

Wat je moet kennen en kunnen aan het eind van blok 6

1 Je moet de volgende krachten kennen: zwaartekracht, normaalkracht, wrijvingskracht, spierkracht, magnetische kracht, elektrische kracht en veerkracht.

[P1, T1, W1]

2 Je moet weten dat de uitwerking van een kracht een vormverandering of een bewegingsverandering kan zijn. [P1, T1, W1]

3 Je moet weten dat de newton (N) de eenheid van kracht is en dat je een kracht aangeeft met de letter F .

[P1, T1, W1]

4 Je moet van meetresultaten een diagram kunnen maken. [P2, T2, W2]

5 Je moet gegevens uit een diagram kunnen aflezen.

[P2, T2, W2]

6 Je moet met een krachtmeter een kracht kunnen meten. [P2, T2, W2]

7 Je moet bij een hefboom het draaipunt aan kunnen geven. Je moet de afstand van de krachten op de hefboom tot aan dat draaipunt aan kunnen wijzen.

[P3, T3, W3]

8 Je moet weten onder welke voorwaarden een hefboom in evenwicht is (de hefboomwet). [P3, T3, W3]

9 Je moet kunnen uitrekenen hoe groot de kracht moet zijn om een hefboom, waar maximaal twee krachten op werken, in evenwicht te brengen als de aangrijpingspunten van de krachten gegeven zijn. [P3, T3, W3]

10 Je moet van eenvoudig gereedschap (notekraker, flesopener, nijptang, koevoet enz.) draaipunt, aangrijpingspunten van krachten bij juist gebruik en de afstand van elke kracht tot aan het draaipunt kunnen aangeven. [P3, T3, W3]

11 Je moet weten dat bij een vaste katrol de richting van de kracht verandert, maar dat de grootte van de kracht hetzelfde blijft. [P3, T3, W3]

12 Je moet kunnen vertellen hoe je een constructie zo stevig en zo stabiel mogelijk kunt maken. [P4, T4, W4]

Blok 6

Krachten

Basisstof

Inleiding 126

T1 Krachten 126

W1 128

T2 De krachtmeter 129

W2 130

T3 Krachten meten 131

W3 132

T4 Gereedschap 132

W4 134

T5 Bouwen 135

W5 137

Herhaalstof

H1 Krachten 138

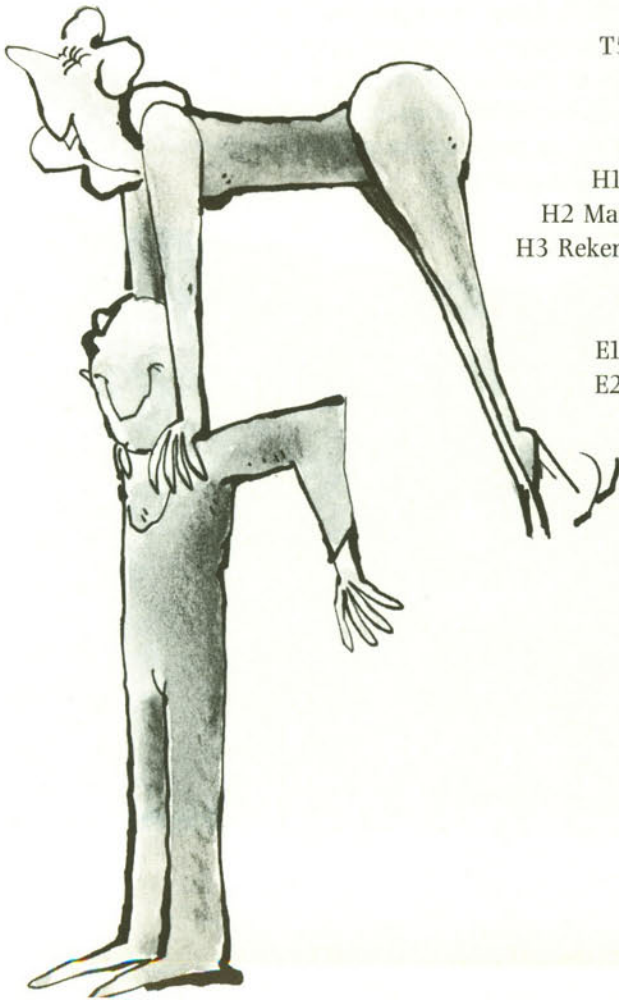
H2 Massa en gewicht 140

H3 Rekenen aan krachten 141

Extrastof

E1 Kantelen 143

E2 Opgaven 144



Inleiding

Het bouwen van een brug is meer dan alleen maar wat stenen op elkaar stapelen. Je moet weten welke materialen geschikt zijn en waarvoor je ze kunt gebruiken. In de vorige blokken heb je al wat eigenschappen van materialen leren kennen. In dit blok onderzoek je hoe je met weinig materiaal toch een stevige constructie kunt maken.

Om dat te kunnen, moet je iets over krachten en evenwicht weten. Daarom begint dit blok met krachten. Wat dat zijn en hoe je ze kunt meten. Het blok eindigt met het bouwen van een sterke brug.

Blok 6

T1

Krachten

Als je op een rechte weg fietst en je trapt niet, ga je steeds langzamer rijden. Uiteindelijk sta je helemaal stil. Je snelheid verandert.

Rijd je met grote snelheid tegen een boom, dan kom je ook tot stilstand. Maar behalve de snelheid verandert er nog iets: de vorm van je fietswiel (en hopelijk alleen dat).

In de natuurkunde willen we de oorzaak van deze veranderingen onderzoeken. De oorzaak van de veranderingen in de bovenstaande voorbeelden noemen we een *kracht*. Een kracht geef je meestal aan met de letter *F* (van *force*, het Engelse woord voor kracht).

In het eerste voorbeeld was er de wrijvingskracht (veroorzaakt door weg en lucht); in het tweede voorbeeld de kracht die de boom op het fietswiel uitoefende.

Een kracht kun je niet zien. Maar je kunt wel het gevolg van een kracht bekijken:

a Verandering van snelheid (je gaat harder als een kracht meewerkt; je gaat langzamer als een kracht tegenwerkt).

b Verandering van bewegingsrichting (een plotselinge zijwind duwt je van de weg af; een bal die op de grond stuitert).

c Verandering van vorm (een elastiekje uitrekken). Soms verandert er niets omdat de krachten elkaar opheffen (een voorwerp dat stil op de grond ligt: op het voorwerp werkt de zwaartekracht, maar de grond oefent een tegenkracht uit zodat het voorwerp niet naar beneden valt).

fig. 1
Vormverandering in je
voorwiel...



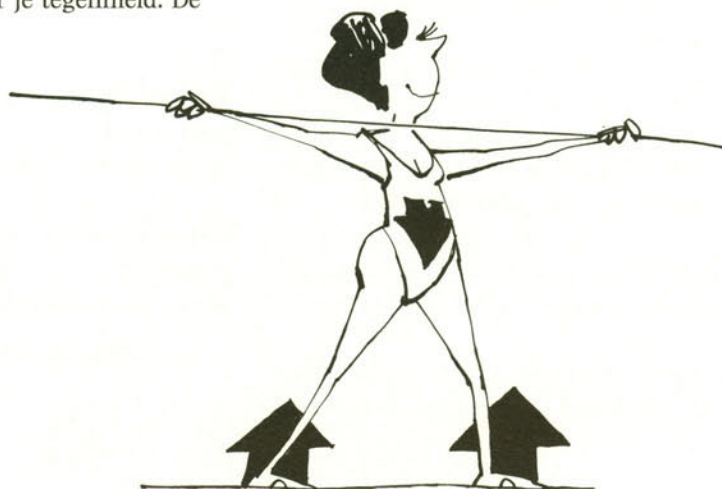
Evenwicht

Je denkt er niet vaak aan, maar er werken altijd krachten op je. Als je stilstaat op de vloer, werken er minstens twee krachten op je: de zwaartekracht en de kracht die ervoor zorgt dat je niet door de vloer zakt. Zaaft iemand de vloer onder je vandaan, dan val je naar beneden. Je wordt aangetrokken door de aarde. Deze kracht noemen we de *zwaartekracht*. De zwaartekracht begint niet pas te werken als de vloer wordt weggezaagd, maar is er al de hele tijd. Je viel niet naar beneden omdat de vloer je tegenhield. De

vloer oefende een kracht omhoog uit die even groot was als de zwaartekracht. De krachten waren in evenwicht. De kracht die de vloer uitoefent, noemen we de *normaalkracht*.

In dit blok heb je vooral te maken met dit soort evenwichtssituaties. Er werken in zo'n situatie meerdere krachten, maar het voorwerp blijft op zijn plaats. De krachten heffen elkaars werking op.

fig. 2
De zwaartekracht trekt je naar beneden, de normaalkracht houdt je tegen.



Stabiel

Voor de stevigheid van een gebouw is het niet voldoende dat de krachten in evenwicht zijn. Zo'n gebouw moet ook stabiel zijn. Een voorwerp is stabiel, naarmate er een grotere kracht nodig is om het om te duwen.

Je kunt de stabiliteit van een voorwerp vergroten door:

- a het grondvlak groter te maken;
- b het zwaarste deel zo dicht mogelijk bij de grond te houden;
- c het stevig op de ondergrond te bevestigen.

Soorten krachten

De oorzaak van een kracht kan heel verschillend zijn. In het voorbeeld waarbij iemand valt omdat de vloer onder de voeten weggezaagd werd, is de zwaartekracht genoemd.

De zwaartekracht is de kracht waarmee de aarde voorwerpen aantrekt. Het symbool voor de zwaartekracht is F_z .

De kracht die de vloer op voorwerpen uitoefent, noemen we de normaalkracht (F_n).

In het voorbeeld waar de snelheid verminderde omdat je niet trapte, is er de wrijvingskracht (F_w).

fig. 3

bron	naam	symbool
aantrekkingskracht van de aarde	zwaartekracht	F_z
vloer	normaalkracht	F_n
ruwe voorwerpen	wrijvingskracht	F_w
spieren	spierkracht	F_{sp}
magneet	magnetische kracht	F_m
geweven staaf	elektrische kracht	F_{el}
uitgerekt elastiek	veerkracht	F_v
touw	spankracht	F_s

1 Noem vijf verschillende soorten krachten. Schrijf bij elke kracht de oorzaak op.

2 Noem de drie mogelijke gevolgen van een kracht.

3 Je fietst met constante snelheid over een fietspad.

a Welke vier krachten werken er dan?

b Welke krachten die je bij a genoemd hebt, zijn met elkaar in evenwicht?

c Welke kracht is er de oorzaak van dat je sneller gaat als je een berg af fietst?

d Waarom moet je een grotere kracht uitoefenen als je wind tegen hebt?

4a Noem drie voorbeelden van aantrekkende krachten.

b Noem een voorbeeld van afstotende krachten.

5a Noem twee voorbeelden waaruit blijkt dat zwaarte-kracht en magnetische kracht verschillende soorten krachten zijn.

b Noem twee voorbeelden waaruit blijkt dat elektrische kracht en magnetische kracht verschillende soorten krachten zijn.

6 Welke krachten zijn er in figuur 4 met elkaar in evenwicht?

Welke richting hebben de krachten?

fig. 4

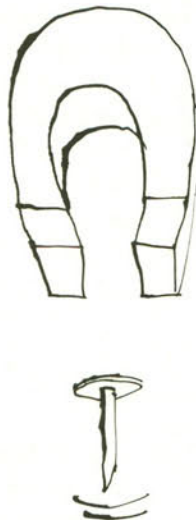


fig. 5

Jan probeert een ijzeren staaf te buigen.



7 Welke krachten zijn er in figuur 5 met elkaar in evenwicht?

Welke richting hebben de krachten?

8 Welke krachten zijn er in figuur 6 met elkaar in evenwicht?

Welke richting hebben de krachten?

fig. 6

Een lamp hangt aan het plafond.



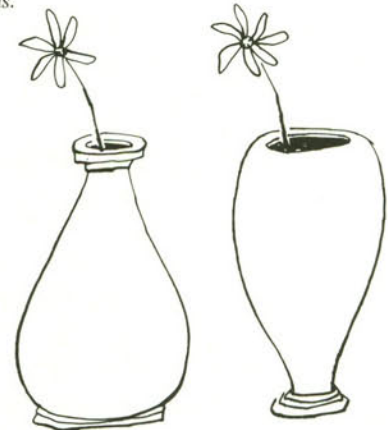
9 Je wilt bloemen in een vaas zetten. Je kunt kiezen uit de twee vazen in figuur 7. Ze zijn even groot en van hetzelfde materiaal gemaakt.

a Welke is het meest stabiel? Waarom?

b Als je een vaas met water vult, wordt deze stabiel. Leg uit waarom.

fig. 7

Twee vazen zijn even groot. Kies welke het meest stabiel is.



In een krachtmeter zit een veer. Als je op een krachtmeter een kracht uitoefent, dan rekt de veer uit. Hoe groter de kracht, hoe verder de veer uitrekt. De krachtmeter heeft een schaalverdeling in newton. Je kunt op de krachtmeter aflezen hoeveel newton een kracht is. De newton (afgekort: N) is de eenheid van kracht. Je kunt zelf een krachtmeter maken van een veer. Je moet deze dan eerst iijken. Je hangt daarvoor gewichtjes

aan de veer en je zet een streepje en een getal bij het uiteinde van de veer.

De uitrekking van een veer is heel regelmatig. Als je de kracht op de veer tweemaal zo groot maakt, wordt de uitrekking ook tweemaal zo groot. De uitrekking van de veer is recht evenredig met de kracht die op de veer wordt uitgeoefend.

fig. 8

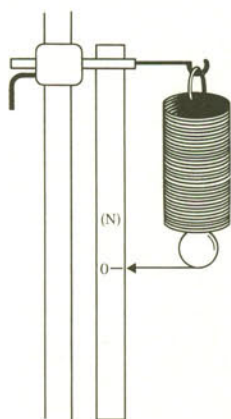
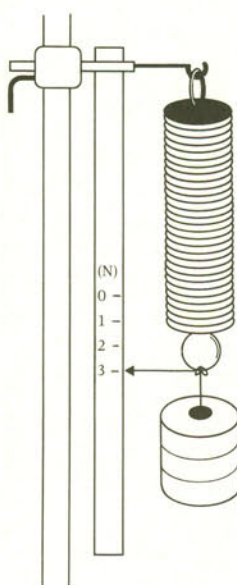


fig. 9



Els maakt met een veer een krachtmeter (figuur 8). Ze maakt eerst een latje naast de veer waarop de schaalverdeling komt.

Ze plaatst het cijfer 0 aan het begin van de schaal, precies naast het uiteinde van de onbelaste veer (als er niets aan de veer hangt).

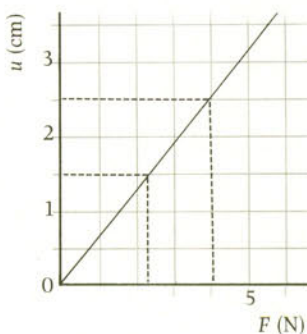
Els hangt eerst een gewichtje met een zwaartekracht van 1 N aan de krachtmeter en zet een streep met het cijfer 1 op de plaats naast het uiteinde. Daarna hangt ze er een tweede gewichtje van 1 N bij en zet het cijfer 2 op haar schaal, enzovoort (zie figuur 9).

Je ziet dat alle streepjes even ver uit elkaar staan.

Uitrekking-krachtdiagram

Dat kun je ook zien aan het diagram waarin je de uitrekking u uitzet tegen de kracht F die je op de veer moet uitoefenen (figuur 10). De grafiek is een rechte lijn want de meetpunten liggen op één rechte lijn door de oorsprong.

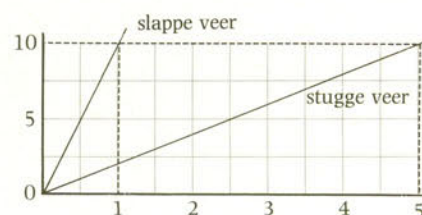
fig. 10



Niet alle veren zijn hetzelfde. Bij een stugge veer is meer kracht nodig voor dezelfde uitrekking dan bij een slappe veer (figuur 11). Om de slappe veer 10 cm uit te rekken is 1 N nodig. Bij de stuggere veer is dat 5 N.

fig. 11

Uitrekking van een slappe veer en van een stugge veer.



1 Bij een veer zijn de kracht die je er op uitoefent en de uitrekking van de veer recht evenredig.

a Leg uit wat hiermee bedoeld wordt.

b Schets een diagram van twee grootheden die recht evenredig met elkaar zijn.

2 Aan een veer wordt een voorwerp gehangen met een zwaartekracht van 6,0 N. De veer rekt daardoor 2,0 cm uit.

a Het voorwerp is in evenwicht. Welke krachten werken er op het voorwerp?

b Hoe groot zijn die krachten?

c Hoe groot wordt de uitrekking van de veer als je er aan trekt met een kracht van 18 N?

Hetzelfde voorwerp ($F_z = 6,0$ N) wordt nu aan een elastiek gehangen. Het elastiek rekt daardoor ook 2,0 cm uit.

d Wat kun je zeggen van de uitrekking van het elastiek als je er aan trekt met een kracht van 18 N?

3 In figuur 12 en 13 zijn twee diagrammen getekend. Ze geven de relatie weer tussen de kracht (F) en de uitrekking (u). Figuur 12 gaat over een veer, figuur 13 over een elastiek.

a Neem de tabellen in figuur 14 en 15 over en vul ze in. Uit de grafiek van de veer blijkt dat deze altijd even stug is. Het kost telkens evenveel kracht extra om de veer 1 cm extra uit te rekken.

b Wat kun je zeggen over de stugheid van het elastiek?

4 In figuur 16 staan twee krachtmeters getekend. De ene werkt met een elastiek, de andere met een veer.

a Welke krachtmeter werkt met een elastiek? Licht je antwoord toe.

b Welke krachtmeter kun je het beste gebruiken? Waarom?

fig. 12

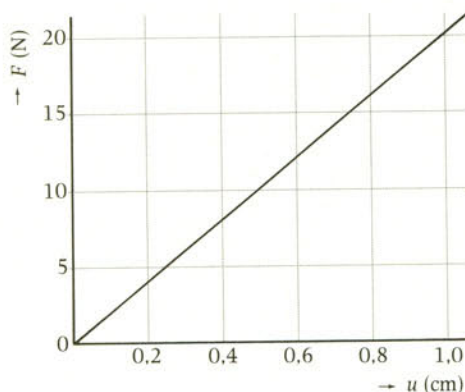


fig. 14

veer

F (N)	u (cm)
0	...
0,2	...
0,4	...
0,6	...
...	15

fig. 16

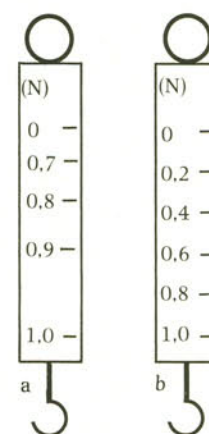


fig. 13

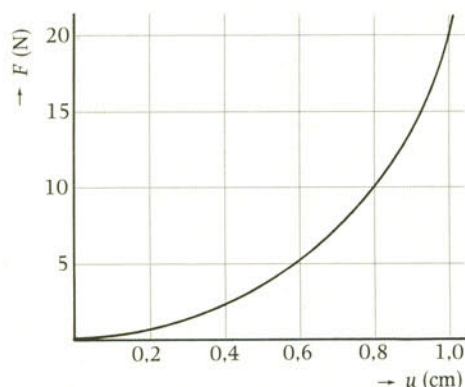


fig. 15

elastiek

F (N)	u (cm)
0	...
0,2	...
0,4	...
0,6	...
...	15

Een kracht meet je met een krachtmeter (figuur 17). De eenheid van kracht is de newton. Je kort die af met de letter N.

fig. 17



Sir Isaac Newton (figuur 18) was een Engelse wiskundige en natuurkundige. Hij was een van de grootste geleerden van zijn tijd. Hij publiceerde in 1687 een boek, getiteld 'Philosophiae Naturalis Principia Mathematica', waarin hij de invloed van krachten op een beweging wiskundig beschreef. Zijn ideeën ontleende hij onder andere aan het werk van Copernicus, Galilei en Christiaan Huygens.

fig. 18

Sir Isaac Newton
(1642–1727).



Gewicht en massa

We zeggen vaak dat je met een krachtmeter het *gewicht* van het blokje meet dat er aanhangt.

Dat een voorwerp gewicht heeft, is een gevolg van de zwaartekracht. De aarde trekt met een kracht van 10 N aan een voorwerp met een massa van 1 kg.

Gewicht is een kracht en de eenheid van gewicht is dus de newton.

Een personenweegschaal werkt ook met een veer die,

als hij wordt ingedrukt, de wijzerplaat verdraait. Een personenweegschaal meet het gewicht, dus een kracht. Als je de personenweegschaal afleest, zie je als eenheid niet de newton, maar de kilogram. Dit is voor het gemak gedaan, maar natuurkundig gezien is het niet juist. De kilogram is natuurlijk de eenheid van massa. Als je wilt weten hoe groot de kracht op de weegschaal is, moet je het aantal kilogram met 10 vermenigvuldigen om het aantal newton te vinden.

Je gewicht is afhankelijk van de plaats waar je staat. Stel dat je een massa hebt van 50 kg. Dan is jouw gewicht op aarde 500 N.

De zwaartekracht op Mars is veel minder dan die op aarde. Je gewicht op Mars zou dan ook maar 186 N zijn. En op de maan zou je gewicht zelfs slechts 83 N zijn.

- 1a Wat bedoelen we met de massa van een voorwerp?
 b Waar hangt de massa van een voorwerp van af?
 c Wat bedoelen we met het gewicht van een voorwerp?
 d Wat is de eenheid van massa? Wat is de eenheid van gewicht?
 e Met welk instrument meet je de massa van een voorwerp?
 f Met welk instrument meet je het gewicht van een voorwerp?

2 Neem de tabel in figuur 19 over en vul die in (voor de situatie op aarde).

fig. 19

gewicht	massa
100 N	...
24 N	...
...	1,0 kg
...	45 kg
0,56 N	... kg = ... g
...	... kg = 125 g

3 Een astronaut heeft een helm van 2,5 kg bij zich. De astronaut staat op het punt van de aarde te ver-
 trekken naar Mars.

- a Hoe groot is de massa van de helm?
 b Hoe groot is het gewicht van de helm?
 Op Mars is de zwaartekracht kleiner dan op aarde.
 c Wat kun je zeggen over de massa en het gewicht van de helm op Mars?

4 Thuis uitproberen!

- a Ga op een weegschaal staan en lees af hoe groot je massa is.
 b Bereken jouw gewicht.
 c Verandert je gewicht als je op één been gaat staan?
 d Wat gebeurt er als je op je hurken zit en je gaat ineens staan? (Goed kijken!) Geef hier een verklaring voor.

Blok 6

T4

Gereedschap

Bij veel soorten gereedschap zijn drie overeenkomstige punten aan te geven (zie figuur 20):

- 1 het draaipunt (een vast punt waarom het apparaat draait);
 2 de plaats waar de gebruiker de kracht uitoefent;
 3 de plaats waar het gereedschap een kracht uitoefent.

fig. 20

Je maakt een fles open.

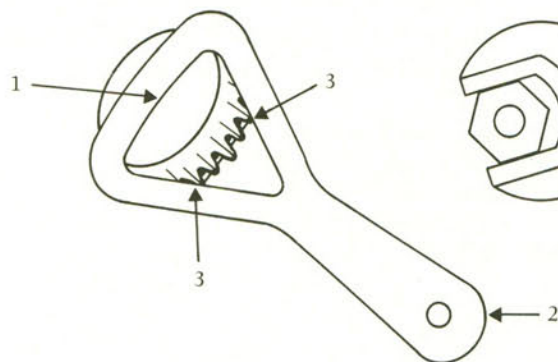
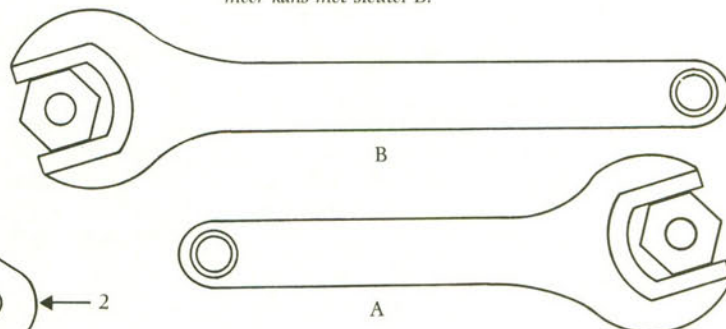


fig. 21

Krijg je een moer niet los met sleutel A, dan heb je meer kans met sleutel B.



Een hamer moet je bij het eind van de steel vasthouden.

Dit soort gereedschap werkt als een hefboom. Een eenvoudige hefboom werkt als volgt (figuur 22):

Een hefboom is in evenwicht als geldt:

Voorbeeld:

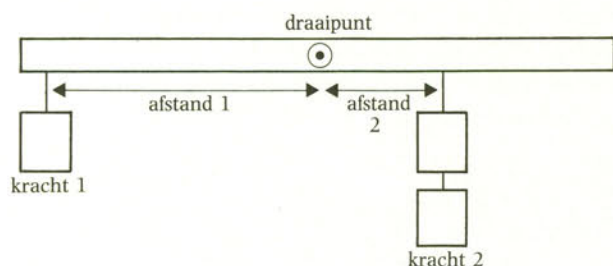
Je gebruikt een schroevendraaier als hefboom om een blik verf open te maken (figuur 23). Je oefent een kracht uit van 50 N. Op het blik wordt hierdoor een kracht uitgeoefend van:

$$\begin{aligned} \text{kracht 1} \times \text{arm 1} &= \text{kracht 2} \times \text{arm 2} \\ 50 \times 25 &= F \times 0,5 \\ 1250 &= 0,5 F \\ F &= \frac{1250}{0,5} \\ F &= 2500 \text{ N} \end{aligned}$$

fig. 22

De hefboom is in evenwicht als

$$\text{kracht 1} \times \text{arm 1} = \text{kracht 2} \times \text{arm 2}.$$



De katrol

Ook bij een katrol heb je krachten en een draaipunt. Als je een voorwerp omhoog wilt trekken, dan kan dat bijv. op deze twee manieren:

1 Je oefent een kracht *omhoog* uit.

2 Je gebruikt een katrol en je trekt *omlaag*.

De kracht die je moet uitoefenen is even groot als bij de

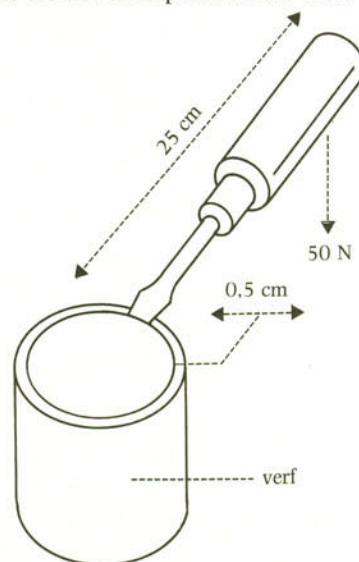
Met een pijl kunnen we de richting van de kracht aangeven.

$$\text{kracht} \times \text{afstand aan de ene kant van het draaipunt} = \text{kracht} \times \text{afstand aan de andere kant van het draaipunt}.$$

De afstand van de kracht tot het draaipunt wordt vaak de *arm* genoemd.

fig. 23

Een verf blik openen met een schroevendraaier.



eerste manier, maar nu trek je omlaag. Dit gaat makkelijker, want je kunt met je eigen gewicht aan het touw gaan hangen (figuur 24).

Een katrol verandert de richting van de kracht (en *niet* de grootte!)

fig. 24

a Een voorwerp omhoog-trekken.

b Een voorwerp omhoog-hijsen met een katrol: jij trekt omlaag en het voorwerp beweegt omhoog.

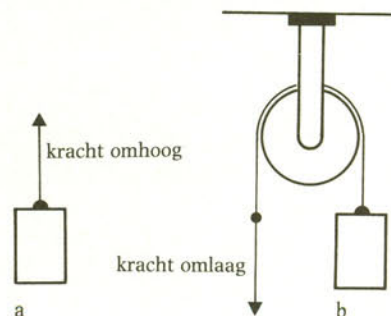


fig. 25

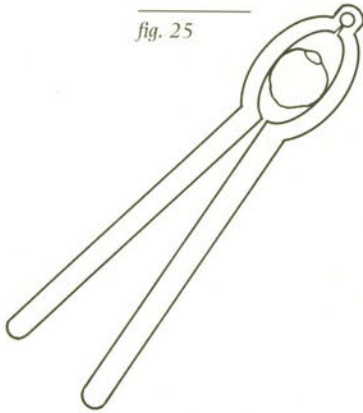


fig. 26

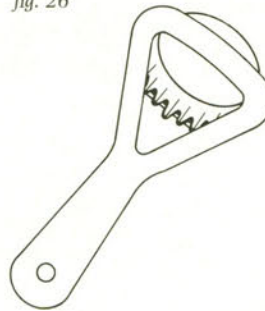


fig. 27

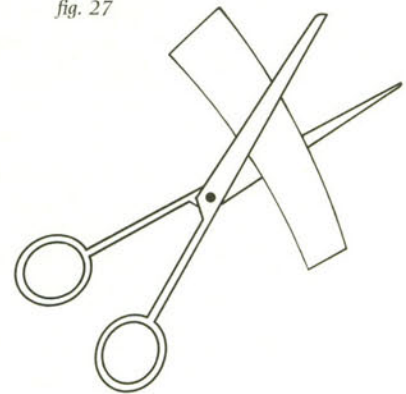


fig. 28



1 Maak een schets van de gereedschappen (figuur 25 t/m 28). Geef in die tekeningen de drie belangrijke punten aan:

- a het draaipunt;
- b de plaats waar je de kracht moet uitoefenen;
- c de plaats waar het gereedschap een kracht uitoefent.

2a Als je een dik stuk karton met een schaar knipt, stop je het karton zo ver mogelijk in de schaar. Waarom doe je dat?

b Leg uit waarom je de dop wel met een flesopener van de fles krijgt en niet met je handen.

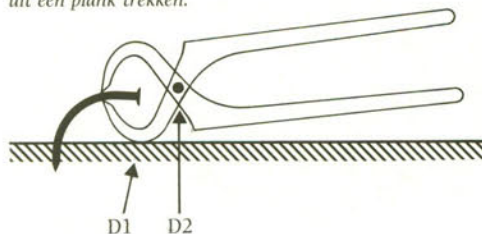
c Waarom lukt het met een notenkraker wel om een noot te kraken en met je handen (bijna) niet?

d Als je met een nijptang een spijker uit het hout trekt, maak je (als je dat goed doet) tweemaal gebruik van de hefboomregel (figuur 29).

Leg dat uit.

fig. 29

Met een nijptang een spijker uit een plank trekken.



3 Twee kinderen zitten op een wip. Ze zijn blijkbaar niet even zwaar (figuur 30). De wip komt wel in evenwicht als één van de kinderen naar voren gaat zitten.

- a Welk kind moet naar voren gaan zitten?
- b Waarom is de wip nu wel in evenwicht?

fig. 30

Jan en Els op de wip.



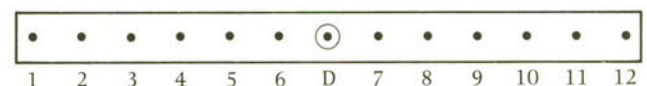
4 In figuur 31 is een hefboom getekend. D is het draaipunt. De gaatjes in de hefboom zijn genummerd.

In de gaatjes worden gewichtjes van 0,5 N gehangen. Bereken de kracht die je moet uitoefenen in gat nummer 9 om in de volgende situaties de hefboom in evenwicht te houden:

- a Twee gewichtjes in gat 3.
- c Drie gewichtjes in gat 1,
- b Twee gewichtjes in gat 2, twee gewichtjes in gat 4,
- één gewichtje in gat 5 en vijf gewichtjes in gat 7 en
- één gewichtje in gat 10. twee gewichtjes in gat 10.

fig. 31

Hefboom met draaipunt D.



5 Kees vervoert met een kruiwagen een zak zand. Het totale gewicht is 400 N (figuur 32).

a Neem de tekening over en geef daarin aan: het draaipunt, de kracht F die Kees moet uitoefenen en het gewicht van de kruiwagen met de zak zand.

b Zet bij iedere kracht ook de arm van de kracht.

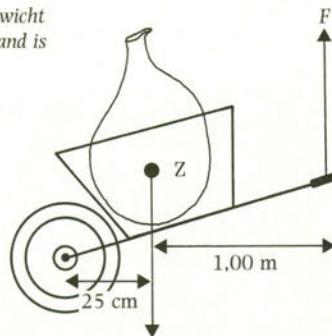
c Hoe groot is de kracht F waarmee Kees de kruiwagen in evenwicht houdt?

De zak zand wordt meer naar achteren gelegd (dus van het wiel af). Kees moet nu een grotere kracht uitoefenen.

d Leg dit uit.

fig. 32

Het gezamenlijke gewicht van kruiwagen en zand is 400 N.



Blok 6

T5

Bouwen

Hoe stevig een balk is, hangt af van het materiaal, maar ook van de vorm van de balk. Belangrijk zijn onder andere:

- de lengte (hoe langer de balk, hoe zwakker);
- het profiel (een T-balk of I-balk is veel steviger dan een massieve balk van hetzelfde materiaal, figuur 33).

Een plank die alleen aan de uiteinden ondersteund wordt, zal ten gevolge van zijn eigen gewicht doorbuigen (figuur 34). Dit kan schadelijk zijn. Aan de

fig. 33

T-balk en I-balk.



6 Een piano met een gewicht van 2000 N moet 10 meter omhoog gehesen worden. Er wordt een katrol gebruikt.

a Hoe groot is de kracht die uitgeoefend moet worden?

b Hoeveel touw moet je innemen?

c Noem twee voordelen van het werken met een katrol.

7 Een zak cement van 50 kg moet met een katrol omhoog gehesen worden.

a In welke richting moet je jouw kracht laten werken?

b Hoe groot moet jouw kracht zijn?

bovenkant wordt zo'n plank in elkaar geduwd, aan de onderkant wordt hij juist uit elkaar getrokken.

Het doorbuigen van een plank kan op verschillende manieren voorkomen worden (figuur 35):

- 1 steunbalken onder de plank bevestigen;
- 2 opstaande rand langs de plank;
- 3 kabels aan de plank.

Bij grote bruggen kun je al deze vormen van versteviging terugvinden (figuur 36, 37 en 38).

fig. 34

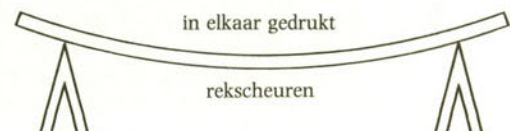


fig. 35

De kabels houden het midden van de plank omhoog. De plank blijft hierdoor recht liggen.

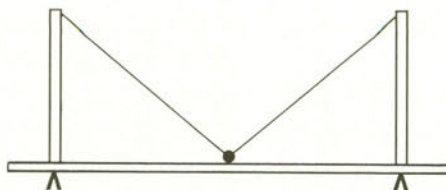


fig. 36

Hangbrug.



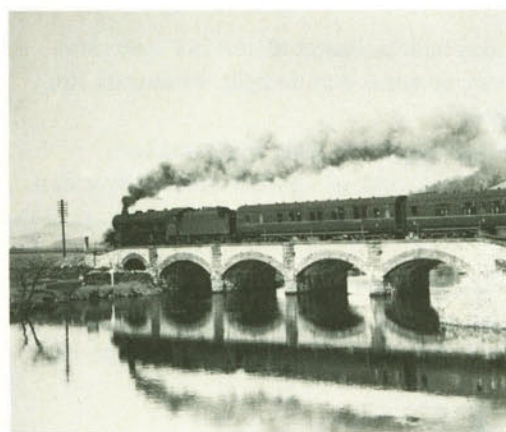
fig. 37

Balkbrug.



fig. 38

Boogbrug



Beton is een materiaal dat er zeer goed tegen kan in elkaar gedrukt te worden, maar snel scheurt als het uit elkaar getrokken wordt. Om het uit elkaar trekken van het materiaal te voorkomen, wordt er betonijzer

in het beton verwerkt. Door het betonijzer van tevoren te spannen, kan er voor gezorgd worden dat het beton altijd min of meer in elkaar gedrukt wordt. Dit noemt men voorgespannen beton.

1 Een lange plank die alleen aan de uiteinden ondersteund wordt, heeft de neiging om door te zakken.

a Hoe komt dit?

b Met kabels kun je dit (voor een deel) verhelpen. Geef in een schets aan hoe je dat kunt doen.

Je kunt ook een opstaande rand langs de plank maken.

c Waarom helpt een opstaande rand tegen het doorzakken?

2 In figuur 39 en 40 zijn twee planken op elkaar bevestigd. De pijltjes geven de richting aan van de krachten die op de planken werken.

a In welke situatie maakt het niet veel uit of je een schroef of een spijker gebruikt? Waarom?

b In de andere situatie zitten de planken met een schroef veel steviger op elkaar. Hoe komt dat?

c Welke krachten spelen een rol als je twee op elkaar geschroefde planken lostrekt?

fig. 39
Horizontale krachten.

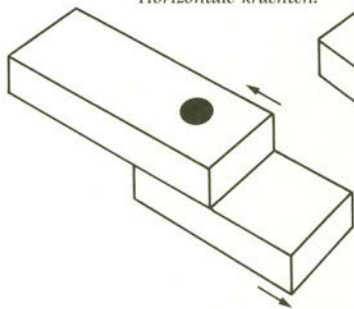
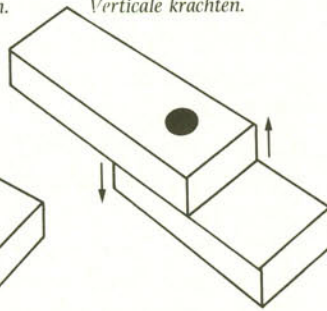


fig. 40
Verticale krachten.

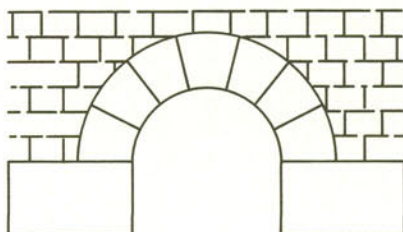


3 In bruggen kom je vaak bogen tegen (figuur 41).

Als de stenen van een boog op de juiste manier gestapeld worden, is er zelfs geen cement nodig. Je komt deze manier van bouwen bijvoorbeeld ook tegen bij ovens waar met hoge temperaturen gewerkt wordt (glasovens en dergelijke).

a Hoe kan het dat de middelste steen niet naar beneden valt?

fig. 41
Stenen boog zoals die voor kan komen bij bruggen, poorten en gewelven.



b Wat zal er gebeuren als een zwaar iemand boven op de boog gaat staan?

De onderste stenen van de boog zijn altijd extra stevig.

c Noem twee redenen waarom dat nodig is.

4 In figuur 42 zijn drie bruggen van papier getekend.

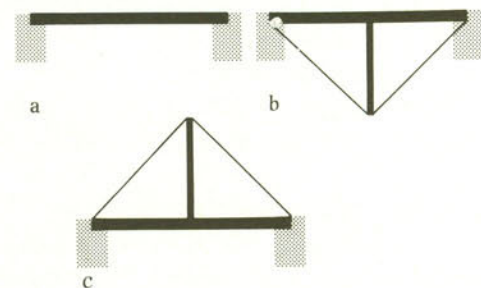
a Welke brug is volgens jou het stevigst? Waarom?

Toch worden bruggen zo niet gebouwd.

b Wat is het nadeel van de brug waarvan jij dacht dat die het stevigst was?

fig. 42

Welke brug is het stevigst?

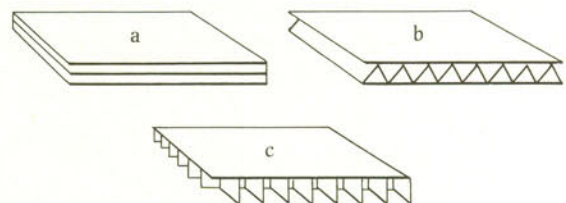


Je mag voor het brugdek kiezen uit de papieren 'planken' uit figuur 43.

c Welke kies jij? Waarom is deze plank met weinig materiaal toch verrassend sterk?

fig. 43

Drie verschillende papieren 'planken'.



5 In figuur 29 (blz. 134) is getekend hoe je met een nijptang een spijker uit een stuk hout trekt.

Met een nijptang kun je een spijker steviger vasthouden dan met je vingers.

a Hoe komt dat?

Je oefent een kracht van 250 N uit op het uiteinde van de nijptang.

b Bereken de kracht waarmee de nijptang de spijker uit het hout trekt.

Soorten krachten

Je bent in het blok verschillende soorten krachten tegengekomen. Hieronder staan de belangrijkste nog eens.

1 De zwaartekracht F_z .

Dit is de kracht die de aarde op een voorwerp uitoefent. Als je valt, beweeg je naar beneden omdat de zwaartekracht je naar beneden trekt.

2 De spierkracht F_{sp} .

Dit is de kracht die mens en dier met behulp van spieren kunnen uitoefenen.

3 De magnetische kracht F_m .

De kracht die een magneet op een ander voorwerp kan uitoefenen. Deze kracht kan aantrekkend of afstotend zijn.

4 De elektrische kracht F_{el} .

Als je een kunststof staaf opwrijft, kan deze elektrisch geladen worden. Daardoor kan de staaf kracht uitoefenen op andere voorwerpen.

5 De veerkracht F_v .

Dit is de kracht waarmee een veer zich tegen uitrekking verzet. Stugge veren kun je moeilijk uitrekken. Een slappe veer rekt zelfs bij een kleine kracht al ver uit.

6 De spankracht F_s .

Deze lijkt veel op de veerkracht. De spankracht treedt bijvoorbeeld op in touw dat uitgerekt wordt.

7 Wrijvingskracht F_w .

Dit is de kracht die twee voorwerpen op elkaar uitoefenen als ze langs elkaar bewegen. Bewegende lucht (wind) kan ook wrijving veroorzaken.

8 De normaalkracht F_n .

Dit is de kracht die de vloer (of een tafel) uitoefent op een voorwerp dat erop ligt. De normaalkracht voorkomt dat het voorwerp door de vloer (of door de tafel) zakt.

9 Het gewicht van een voorwerp.

Als een voorwerp op de grond ligt, dan oefent het voorwerp een kracht uit op de grond. Deze kracht noemen we het gewicht van het voorwerp. Je kunt het gewicht meten door het voorwerp aan een krachtmeter te hangen.

10 De opwaartse kracht F_{opw} .

Dit is de kracht die een voorwerp ondervindt in een vloeistof (drijven) of in de lucht (ballon).

1 In de volgende situaties werken één of meer krachten op een voorwerp. Schrijf deze krachten op.

a Je strijkt een lucifer aan.

b Een plank ligt over een slootje.

c Je houdt een magneet boven een paperclip.

d Je laat een blokje vallen.

e Je laat een gespannen elastiekje los.

f Een blokje hout wordt onder water losgelaten.

h Een appel valt van de boom.

i Een bal botst tegen een muur.

j Een auto gaat de bocht om.

k Een bal beweegt omhoog (nadat hij is weggeschoten).

l Een knikker rolt over de grond en komt tot stilstand.

m Je staat op de grond.

De gevolgen van een kracht

Een kracht kun je niet zien. Je kunt wel bemerken wat de gevolgen van een kracht zijn:

- *verandering van snelheid* (met een duw in de rug fiets je harder, door de wrijving ga je juist langzamer bewegen);

- *verandering van richting* (een bal stuitert tegen een muur);

- *verandering van vorm* (als een voorwerp aan een krachtmeter gehangen wordt, dan rekt de veer van de krachtmeter uit);

- *geen verandering* (er werken dan verschillende krachten die elkaar opheffen). Je spreekt dan van evenwicht.

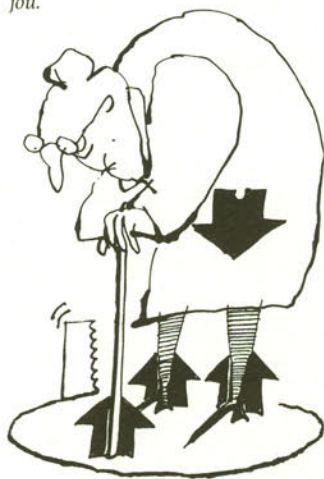
2 Schrijf voor elke situatie van vraag 1 op, wat de gevolgen van alle optredende krachten zijn.

Evenwicht

Als er op een voorwerp verschillende krachten werken, kan het gebeuren dat het voorwerp niet van snelheid en ook niet van richting verandert. We zeggen dan dat de krachten op het voorwerp met elkaar in evenwicht zijn.

Voorbeeld 1. Je staat op de grond (figuur 44). Op jou werken: de zwaartekracht naar beneden en de normaalkracht naar boven. Deze krachten heffen elkaar op en zijn dus in evenwicht.

fig. 44
Als jij op de grond staat,
werken er twee krachten op
jou.



3a In welke van de situaties uit vraag 1 was er sprake van evenwicht?

b Noem in deze situaties de krachten die elkaars werking opheffen.

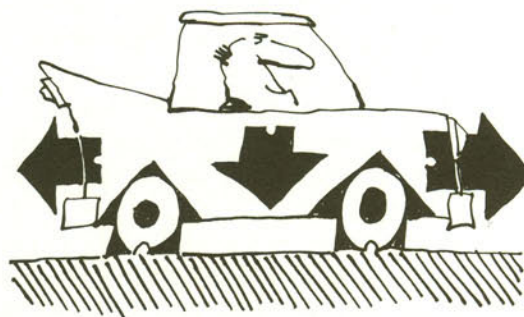
Een bijzonder soort evenwicht vind je bij een hefboom. Ook hier werken krachten die elkaars werking opheffen.

Voorbeeld 2. Een auto rijdt met constante snelheid (figuur 45).

Omdat de auto over de weg beweegt, is er wrijving. Maar de motor zorgt voor een kracht om deze te overwinnen.

Er werken natuurlijk nog meer krachten op de auto: de zwaartekracht en de normaalkracht, net zoals in het eerste voorbeeld. Ook deze krachten heffen elkaar op.

fig. 45
Een auto rijdt met constante
snelheid.



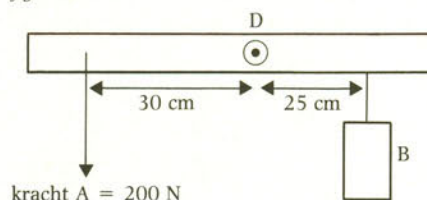
4a Bereken het gewicht van blok B in figuur 46.

(Aanwijzing: gebruik de hefboomregel:

$\text{kracht} \times \text{arm aan de ene kant} =$

$\text{kracht} \times \text{arm aan de andere kant.})$

fig. 46



Massa en gewicht zijn twee begrippen die vaak door elkaar gehaald worden. Dit komt misschien omdat we zelden te maken hebben met situaties waarin het gewicht verandert. In de natuurkunde komen we dat soort situaties wel tegen, zodat we goed moeten afspreken wat massa is en wat gewicht is.

Voorbeeld 1. Als je op een weegschaal staat in een lift en de lift begint naar boven te bewegen, zal de weegschaal opeens meer aangeven. (Probeer dat maar eens uit als er een lift in de buurt is.) Je bent niet dikker geworden en de weegschaal geeft toch meer aan.

Voorbeeld 2. Nog erger wordt het als je uit een vliegtuig springt. De weegschaal valt net zo hard naar beneden als jij en zal dus 0 aangeven. Alsof je plotseling wel heel erg bent afgevallen!

In beide voorbeelden ben jij niet veranderd, maar de weegschaal gaf wel telkens iets anders aan. Dat komt omdat jouw massa niet veranderde, maar wel jouw gewicht.

Massa heeft te maken met de hoeveelheid stof waaruit een voorwerp bestaat. Je meet de massa van een voorwerp in kg. Verandert de hoeveelheid stof niet, dan verandert de massa ook niet.

Gewicht is de kracht die jij op de weegschaal uitoefent als jij op een weegschaal staat.

Sta je stil, dan is jouw gewicht gelijk aan de zwaartekracht die op je werkt. Daarom is je gewicht op de maan anders. De zwaartekracht op de maan is namelijk kleiner dan de zwaartekracht op aarde.

Gewicht is een kracht en de eenheid van gewicht is dus de newton (N).

Op aarde geldt: een voorwerp met een massa van 1 kg heeft een gewicht van 10 N.

De rest van deze herhaalstof bestaat uit een proef en een aantal opgaven. Is het niet mogelijk de proef te doen, dan mag je hem ook overslaan.

Proef: het meten van massa en gewicht

Benodigheden:

een balans met toebehoren;

een krachtmeter;

ongeveer vijf voorwerpen.

Meet van alle voorwerpen zowel de massa als het gewicht.

Noteer jouw metingen in een tabel.

1a Met welk instrument bepaal je de massa van een voorwerp?

b Beschrijf kort hoe je met dat instrument moet werken.

c In welke eenheden kun je een massa meten?

2a Met welk instrument bepaal je het gewicht van een voorwerp?

b Beschrijf kort hoe je dat doet.

c Wat is de eenheid van gewicht?

3a Hoe kun je het gewicht van een voorwerp berekenen als je de massa weet?

b Als je de proef gedaan hebt, klopt dat dan bij de voorwerpen waarvan je massa en gewicht bepaald hebt?

4a Als je het gewicht van een voorwerp op aarde weet, hoe moet je dan de massa van dat voorwerp berekenen?

b Controleer dit bij je metingen (als je die gedaan hebt).

5 Neem de tabel uit figuur 47 over en vul deze verder in.

fig. 47

voorwerp	massa	gewicht	voorwerp	massa	gewicht
balpen	20 g	... ..	schotel	... ..	1,7 N
koffiekopje	0,130 kg	... ..	pan	... ..	5,7 N
aardappel	70 g	... ..	schaar	... ..	0,55 N
stoel	6,5 kg	... ..	geodriehoek	... ..	0,17 N
brief	17 g	... ..	blok ijzer	... ..	120 N

H3 Rekenen aan krachten

Belangrijke relaties

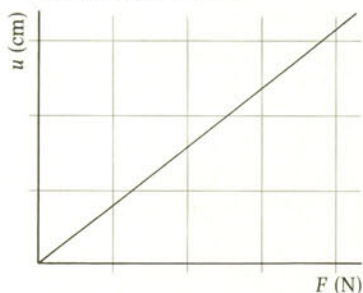
1 Is een voorwerp in evenwicht, dan heffen de krachten die op het voorwerp werken elkaar op.

2 Het gewicht van een voorwerp met een massa van 1 kg is op aarde 10 N.

De massa van een voorwerp met een gewicht van 1 N op aarde is 100 g.

3 Veerkracht: de kracht die op een veer wordt uitgeoefend, is recht evenredig met de uitrekking. Dat wil zeggen, als je de kracht op de veer bijvoorbeeld vijf maal zo groot maakt, danrekt de veer vijf maal zo ver uit (zie figuur 48).

fig. 48
Diagram van de uitrekking van een veer. De kracht (F) is horizontaal uitgezet, de uitrekking (u) verticaal.



4 Hefboom:

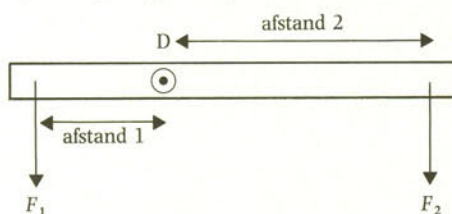
kracht $\times$ arm links = kracht $\times$ arm rechts

Belangrijk (zie figuur 49):

draaipunt D

arm: afstand van de kracht tot aan het draaipunt

fig. 49
Hefboomregel:
 $F_1 \times \text{arm}_1 = F_2 \times \text{arm}_2$



5 Katrol:

kracht F is gelijk aan het gewicht van het voorwerp.

Kracht F werkt naar beneden; voorwerp gaat omhoog.

Als je het voorwerp 1 meter omhoog wilt trekken moet je 1 meter touw innemen.

1 Els staat op een weegschaal. Ze leest 54 kg af.

a Bereken haar gewicht.

b Welke krachten werken op Els?

c Hoe groot zijn die krachten en in welke richting werken die krachten?

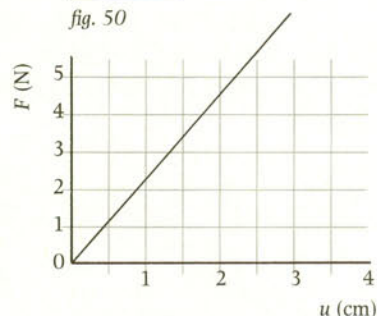
2 In het diagram in figuur 50 is de grafiek getekend van de kracht F op een veer tegen de uitrekking van de veer.

a Hoe groot is de uitrekking van de veer als er een voorwerp met een gewicht van 5,0 N aan hangt?

b Hoe groot is de veerkracht als de uitrekking 5,0 cm is?

c Hoe groot is de kracht waarmee de veer 1 cm wordt uitgerekt?

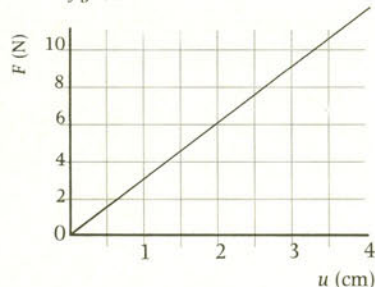
fig. 50



d Hoe groot is de kracht waarmee de veer van figuur 51 1 cm wordt uitgerekt?

e Welke veer is het stugste? Licht je antwoord toe.

fig. 51

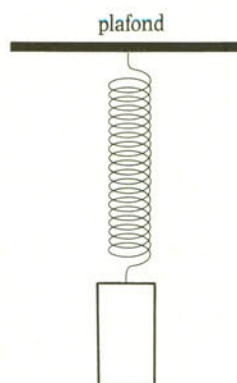


3 Een voorwerp hangt stil aan een veer. De veer is aan het plafond bevestigd. (Zie figuur 52).

a Beredeneer of het voorwerp in evenwicht is.

b Welke krachten werken er op het voorwerp? Hoe groot zijn deze krachten en in welke richting werken ze?

fig. 52



c Welke krachten werken er op de veer? Hoe groot zijn die krachten en in welke richting werken ze?

4 Een plank ligt voor de helft op tafel (figuur 53). Het gewicht van de plank mag je verwaarlozen. Op de plank ligt een steen van 250 N. Het midden van de steen ligt 50 cm van de rand van de tafel.

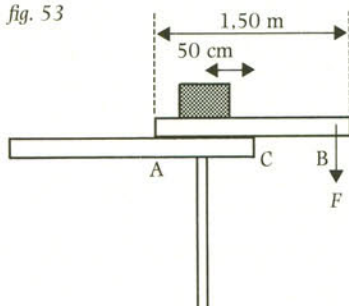
Iemand drukt in B de plank naar beneden.

a Waar ligt het draaipunt?

Omdat je in B naar beneden duwt, zullen de andere kant van de plank en de steen omhooggaan.

b Hoe groot moet de kracht in B minstens zijn om de steen omhoog te duwen?

fig. 53



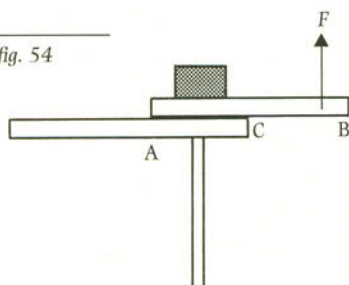
Je kunt de steen ook omhoogkrijgen als je in B een kracht omhoog uitoefent (figuur 54).

c Waar ligt nu het draaipunt?

d Hoe kun je zonder berekening zien dat de kracht die je nu uit moet oefenen kleiner is dan bij vraag b?

e Bereken die kracht.

fig. 54



5 Aan een hefboom (figuur 55) kun je op verschillende plaatsen voorwerpen hangen. In B wordt een kracht naar beneden uitgeoefend om evenwicht te maken.

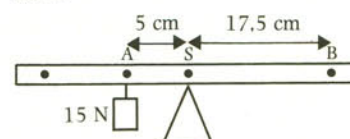
a Welk punt is het draaipunt en hoe groot zijn de armen van de krachten?

b Bereken de kracht die je in B moet uitoefenen om evenwicht te maken.

In plaats van de kracht in B kun je ook een gewichtje van 6,0 N tussen S en B hangen.

c Bereken waar je dat gewichtje moet hangen om evenwicht te maken.

fig. 55



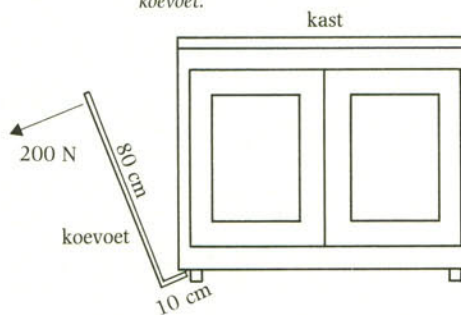
6 Een koevoet wordt gebruikt om een kast op te tillen (figuur 56). Dit lukt als je met een kracht van 200 N duwt op het lange uiteinde.

a Hoe werkt een koevoet?

b Bereken de kracht die dan op de kast wordt uitgeoefend.

fig. 56

De kast wordt aan één kant opgetild met behulp van een koevoet.



7 Een kist heeft een gewicht van 1100 N. De kist moet over 5 m omhooggehesen worden met een katrol die 200 N weegt.

a Welke kracht is nodig om de kist omhoog te hijsen?

b Hoeveel touw moet je innemen?

De liniaal

Benodigdheden:

- liniaal 50 cm;
- krachtmeter.

Leg een liniaal zo op tafel neer dat een deel buiten de rand uitsteekt. Til het uiteinde op dat nog wel op tafel ligt. De liniaal zal gaan kantelen. De rand van de tafel is het draaipunt.

1 Leg de liniaal voor 27,5 cm op tafel.

a Meet met een krachtmeter aan het uiteinde welke kracht nodig is om de liniaal te laten kantelen (figuur 57).

b Neem de tabel in figuur 58 over en doe de metingen om de tabel in te vullen. Verschuif de liniaal steeds 2,5 cm.

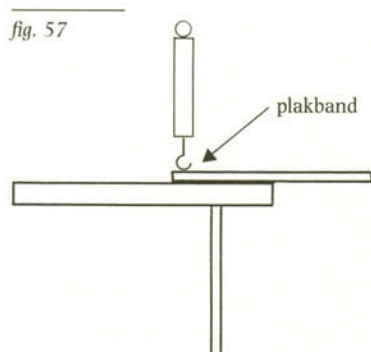


fig. 57

c Maak van jouw metingen een grafiek.

(De afstand tot de rand van de tafel en de uitgeoefende kracht zijn niet recht evenredig met elkaar.)

2 Je kunt ook narekenen of de metingen die je gedaan hebt goed zijn. Beschouw de liniaal als een hefboom.

a Welk punt is dan het draaipunt?

Een van de krachten is de kracht die jij met de krachtmeter uitoefent. De andere kracht is de zwaartekracht die op de liniaal werkt.

b Meet het gewicht van de liniaal met een krachtmeter.

c Bereken de plaats waar de zwaartekracht lijkt aan te grijpen (dit punt heet het zwaartepunt).

d Controleer een van de andere metingen met behulp van een berekening.

fig. 58

deel van de liniaal op tafel (cm)	kracht (N)
27,5	...
30,0	...
32,5	...
35,0	...
...	...
...	...
50,0	...

De hijskraan

Benodigdheden:

- hijskraan (eventueel van statiefmateriaal of met een bouwdoos te maken);
- groot aantal gewichtjes.

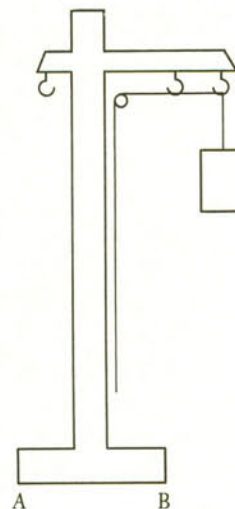
Met een hijskraan kun je voorwerpen ophijzen. Maar je moet wel oppassen dat je niet probeert een te zwaar voorwerp op te hijsen, want dan valt de hijskraan om (figuur 59).

3 De metingen.

a Hoeveel gewichtjes kun je aan het eind van de arm van de hijskraan hangen zodat de hijskraan nog net niet omvalt?

fig. 59

Een hijskraan kan gaan kantelen als het voorwerp te zwaar is. B is dan het draaipunt.



b Beschrijf wat er gebeurt als je (voorzichtig) nog een gewichtje erbij doet. Het is niet nodig de hijskraan te laten vallen!

c Hoeveel gewichtjes kun je aan de hijskraan hangen als je de gewichtjes halverwege de arm hangt? Geef een verklaring voor het verschil met proef a.

d Voorspel hoeveel gewichtjes je aan het begin van de arm van de hijskraan kunt hangen. Waarom zoveel, denk je?

e Controleer jouw voorspelling met een meting.

Je kunt het hijsvermogen van de hijskraan verbeteren door een tegenwicht aan de kraan te hangen.

f Herhaal proef a, maar nu met drie gewichtjes als tegenwicht. Geef een verklaring voor het verschil met proef a.

g Voorspel hoeveel gewichtjes je halverwege de hijskraan kunt hangen. Controleer je voorspelling met een meting.

4 Rekenen aan een hijskraan die op kantelen staat. Het draaipunt is het punt waarom de hijskraan gaat kantelen. De ene kracht is het gewicht dat je wilt op-hijsen. De andere kracht is het gewicht van de hijskraan.

a Bepaal het gewicht van de hijskraan als er niets aan hangt. (Pas op! Je hijskraan is waarschijnlijk te zwaar om dit met een krachtmeter te kunnen doen. Gebruik daarom eventueel een personenweegschaal. Bedenk wel dat je de massa dan om moet rekenen naar het gewicht.)

b Bepaal de plaats van het zwaartepunt van de hijskraan. De eenvoudigste manier is als volgt: hang de hijskraan aan een touw. Het zwaartepunt zal nu op een

verticale lijn onder het ophangpunt liggen. Hang de hijskraan nogmaals op, maar knoop het touw nu op een andere plaats vast. Het zwaartepunt zal weer verticaal onder het touw liggen. Als je deze twee gegevens combineert, kun je vrij nauwkeurig zeggen waar het zwaartepunt van de hijskraan ligt.

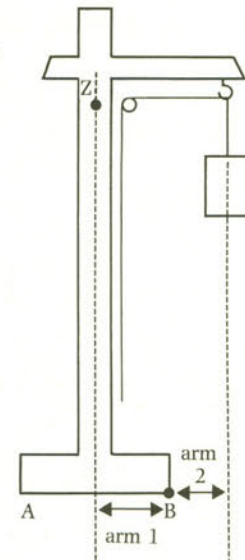
Bereken arm_1 van het draaipunt tot aan het zwaartepunt. Kijk in figuur 60 hoe je de afstanden moet meten.

c Controleer nu je metingen bij 3a en 3c uit de vorige opgave met behulp van berekeningen.

Bij je metingen bij opgave 3f en 3g is er de extra kracht van het tegenwicht bij gekomen.

d Controleer met behulp van berekeningen je metingen bij 3f en 3g.

fig. 60
Hijskraan. Z is het zwaartepunt, B is het draaipunt als de kraan gaat kantelen.



Blok 6

E2

Opgaven

1 Veranderend gewicht.

Een astronaut staat op het punt te vertrekken voor een reis door het zonnestelsel. Hij heeft een helm van 15 kg bij zich (figuur 61).

a Hoe groot is de massa van de helm?

b Hoe groot is het gewicht van de helm?

De raket wordt gelanceerd.

c Wat gebeurt er tijdens het lanceren met de massa en met het gewicht van de helm? (Let op: moeilijke vraag!)

De eerste etappe van de reis gaat naar de maan. Zoals je in de tabel in figuur 62 kunt zien, is de aantrekkingskracht op de maan ongeveer één zesde ($= 0,16$) van de aantrekkingskracht op aarde.

d Hoe groot zijn massa en gewicht van de helm op de maan?

Bereken in de volgende situaties de massa en het gewicht van de helm:

e In vrije val bij de afdaling naar Mars.

fig. 61



f Na de landing op Mars.

g Na de landing op Jupiter.

h In een zogenaamde stationaire baan rond de aarde (raketmotoren niet ingeschakeld), vlak voor de terugkeer van zijn succesvolle reis.

2 Krachten.

Een voorwerp wordt midden in een vloeistof losgelaten (figuur 63). Het voorwerp is van ijzer en heeft een volume van 30 cm^3 .

a Welke krachten werken er op het voorwerp?

De dichtheid van ijzer is 7.9 g/cm^3 .

b Bereken de massa van het voorwerp.

c Bereken het gewicht van het voorwerp.

De opwaartse kracht is 0.03 N .

d Wat zal er met het voorwerp gebeuren als het losgelaten is?

Even later staat het voorwerp op de bodem.

e Welke krachten werken er nu?

f Hoe groot zijn deze krachten?

fig. 63

Zweven, zinken, drijven.

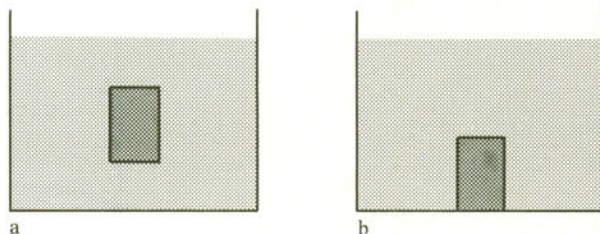


fig. 62

	zwaartekracht (vergeleken met de aarde)
Aarde	1,0
Maan	0,16
Mars	0,37
Jupiter	2,55

3 Krachten op een plank.

Een plank met een gewicht van 250 N wordt gebruikt als brug (figuur 64).

a Welke krachten werken er op de plank?

b Hoe groot zijn deze krachten?

Een meisje met een gewicht van 500 N stapt bij A op de plank. Hierdoor zal de kracht in de steunpunten toenemen!

c Hoe groot denk je dat de kracht in A nu zal zijn? En de kracht in B? (Verrekening is hier niet nodig.)

Je kunt deze krachten uitrekenen. Je mag doen alsof de zwaartekracht een kracht is die op het midden van de plank werkt. De andere krachten die op de plank werken zijn het gewicht van het meisje en de krachten in de steunpunten A en B.

Wil je de kracht in A weten, doe dan net alsof de plank een hefboom is, met het draaipunt in B.

Gebruik dan de aangepaste hefboomregel:

kracht die de plank omlaagdukt $\times$ arm = kracht die de plank omhoogduwt $\times$ arm.

d Bereken de kracht in A.

Om de kracht in B te berekenen doe je hetzelfde, maar nu laat je A het draaipunt zijn.

e Bereken de kracht in B.

Het meisje doet een stapje naar B, zodat ze 25 cm van A staat.

f Bereken weer de krachten in A en B.

fig. 64

