



Blok 6

INHOUD

BASISSTOF

- T1** Krachten 148
- W1** 150
- T2** Uittrekking 152
- W2** 153
- T3** Krachten meten 154
- W3** 156
- T4** Gereedschappen en katrollen 158
- W4** 162

HERHAALSTOF

- H1** Krachten 164
- H2** Massa en gewicht 166
- H3** Rekenen aan krachten 167

EXTRASTOF

- E1** Kantelen 170
- E2** Oefenvragen en opgaven 173
- E3** Tillen 174
- E4** Bouwen 176

LEERDOELEN

- 1** Je moet de volgende krachten kennen: zwaarte-kracht, normaalkracht, wrijvingskracht, spier-kracht, magnetische kracht, elektrische kracht en veerkracht. [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 wat er met de snelheid van een voorwerp gebeurt, als een kracht het voorwerp afremt. [P1, T1, W1]
- 4** Je moet het verschil tussen tillen en dragen kennen. [T1]
- 5** Je moet kunnen vertellen hoe je een constructie zo stabiel mogelijk kunt maken. [P1, T1, W1]
- 6** Je moet weten dat een kracht grootte en richting heeft. [T1, W1]
- 7** Je moet weten dat de newton (N) de eenheid van kracht is en dat je een kracht aangeeft met de letter *F*. [P3, T2, T3, W2]
- 8** Je moet weten hoe een krachtmeter werkt. [P2, W2]
- 9** Je moet van meetresultaten een diagram kunnen maken. [P2, T2]



- 10** Je moet gegevens uit een diagram kunnen aflezen. [P2, T2, W2]
- 11** Je moet weten wat het verschil is tussen gewicht en massa. [P3, T3, W3]
- 12** Je moet het gewicht van een voorwerp kunnen uitrekenen, als je de massa weet en omgekeerd. [P3, T3, W3]
- 13** Je moet weten dat de massa van een voorwerp altijd en overal hetzelfde is, maar het gewicht niet. [T3, W3]
- 14** Je moet weten dat een vrijvallend voorwerp 'gewichtloos' is. [P3]
- 15** Je moet met een krachtmeter een kracht kunnen meten. [P3]
- 16** Je moet bij een hefboom het draaipunt aan kunnen geven. Je moet de afstand van de krachten op de hefboom tot dat draaipunt aan kunnen wijzen. [P4, T4, W4]
- 17** Je moet weten onder welke voorwaarden een hefboom in evenwicht is (de hefboomwet). [P4, T4, W4]
- 18** Je moet weten hoe je met een kleine kracht (grote arm) een grote kracht (kleine arm) kunt uitoefenen. [P4, T4, W4]
- 19** Je moet de kracht kunnen uitrekenen, nodig om een hefboom waarop maximaal twee krachten werken, in evenwicht te brengen. [T4, W4]
- 20** Je moet bij eenvoudig gereedschap (notekraker, flesopener, nijptang, koevoet enzovoorts) het draaipunt, de aangrijpingspunten van de krachten en de afstand van elke kracht tot het draaipunt aan kunnen aangeven. [P4, T4, W4]
- 21** Je moet weten hoe je door het hefboomprincipe toe te passen verstandig kunt tillen en dragen. [T4]
- 22** Je moet weten dat bij een vaste katrol de richting van de kracht verandert, maar dat de grootte van de kracht hetzelfde blijft. [P4, T4, W4]
- 23** Je moet weten dat bij een losse katrol de grootte van de kracht verandert, maar dat de richting hetzelfde blijft als zonder katrol. [P4, T4]
- 24** Je moet weten dat je bij werktuigen vaak een kleinere kracht nodig hebt, maar dat je daarvoor een grotere weg af moet leggen. [P4, T4]

Een brug bouwen is meer dan alleen maar wat stenen op elkaar leggen. Je moet weten welke materialen geschikt zijn en hoe 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.

Daarvoor is kennis over krachten en evenwicht nodig. Daarom begint dit blok met krachten. Wat zijn krachten en hoe kun je ze meten?

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

Rij 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).



FIG. 1 Vormverandering in je voorwiel...

In de natuurkunde onderzoeken we de oorzaak van deze veranderingen. We hebben het dan over een *kracht*. Het symbool voor kracht is de letter F (van force, het Engelse woord voor kracht).

In het eerste voorbeeld was er een remkracht. De wrijving die je ondervindt, zorgt ervoor dat je snelheid steeds kleiner wordt.

In het tweede voorbeeld was de kracht van de boom op de fiets de remmende kracht.

Pas op: een 'remkracht' is niet één speciale soort kracht. Het is een verzamelnaam voor krachten, die de snelheid doen afnemen. Vaak is de remkracht een wrijvingskracht, maar het kan ook spierkracht of veerkracht zijn.

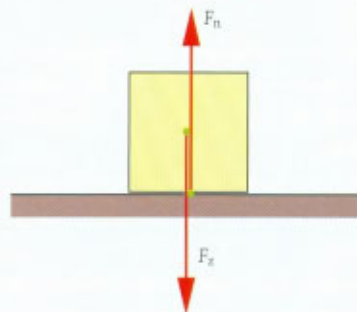
Een kracht kun je niet zien. Het gevolg meestal wel. Het gevolg van een kracht kan zijn:

- 1 Verandering van snelheid. Je gaat harder, als een kracht meewerkt. Je gaat langzamer, als een kracht tegenwerkt.
- 2 Verandering van bewegingsrichting. Een plotselinge zijwind duwt je van de weg af.
- 3 Verandering van vorm. Een elastiekje rekt uit, als je er aan trekt.

Als de krachten op een voorwerp elkaar opheffen, verandert er niets.

Een kracht wordt uitgeoefend in een bepaalde richting. In figuur 2 zie je een blok op de grond. De aarde trekt het blok naar beneden. Dank zij de kracht die de grond omhoog uitoefent, blijft het blok staan.

FIG. 2 Een blok op de grond. De krachten op het blok heffen elkaar op.



Je kunt een kracht weergeven door een pijl. De lengte van de pijl is een maat voor de grootte van de kracht. De richting van de pijl geeft de richting van de kracht.

Soorten krachten

De oorzaak van een kracht kan heel verschillend zijn. 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*; symbool F_n .

Een fietser ondervindt de wrijvingskracht (F_w), die als een remkracht werkt.

In de tabel van figuur 3 vind je allerlei krachten (naam), de oorzaak van hun ontstaan (bron) en hun symbolen.

FIG. 3

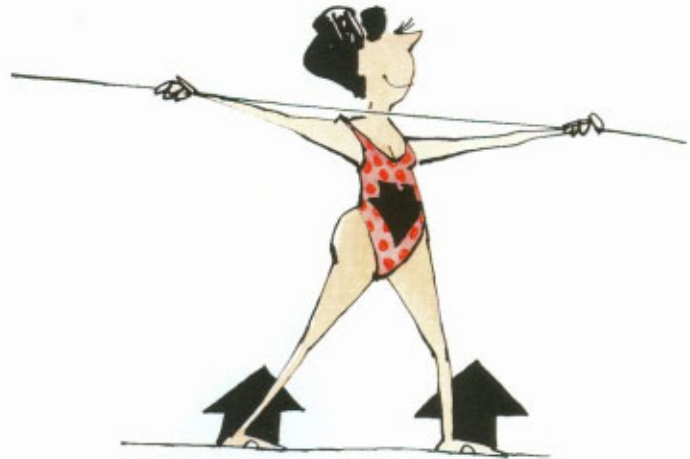
bron	naam	symbool
aantrekkingskracht van de aarde	zwaartekracht	F_z
vloer	normaalkracht	F_n
ruwe voorwerpen	wrijvingskracht	F_w
spieren	spierkracht	F_{sp}
magneet	magnetische kracht	F_m
gewreven staaf	elektrische kracht	F_{el}
uitgerekt elastiek	veerkracht	F_v
touw	spankracht	F_s

De *normaalkracht* is een veerkracht, uitgeoefend door de ondergrond. Deze kracht staat altijd loodrecht op die ondergrond. ('Normaal' betekent loodlijn.)

Een *magnetische kracht* werkt in de buurt van een magneet of een stroomdraad. Alleen ijzeren en nikkel voorwerpen 'merken' deze kracht.

Een *elektrische kracht* werkt in de buurt van een elektrische lading. Deze kracht werkt alleen op andere elektrische lading.

FIG. 4 De zwaartekracht trekt je naar beneden, de normaalkracht houdt je tegen.



Evenwicht

Als je op een vloer staat, werken er minstens twee krachten op je. De aarde trekt je naar beneden en de vloer houdt je tegen. Zaagt iemand de vloer onder je vandaan, dan val je naar beneden.

De kracht van de aarde noemen we de *zwaartekracht*. De zwaartekracht is er altijd; hij begint niet pas te werken, als de vloer wordt weggezaagd.

Je valt niet naar beneden, omdat de vloer je tegenhoudt. De vloer oefent een kracht omhoog uit. Die kracht noemen we de *normaalkracht*. Deze kracht is even groot als de zwaartekracht. Beide krachten zijn in evenwicht.

In dit blok heb je meestal te maken met dit soort evenwichtssituaties. In zo'n situatie werken er verschillende krachten, maar de krachten heffen elkaar op. Het voorwerp blijft op zijn plaats.

Optillen en dragen

Als je iets optilt, is er geen evenwicht. De kracht die je uitoefent, moet (iets) groter zijn dan de zwaartekracht. Je moet het voorwerp in beweging brengen (figuur 5a). Draag je een voorwerp, dan is er wel evenwicht. Je spierkracht is even groot als de zwaartekracht op het voorwerp (figuur 5b).

FIG. 5a Optillen: F_{sp} is groter dan F_z

FIG. 5b Dragen: $F_{sp} = F_z$



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:

- 1 het grondvlak groter te maken;
- 2 het zwaarste deel zo dicht mogelijk bij de grond te houden;
- 3 het stevig op de ondergrond te bevestigen.

- 1 Noem vijf verschillende soorten krachten. Schrijf bij elke kracht de oorzaak (bron) 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 op je?
 - 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 bergaf fietst?
 - d Waarom moet je een grotere kracht uitoefenen, als je wind tegen hebt?
- 4
 - a Noem drie voorbeelden van aantrekkende krachten.
 - b Noem een voorbeeld van afstotende krachten.
- 5
 - a Noem een voorbeeld waaruit blijkt dat zwaartekracht en magnetische kracht verschillende soorten krachten zijn.
 - b Noem een voorbeeld waaruit blijkt dat elektrische kracht en magnetische kracht verschillende soorten krachten zijn.
- 6 Welke krachten zijn er in figuur 6 met elkaar in evenwicht? Welke richting hebben de krachten?
- 7 Welke krachten op de handen van Jan zijn in figuur 7 met elkaar in evenwicht? Welke richting hebben die krachten?

FIG. 6

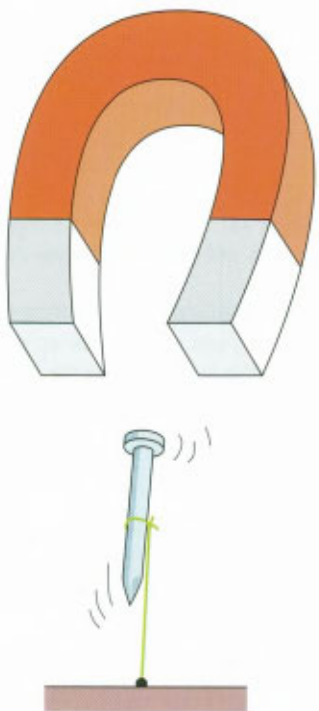
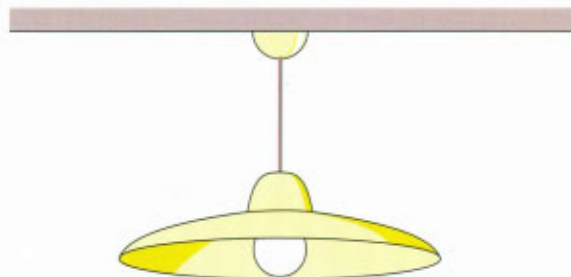


FIG. 7 Jan probeert een ijzeren staaf te buigen.



- 8 Welke krachten zijn in figuur 8 met elkaar in evenwicht?
Welke richting hebben die krachten?

FIG. 8 Een lamp hangt aan het plafond.



- 9 Je wilt bloemen in een vaas zetten. Je kunt kiezen uit de twee vazen in figuur 9. 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 de vaas stabiel.
- Leg uit waarom.

FIG. 9 Twee vazen zijn even groot. Kies welke het meest stabiel is.



Uitrekking-krachtdiagram

Je hebt de uitrekking van een stalen veer en een elastiek onderzocht door er blokjes aan te hangen en zo een kracht uit te oefenen.

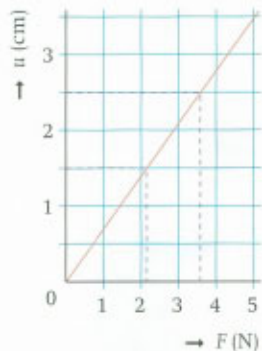
De eenheid van kracht is de newton; afgekort N. De aarde trekt aan een blokje van 100 g met een kracht van 1 N.

Je kunt bij die proeven de uitrekking (u) uitzetten tegen de kracht (F). Je krijgt dan een *uitrekking-krachtdiagram*.

Bij een stalen veer liggen de meetpunten op één rechte lijn door de oorsprong (figuur 10). De grafiek is dus een rechte lijn. Daaruit blijkt dat de uitrekking en de kracht bij een veer recht evenredig zijn.

Als twee grootheden recht evenredig zijn, is de grafiek een rechte lijn door de oorsprong. In blok 4 heb je zo'n soort grafiek ook al gezien: het afstand-tijddiagram van een beweging met constante snelheid.

FIG. 10



Rek je een veer te ver uit, dan is de veer niet meer elastisch. Er kan dan blijvende vervorming optreden. We zeggen dan dat 'de grens van de elasticiteit is overschreden'. Het (u, F)-diagram ziet er uit zoals getekend in figuur 11.

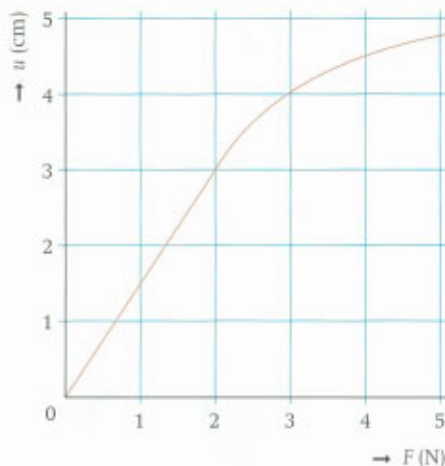


EVENREDIG EN RECHT EVENREDIG

Wat is het verschil tussen 'evenredig' en 'recht evenredig'? Jouw leeftijd en die van je moeder zijn *evenredig*. Als jij ouder wordt, geldt dat ook voor je moeder. Stel jij bent 14 jaar en je moeder 42 jaar. Je moeder is dan drie maal zo oud. Maar een jaar later ben jij 15 en je moeder 43 jaar. Het quotiënt $43 : 15$ is nu géén 3 meer. Jullie leeftijden zijn dus wel evenredig, maar *niet recht evenredig*.

Maak je een diagram van de leeftijden van jou en je moeder (uitgezet vanaf 0 jaar op de beide assen), dan krijg je wél een rechte lijn als grafiek. Maar die rechte gaat niet door de oorsprong.

FIG. 11 (u, F)-diagram van een veer die te ver wordt uitgerekt.



Niet alle veren zijn hetzelfde. Bij een stugge veer is meer kracht nodig voor dezelfde uitrekking dan bij een slappe veer (figuur 12). Om de slappe veer 10 cm uit te rekken is 1 N nodig. Bij de stuggere veer is dat 5 N.

FIG. 12 Uitrekking van een slappe veer en van een stugge veer.



- 1 Bij een veer zijn de kracht op de veer en de uitrekking recht evenredig.
 - a Leg uit wat hiermee bedoeld wordt.
 - b Schets een diagram van twee grootheden die *recht evenredig* met elkaar zijn.
 - c Dezelfde opdracht voor twee grootheden die *evenredig* zijn.

- 2 Aan een veer wordt een voorwerp gehangen dat 6,0 N weegt. De veer rekt daardoor 2,0 cm uit.
 - a Welke krachten werken er op het voorwerp?
 - b Hoe groot zijn die krachten?
 - c Hoe groot wordt de uitrekking van de veer, als je eraan trekt met een kracht van 18 N?

Hetzelfde voorwerp 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 eraan trekt met een kracht van 18 N?

FIG. 13

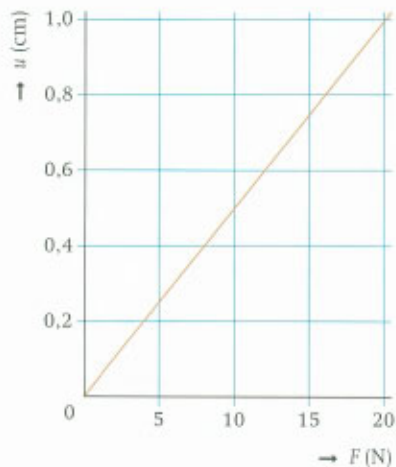
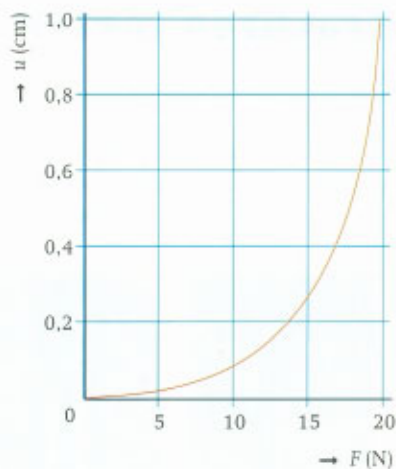


FIG. 14



- 3 In figuur 13 en 14 zijn twee diagrammen getekend. Ze geven de relatie weer tussen de kracht (F) en de uitrekking (u). Figuur 13 gaat over een veer, figuur 14 over een elastiek.
 - a Neem de tabellen van figuur 15 en 16 over en vul ze in.
 - b Hoe zie je aan figuur 13 dat dit diagram bij een veer hoort?
 - c Bekijk figuur 14. Wordt de benodigde kracht om een elastiek verder uit te rekken nu steeds kleiner of steeds groter?

FIG. 15 Veer.

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

FIG. 16 Elastiek

F (N)	u (cm)
0	...
0,2	...
0,4	...
0,6	...
...	20

T3 Krachten meten

De krachtmeter

Een kracht meet je met een krachtmeter (figuur 17). De eenheid van kracht is de newton; afgekort N. Een krachtmeter heeft dus een schaalverdeling in newton.

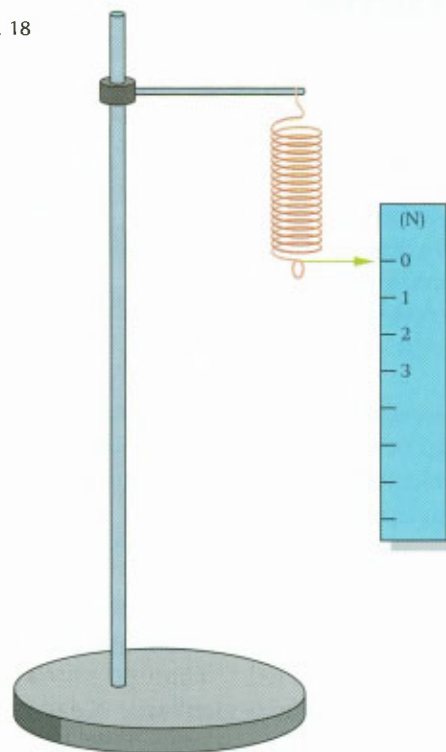
FIG. 17



In een krachtmeter zit een veer. Als je op een krachtmeter een kracht uitoefent, rekt de veer uit. Hoe groter de kracht, hoe verder de veer uitrekt.

Je kunt zelf een krachtmeter maken van een veer. Je moet deze dan eerst ijken. Daarvoor moet je gewichtjes aan de veer hangen en zo een schaalverdeling maken.

FIG. 18



De uitrekking van een veer is heel regelmatig. Als je de kracht op de veer twee maal zo groot maakt, wordt de uitrekking ook twee maal zo groot. We zeggen dat de *uitrekking van de veer recht evenredig is met de kracht op de veer*.



ZELF EEN KRACHTMETER MAKEN

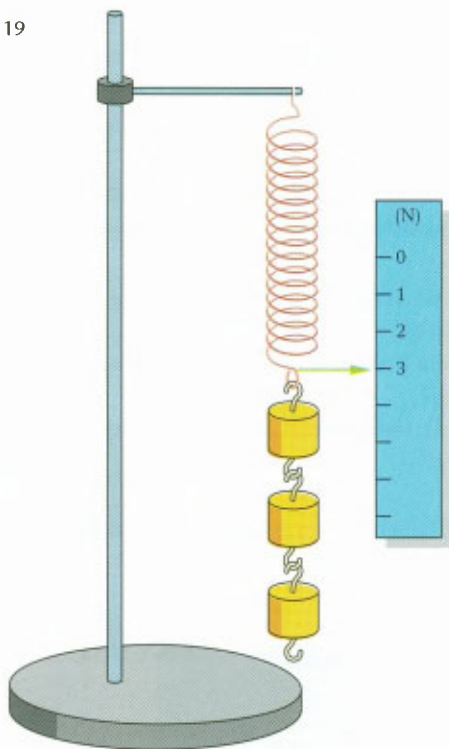
Els maakt met een veer een krachtmeter (figuur 18). Ze plaatst naast de veer een latje waarop de schaalverdeling komt.

Aan het begin van de schaal komt het cijfer 0, precies naast het uiteinde van de onbelaste veer (figuur 18).

Els hangt eerst een gewichtje van 1 N aan de krachtmeter. Ze 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, enzovoorts (zie figuur 19).

Je ziet dat alle streepjes even ver uit elkaar staan. Door het maken van de schaalverdeling is de krachtmeter geijkt.

FIG. 19

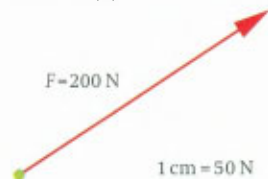


Krachten tekenen

Je kunt een kracht weergeven met een pijl. Een pijl heeft richting en grootte, net als een kracht. De pijl begint op de plaats waar de kracht aangrijpt: het *aangrijpingspunt* van de kracht. De lengte van de pijl is een maat voor de grootte van de kracht. Soms wordt er een *krachtenschaal* gegeven. Er staat dan bij de tekening (figuur 20) hoeveel newton met 1 cm overeenkomt.

VOORBEELD: 1 cm komt overeen met 50 N. Een pijl van 4 cm stelt dus een kracht voor van $4 \times 50 = 200$ N. Een kracht van 600 N wordt als een pijl van 12 cm (= $600 : 50$) getekend.

FIG. 20 Een kracht, in grootte en richting weergegeven door een pijl.



NEWTON

Sir Isaac Newton (figuur 21) 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. 21 Sir Isaac Newton (1642-1727).

Gewicht en massa

We zeggen dat je met een krachtmeter het *gewicht* van een blokje meet dat aan de krachtmeter hangt. Het gewicht van een voorwerp is een gevolg van de zwaartekracht. De aarde trekt met een kracht van 1 N aan een voorwerp met een massa van 100 g (0,1 kg). Gewicht is een kracht. De eenheid van gewicht is dus de newton.

Onder het *gewicht* verstaan we de kracht die een voorwerp uitoefent op de grond, of op het koord of de veer waaraan het hangt. Het gewicht wordt veroorzaakt door de aantrekkingskracht van de aarde, die we de *zwaartekracht* F_z noemen.

Ook een personenweegschaal werkt met een veer. Als de veer wordt ingedrukt, verdraait de wijzerplaat. Een personenweegschaal meet het gewicht; dus een kracht. Je leest de personenweegschaal echter af in kilogram en niet in newton. Dat is voor het gemak gedaan.

Natuurkundig gezien is dit niet juist. De kilogram is de eenheid van massa. Als je wilt weten hoe groot de kracht (in N) op de weegschaal is, moet je de massa (in kg) met 10 vermenigvuldigen.



JE GEWICHT OP VERSCHILLENDE PLANETEN

Je gewicht is afhankelijk van de plaats waar je bent.

Stel dat je een massa hebt van 50 kg. Dan is jouw gewicht op aarde 500 N.

De zwaartekracht op Mars is veel kleiner dan op aarde. Je gewicht op Mars zou maar 186 N zijn.

Op de maan zou je gewicht zelfs maar 83 N zijn.

- 1
 - a 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 22 over en vul die in (voor de situatie op aarde).

FIG. 22

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 vertrekken 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. 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.

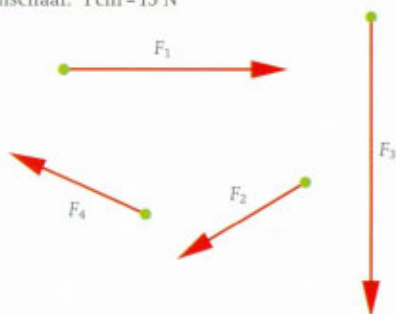
5 a In figuur 23 zijn vier krachten getekend. Bereken de grootte van iedere kracht.

b Hoe lang moet de pijl zijn die een kracht van 200 N voorstelt bij de krachtenschaal van figuur 23?

c Hoe lang moet de pijl zijn die een kracht van 200 N voorstelt, als de krachtenschaal 1 cm op 25 N is?

FIG. 23 Vier krachten op schaal getekend.

krachtenschaal: 1 cm = 15 N



6 Sandra 'weegt' 60 kg.

a Hoe groot is het gewicht van Sandra?
Sandra staat met twee voeten op de grond.

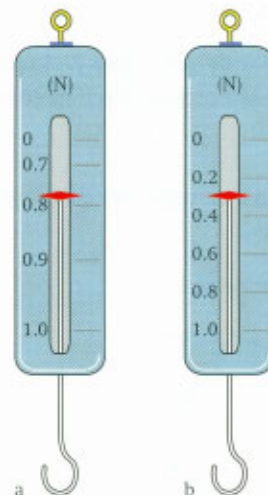
b Maak een schets van Sandra en teken hierin de krachten die op Sandra werken. Geef ook aan wat de krachtenschaal is.

7 In figuur 24 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. 24



T4 Gereedschappen en katrollen

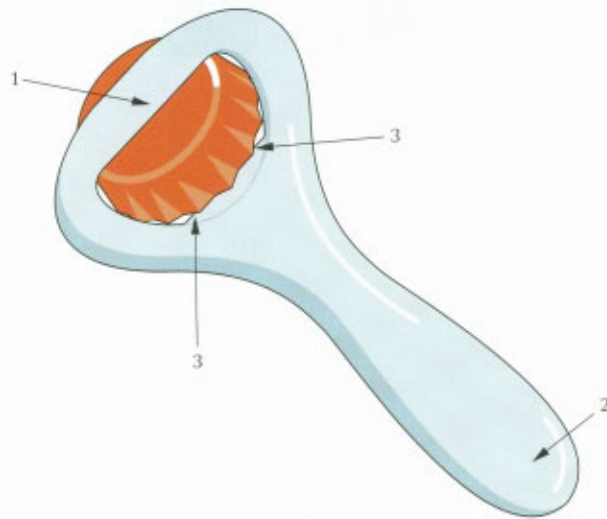
Gereedschappen

Bij veel gereedschappen zijn drie overeenkomstige punten aan te geven (zie figuur 25):

- 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.

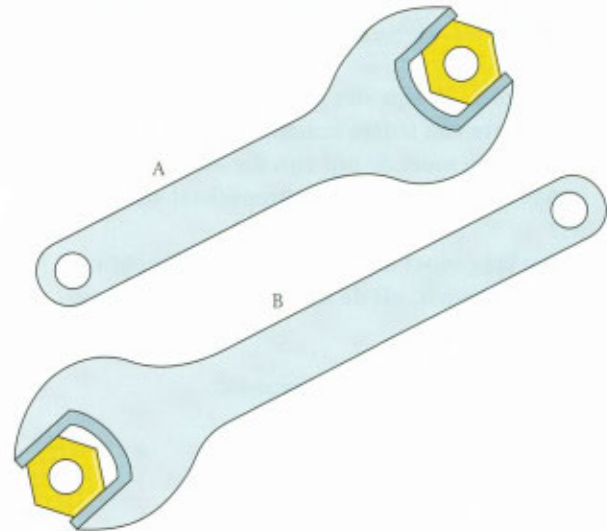
De plaatsen 2 en 3 noemen we de *aangrijpingspunten* van die krachten.

FIG. 25 Je maakt een fles open.



Hoe groter de afstand van het draaipunt tot de plaats waar de gebruiker de kracht uitoefent, hoe meer effect de kracht heeft (figuur 26).

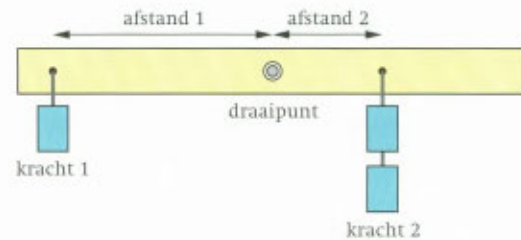
FIG. 26 Krijg je een moer niet los met sleutel A, dan heb je meer kans met sleutel B.



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

Dit soort gereedschap werkt als een hefboom. Een eenvoudige hefboom zie je in figuur 27.

FIG. 27 De hefboom is in evenwicht als:
kracht 1 \times arm 1 = kracht 2 \times arm 2



Een hefboom is in evenwicht als geldt:

kracht \times afstand aan de ene kant van het draaipunt = kracht \times afstand aan de andere kant van het draaipunt
Dit is de *hefboomregel*.

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



TOEPASSING VAN DE HEFBOOMREGEL

VOORBEELD: Je gebruikt een schroevendraaier als hefboom om een blik verf open te maken (figuur 28). Je oefent een kracht uit van 50 N. Je kunt de kracht van het blik uitrekenen met de hefboomregel.

$$(\text{kracht } 1) \times (\text{arm } 1) = (\text{kracht } 2) \times (\text{arm } 2)$$

$$50 \times 25 = F \times 0,5$$

$$1250 = 0,5 F$$

$$F = 1250 : 0,5$$

$$F = 2500 \text{ N}$$

FIG. 28 Een verblik openen met een schroevendraaier.

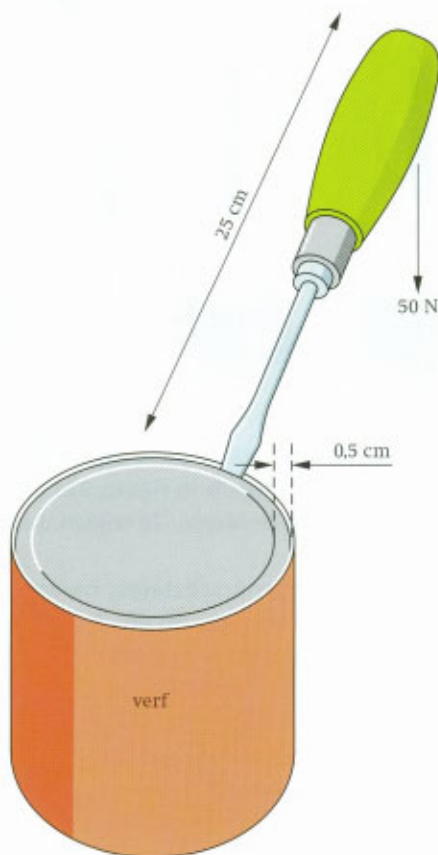
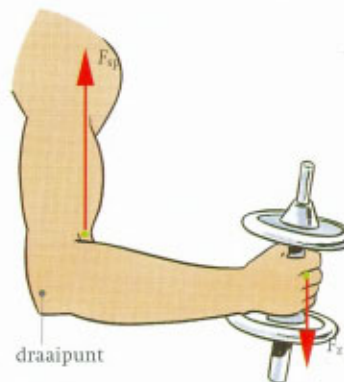


FIG. 29 Je arm is ook een soort hefboom.



In figuur 29 zie je dat je arm óók een soort hefboom is. Bij het dragen en optillen van voorwerpen kun je dit gebruiken. Zorg steeds dat de arm van de kracht die op jou werkt zo klein mogelijk is. Als je iets moet optillen, buig dan niet je rug. Houd je rug recht en zak door je knieën. Je tilt dan door je benen te strekken (figuur 30).

FIG. 30 Door je knieën zakken om iets op te tillen.



In een ziekenhuis staat het bed op de juiste hoogte. Dit is hoger dan je thuis gewend bent. Je tilt een patiënt niet uit bed door aan de patiënt te trekken. Je pakt hem zó vast dat de patiënt mee kan helpen. Patiënt en helper pakken met beide handen elkaars bovenarmen vast. Jouw kracht is dan kleiner. De patiënt kan meewerken en je doet hem minder pijn.

De vaste en de losse katrol

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

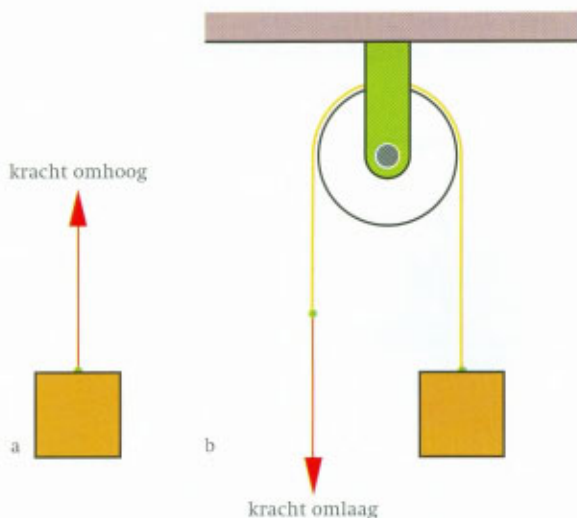
- 1 Je oefent een kracht *omhoog* uit.
- 2 Je gebruikt een vaste katrol en je trekt *omlaag*.

De kracht die je moet uitoefenen, is in beide gevallen even groot. Op de tweede manier trek je omlaag. Dit gaat makkelijker, omdat je met je eigen gewicht aan het touw kunt gaan hangen (figuur 31).

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

FIG. 31

- a Een voorwerp omhoogtrekken.
b Een voorwerp omhooghijsen met een katrol. Jij trekt omlaag en het voorwerp beweegt omhoog.

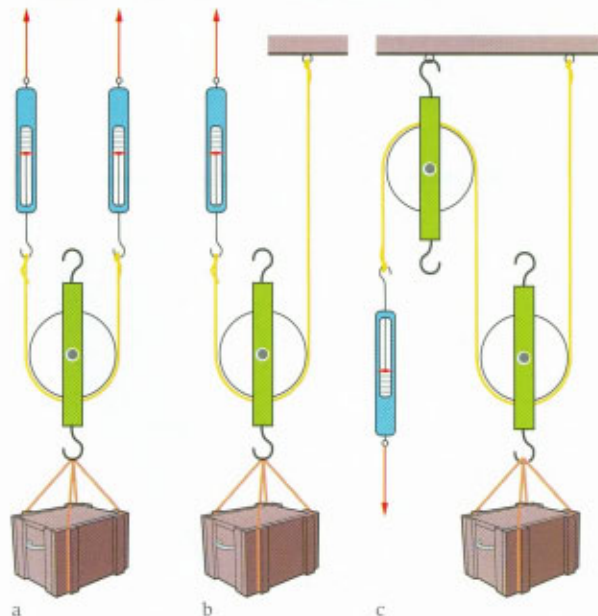


Als je een voorwerp 5 meter omhoog wilt trekken, dan verplaats je het voorwerp 5 meter. Ook met een vaste katrol (figuur 31b) moet je 5 meter touw inhalen. Een vaste katrol blijft tijdens het hijsen op zijn plaats, een losse katrol verplaatst zich.

In figuur 32 zie je drie opstellingen met een losse katrol.

FIG. 32

- a Kist en katrol hangen aan twee krachtmeters.
b Kist en katrol hangen aan een balk en een krachtmeter.
c De kracht omhoog van de krachtmeter in figuur 32b wordt door een vaste katrol in een kracht omlaag veranderd.



De kist weegt 1100 N en de losse katrol 100 N, samen 1200 N. Dit gewicht wordt in figuur 32a eerlijk over beide krachtmeters verdeeld. Ze wijzen dus elk 600 N aan.

Je vervangt de rechter krachtmeter nu door het oog in een balk. Aan het oog trekt nu 600 N en aan de linker krachtmeter ook. Als je zo gaat hijsen, heb je dus maar de helft van de kracht nodig die bij een vaste katrol nodig is.

Je weet dat omlaag trekken makkelijker is dan omhoog. Daarom vervangen we de linker krachtmeter uit figuur 32b door een vaste katrol (figuur 32c). De benodigde kracht blijft nu 600 N, maar je kunt bij het hijsen je eigen gewicht gebruiken.

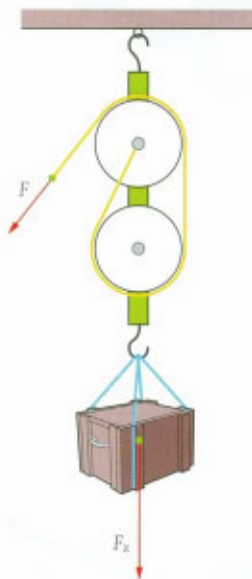
Als je de kist 5 meter omhoog wilt hijsen, moet je wél 10 meter touw inhalen. Want de kist hangt aan twee touwen. Die moeten elk 5 meter korter worden. De kracht wordt weliswaar twee keer zo klein, maar je moet die kracht over een twee maal zo grote afstand uitoefenen. Het hijsen wordt overigens wel makkelijker.

Bij een losse katrol wordt de grootte van de kracht dus kleiner. Maar de richting blijft na combinatie met een vaste katrol hetzelfde.

Als je de losse en vaste katrol uit figuur 32c combineert op één beugel heb je een *takel*.

Met de takel van figuur 33 zijn grootte en richting van de kracht hetzelfde als in figuur 32c. De benodigde kracht wordt twee keer zo klein, maar de 'weg' twee keer zo lang als bij een vaste katrol. Je moet immers twee maal zoveel touw inhalen.

FIG. 33 Een eenvoudige takel.



Het hefboomprincipe bij gereedschappen

Bij de meeste gereedschappen vergroot je het effect van je kracht door de 'arm' van je kracht zo groot mogelijk te maken. Het effect van je kracht wordt daardoor groter. Maar wat je wint aan 'kracht', verlies je aan 'weg'. De 'weg' is de afstand waarover je de kracht moet uitoefenen. Bij gebruik van gereedschap heb je een kleinere kracht nodig, maar je moet een grotere 'weg' voor lief nemen.

VOORBEELD 1: Als je met een schroevendraaier een blik opent (zie figuur 28), dan moet je het uiteinde een flink eind omlaag duwen. Het deksel gaat maar weinig omhoog. Hoe langer de schroevendraaier (grotere arm!), hoe kleiner de benodigde kracht. Maar ook: hoe groter de afstand waarover je het uiteinde van de schroevendraaier omlaag moet duwen.

VOORBEELD 2: Heeft een auto een lekke band, dan gebruik je een krik om de auto op te krikken. Je moet dan de kriklinger vaak ronddraaien. Je hebt niet veel kracht nodig, maar de auto gaat maar heel langzaam omhoog.

VOORBEELD 3: Bij de takel van figuur 33 werd de benodigde kracht twee keer zo klein, maar de 'weg' twee keer zo lang als bij een vaste katrol. Je moest immers twee maal zoveel touw inhalen.

FIG. 34

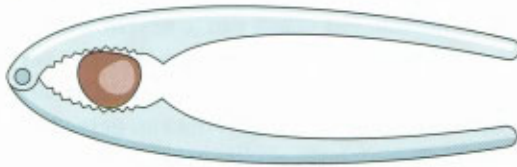


FIG. 35



FIG. 36

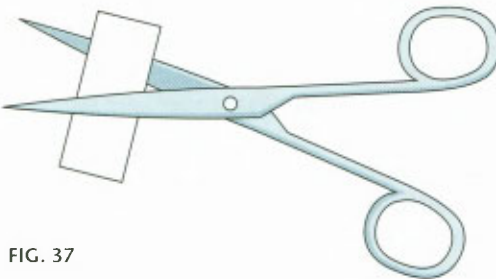


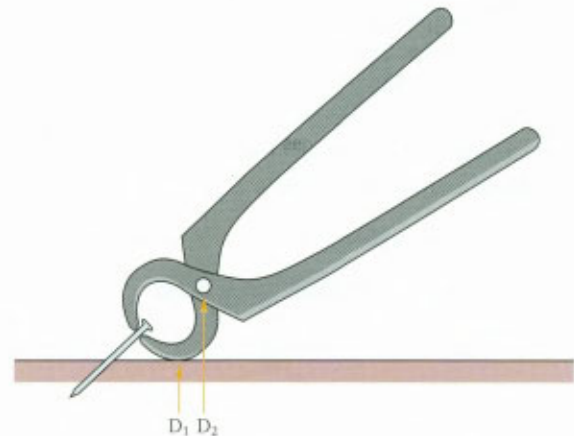
FIG. 37



- 1 Maak een schets van de gereedschappen (figuur 34 tot en met 37). 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.

- 2
 - a 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 (bijna) niet met je handen?
 - d Als je met een nijptang een spijker uit het hout trekt, maak je (als je dat goed doet) twee maal gebruik van de hefboomregel (figuur 38). Leg dat uit.

FIG. 38 Met een nijptang een spijker uit een plank trekken.



- 3 Twee kinderen zitten op een wip. Ze zijn blijkbaar niet even zwaar (figuur 39). De wip komt wel in evenwicht, als een 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. 39 Jan en Els op de wip.



- 4** In figuur 40 is een hefboom getekend. De gaatjes in de hefboom zijn genummerd en bevinden zich 1 cm van elkaar. Het gewicht van de hefboom mag je verwaarlozen.

In de gaatjes worden één of meer gewichtjes, elk van 0,5 N, onder elkaar opgehangen.

a Hoeveel gewichtjes moet je in gaatje 9 hangen om evenwicht te maken, als in gaatje 1 twee gewichtjes onder elkaar zijn opgehangen?

b Teken de hefboom en geef met pijlen de krachten aan die op de hefboom werken. Denk ook aan de kracht die in D werkt. Neem 1 cm voor een kracht van 1 N.

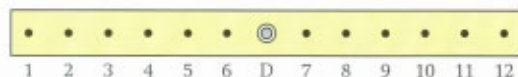
De gewichtjes worden vervangen door twee gewichtjes in gaatje 2.

c Bereken het aantal gewichtjes dat je in gaatje 8 moet hangen om evenwicht te maken.

d Bereken hoe groot de kracht in D is.

e Maak een tekening van de hefboom met de krachten op schaal.

FIG. 40 Hefboom met draaipunt D.



- 5** Kees vervoert met een kruiwagen een zak zand. Het totale gewicht is 400 N; het zwaartepunt van zandzak en kruiwagen vallen samen (figuur 41).

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 de arm van de kracht.

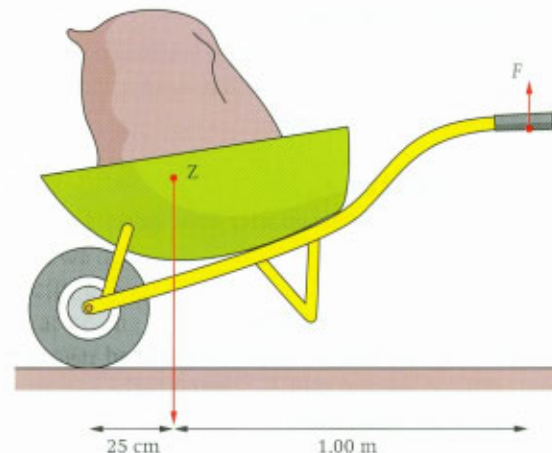
c Hoe groot is de kracht F waarmee Kees de kruiwagen in evenwicht houdt?

De krachten in figuur 41 zijn niet op schaal getekend.

d Teken in de tekening van opdracht 5a de krachten op schaal. Neem 1 cm voor een kracht van 40 N. De zak zand wordt meer naar achteren gelegd (van het wiel af). Kees moet nu een grotere kracht uitoefenen.

e Leg dit uit.

FIG. 41 Het gewicht van kruiwagen en zand samen is 400 N.



- 6** Een kist met een gewicht van 2000 N moet 10 meter omhooggehesen worden. Er wordt een vaste katrol gebruikt.
- a** Hoe groot is de kracht die uitgeoefend moet worden?
- b** Hoeveel touw moet er worden ingenomen?
- c** Noem twee voordelen van het werken met een katrol.
- 7** Een zak cement van 50 kg moet met een takel omhooggehesen worden.
- a** In welke richting moet je trekken?
- b** Hoe groot moet jouw kracht zijn?

Soorten krachten

Je bent in dit blok verschillende soorten krachten tegengekomen. Hieronder staan de belangrijkste nog eens op een rijtje.

1 DE ZWAARTEKRACHT F_z

F_z 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}

F_{sp} is de kracht die mens en dier door middel van spieren kunnen uitoefenen.

3 DE MAGNETISCHE KRACHT F_m

De kracht die een magneet op een ander voorwerp uitoefent, duiden we aan met F_m . Deze kracht kan aantrekkend of afstotend zijn.

4 DE ELEKTRISCHE KRACHT F_{el}

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

5 DE VEERKRACHT F_v

F_v is de kracht die een veer uitoefent, als deze wordt uitgerekt. Stugge veren kun je moeilijk uitrekken. Een slappe veer rekt zelfs bij een kleine kracht al ver uit.

6 DE SPANKRACHT F_s

De spankracht lijkt veel op de veerkracht. F_s treedt op in touw dat gespannen wordt.

7 DE WRIJVINGSKRACHT F_w

F_w is de kracht die twee voorwerpen op elkaar uitoefenen, als ze langs elkaar bewegen. Bewegende lucht (wind) veroorzaakt ook wrijving.

8 DE NORMAALKRACHT F_n

F_n 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 G VAN EEN VOORWERP

Als een voorwerp op de grond ligt, oefent het voorwerp een kracht uit op de grond. Dit komt doordat de aarde aan alles wat massa heeft trekt. Deze kracht noemen we het gewicht G van het voorwerp. Je kunt het gewicht meten door het voorwerp aan een krachtmeter te hangen.

10 DE OPWAARTSE KRACHT F_{opw}

F_{opw} is de kracht die een voorwerp ondervindt in een vloeistof of in de lucht. Een voorwerp lijkt in een vloeistof lichter te zijn. Een ballon stijgt of zweeft in de lucht. De opwaartse kracht is tegengesteld gericht aan de zwaartekracht.

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

- a** Je strijkt een lucifer aan.
- b** Iemand loopt over een plank 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 drijft in water.
- g** Een appel valt van de boom.
- h** Een bal botst tegen een muur.
- i** Een auto gaat de bocht om.
- j** Een bal beweegt omhoog (nadat hij is weggeschoten).
- k** Een knikker rolt over de grond en komt tot stilstand.
- l** Je staat op de grond.

De gevolgen van een kracht

Een kracht zelf kun je niet zien. Je kunt wel de gevolgen van een kracht zien:

- *Verandering van snelheid*: met de wind in de rug fiets je harder, door de wrijving ga je juist langzamer bewegen.
- *Verandering van richting van de snelheid*: een bal die op de grond stuitert.
- *Verandering van vorm*: een auto die tegen een boom botst.

- 2 Schrijf voor elk van de genoemde situaties in vraag 1a tot en met 1 op, wat de gevolgen van alle optredende krachten zijn.

Evenwicht

Op de meeste voorwerpen werken verschillende krachten. Als de krachten elkaar opheffen, is er *evenwicht*. Er verandert dan niets.

VOORBEELD 1: Je staat op de grond (figuur 42). Op jou werken de zwaartekracht naar beneden en de normaalkracht naar boven. Deze krachten heffen elkaar op. Je bent in evenwicht.

FIG. 42 Als jij op de grond staat, werken er twee krachten op jou.

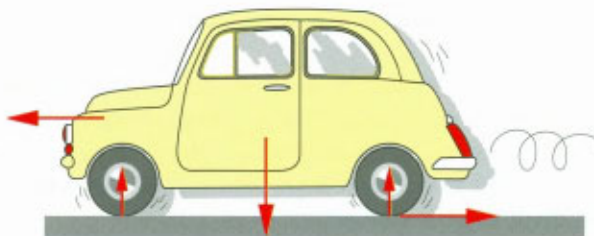


VOORBEELD 2: Een auto rijdt met constante snelheid (figuur 43).

Er is wrijving. Maar de motor levert de kracht om deze te overwinnen.

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

FIG. 43 Een auto rijdt met constante snelheid.

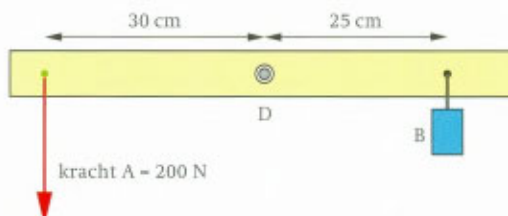


- 3 a In welke van de situaties uit vraag 1 is er sprake van evenwicht (zie ook vraag 2)?
b Noem in deze situaties de krachten die elkaar opheffen.

Een bijzonder soort evenwicht vind je bij een hefboom. Hier werken krachten die elkaar opheffen (zie T 4).

- 4 Bereken het gewicht van blok B in figuur 44.
Aanwijzing: gebruik de hefboomregel:
 $(\text{kracht} \times \text{arm})$ aan de ene kant =
 $(\text{kracht} \times \text{arm})$ aan de andere kant

FIG. 44



H2 Massa en gewicht

De begrippen massa en gewicht

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

VOORBEELD 1: Je staat op een weegschaal in een lift. De lift begint naar boven te bewegen. De weegschaal wijst dan opeens meer aan. (Probeer dat maar eens uit, als er een lift in de buurt is.) Je bent niet dikker geworden. Toch wijst de weegschaal meer aan.

VOORBEELD 2: Je staat op een weegschaal in een vliegtuig en springt met weegschaal en al uit het vliegtuig. 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. Je massa is hetzelfde gebleven. Toch gaf de weegschaal iets anders aan. Niet omdat jouw massa veranderde, maar wel jouw gewicht.

Massa heeft te maken met de hoeveelheid materiaal (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. De eenheid van gewicht is 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 deze ook overslaan.

Het meten van massa en gewicht

Benodigheden:

- een balans met toebehoren
- een krachtmeter
- vijf voorwerpen

Meet van alle voorwerpen zowel de massa als het gewicht.

Noteer de metingen in een tabel.

- 1**
 - a** Met welk instrument bepaal je de massa van een voorwerp?
 - b** Beschrijf in het kort hoe je met dat instrument moet werken.
 - c** In welke eenheden kun je de massa opgeven?
- 2**
 - a** Met welk instrument bepaal je het gewicht van een voorwerp?
 - b** Beschrijf in het kort hoe je dat doet.
 - c** Wat is de eenheid van gewicht?

- 3 **a** Hoe kun je het gewicht van een voorwerp berekenen, als je de massa weet?
b Klopt dat bij de voorwerpen waarvan je massa en gewicht gemeten hebt?
- 4 **a** Als je het gewicht van een voorwerp op aarde weet, hoe moet je dan de massa van dat voorwerp berekenen?
b Controleer dit voor je metingen.
- 5 Neem de tabel uit figuur 45 over en vul deze verder in.

FIG. 45

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

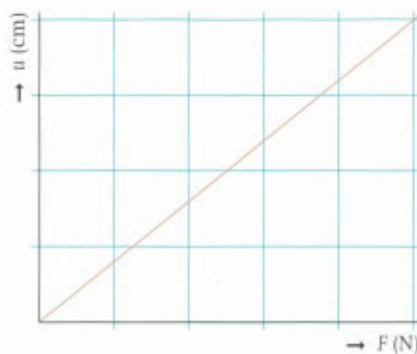
BLOK 6 HERHAALSTOF

H3 Rekenen aan krachten

Belangrijke relaties

- Als een voorwerp in evenwicht is, heffen de krachten op het voorwerp elkaar op.
- 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.
- Veerkracht is de kracht die een veer uitoefent. De veerkracht is recht evenredig met de uitrekking. Als je de kracht op de veer bijvoorbeeld vijf maal zo groot maakt, dan rekt de veer vijf maal zo ver uit (zie figuur 46).

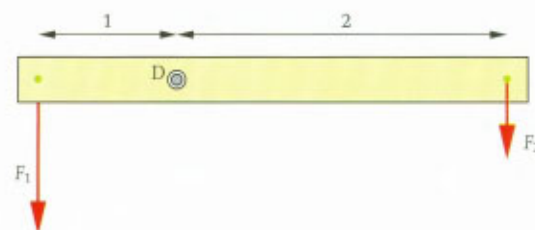
FIG. 46 Diagram van de uitrekking van een veer. De kracht (F) is horizontaal uitgezet, de uitrekking (u) verticaal.



- 4 Voor een hefboom geldt de hefboomregel:
 $(\text{kracht} \times \text{arm})_{\text{links}} = (\text{kracht} \times \text{arm})_{\text{rechts}}$

De *arm* van een kracht is de afstand van de kracht tot het draaipunt.

FIG. 47 Hefboomregel: $F_1 \times \text{arm}_1 = F_2 \times \text{arm}_2$

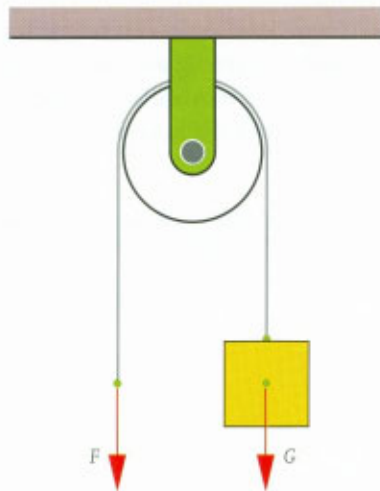


5 Bij een vaste katrol is de trekkracht (F) gelijk aan het gewicht (G) van het voorwerp (zie figuur 48). Kracht F werkt naar beneden; het voorwerp gaat omhoog.

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

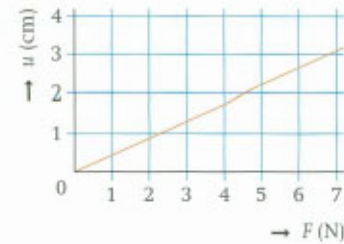
Bij een losse katrol is de trekkracht (F) gelijk aan de *helft* van het gewicht van de katrol én het voorwerp.

FIG. 48 Bij een katrol is de trekkracht F even groot als het gewicht G van een voorwerp.



- 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 van figuur 49 zie je de grafiek die het verband geeft tussen de kracht (F) op een veer en 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 kracht waarmee de veer 1 cm wordt uitgerekt?
 - c Hoe groot is de veerkracht, als de uitrekking 3,0 cm is?

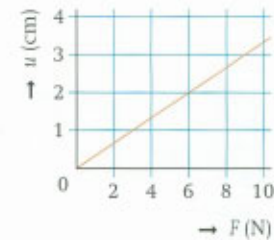
FIG. 49



d Hoe groot is de kracht waarmee de veer van figuur 50 1 cm wordt uitgerekt?

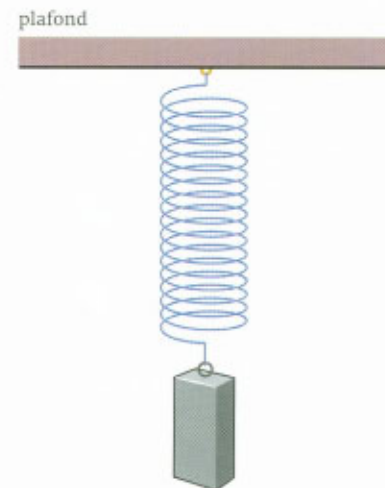
e Welke veer is het stugste? Licht je antwoord toe.

FIG. 50



- 3 Een voorwerp hangt stil aan een veer. De veer is aan het plafond bevestigd (zie figuur 51).
 - 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?
 - c Welke krachten werken er op de veer? Hoe groot zijn die krachten en in welke richting werken ze?

FIG. 51



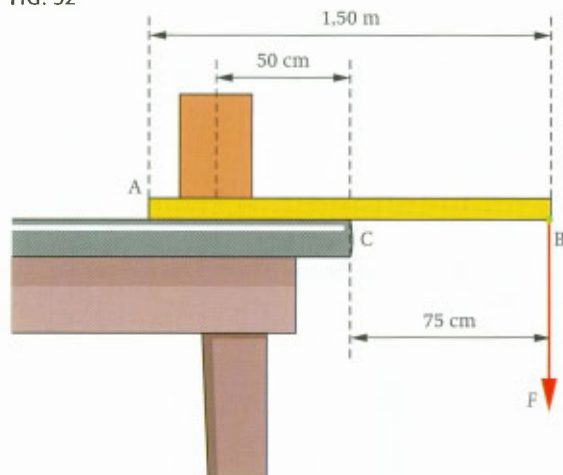
- 4 Een plank ligt voor de helft op tafel (figuur 52). Het gewicht van de plank mag je verwaarlozen. Op de plank ligt een steen van 250 N. Het midden van de steen ligt 50 cm van de rand van de tafel. Iemand drukt in B de plank naar beneden.

a Waar ligt het draaipunt?

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

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

FIG. 52



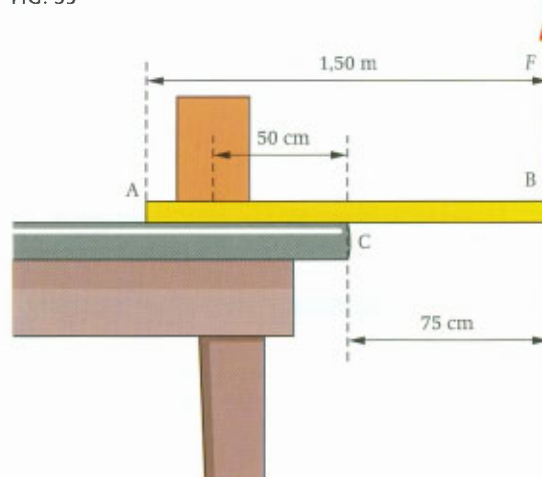
Je kunt de steen ook optillen, als je in B een kracht naar boven uitoefent (figuur 53).

c Waar ligt nu het draaipunt?

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

e Bereken de kracht.

FIG. 53



- 5 Aan een hefboom (figuur 54) kun je op verschillende plaatsen voorwerpen hangen. In B wordt een kracht naar beneden uitgeoefend om evenwicht te maken.

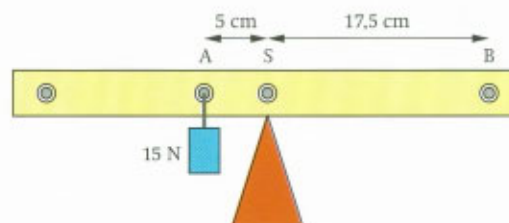
a Welk punt is het draaipunt en hoe groot zijn de armen van de krachten?

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 de afstand van dat gewichtje tot het draaipunt, opdat er evenwicht is.

FIG. 54

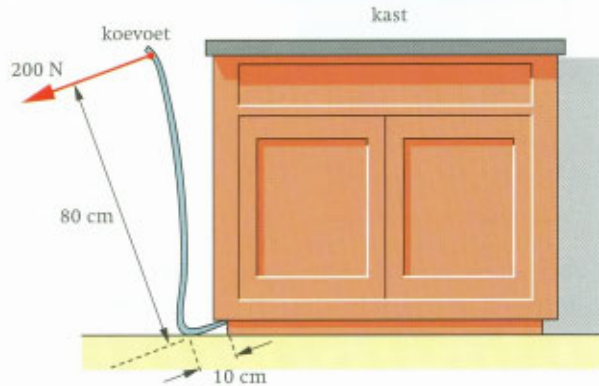


- 6 Een koevoet wordt gebruikt om een kast op te tillen (figuur 55). Dit lukt, als je met een kracht van 200 N duwt op het lange uiteinde.

a Hoe werkt een koevoet?

b Bereken de kracht die op de kast wordt uitgeoefend.

FIG. 55 De kast wordt aan één kant opgetild met behulp van een koevoet.



- 7 Een kist heeft een gewicht van 1100 N. De kist moet 5 m opgehesen worden. De losse katrol weegt 200 N.
- a** Welke kracht is nodig om de kist omhoog te hijsen?
- b** Hoeveel touw moet je innemen?
- 8 Maak tot slot opgave 4 van H1 over de hefboom van figuur 44.

De liniaal

Benodigheden.

- liniaal 50 cm
- krachtmeter

Leg de liniaal zo op tafel 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 56).
- b** Verschuif de liniaal steeds 2,5 cm en herhaal de meting.
- Neem de tabel in figuur 57 over en noteer de metingen.

FIG. 56

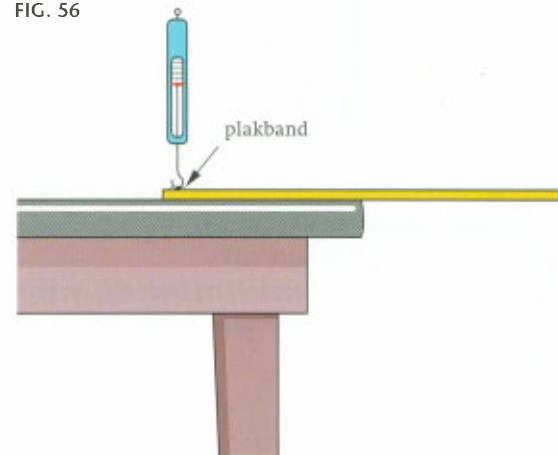


FIG. 57

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

c Maak van je metingen een grafiek die het verband geeft tussen de kracht en de afstand tot de rand van de tafel.

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

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

a Welk punt is dan het draaipunt?

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

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 een berekening.

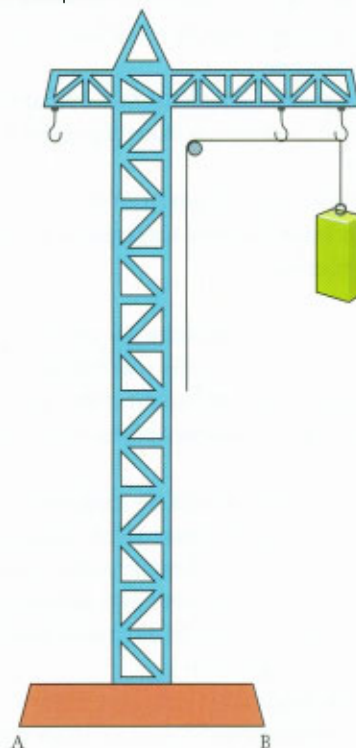
De hijskraan

Benodigdheden:

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

Met een hijskraan kun je voorwerpen ophijzen (figuur 58). Je moet wel oppassen dat je niet een te zwaar voorwerp ophijst. Dan valt de hijskraan om.

FIG. 58 Een hijskraan kan kantelen als het voorwerp te zwaar is. B is dan het draaipunt.



- 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?

b Beschrijf wat er gebeurt, als je (voorzichtig) nog een gewichtje erbij doet. De hijskraan hoeft niet om te 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 (contragewicht) 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 ophijzen. De andere kracht is het gewicht van de hijskraan.

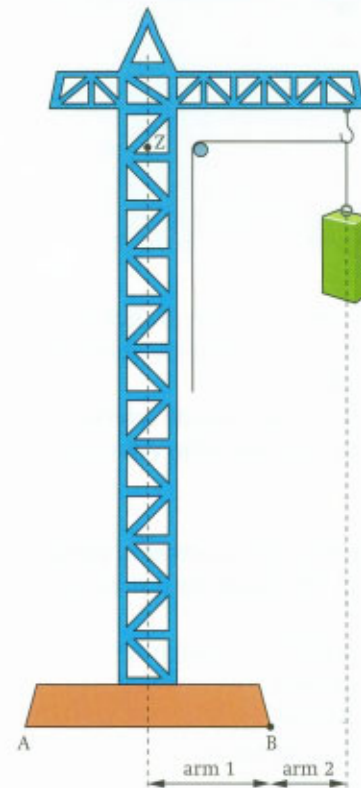
a Bepaal het gewicht van de hijskraan, als er niets aanhangt. (Let op! Je hijskraan is waarschijnlijk te zwaar om dit met een krachtmeter te doen. Gebruik daarom eventueel een personenweegschaal. Bedenk wel dat je de massa dan moet omrekenen naar het gewicht.)

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. Knoop het touw op een andere plaats vast en hang de hijskraan nogmaals op. Het zwaartepunt ligt weer verticaal onder het touw. 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 59 hoe je de afstanden moet meten.

c Controleer je meetwaarden bij 3a en 3c uit de vorige opgave met behulp van berekeningen. Bij de metingen van 3f en 3g is er de extra kracht van het tegenwicht bij gekomen.

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

FIG. 59 Hijskraan. Z is het zwaartepunt, B is het draaipunt, als de kraan gaat kantelen.



E2 Oefenvragen en 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 60).

FIG. 60



FIG. 61

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

- 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 61 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?

Bepaal in de volgende situaties de massa en het gewicht van de helm.

e In vrije val bij de afdaling naar Mars.

f Na de landing op Mars.

g Na de landing op Jupiter.

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

2 Krachten

Een voorwerp hangt in een vloeistof (figuur 62). 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 $7,9 \text{ g/cm}^3$.

b Bereken de massa van het voorwerp.

c Bereken de zwaartekracht op het voorwerp.
 De opwaartse kracht is $0,03 \text{ N}$.

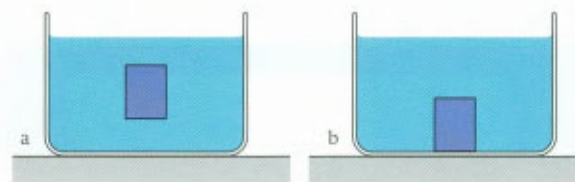
d Wat gebeurt er met het voorwerp, als het wordt losgelaten?

Even later staat het voorwerp op de bodem.

e Welke krachten werken er nu?

f Hoe groot zijn deze krachten?

FIG. 62 Zweven, zinken, drijven.



3 Krachten op een plank

Een plank met een gewicht van 250 N wordt gebruikt als brug (figuur 63). De plank is 100 cm lang.

a Welke krachten werken er op de plank?

b Hoe groot zijn deze krachten?

Een meisje met een gewicht van 500 N gaat in A op de plank staan.

c Hoe groot zal de kracht in A nu zijn? En de kracht in B? (Een berekening is hier niet nodig.)

Je kunt deze krachten ook uitrekenen. De zwaartekracht werkt op het midden van de plank. De andere krachten op de plank zijn het gewicht van het meisje en de krachten in de steunpunten A en B.

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

Gebruik de aangepaste hefboomregel:

kracht die de plank omlaag drukt \times arm =

kracht die de plank omhoog duwt \times arm

d Bereken de kracht in A.

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

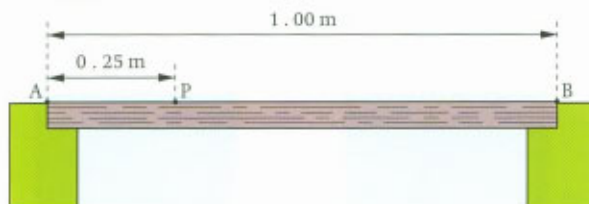
e Bereken de kracht in B.

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

f Bereken weer de krachten in A en B.

g Maak een tekening op schaal met alle krachten die op het meisje en op de plank werken.

FIG. 63



Het komt vaak voor dat je iets moet tillen. Als je niet oppast, ontstaat er een overbelasting van je rugspieren en wervelkolom.

Mensen die veel moeten tillen, of in een ongemakkelijke houding werken, lopen grote kans op rugletsel.

Veel voorkomende vormen van rugaandoeningen door overbelasting zijn spierpijn, ischias of spit, hernia en slijtage van de tussenwervelschijven van de wervelkolom (arthrose). Deze problemen zijn vaak te voorkomen door bij het tillen een juiste houding aan te nemen.

Grote belasting

Als je rechtop staat, drukt je bovenlichaam op de onderkant van je rug.

Ester is 50 kg, haar bovenlichaam heeft een massa van 30 kg.

1 a Bereken hoe groot de kracht is die op de onderkant van haar rug werkt, als ze rechtop staat.

b Kost het veel moeite om voor deze kracht te zorgen?

In figuur 64 zie je de houding van Ester, als ze met gestrekte knieën haar tenen probeert aan te raken. In punt B grijpt de zwaartekracht op het bovenlichaam van Ester aan. De kracht waarmee Ester in evenwicht blijft, grijpt in punt A aan. D is het punt waar de wervelkolom geknikt is.

2 a Bereken hoe groot de kracht is die nu in A op de onderkant van haar rug werkt.

b Kost het veel moeite om voor deze kracht te zorgen? (Probeer eens tien keer vanuit rechte stand zonder de knieën te buigen je tenen aan te raken! Waar doet het pijn?)

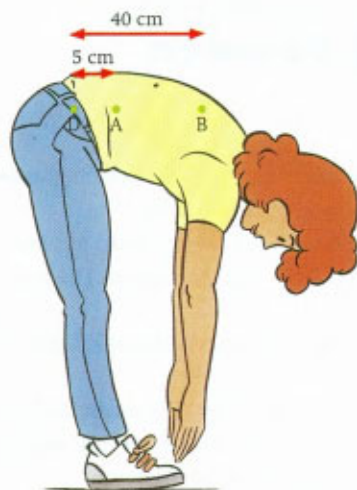


FIG. 64 Ester probeert met gestrekte knieën haar tenen aan te raken.

Ester hoefde bij vraag 2 niet eens iets te tillen! Nu tilt ze een grote zak aardappelen van 100 N (10 kg).

- 3 Bereken hoe groot de kracht op de onderkant van de rug in A nu is, als Ester tilt op de manier van figuur 65.

Je ziet dat Ester een grote kracht op haar rug uitoefent door op een onhandige manier iets op te tillen. Als ze de arm van de kracht korter maakt, hoeft ze veel minder kracht uit te oefenen.

In figuur 66 zie je nog eens waarom de manier van Ester fout is en hoe dat beter kan.

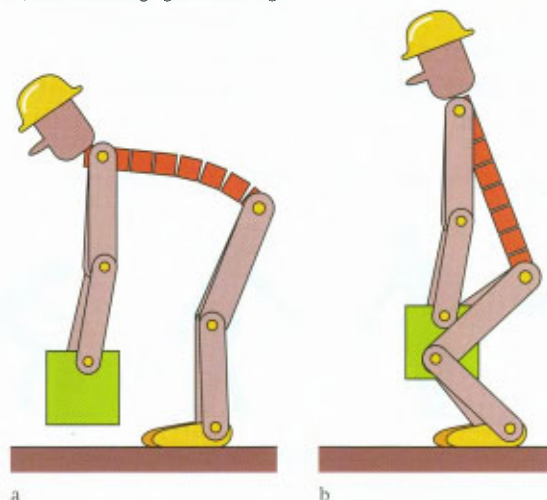
- 4 a Waarom is het beter met rechte rug door je knieën te zakken? (Probeer het maar uit door tien keer vanuit rechte stand door je knieën te zakken.)
 b Waar doet het nu pijn?
 c Op welke manier kostte het meer moeite om de grond aan te raken, met gestrekte knieën of met rechte rug?
- 5 Beschrijf hoe Ester de 100 N aardappelen het best kan tillen.



FIG. 65 Ester tilt met gebogen rug een last van 100 N.

- 6 Bereken de kracht op de onderkant van de rug, als Ester de aardappelen goed tilt.
- 7 Bij welke beroepen loop je kans op rugletsel door verkeerd tillen? Bedenk er minstens drie.

FIG. 66 Het van de grond tillen van een zwaar voorwerp.
 a Verkeerde houding: rugspieren overbelast; rugwervels 'gapen'.
 b Juiste houding: gestrekte rug.



Veilig tillen

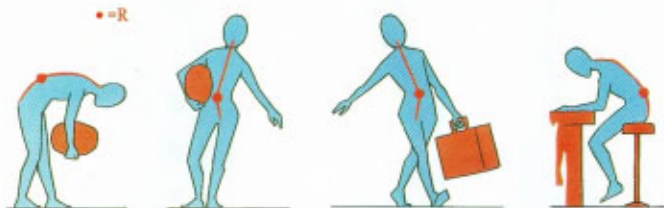
Als je niet handig tilt, moet je onnodig veel kracht zetten. Je kunt je rug overbelasten. Hieronder een paar tips om je rug te ontzien.

- 1 Til en draag met een rechte rug.
- 2 Ga zo dicht mogelijk bij het voorwerp staan.
- 3 Zak door je knieën om iets op te tillen. Houd je rug recht en til door je benen weer te strekken.
- 4 Ook bij het neerzetten van een voorwerp door je knieën zakken.
- 5 Houd het voorwerp tegen je lichaam aan.
- 6 Verdraai je rug niet tijdens het tillen. Als je moet draaien, doe dat dan door je voeten te verplaatsen.
- 7 Als je iets achter je van een rek moet pakken, draai dan niet je lichaam maar je stoel, of sta even op.
- 8 Zorg bij zittend werk dat je stoel op de juiste hoogte is afgesteld.
- 9 Sta met rechte rug.

8 Leg bij elk van de negen tips uit waarom het verstandig is om op de beschreven manier te werken.

9 In figuur 67 zijn enkele situaties getekend waarin de rug verkeerd wordt belast. In elke tekening is in punt R aangegeven, waar de kracht aangrijpt die je met je rug uitoefent. Neem de tekeningen over in je schrift. Geef in elke tekening het draaipunt aan. Geef met pijlen (min of meer op schaal) de krachten aan.

FIG. 67 Vier voorbeelden van verkeerde belasting van je rug.



10 Schets voor elke situatie hoe je wel verantwoord kunt tillen/zitten.

Practicum

Je gaat je kennis over krachten toepassen bij het maken van een sterke brug.

Misschien denk je dat een brug wel sterk zal worden, als je heel dikke balken neemt. Die aanpak is niet zo slim.

Dikke balken zijn duur, zwaar en moeilijk om mee te werken.

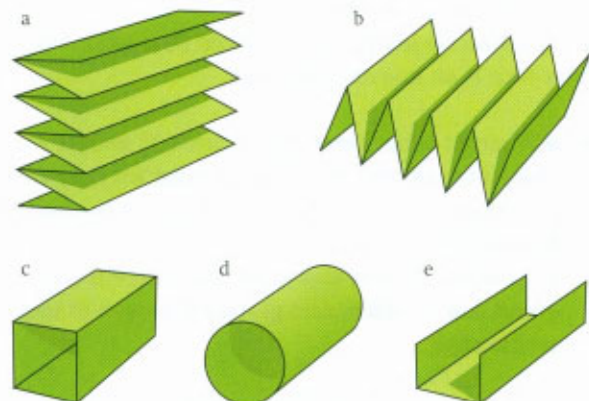
Het is verstandiger eerst te onderzoeken op welke manier je een balk met zo weinig mogelijk materiaal zo sterk mogelijk kunt maken.

- 1** Kijk naar constructies die je (ook buiten de school) ziet. Let op hoe een gebouw of een brug met balken verstevigd is.
Schets minstens drie verschillende soorten balken die worden toegepast.

De sterkte van een balk wordt bepaald door het *materiaal* en door de *vorm*.

- 2 a** Maak van papier vijf soorten balken (figuur 68).

FIG. 68 Vijf soorten balken van papier. Welke balk is het sterkst?



Gebruik per balk één velletje. Plak het papier met zo min mogelijk lijm of plakband aan elkaar.

b Bepaal van elke balk bij welke kracht de balk helemaal doorbuigt. Dat kan op twee manieren (zie figuur 69 en 70).

FIG. 69 Bij welke kracht buigt de balk door? Je kunt het touwtje eventueel met plakband vastzetten.

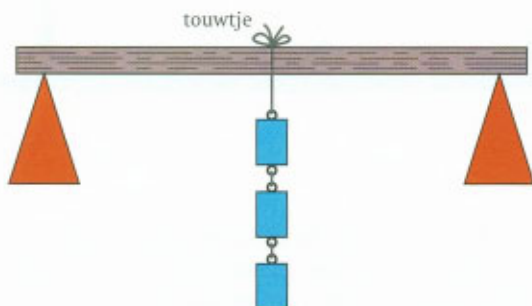
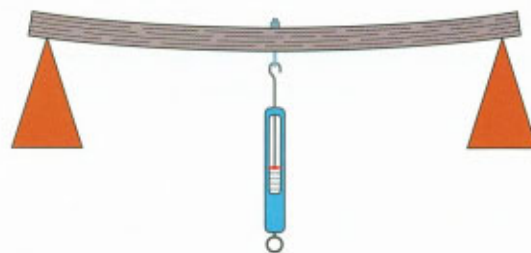


FIG. 70 Je kunt de doorbuiging ook met een krachtmeter onderzoeken. Goed opletten want als de balk eenmaal is doorgeknikt, is hij minder stevig.



Neem de tabel over en noteer je metingen.

soort balk	doorbuiging bij
a	... N
b	... N
c	... N
d	... N
e	... N

c Waar moet je op letten, als je een balk zo sterk mogelijk wilt maken?

3 Maak een brug die 30 cm lang is. De brug moet zo sterk mogelijk zijn. De materialen die je mag gebruiken zijn papier, lijm en eventueel dun touw.

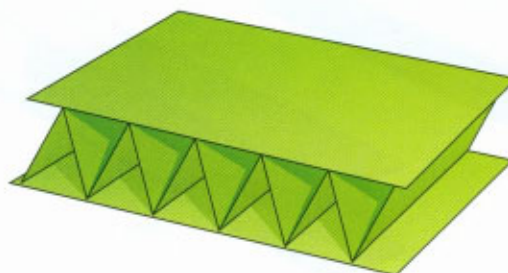
a Bedenk eerst wat voor soort brug je gaat maken.

Maak een schets hoe de brug eruit komt te zien.

b Welke soort balken ga je gebruiken?

c Hoe maak je het wegdek? Een voorbeeld staat in figuur 71.

FIG. 71 Een 'wegdek' van papier. Let op de versteviging.



Bouw eerst de onderdelen. Zet daarna de brug in elkaar.

d Maak een duidelijke tekening van de brug, als deze af is.

e Hoe sterk is de brug? Dit kun je meten door er een gewicht op te plaatsen dat zó groot is dat de brug net niet doorzakt.

f Hoeveel kon de sterkste brug van de klas dragen?

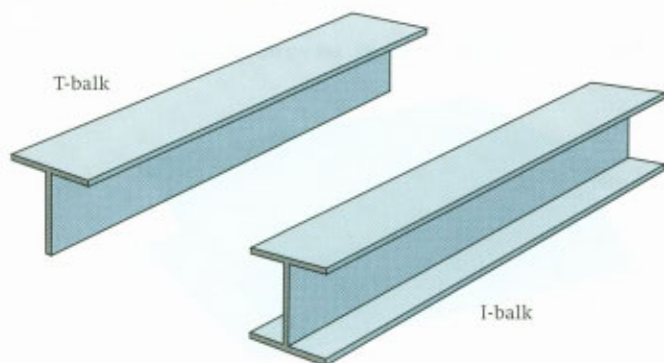
g Op welke manier was de sterkste brug gebouwd?

Theorie

De sterkte van een balk hangt af van het materiaal, maar ook van de vorm van de balk. Belangrijk is:

- 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 72).

FIG. 72 T-balk en I-balk.



Een plank die alleen aan de uiteinden ondersteund wordt, zal ten gevolge van zijn eigen gewicht doorbuigen (figuur 73). Dit is slecht voor de plank. Aan de bovenkant wordt de plank in elkaar gedruwd, aan de onderkant wordt hij juist uit elkaar getrokken.

FIG. 73



Het doorbuigen van een plank kan op verschillende manieren voorkomen worden (figuur 74):

- 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 75, 76 en 77).

FIG. 74 De kabels houden het midden van de plank omhoog. De plank blijft hierdoor recht liggen.



Beton is een materiaal dat goed bestand is tegen in elkaar drukken, maar snel scheurt als het uit elkaar getrokken wordt. Om het uit elkaar trekken van het materiaal te voorkomen, wordt betonijzer in het beton verwerkt. Door het betonijzer van tevoren te spannen, kan ervoor gezorgd worden dat het beton altijd min of meer in elkaar gedrukt wordt. Dit noemt men voorgespannen beton.

Voorgespannen beton vereist – om de juiste sterkte te bereiken – ook veel minder wapening dan gewoon gewapend beton.

Vragen

- 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?



FIG. 75 Hangbrug.

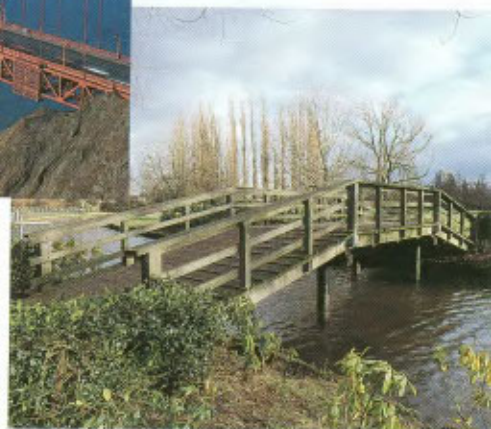


FIG. 76 Balkbrug.



FIG. 77 Boogbrug.

- 2** In figuur 78 en 79 zijn twee planken op elkaar bevestigd. De pijltjes geven de richting aan van de krachten op de planken.

- 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. 78 Verticale krachten.

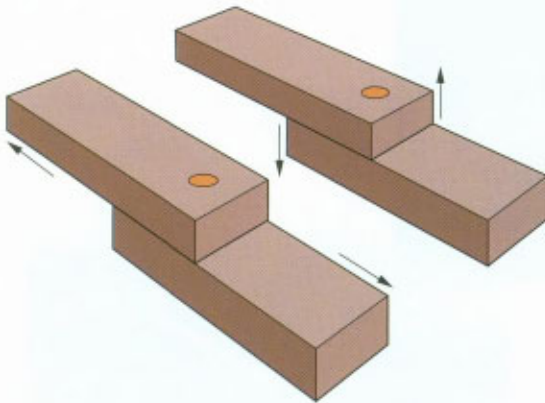
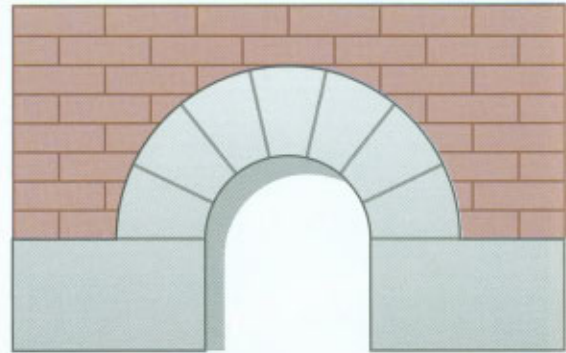


FIG. 79 Horizontale krachten.

- 3** In bruggen kom je vaak bogen tegen (figuur 80). Als de stenen van een boog op de juiste manier gestapeld worden, is er zelfs geen cement nodig. Je komt deze manier van bouwen ook tegen bij ovens waar met hoge temperaturen gewerkt wordt (glasovens en dergelijke).

- a** Hoe komt het dat de middelste steen niet naar beneden valt?

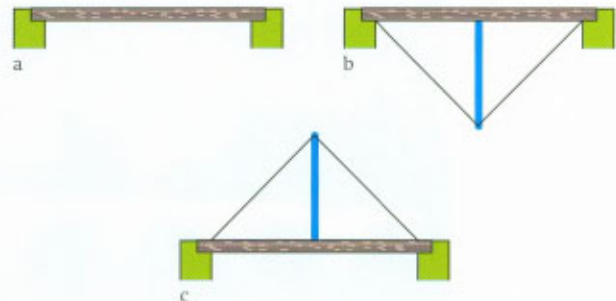
FIG. 80 Stenen boog zoals die voor kan komen bij bruggen, poorten en gewelven.



- 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 81 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?

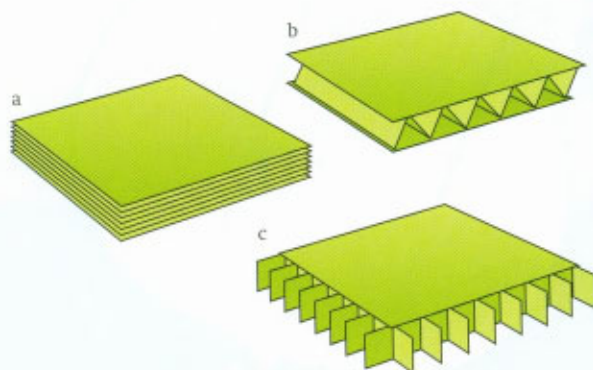
FIG. 81 Welke brug is het stevigst?



Je mag voor het brugdek kiezen uit de papieren 'planken' uit figuur 82.

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

FIG. 82 Drie verschillende papieren 'planken'.



- 5** In figuur 38 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 Meet met je geodriehoek de benodigde afstanden in de figuur. Bereken de kracht waarmee de nijptang de spijker uit het hout trekt.