarin de krachten.
b Welke groep wint het touwtrekken?
 De kleine Maartje gaat meedoen. Ze gaat de verliezers helpen. Ze trekt precies zó hard dat er evenwicht is.
c Bij welke groep moet Maartje trekken?
d Bereken de kracht van Maartje. (Denk eraan: een kracht is een vector, je moet grootte en richting als antwoord geven.)

- 3 In figuur 23 zie je twee krachten.
a Neem de krachten over en teken de resultante van de krachten.
b Hoe groot is de resultante?

FIG. 23 Twee krachten met tegengestelde richtingen.



FIG. 24 Twee krachten met verschillende richtingen.

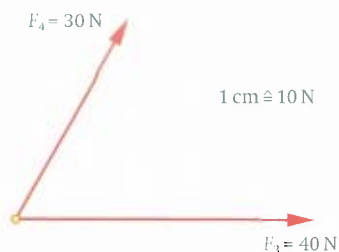


FIG. 25 Twee krachten met verschillende richtingen.



In de volgende tekening zie je weer twee krachten (figuur 24).

c Neem de krachten over (let op de juiste hoek) en teken de resultante van de krachten.

d Hoe groot is de resultante?

Tenslotte zie je in figuur 25 weer twee krachten.

e Neem de krachten over (let op de juiste hoek) en teken de resultante van de krachten.

f Hoe groot is de resultante?

- 4 Twee sleepboten trekken een schip. Beide boten trekken met een kracht van 560 kN (figuur 26).
 - a** Neem de tekening over (let op de juiste hoek). Gebruik als krachtenschaal: 1 cm $\hat{=}$ 100 kN.
 - b** Construeer de resultante F_r van de krachten die op het schip werken.
 - c** Bepaal de grootte van F_r .
 - d** Waarom is F_r kleiner dan 2×560 kN?

FIG. 26 Een schip wordt getrokken door twee sleepboten.

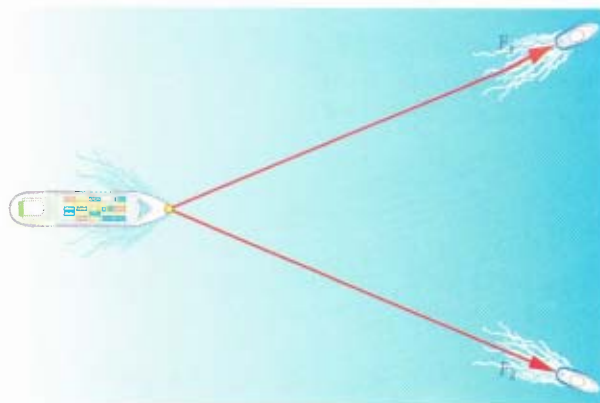
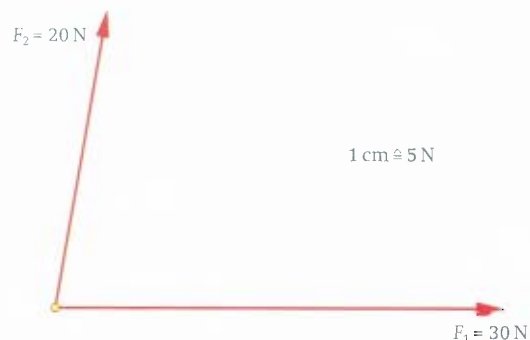
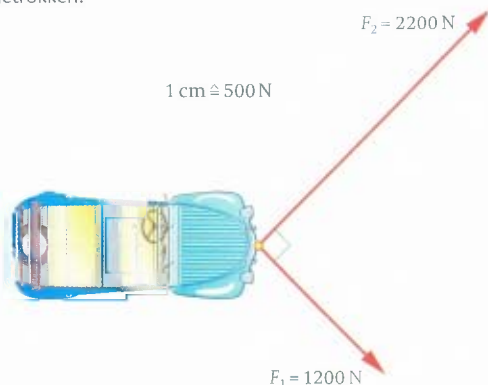


FIG. 27 Twee krachten met verschillende richtingen.



- 5 **a** Neem de tekening van figuur 27 nauwkeurig over. Gebruik als krachtenschaal: 1 cm $\hat{=}$ 5 N.
 - b** Teken de resultante van de krachten F_1 en F_2 . F_3 houdt F_1 en F_2 in evenwicht.
 - c** Teken F_3 .
 - d** Bepaal de grootte van F_3 .
- 6 Een auto is tijdens een cross in het mulle zand terechtgekomen. Met behulp van twee touwen trekken een aantal mensen de auto uit het zand. De touwen maken een hoek van 90° met elkaar. Aan het ene touw trekken twee mensen met een totale kracht van 1200 N. Aan het andere touw trekken drie mensen met een totale kracht van 2200 N (figuur 28).

FIG. 28 Een auto wordt aan twee touwen uit mul zand getrokken.



a Neem de tekening over in je schrift en bepaal de resultante.

De krachten werken onder een hoek van 90° . Daarom kun je de stelling van Pythagoras toepassen.

b Bereken de kracht waarmee de auto uit het zand wordt getrokken.

- 7** Yannick zegt: 'Als er op een voorwerp twee krachten werken, is de resultante altijd groter dan de afzonderlijke krachten.'
Beredeneer of Yannick gelijk heeft.

BLOK 5 BASISSTOF

T5 Ontbinden van krachten

Soms weet je dat er twee krachten werken, maar je weet alleen het resultaat van de krachten. Hans en Peter werken weer eens samen. Ieder trekt aan één kant van een touw om een zwaar blok op te tillen (figuur 29).

FIG. 29 Hans en Peter tillen een zwaar blok omhoog.



Samen tillen ze het blok van 250 N omhoog. Maar hoeveel tillen ze nu ieder?

Als deze vraag andersom gesteld was net zoals in T4, wist je het wel. Kijk maar naar het parallellogram (figuur 30). Hans trekt met een kracht van 250 N en Peter ook met een kracht van 250 N. Zo oefenen ze samen een kracht F_r recht omhoog uit van 250 N. Meet dit na met behulp van de krachtenschaal!

FIG. 30 Hans en Peter moeten allebei een kracht van 250 N uitoefenen!

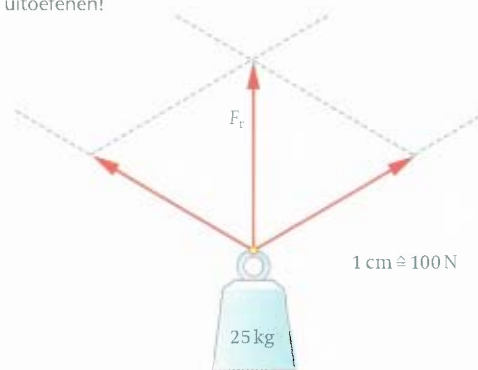
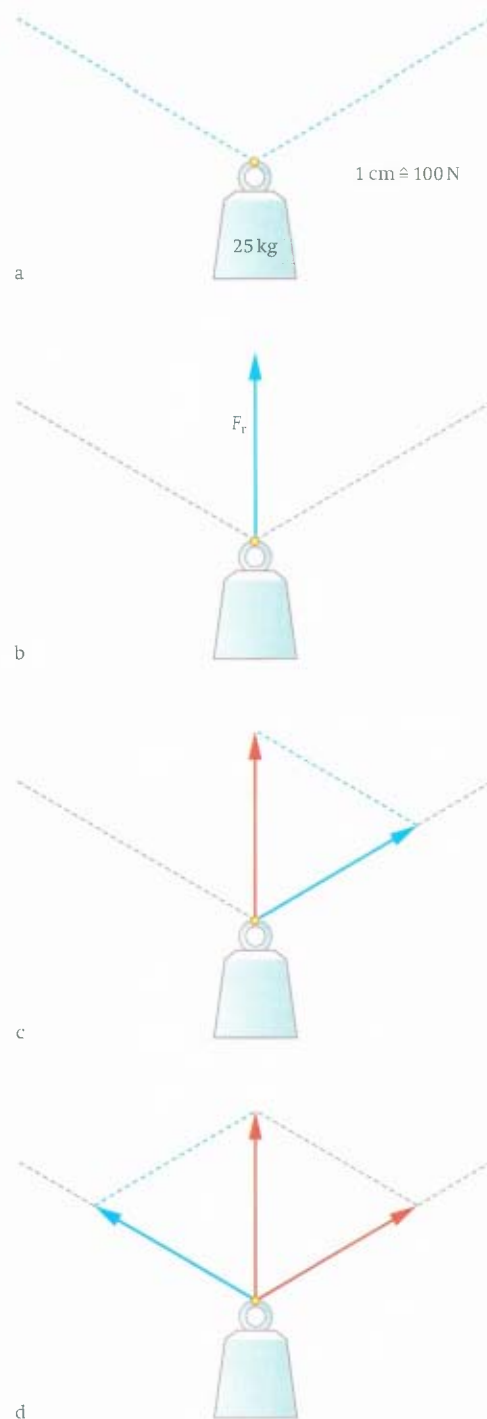


FIG. 31 Het ontbinden van een kracht in twee richtingen.



Om de krachten van Peter en Hans zelf te kunnen bepalen, moet je weer een parallellogram tekenen. Hoe je dan te werk moet gaan, laten we stap voor stap zien (figuur 31).

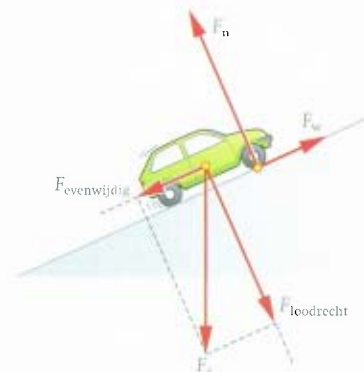
- Teken eerst het aangrijppingspunt van de krachten (figuur 31a).
- Teken de werklijnen van de krachten in de touwen (figuur 31a).
- Teken eerst hoe groot het resultaat F_r van de twee krachten is (figuur 31b). Anders gezegd: hoe zwaar is het blok?
- Trek vanuit de punt van deze kracht een lijn evenwijdig aan het ene touw. Nu weet je hoe groot de ene kracht is (figuur 31c).
- Trek vanuit de punt van de kracht een lijn evenwijdig aan het andere touw. Nu weet je de grootte van de tweede kracht (figuur 31d).

In dit voorbeeld heb je één kracht vervangen door twee krachten. De twee krachten hebben samen hetzelfde resultaat als die ene kracht. Eén kracht vervangen door twee krachten noemen we *het ontbinden van een kracht in twee componenten*. De twee krachten heten de componenten van de kracht.

VOORBEELD 1

Een auto staat op een helling. De auto staat op de handrem. Er is zo veel wrijving dat de auto stil blijft staan.

FIG. 32 Het ontbinden van de zwaartekracht evenwijdig aan en loodrecht op een helling.



Op de auto werkt de zwaartekracht. Eén component van de zwaartekracht werkt *loodrecht* op de helling (tegengesteld aan de normaalkracht). Eén component van de zwaartekracht werkt *evenwijdig* aan de helling (tegen de wrijving in). Om te weten hoe groot deze componenten zijn, moet je weer een parallellogram tekenen. In dit geval ontstaat er een bijzonder parallellogram, namelijk een rechthoek (figuur 32).

VOORBEELD 2

Als je een slee aan een kort touw voortrekt, zul je merken dat de slee een beetje omhoog komt. Toch wil je de slee alleen naar voren trekken. Als je kijkt naar de richting van het touw, zie je dat het touw een hoek α maakt met de richting waarin de slee beweegt (figuur 33).

De trekkracht F_t , die je op het touw uitoefent, kan ontbonden worden in een horizontale component en een verticale component (figuur 34). De horizontale component F_{hor} zorgt voor de beweging van de slee. De verticale component F_{vert} wil de slee optillen.

FIG. 33 Een slee wordt aan een touw vooruit getrokken.

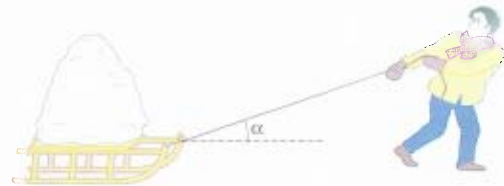
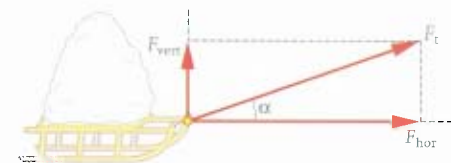


FIG. 34 De trekkracht F_t is ontbonden in de componenten F_{hor} en F_{vert} .



- 1 **a** Leg uit wat er bedoeld wordt met het bepalen van de resultante van twee krachten.
b Leg uit wat er bedoeld wordt met het ontbinden van een kracht in twee componenten.
- 2 **a** Neem figuur 35 nauwkeurig over. Let vooral op de juiste hoeken.
b Bepaal de componenten van de kracht langs de werklijnen.
c Hoe groot zijn de componenten?
d Wat heb je stap voor stap moeten doen om de componenten te vinden?

FIG. 35 Het ontbinden van een kracht in twee richtingen.



- 3 Een lamp is opgehangen aan twee draden. De lamp is in evenwicht, dus het resultaat van de krachten in de draden (F_r) is even groot als de zwaartekracht op de lamp (figuur 36).
a Neem de tekening nauwkeurig over. Let vooral op de juiste hoeken.
b Bepaal door een parallellogram vanuit F_r te tekenen hoe groot de krachten in de draden zijn.

FIG. 36 Een lamp hangt aan twee draden aan het plafond.



- 4 **a** Neem figuur 37 nauwkeurig over en zet er de krachterschaal bij. Let weer op de juiste hoeken.
b Ontbind de kracht van 70 N in de componenten langs de werklijnen die al getekend zijn.
c Hoe groot zijn deze componenten?
- 5 Hans trekt een slee vooruit (figuur 38). Hij oefent een kracht uit van 25 N.
a Hoe groot is de component waarmee hij de slee vooruit trekt?
b Hoe groot is de component waarmee hij de slee (een beetje) optilt?
 Het gewicht van de slee is 40 N.
c Bereken de grootte van de normaalkracht. Wat is de richting van de normaalkracht?

FIG. 37 Een kracht van 70 N moet in twee gegeven richtingen worden ontbonden.

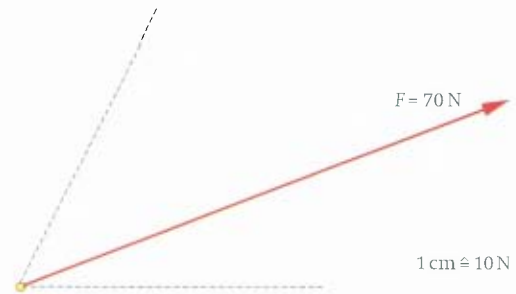
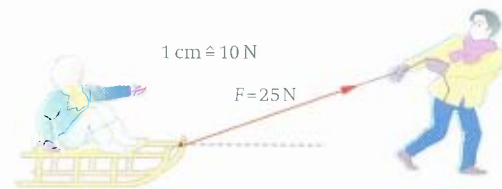


FIG. 38 Hans trekt een slee vooruit.



- 6 Een auto rijdt langs een helling omlaag (figuur 39). Er is geen wrijving. De massa van de auto is 800 kg. De hellingshoek α is 10° .
a Bereken de grootte van de zwaartekracht op de auto.
b Ontbind de zwaartekracht in een component evenwijdig aan de helling en een component loodrecht op de helling.
c Hoe groot zijn deze componenten?
d Hoe groot is de normaalkracht op de auto?
e Hoe komt het dat de auto steeds harder gaat rijden?

FIG. 39 Een auto op een helling.



H1 Krachten

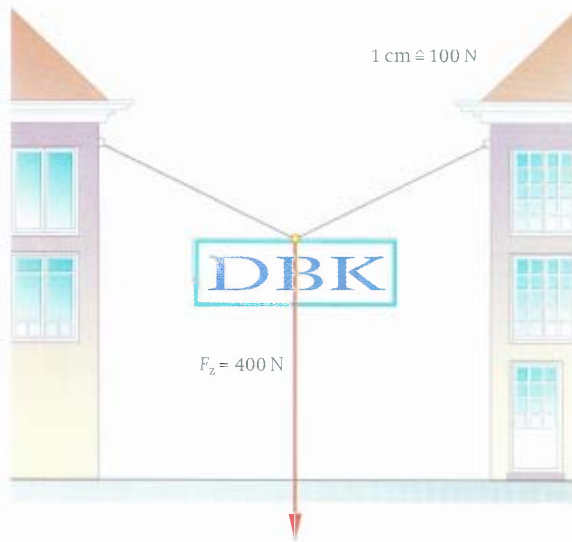


FIG. 40 Een reclamebord hangt aan een kabel tussen twee gebouwen.

- 7 In figuur 40 zie je een reclamebord van 400 N aan twee kabels tussen twee gebouwen hangen. Neem de tekening nauwkeurig over en bepaal de spankrachten in de kabels. (De werklijnen van de componenten vallen samen met de kabels.)
- 8 Els denkt dat de twee componenten van een kracht altijd even groot zijn.
- a Beredeneer of dat zo is.
 - b In welke gevallen heeft Els wel gelijk? Hans denkt dat als je de groottes van de componenten van een kracht optelt, je de grootte van de kracht hebt.
 - c Laat aan de hand van één van de voorbeelden uit T5 zien dat dat niet waar is. Els denkt dat als je de componenten van een kracht als vectoren optelt, je de kracht weer krijgt.
 - d Beredeneer of Els gelijk heeft.

Je hebt in dit blok een aantal nieuwe begrippen geleerd die te maken hebben met kracht. In deze herhaaltstof bekijk je deze begrippen nog een keer.

Kracht en richting

Een grootte is een eigenschap die je kunt meten. Meten wil zeggen: vergelijken met de eenheid (standaardmaat). Je gebruikt daarvoor een meetinstrument. Tijd is bijvoorbeeld een grootte die je kunt meten met een stopwatch. Je drukt tijd uit in de eenheid seconde.

- 1 Wat is in het onderstaande rijtje geen grootte en waarom niet?

Massa, volume, kleur, lengte, leeftijd, snelheid, kracht, dichtheid, smaak.

Je weet dat de aarde een aantrekkingskracht uitoefent op voorwerpen. Zo oefent de aarde een kracht F_z uit op een blok hout (figuur 41). De kracht waarmee het blok hout op de tafel drukt noemen we het gewicht G . Het gewicht is een kracht en meet je dus in newton.

Om de zwaartekracht op een voorwerp uit te rekenen moet je de massa van het voorwerp (in kg) met 10 vermenigvuldigen. Dus $F_z = m \cdot g$ (hier op aarde geldt: $g = 10 \text{ m/s}^2$ afgerond). Je kunt ook onthouden: op aarde komt 1 kg massa overeen met 10 N zwaartekracht.

FIG. 41 Een blok hout ligt op tafel.

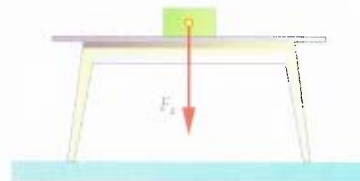


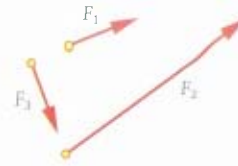
FIG. 42 Een blokje hangt aan een veer.



FIG. 43 Een blokje hangt aan een krachtmeter.



FIG. 44 Drie krachten F_1 , F_2 en F_3 .



Hoe langer de pijl, hoe groter de kracht. We geven dat aan door middel van een krachtschaal. Bijvoorbeeld: 1 cm komt overeen met 10 N, afgekort 1 cm $\hat{=}$ 10 N.

5 In figuur 44 geldt: 1 cm $\hat{=}$ 2 N.

a Hoe groot zijn F_1 , F_2 en F_3 ?

b Is F_1 gelijk aan F_3 ? Licht je antwoord toe.

- 2 Bereken het gewicht van het blokje aan de veer (figuur 42).
- 3 Een krachtmeter wijst 12 N aan (figuur 43). Bereken de massa van het voorwerp.

Vectoren

Als je fietst, maakt het veel verschil of je wind mee hebt of wind tegen. Hoe groot de kracht van de wind is, is belangrijk. Maar ook de richting waarin die kracht wordt uitgeoefend is heel belangrijk.

Grootheden die èn een grootte èn een richting hebben, noemen we vectoren.

- 4 Welke grootheid in het onderstaande rijtje is geen vector en waarom niet?
Leeftijd, massa, kracht, snelheid, versnelling, lengte, dichtheid.

Tekenen van krachten (vectoren)

Als symbool voor kracht gebruiken we F .

In een tekening stellen we een kracht voor door een pijl:

- de pijlpunt wijst in de richting waarin de kracht werkt;
- de lengte geeft aan hoe groot de kracht is.

Aangrijpingspunt en zwaartepunt

Wanneer je de deur van de koelkast dicht wilt duwen, moet je een kracht op de deur uitoefenen. Je pakt dan het handvat vast. Je oefent een kracht uit en de deur gaat dicht. Het handvat is het *aangrijpingspunt* van de kracht.

Ook voor andere krachten geldt: het punt waar de kracht aangrijpt heet het *aangrijpingspunt* van de kracht.

- 6 Twee mensen trekken aan een touw een slee vooruit (figuur 45). De touwen oefenen een kracht op de slee uit. Neem de tekening over en geef aan waar het aangrijpingspunt ligt van die krachten.

FIG. 45 Twee mensen trekken een slee vooruit.

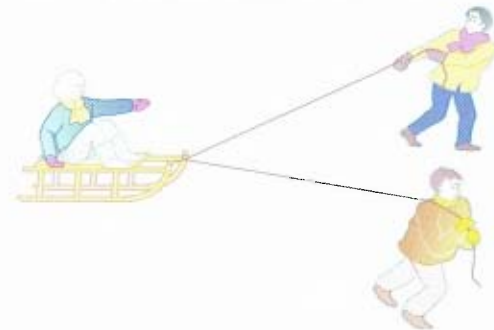




FIG. 46 Een potlood balanceert op je vinger.

Een kracht die we allemaal voelen is de zwaartekracht: symbool F_z . Je kunt een voorwerp op je vinger laten balanceren (figuur 46). De spierkracht van je vinger zorgt ervoor dat het potlood blijft liggen. Je spierkracht werkt tegengesteld aan de zwaartekracht.

- 7 **a** Schets figuur 46 over en zet een S bij het aangrijpingspunt van de spierkracht.
- b** Teken de spierkracht in de tekening. Neem daarvoor een pijl van 3 cm lengte.
- c** Teken nu de zwaartekracht in de tekening met een andere kleur. Zet er F_z bij.
- d** Leg uit waarom je de zwaartekracht zo tekent.

De zwaartekracht grijpt aan in het *zwaartepunt* of *massamiddelpunt* van een voorwerp. Bij regelmatig gevormde voorwerpen, zoals een kubus, een balk en een bol, ligt het zwaartepunt in het midden.

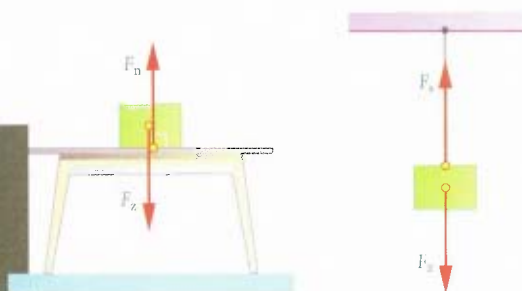


FIG. 47 Een voorwerp ligt op tafel. Het andere voorwerp hangt aan een koord. Let op de aangrijpingspunten van de krachten!

Normaalkracht en spankracht

Als er een kracht op een voorwerp wordt uitgeoefend en het voorwerp blijft in rust, dan *moet* er een andere kracht zijn die de eerste kracht tegenwerkt.

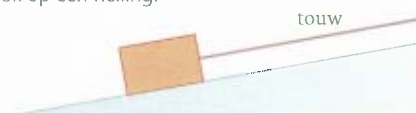
Een voorwerp dat in rust op tafel ligt, ondervindt twee krachten: F_z (uitgeoefend door de aarde) en F_n (uitgeoefend door de tafel). Kijk maar in figuur 47.

De tegenwerkende kracht F_n , die het gevolg is van de kracht die het voorwerp op de tafel uitoefent, staat altijd loodrecht op de ondergrond. We noemen deze reactiekracht daarom: de normaalkracht F_n . ('Normaal' betekent: 'loodlijn'.)

Een voorwerp hangt aan een koord. Op het voorwerp werkt F_z naar beneden. Toch valt het voorwerp niet omdat er in het touw een spankracht (F_s) omhoog werkt (figuur 47).

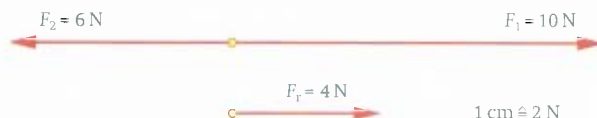
- 8 In figuur 48 wordt een blok met een touw in rust gehouden. Teken deze figuur over. Teken alle krachten die op het blok werken. Geef duidelijk aan wat het aangrijpingspunt van iedere kracht is.

FIG. 48 Een blok op een helling.



H2 Het optellen en ontbinden van krachten

FIG. 49 Twee krachten met tegengestelde richtingen.



Optellen van krachten

Als je een stuk klei met een massa van 10 kg samenknede met een stuk klei met een massa van 6 kg, krijg je een stuk klei met een massa van 16 kg. Maar als je een kracht van 10 N optelt bij een kracht van 6 N krijg je meestal géén kracht van 16 N. Kijk maar eens naar de volgende situatie (figuur 49). Omdat beide krachten dezelfde werklijn hebben geldt nu:

$F_1 = 10 \text{ N}$ (naar rechts gericht).

$F_2 = 6 \text{ N}$ (naar links gericht).

De resultante van F_1 en F_2 is 4 N (naar rechts gericht).

Om krachten (maar ook andere vectoren zoals snelheid en versnelling) op te tellen als hun werklijnen *niet* samenvallen, gebruik je de parallellogramconstructie (figuur 50).

Hoe je dit doet zie je in figuur 51. F_1 en F_2 grijpen aan in punt A. $F_1 = 3 \text{ N}$ en $F_2 = 4 \text{ N}$.

Om de resultante $F_1 + F_2$ te vinden teken je een parallellogram met F_1 en F_2 als zijden (figuur 51a). Teken de diagonaal vanuit A en je hebt de vectorsom $F_1 + F_2$ gevonden (figuur 51b).

De som van F_1 en F_2 noemen we de resultante (symbool: F_r) ofwel de resulterende kracht.

- 1 Neem figuur 52 nauwkeurig over en teken de resultante F_r .

FIG. 50 Bepalen van F_r met de parallellogramconstructie.

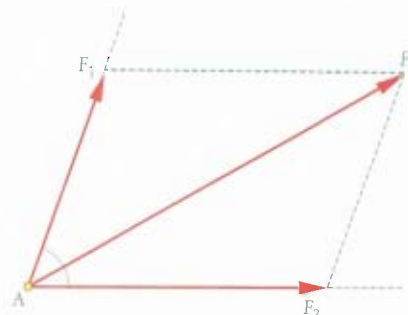


FIG. 51 De parallellogramconstructie.

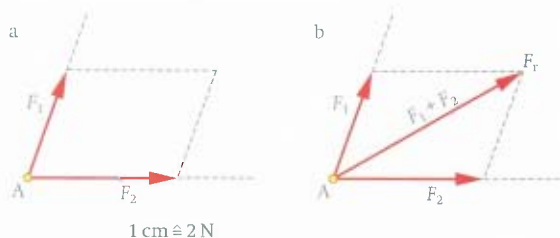
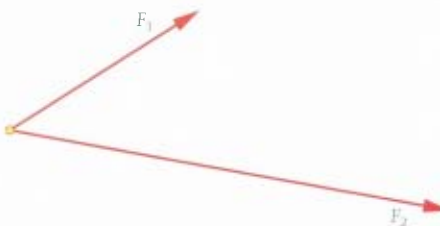


FIG. 52 Twee krachten met verschillende richtingen.



- 2 In figuur 53 zie je twee krachten. Met de krachten-schaal kun je berekenen hoe groot de krachten zijn.

a Bepaal de grootte van F_1 en F_2 en van F_r . De werklijnen van F_1 en F_2 maken een hoek van 90° . Je kunt je uitkomst met de stelling van Pythagoras controleren.

De berekening van de resultante gaat als volgt:

$$\begin{aligned} F_r^2 &= F_1^2 + F_2^2 \\ F_r^2 &= 225 + 400 = 625 \\ F_r &= 25 \text{ N} \end{aligned}$$

- b Had je dat met de krachten-schaal ook gevonden?

FIG. 53 Twee krachten die een hoek van 90° maken.

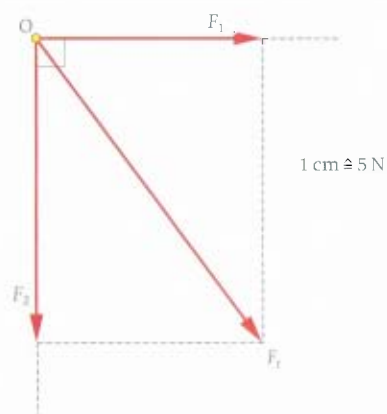
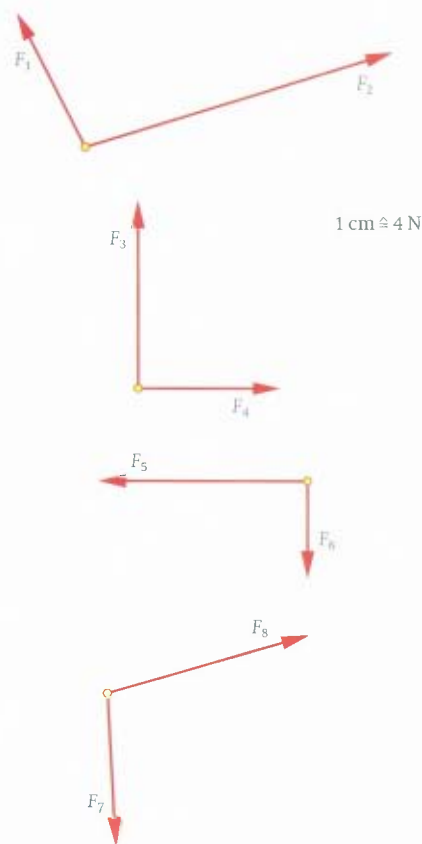


FIG. 54 Vier situaties met krachten.



In figuur 54 zijn vier situaties met krachten getekend. De krachterschaal is steeds hetzelfde.

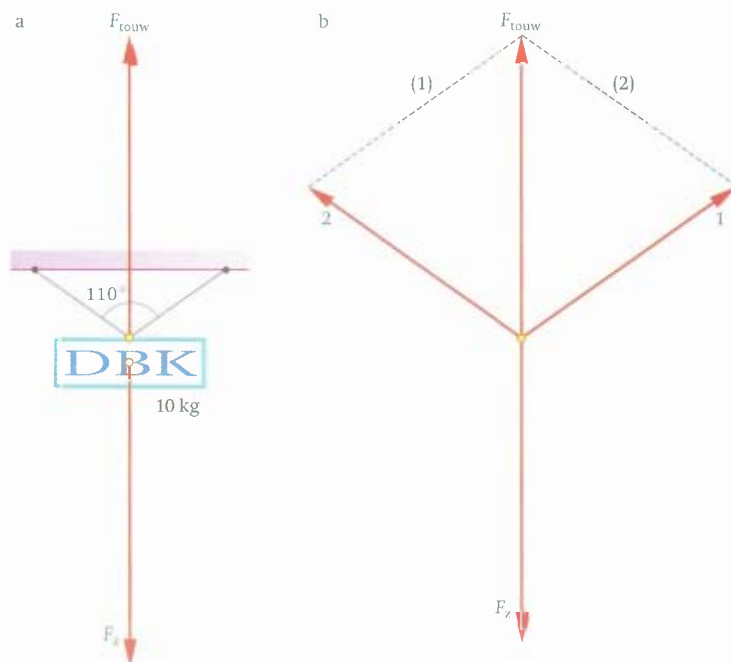
- 3 a Teken iedere situatie precies over.
b Bepaal de grootte van de krachten.
c Teken met de parallellogram-constructie de resultante in iedere situatie.
d Bepaal de grootte van de resultante.
- 4 Zeg in je eigen woorden hoe je twee krachten op moet tellen. Leg ook uit hoe je de grootte van de resultante moet bepalen.

Ontbinden van krachten

Aan twee touwen hangt een reclamebord. Het bord heeft een massa van 10 kg (figuur 55).

- 5 a Bereken het gewicht van het bord.
b Wat is dus de krachterschaal van figuur 55a?

FIG. 55 Een reclamebord aan twee touwen.



In figuur 55 is de grootte en richting van de zwaarte-kracht aangegeven. Het bord valt niet naar beneden, omdat het aan beide touwen hangt. De zwaartekracht is in evenwicht met twee krachten omhoog. In de tekening is het resultaat van F_{s1} en F_{s2} aangegeven met F_{touw} . F_{touw} is even groot als F_z , maar F_{touw} is naar boven gericht.

F_{touw} is de som van de twee spankrachten in het linker- en het rechtertouw. Om die krachten te tekenen moet je F_{touw} ontbinden in twee componenten. Die componenten hebben de touwen als werklijn.

Je gebruikt nu de parallellogram-constructie omgekeerd. Je weet de diagonaal (F_{touw}) en je moet de zijden construeren (figuur 55b).

Trek zijde (1) evenwijdig aan touw 1.

Trek zijde (2) evenwijdig aan touw 2.

De snijpunten van de zijden 1 en 2 met de touwen geven de pijlpunten van de componenten.

6 a Neem de tekening nauwkeurig over en ontbind F_{touw} in twee componenten langs de twee touwen (figuur 56).

b Bepaal de krachtschaal.

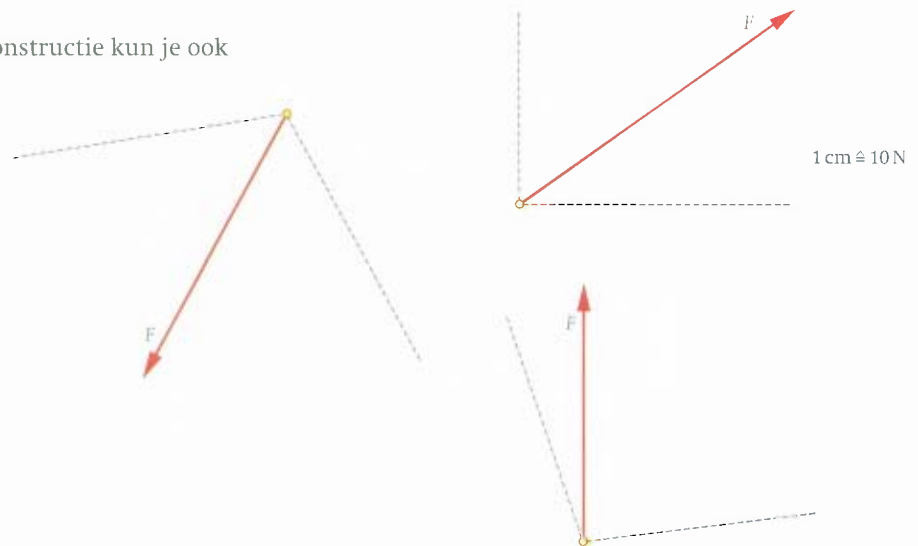
c Bepaal de grootte van de twee spankrachten.

De omgekeerde parallellogram-constructie kun je ook in andere situaties toepassen.

FIG. 56 Het ontbinden van een kracht in twee componenten.



FIG. 57 Drie keer ontbinden.



7 a Neem de tekeningen van figuur 57 over en ontbind F in twee componenten langs de twee stippellijnen.

b Bepaal de grootte van die componenten van F met behulp van de krachtenschaal.

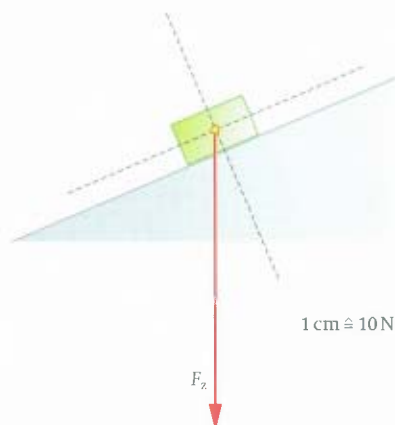
8 a Teken figuur 58 nauwkeurig na.

b Bepaal de componenten van de zwaartekracht langs de gestippelde assen.

c Waarom glijdt het blok niet langs de helling omlaag?

d Bepaal hoe groot F_n en F_w zijn.

FIG. 58 Een blok op een helling.



BLOK 5 HERHAALSTOF

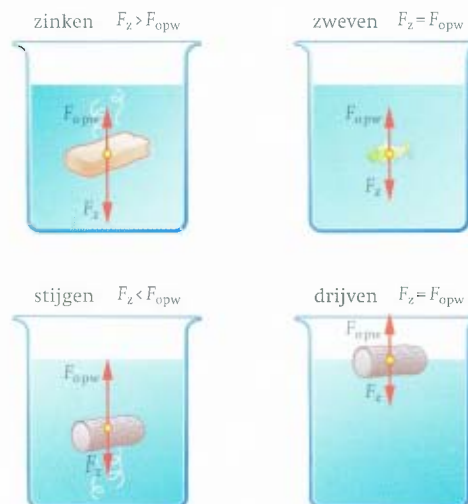
H3 Opwaartse kracht

FIG. 59 De opwaartse kracht duwt je omhoog.



Als je in het water bent, ben je minder zwaar. De opwaartse kracht duwt je omhoog (figuur 59). Je hebt gezien dat de opwaartse kracht afhangt van hoeveel water er verplaatst wordt. Als je een andere vloeistof gebruikt, is de opwaartse kracht ook anders. Voor de opwaartse kracht maakt het niet uit waar het voorwerp van gemaakt is en ook niet hoe diep het voorwerp in de vloeistof ligt. Bij drijven en zweven hebben we een evenwichtsituatie, waarbij de krachten die op het voorwerp werken elkaar in evenwicht houden (figuur 60).

FIG. 60 Zinken, zweven, stijgen en drijven.



Als je de grootte van de opwaartse kracht wilt bepalen, moet je de wet van Archimedes gebruiken. Deze wet zegt dat de opwaartse kracht net zo groot is als het gewicht van de verplaatste vloeistof.

Een groter voorwerp verplaatst meer vloeistof. De opwaartse kracht is dan dus groter.

Een voorwerp in een vloeistof met een grotere dichtheid ondervindt ook een grotere opwaartse kracht.

Dezelfde hoeveelheid vloeistof heeft een groter gewicht, omdat de dichtheid groter is.

- 1** Een stukje glas weegt 1,3 N.
 - a** Zoek de dichtheid van glas op.
 - b** Zoek op welke vloeistoffen een grotere dichtheid hebben dan glas.
 - c** Wat zal er gebeuren als je het glas in zo'n vloeistof (met een grotere dichtheid dan glas) laat vallen?
 - d** Bereken de massa van het stukje glas.
 - e** Bereken het volume van het stukje glas.
- 2** Het stukje glas uit opgave **1** (1,3 N in lucht) wordt aan de krachtmeter in water gehangen. De krachtmeter wijst nu 0,8 N aan.
 - a** Hoe komt het dat de krachtmeter nu minder aanwijst?
 - b** Bereken de opwaartse kracht op het stukje glas.
- 3** Je hebt vier even grote blokjes. Een blokje van paraffine, een blokje van zink, een blokje van plexiglas en een blokje ijs. Je laat de blokjes in verschillende vloeistoffen vallen.
 - a** Zoek de dichtheid van ieder blokje op.
 - b** Leg uit wat er met ieder blokje gebeurt als je het in water laat vallen.
 - c** Wat gebeurt er met ieder blokje als je het in spiritus (alcohol) laat vallen?
 - d** Wat gebeurt er met ieder blokje als je het in zwavelzuur laat vallen?

- 4** Op een maatscilinder staat een schaalverdeling in ml (cm^3). Iemand vult de maatscilinder met water (figuur 61). Daarna laat hij een steentje in de maatscilinder glijden.

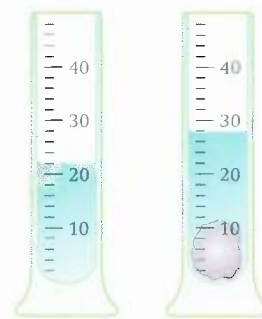
a Lees in beide situaties de stand van het water-niveau af.

b Bepaal hieruit het volume van het steentje.

c Bereken het volume en de massa van het verplaatste water.

d Bereken de opwaartse kracht.

FIG. 61 Meten met behulp van een maatscilinder.



- 5** Een blokje met een volume van 8 cm^3 wordt aan een krachtmeter gehangen en in water ondergedompeld. De krachtmeter wijst nu 0,56 N aan.
 - a** Hoeveel cm^3 water wordt er verplaatst?
 - b** Hoe groot is de dichtheid van water?
 - c** Bereken de massa van het verplaatste water.
 - d** Bereken het gewicht van het verplaatste water.
 - e** Hoe groot is de opwaartse kracht?
 - f** Wat wijst de krachtmeter aan als we het blokje uit het water halen?

H4 Oefenen met examenopgaven

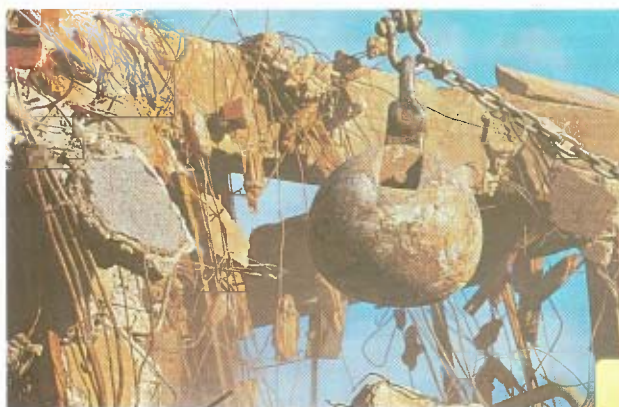
FIG. 62 Vader en moeder trekken de slee.

1 cm $\hat{=}$ 10 N



- 1 Vader en moeder gaan met hun kinderen sleeje trekken. Zij trekken ieder met een kracht van 45 N aan een touw dat met de slee verbonden is (figuur 62).
 - a Neem de tekening nauwkeurig over.
 - b Bepaal door constructie de grootte van de resulterende trekkracht die op de slee werkt.

FIG. 63a Een stalen bol.



- 2 Het slopen van een huis gebeurt soms met behulp van een kraan, voorzien van een grote stalen bol. De bol wordt naar de kraan toe getrokken en vervolgens losgelaten. Daarna treft de bol het huis (figuur 63).

Na het ophijzen hangt de bol stil aan twee kabels A en B. De spankrachten in de kabels noemen we F_a en F_b . Op de bol werken nu drie krachten: F_a , F_b , en F_z (figuur 64)

- a Wat kun je zeggen over de grootte en de richting van de resultante van F_a en F_b ?
- b Neem figuur 64 over en bepaal door een constructie de lengte van de vectoren F_a en F_b .
- c Welke van de onderstaande beweringen is juist?
 - 1 F_a is kleiner dan F_b
 - 2 F_b is kleiner dan F_z

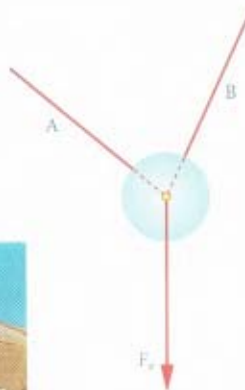


FIG. 64 Op de stalen bol van de sloper werken drie krachten.

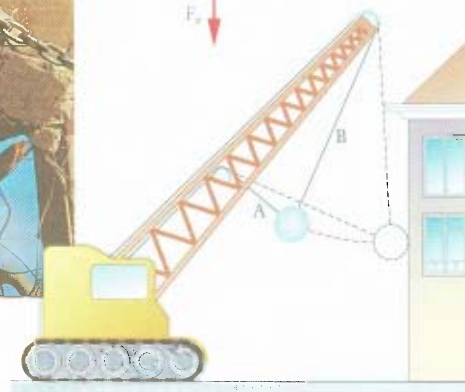


FIG. 63b Het slopen van een huis.

FIG. 65 Een schilderij hangt scheef.

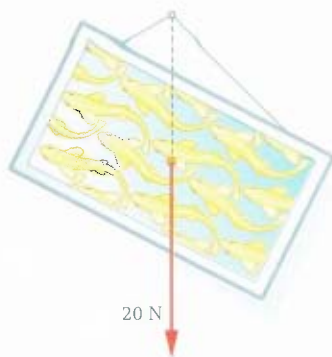


FIG. 66 De drie werklijnen waarlangs de krachten werken.



- 3 Een schilderij hangt scheef (figuur 65). Het gewicht van het schilderij is 20 N.
In figuur 66 zijn de werklijnen van beide spankrachten en de zwaartekracht gegeven. Neem figuur 66 over en bepaal door een constructie de spankrachten in het linker- en rechterkoord. Kies een geschikte krachtenschaal.
- 4 Jan heeft een massa van 30 kg en Trees heeft een massa van 60 kg. Beiden gaan op hun rug in het water liggen drijven.
Vergelijk de opwaartse krachten die Jan en Trees tijdens het drijven ondervinden. De opwaartse kracht die Jan ondervindt is:
- A kleiner.
 - B even groot.
 - C groter.
- 5 Om de maanbodem te kunnen onderzoeken, namen de maanreizigers maanstenen mee naar de aarde. Vergelijk de massa van de maanstenen als ze op aarde zijn aangekomen met de massa ervan op de maan.
Op aarde zal de massa:
- A kleiner zijn dan op de maan.
 - B even groot zijn als op de maan.
 - C groter zijn dan op de maan.
- Licht je antwoord toe.

- 6 Jan en Tom doen samen de volgende proef. Ze vullen een plastic zakje met olie. Ze binden dat zakje dicht. Ze zorgen ervoor dat er geen lucht bij zit. Ze zien dat het zakje met olie in het water drijft. De invloed van het plastic moet je verwaarlozen. Jan en Tom doen over de proef de volgende uitspraken.

1 Jan zegt: 'Het zakje met olie drijft, omdat deze olie een kleinere dichtheid heeft dan water.'

2 Tom zegt: 'Als je méér olie in het zakje had gedaan, was het zakje misschien wel gezonken.'

Welke van deze uitspraken is of zijn onjuist?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D zowel 1 als 2

- 7 Een jongen houdt een emmer water met een gewicht van 100 N aan een touw vast. Het touw is onder het hengel van de emmer doorgehaald (figuur 67).

a Hoe groot is de spankracht in elk van de delen touw waaraan de emmer hangt?

- A 50 N
- B 100 N
- C 200 N

Licht je antwoord toe.

De jongen trekt de uiteinden van het touw een eindje uit elkaar (figuur 68).

In figuur 69 is het gewicht van de emmer getekend. Met de stippellijnen zijn de touwen getekend.

b Teken figuur 69 na. Bepaal de krachtenschaal.

c Bepaal met behulp van een constructie de spankracht in deel A van het touw.

FIG. 67 Een jongen tilt een emmer op.



FIG. 68 De uiteinden van het touw gaan uit elkaar.



FIG. 69 Het ontbinden van een kracht.



- 8 Sanne staat bij een beek. Ze ziet op de bodem van de beek een mooie kei liggen. Ze gaat het water in en tilt de kei uit de beek.

In figuur 70 zie je de kei in vier verschillende posities getekend.

In welke positie(s) heeft Sanne de kleinste kracht nodig om de kei te dragen?

- A alleen in positie 1
- B alleen in positie 2
- C alleen in positie 3
- D alleen in positie 4
- E alleen in de posities 2 en 3
- F in alle vier posities is de kracht die Sanne nodig heeft even groot.

Licht je antwoord toe.

FIG. 70 Het optillen van een kei.



- 9 Zowel op een pot jam als op een pot pindakaas staat dat er 350 gram in zit. Het (inwendige) volume van de pot jam is kleiner dan van de pot pindakaas. Vergelijk de dichtheid van jam met die van pindakaas.
- A Jam heeft een kleinere dichtheid dan pindakaas.
 - B Jam en pindakaas hebben een even grote dichtheid.
 - C Jam heeft een grotere dichtheid dan pindakaas.
 - D Je kunt daar niets over zeggen, omdat je het inwendige volume van de potten niet weet.