

# 1 Krachten



# 1 Soorten krachten

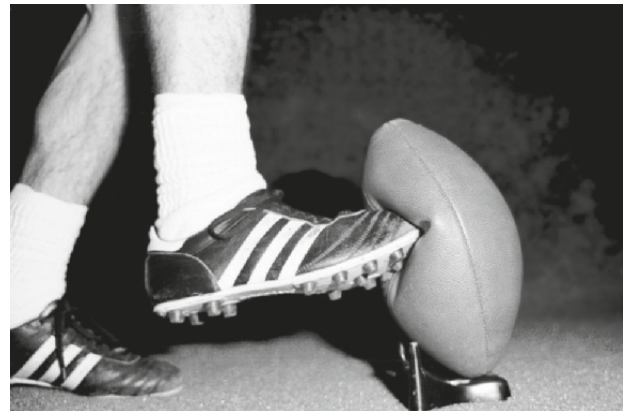
## Leerstof

- 1 Beantwoord de volgende vragen.
  - a Noteer twee effecten die krachten kunnen hebben.
    - Een kracht kan de vorm van een voorwerp veranderen.
    - Een kracht kan de beweging van een voorwerp veranderen.
  - b Bij een tekening in een natuurkundeboek staat: "De gebruikte krachtenschaal is  $1 \text{ cm} \triangleq 5 \text{ N}$ ." Wat wordt daarmee bedoeld?  
Dat betekent dat een pijl met een lengte van 1 cm een kracht van 5 N voorstelt.
  - c Welke waarde heeft  $g$  op (of vlak bij) het aardoppervlak?  
Op het aardoppervlak heeft  $g$  een waarde van  $9,8 \text{ N/kg}$ .
  - d Welke afgeronde waarde voor  $g$  wordt vaak gebruikt?  
 $10 \text{ N/kg}$
- 2 Vul in:
  - a Veerkracht ontstaat wanneer een veerkrachtig voorwerp wordt uitgerekt of in elkaar gedrukt.
  - b Spankracht ontstaat wanneer een touw of kabel strak gespannen wordt.
  - c Spierkracht ontstaat doordat de spieren in je lichaam zich spannen.
  - d Magnetische krachten ontstaan als je de polen van twee magneten bij elkaar brengt.
  - e De noordpool van een magneet stoot de noordpool van een andere magneet af.
  - f De noordpool van een magneet trekt de zuidpool van een andere magneet aan.

## Toepassing

In de opgaven mag je rekenen met:  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

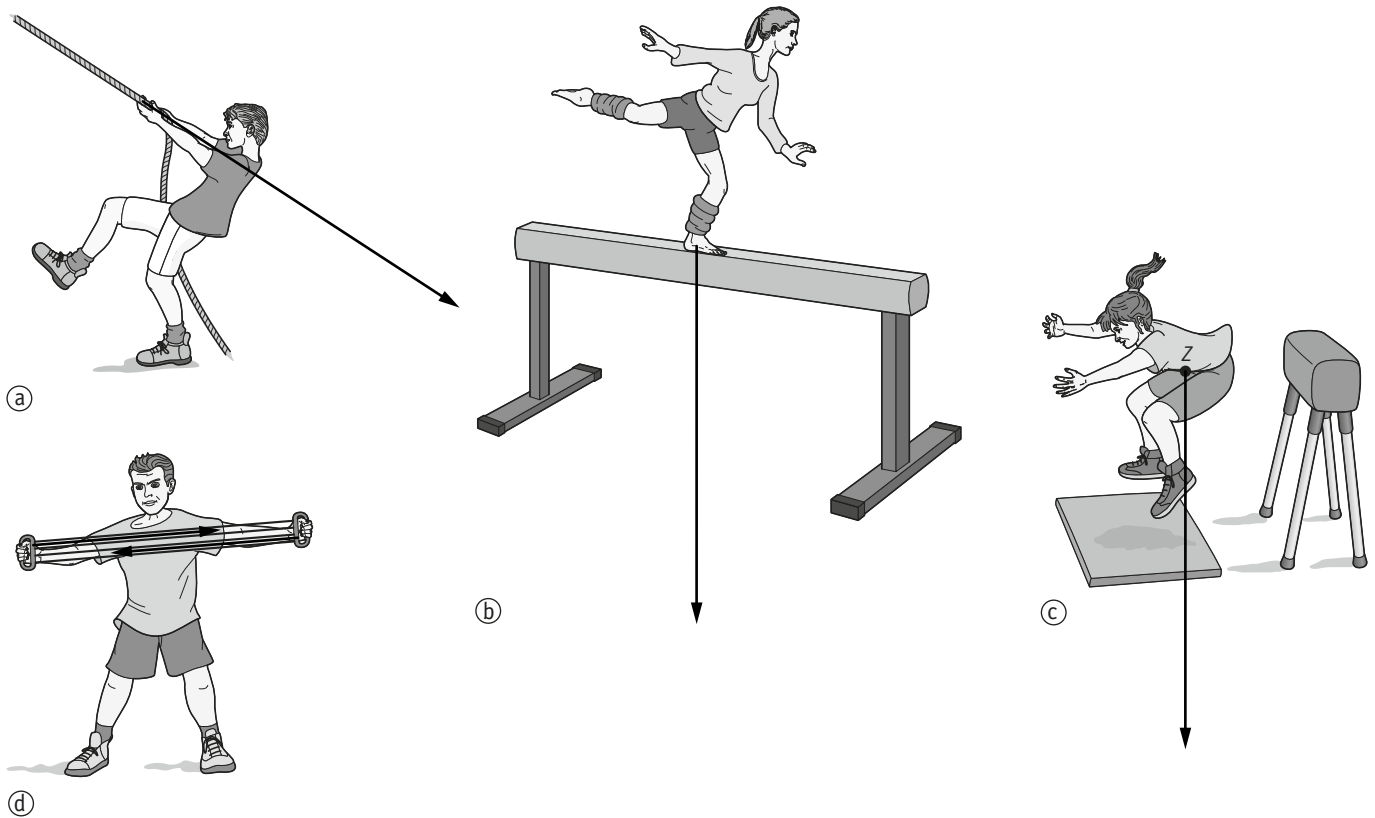
- 3 Bekijk de foto in figuur 1.
  - a Waaraan kun je zien dat er een kracht werkt op de bal?  
Je ziet dat de vorm van de bal is veranderd: er zit een deuk in.
  - b De bal oefent een even grote kracht uit op de schoen.  
Hoe merkt de man dat hij tegen een bal aanschopt?  
De man voelt de kracht die de bal op (het puntje van) zijn voet uitoefent.



▲ figuur 1

Welk effect hebben de krachten?

- 4 Teken in figuur 2 de volgende krachten. Neem als krachtenschaal  $1 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$ .
  - a Jan trekt met een kracht van  $400 \text{ N}$  aan het touw.
  - b Minke oefent door haar gewicht een kracht van  $450 \text{ N}$  uit op de evenwichtsbalk.
  - c De aarde oefent een kracht van  $500 \text{ N}$  uit op Petra. Tip: punt Z is het aangrijpingspunt.
  - d De expander oefent op elke hand van Erwin een kracht uit van  $150 \text{ N}$ .



▲ **figuur 2**  
krachten in de gymzaal

5 Kijk nog eens naar figuur 2. Er werken meer krachten dan je in de tekening hebt aangegeven.

a Noem drie krachten die werken in figuur 2a.  
spierkracht, spankracht, zwaartekracht

b Noem drie krachten die werken in figuur 2d.  
veerkracht, spierkracht, zwaartekracht

6 Bereken hoe groot de zwaartekracht is:

a op een zak koekjes van 0,5 kg.

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

$$F_z = m \cdot g$$

$$= 0,5 \times 10$$

$$= 5 \text{ N}$$

b op een zak drop van 250 g.

$$m = 250 \text{ g} = 0,25 \text{ kg}$$

$$F_z = m \cdot g$$

$$= 0,25 \times 10$$

$$= 2,5 \text{ N}$$

c op een reep chocolade van 45 g.

$$m = 45 \text{ g} = 0,045 \text{ kg}$$

$$F_z = m \cdot g$$

$$= 0,045 \times 10$$

$$= 0,45 \text{ N}$$

7 Tijdens een proefwerk moet Jeffrey drie krachten in een figuur intekenen:  $F_1 = 85 \text{ N}$ ,  $F_2 = 53 \text{ N}$  en  $F_3 = 48 \text{ N}$ . Als krachtenschaal gebruikt hij  $1 \text{ cm} \triangleq 15 \text{ N}$ .

Bereken hoe lang hij elke pijl moet tekenen.

Geef je antwoorden in cm, met één cijfer achter de komma.

$$\text{kracht } F_1: 85 / 15 \approx 5,7 \text{ cm}$$

$$\text{kracht } F_2: 53 / 15 \approx 3,5 \text{ cm}$$

$$\text{kracht } F_3: 48 / 15 = 3,2 \text{ cm}$$

8 Eugène wil twee krachten tekenen. De eerste kracht is 4,0 kN groot; de tweede kracht is 6,0 kN groot. Welke krachtenschaal kan hij het best nemen? Leg je antwoord uit.

Eugène kan als krachtenschaal

$1 \text{ cm} \triangleq 2 \text{ kN}$  of  $1 \text{ cm} \triangleq 1 \text{ kN}$

nemen. De lengte van de krachtenpijlen blijft dan beperkt.

Ook kan hij met deze krachtenschaal gemakkelijk de lengte van de pijl uitrekenen.

9 In figuur 3 zie je Anton die aan het bungeejumpen is.

a In de situatie op de foto oefent het elastiek nog geen veerkracht uit op Anton.

Waarom zie je dat?

Het elastiek staat niet strak; het is nog niet uitgerekt.

b Wanneer begint de veerkracht van het elastiek op Anton te werken?

Zodra het elastiek strak staat en begint uit te rekken.

c Anton merkt op een bepaald moment dat de veerkracht van het elastiek groter is dan zijn zwaartekracht.

Waarom merkt hij dat?

Zijn valsnelheid neemt dan af; hij begint af te remmen.

d Wanneer is de veerkracht die op Anton wordt uitgeoefend, het grootst?

Als het elastiek niet verder meer uitrekt. Anton bevindt zich dan op het laagste punt van zijn beweging.

e De maximale veerkracht is een stuk groter dan de zwaartekracht.

Wat gebeurt er dus met Anton?

Anton wordt dan door het elastiek omhooggetrokken.



▲ figuur 3  
een bungeejumper

\*10 Terwijl Anton naar beneden springt, werkt de zwaartekracht op zijn lichaam (figuur 3).

Leg uit of de zwaartekracht verandert of constant blijft terwijl Anton naar beneden valt.

De zwaartekracht op Antons lichaam hangt alleen af van de massa van Anton. Deze verandert niet tijdens de sprong en dus verandert de zwaartekracht ook niet tijdens de sprong.

11 Nelia doet een proef met twee plastic staafjes.

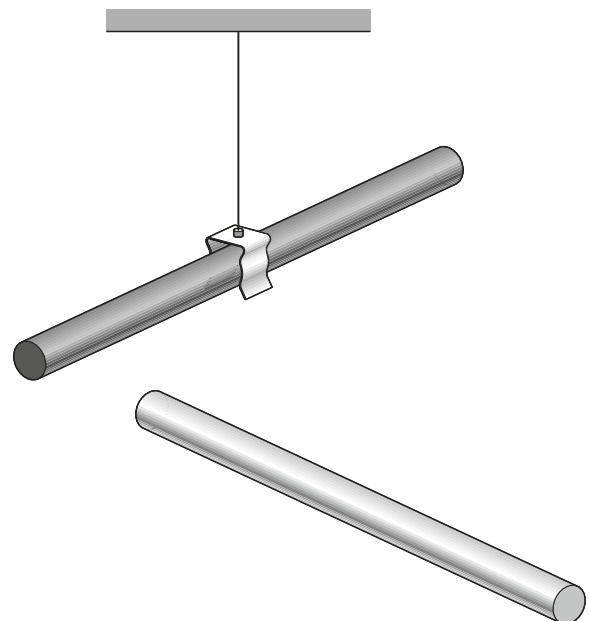
Ze wrijft één staafje met een doek zodat het elektrisch wordt geladen. Dit staafje hangt ze op, zodat het vrij kan bewegen. Daarna wrijft ze ook het andere plastic staafje, zodat dit dezelfde lading krijgt.

a Wat gebeurt er als Nelia het tweede staafje vlak bij het opgehangen staafje brengt (figuur 4)?

De staafjes stoten elkaar af. Het staafje dat is opgehangen, zal bij het andere staafje wegdraaien.

b Leg je antwoord op vraag a uit.

Doordat de twee staafjes dezelfde lading hebben gekregen, stoten ze elkaar af.



▲ figuur 4  
Wat doen de geladen staafjes?

## Plus Zwaartekracht en gewicht

12 Vul in:

- a Het gewicht is de kracht die een voorwerp uitoefent op zijn ondersteuning.
- b Het gewicht van een voorwerp is even groot als de zwaartekracht, als het voorwerp wordt ondersteund.
- c Een voorwerp is gewichtloos ( $F_g = 0 \text{ N}$ ) als het vrij naar beneden valt.

13 In figuur 5 zie je twee foto's die tijdens een turnwedstrijd zijn gemaakt.

- a In welke foto is het gewicht van de turner gelijk aan de zwaartekracht?  
in foto a
- b In welke foto is het gewicht van de turner (korte tijd) 0 N?  
in foto b

14 Op 21 juli 1969 liep Neil Armstrong als eerste mens op de maan. De massa van zijn lichaam en zijn ruimtepak was in totaal 160 kg.

a Bereken hoe groot het gewicht was dat Neil Armstrong op de maanbodem uitoefende.

$$\begin{aligned} m &= 160 \text{ kg} \\ g &= 1,6 \text{ N/kg} \\ F_g &= F_z = m \cdot g \\ &= 160 \times 1,6 \\ &= 256 \text{ N} \end{aligned}$$

b Beredeneer wanneer Armstrongs gewicht groter was: met ruimtepak op de maan of zonder ruimtepak op aarde?

Op aarde komt een gewicht van 256 N overeen met een massa van 25,6 kg. Dat is veel te weinig voor een volwassen man. Armstrongs massa was zeker groter dan 25,6 kg, dus was zijn gewicht op aarde zeker groter dan 256 N.



(a)



(b)

▲ figuur 5

twee turners aan het werk

# 2 Krachten in constructies

## Leerstof

15 Vul in:

- a Beton is een mengsel van zand, grind, cement en water.
- b Bakstenen worden gemaakt van klei die wordt gedroogd en daarna gebakken in een oven.
- c Baksteen is goed bestand tegen druk-krachten, maar slecht tegen trekkrachten.
- d Hout en staal zijn beide goed bestand tegen trekkrachten.

16 Voor vloeren wordt vaak gewapend beton gebruikt.

- a Waaruit bestaat deze wapening?  
uit een stalen geraamte
- b Welke krachten moet de wapening opvangen?  
de trekkrachten
- c Zit de wapening aan de onderkant of aan de bovenkant van de vloer?  
Aan de onderkant van de vloer, want daar werken trekkrachten als iemand over de vloer loopt.

17 In constructies zoals bruggen en gebouwen kom je vaak rechthoeken tegen.

- a Welk nadeel hebben rechthoeken in constructies?  
Rechthoeken kunnen gemakkelijk worden vervormd.
- b Op welke manier worden rechthoeken in constructies steviger gemaakt?  
Door diagonaal een extra balk aan te brengen (zodat je twee driehoeken krijgt).

## Toepassing

In de opgaven mag je rekenen met:  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

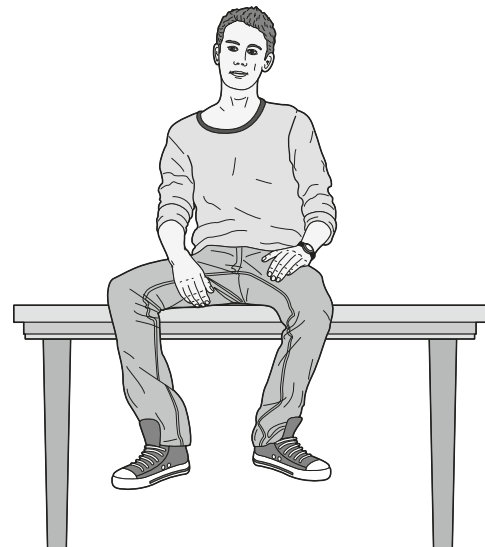
18 Noah zit op een keukentafel (figuur 6).

a Welke krachten werken er in de poten van de tafel?

- A alleen drukkrachten
- B alleen trekkrachten
- C zowel drukkrachten als trekkrachten

b Welke krachten werken er in het tafelblad?

- A alleen drukkrachten
- B alleen trekkrachten
- C zowel drukkrachten als trekkrachten



▲ **figuur 6**  
de krachten op een keukentafel

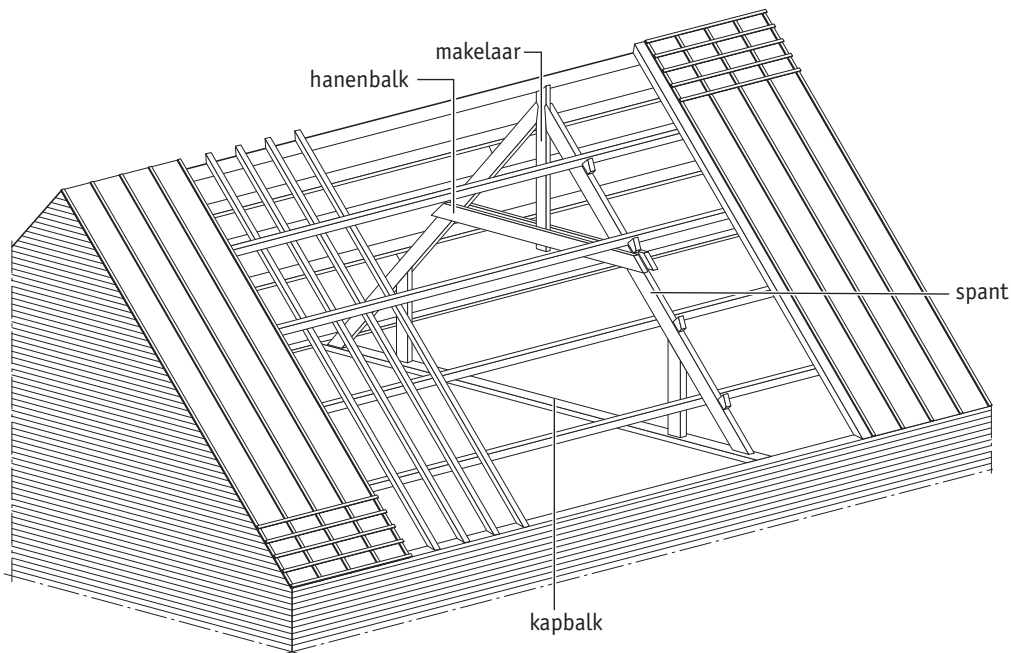
19 In figuur 7 is een dakconstructie getekend die vooral vroeger veel werd toegepast. De kapbalken voorkomen dat de buitenmuren uit elkaar worden gedrukt en het huis instort.

- a Komen er op de kapbalken drukkrachten te staan of trekkrachten? trekkrachten
- b Komen er op de spanten drukkrachten te staan of trekkrachten? drukkrachten

Als bouw materiaal wordt voor deze dakconstructie hout gebruikt.

c Noem twee redenen waarom hout geschikt is voor een dakconstructie.

- Hout kan zowel druk- als trekkrachten goed opvangen.
- Hout is licht; het heeft een kleine dichtheid.



▲ **figuur 7**  
een veelgebruikte dakconstructie

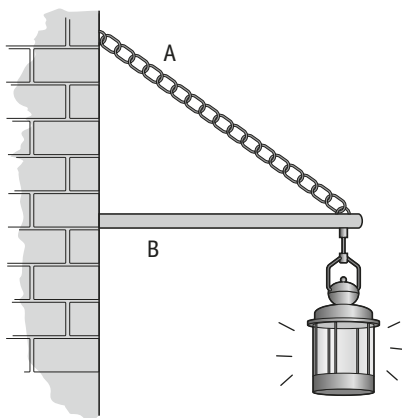
20 Een lamp hangt aan de gevel van een woning (figuur 8).

a Leg uit waarom een ketting of kabel geschikt is voor deel A van de ophangconstructie.

In gedeelte A werken alleen trekkrachten.

b Leg uit waarom een stalen stang een goede oplossing is voor het andere gedeelte.

In gedeelte B werken drukkrachten. Daar is een stalen stang goed tegen bestand.



▲ **figuur 8**  
een gevel met een lamp

21 In de meeste grote fabriekshallen rust het dak op een constructie van stalen balken met een H-profiel (figuur 9).

a Waarom worden stalen balken gebruikt in plaats van balken van hout?

Omdat hout niet sterk genoeg is voor grote overspanningen. Stalen balken kun je veel langer maken dan houten balken.

b Waarom worden H-profielbalken gebruikt in plaats van massieve balken?

H-profielbalken zijn even sterk als massieve balken, maar veel minder zwaar.



▲ **figuur 9**  
stalen balken met een H-profiel

- \*22 In figuur 10 zie je hoe een atleet een sprong maakt bij het polsstokhoogspringen.  
Leg uit dat er zowel druk- als trekkrachten op de polsstok werken.

De polsstok is gebogen.  
Aan de buitenkant van de bocht wordt het materiaal uitgerekt.  
Hier werken dus trekkrachten.  
Aan de binnenkant van de bocht wordt het materiaal ingedrukt.  
Hier werken dus drukkrachten.



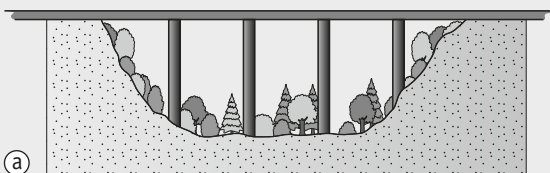
▲ figuur 10

Een polsstok is niet zomaar een stok.

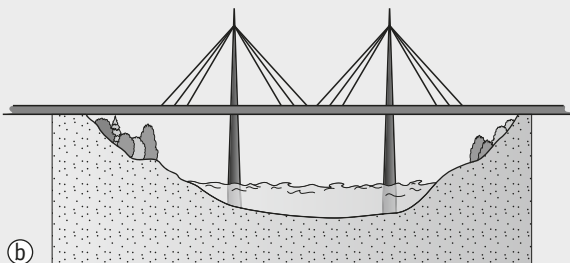
## Plus Soorten bruggen

- 23 Bekijk de bruggen in figuur 11.  
Werken er trekkrachten of drukkrachten:

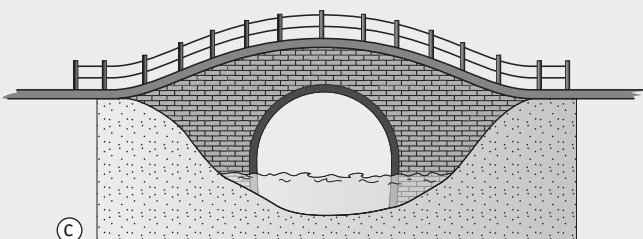
- a op de betonnen pijlers van brug a?  
drukkrachten
- b op de stalen kabels van brug b?  
trekkrachten
- c op de bakstenen boog van brug c?  
drukkrachten



a



b



c

▲ figuur 11  
drie brugconstructies

- 24 Bij de brug in figuur 12 is het brugdek met kabels opgehangen aan een boog. De boog rust op pijlers die in de rivier staan.

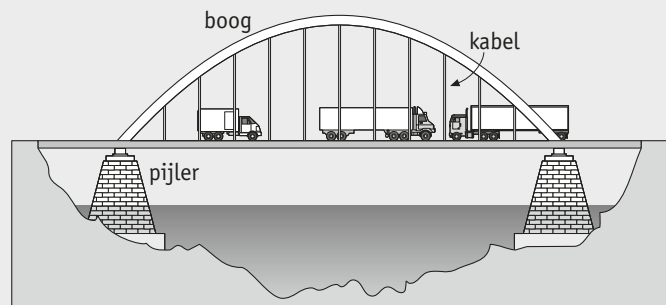
- a Werken er druk- of trekkrachten:  
– op de kabels? trekkrachten  
– op de boog? drukkrachten  
– op de pijlers? drukkrachten

- b Is staal een geschikt materiaal voor de kabels?  
Leg uit waarom wel of niet.

Staal is geschikt voor de kabels, omdat het goed bestand is tegen trekkrachten.

- c Is baksteen een geschikt materiaal voor de pijlers? Leg uit waarom wel of niet.

Baksteen is een geschikt materiaal voor de pijlers. Het is goed bestand tegen drukkrachten.



▲ figuur 12  
een boogbrug



# 3 Krachten samenstellen

## Leerstof

- 25 Door krachten samen te stellen bepaal je de nettokracht.
- a Hoe wordt die nettokracht genoemd?  
de resulterende kracht of de resultante
- b Wanneer is  $F_r$  gelijk aan  $F_1 + F_2$ ?  
Als  $F_1$  en  $F_2$  in dezelfde richting werken.
- c Wanneer is  $F_r$  gelijk aan  $F_1 - F_2$ ?  
Als  $F_1$  en  $F_2$  in tegenovergestelde richting werken.
- 26 Vul in:
- a Als krachten in verschillende richtingen werken, is er geen eenvoudige manier om de resultante te berekenen.
- b Dat komt doordat krachten vectoren zijn: niet alleen hun grootte is belangrijk, maar ook hun richting.
- c Om de resultante van twee krachten te vinden, moet je de krachten samenstellen.
- d Dat doe je door een nauwkeurige tekening op schaal te maken.
- e Het samenstellen van krachten wordt ook wel het construeren van de resultante genoemd.

## Toepassing

In de opgaven mag je rekenen met:  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

- 27 René gaat op de weegschaal staan. Hij ziet dat hij 68 kg weegt.
- a Welke grootheid kan Rene aflezen op de weegschaal?  
zijn massa
- De weegschaal oefent een kracht uit op René.
- b Hoe heet deze kracht?  
de normaalkracht

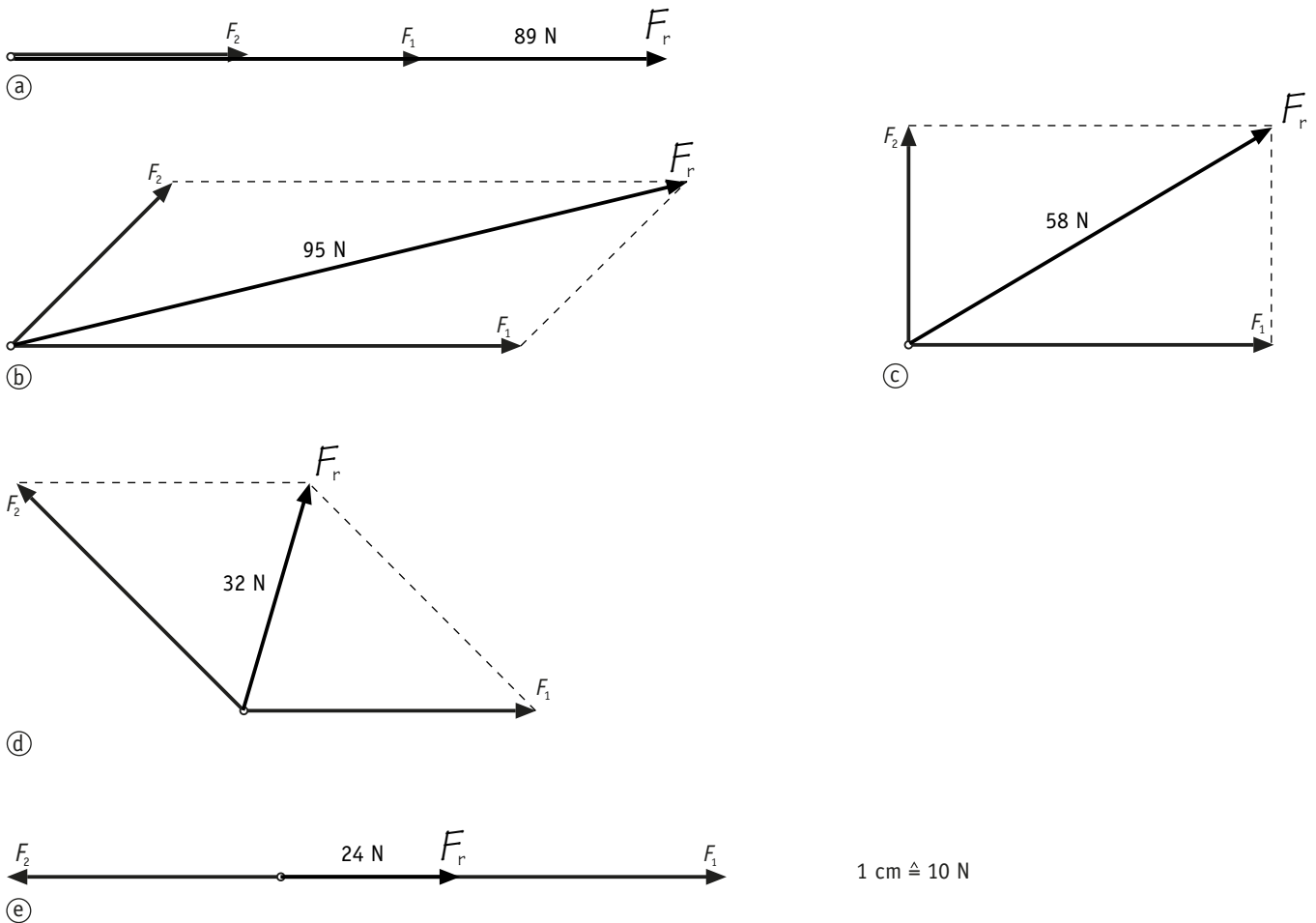
- c Leg uit dat de kracht die de weegschaal uitoefent even groot is als de zwaartekracht op René.  
De nettokracht is 0 N, omdat René stilstaat. Dat kan alleen als de normaalkracht even groot is als de zwaartekracht.

- d Teken beide krachten in figuur 13.



▲ figuur 13  
Hoe zwaar is René?

- 28 Twee ploegen van elk vijf mensen zijn tegen elkaar aan het touwtrekken.
- a Voor de kracht die de vijf leden van één ploeg op het touw uitoefenen, geldt:  $F_r = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$ . Waarom mag je in dit geval de krachten zo bij elkaar optellen?  
De leden van een ploeg trekken allemaal dezelfde kant op. Krachten die in dezelfde richting werken, mag je bij elkaar optellen.
- b Noem de resultante van de ene ploeg  $F_A$  en die van de andere ploeg  $F_B$ .  
Wat is de juiste berekening van de resultante van alle krachten op het touw?
- A  $F_r = F_A + F_B$
- B  $F_r = F_A - F_B$
- C  $F_r = F_A = F_B$
- c Leg je antwoord op vraag b uit.  
De twee ploegen trekken in tegenovergestelde richting. Dus geldt:  $F_r = F_A - F_B$ .



▲ **figuur 14**  
vijf keer krachten samenstellen

29 In figuur 14 zie je vijf keer twee krachten die in hetzelfde punt aangrijpen. De krachtenschaal van de tekeningen is  $1\text{ cm} \cong 10\text{ N}$ .

- a Teken in elke situatie de resultante van  $F_1$  en  $F_2$ .
- b Vul in tabel 1 in:
  - hoe lang de pijl van elke resultante is;
  - hoe groot de resultante is volgens de krachtenschaal.

▼ **tabel 1**  
vijf keer de resultante

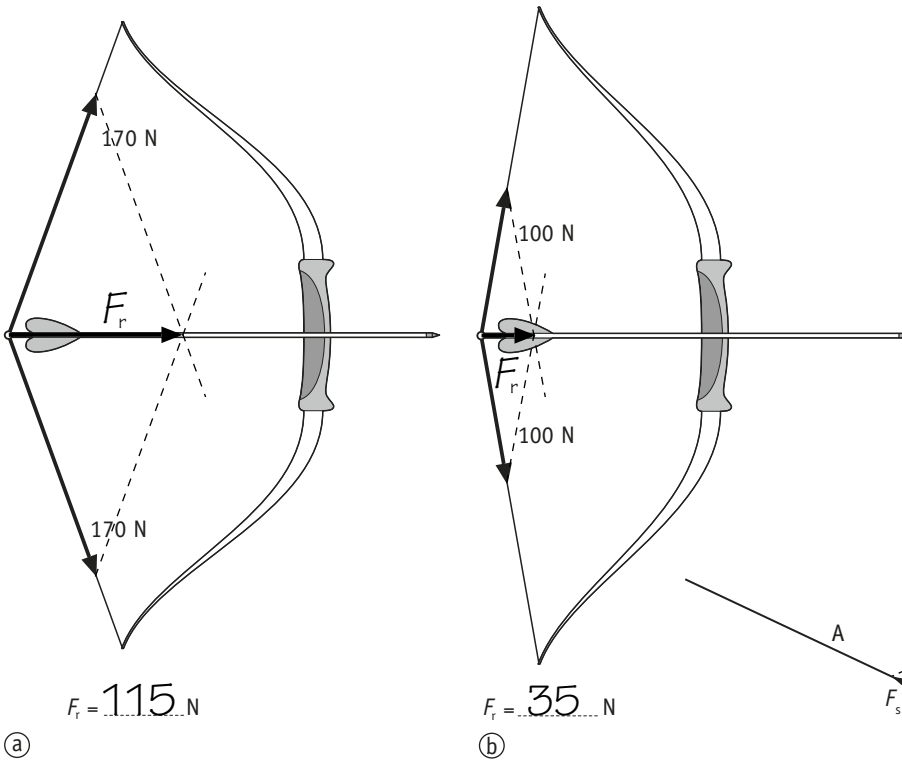
tekening	lengte resultante	grootte resultante
a	8,9 cm	89 N
b	9,5 cm	95 N
c	5,8 cm	58 N
d	3,2 cm	32 N
e	2,4 cm	24 N

30 Een boogschutter schiet een pijl af. In figuur 15 zie je twee momentopnamen van het wegschieten. De krachten die de boogpees op de pijl uitoefent, zijn elke keer ingetekend.

a Welke krachtenschaal is in de figuur gebruikt?  
Een pijl van 3,4 cm komt overeen met een kracht van 170 N.  
Dan komt 1 cm overeen met een kracht van  $170 / 3,4 = 50\text{ N}$ .  
De gebruikte krachtenschaal is dus:  $1\text{ cm} \cong 50\text{ N}$ .

- b Teken in elke afbeelding de resultante.
- c Noteer onder elke afbeelding hoe groot de resultante is.

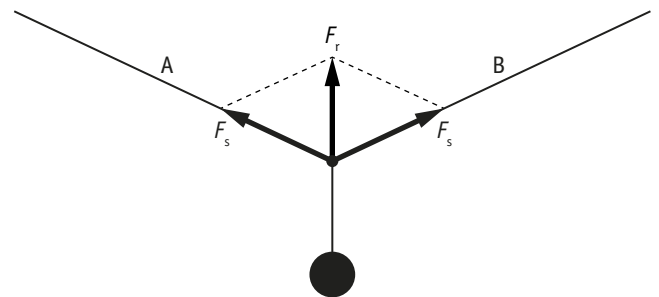
31 Een gewicht wordt opgehangen aan een touw. Hierdoor ontstaat er in beide helften van het touw een spankracht. Teken de resultante in figuur 16.



(a)

(b)

▲ **figuur 15**  
boogschieten



▲ **figuur 16**  
twee spankrachten samenstellen

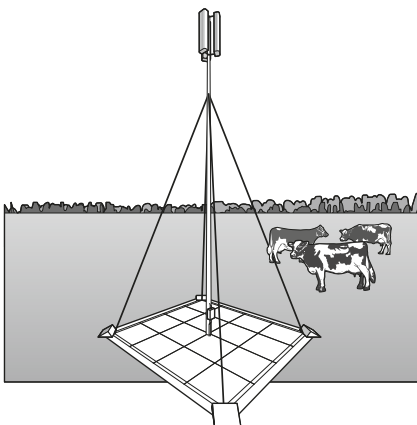
\*32 Een zendmast voor mobiele telefonie is vastgezet met vier staalkabels (figuur 17a). In figuur 17b zijn twee van de vier kabels op schaal getekend. Elke kabel oefent een spankracht op de mast uit van 10 kN.

a Teken de krachten  $F_1$  en  $F_2$  die de kabels op de mast uitoefenen. Neem als krachtenschaal 1 cm  $\triangleq$  2 kN.

b Teken de resultante en schrijf erbij hoe groot die is.

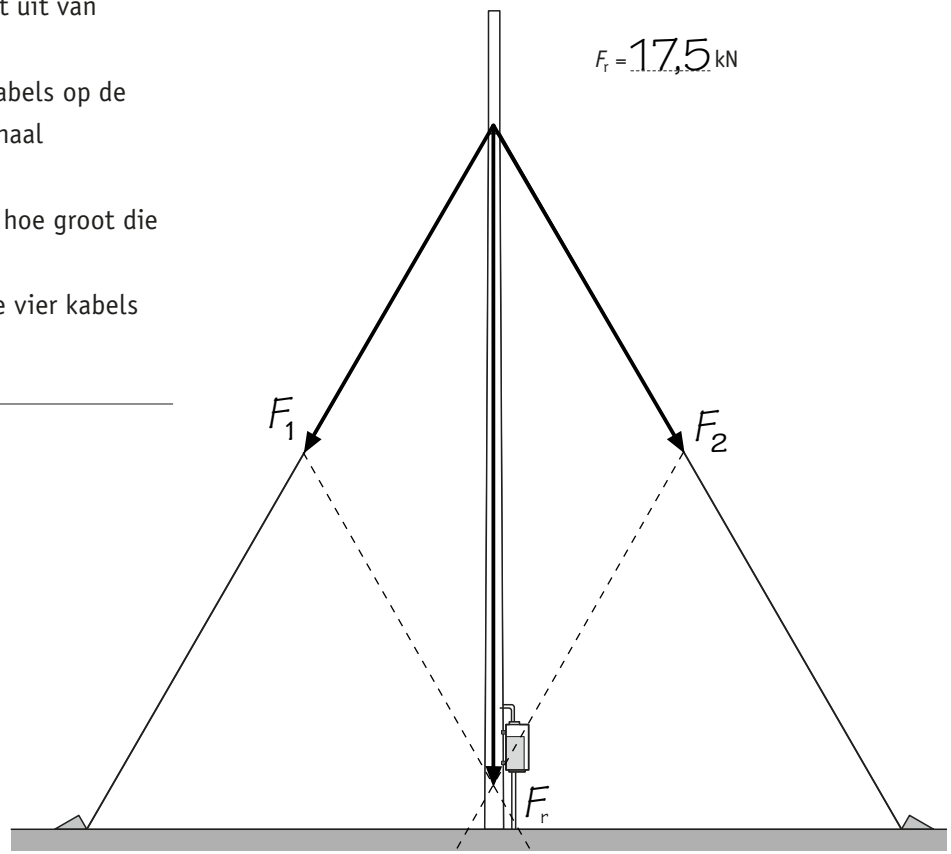
c Hoe groot is de totale kracht die de vier kabels samen op de mast uitoefenen?

$2 \times 17,5 = 35 \text{ kN}$



(a)

▲ **figuur 17**  
een zendmast



(b)

## Plus De kop-staartmethode

33 In figuur 18 zijn twee krachten getekend. De krachtenschaal is  $1 \text{ cm} \triangleq 5 \text{ N}$ .

a Teken in figuur 18a de resultante van  $F_1$  en  $F_2$  op de gewone manier (door een parallellogram te tekenen).

b Teken in figuur 18b de resultante van  $F_1$  en  $F_2$  met de kop-staartmethode.

c Bepaal de grootte van de resultante in figuur 18a en 18b met behulp van de krachtenschaal. Schrijf de uitkomst onder de tekeningen.

d Bereken de grootte van de resultante met de stelling van Pythagoras.

$$F_1 = 20 \text{ N}$$

$$F_2 = 15 \text{ N}$$

$$F_r^2 = F_1^2 + F_2^2$$

$$= 20^2 + 15^2$$

$$= 400 + 225 = 625$$

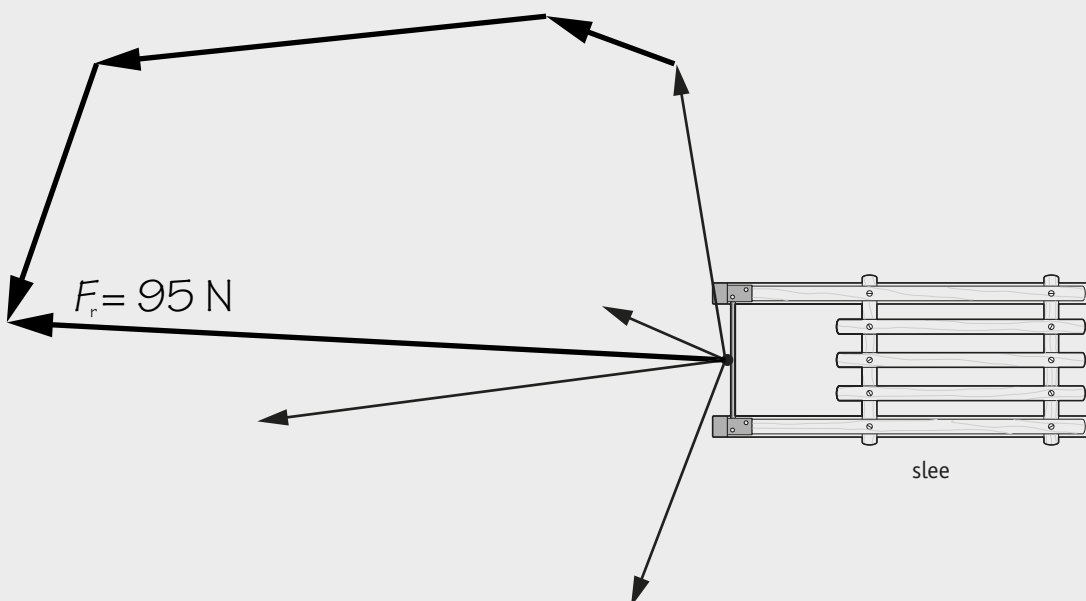
$$\text{dus: } F_r = \sqrt{625} = 25 \text{ N}$$

e Wat is je conclusie?

De verschillende methoden geven alle drie dezelfde uitkomst.

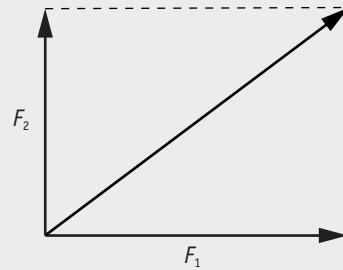
34 Vier kinderen trekken aan een slee. In figuur 19 zijn de krachten getekend die op de slee werken. De krachtenschaal is  $1 \text{ cm} \triangleq 10 \text{ N}$ .

Bepaal met de kop-staartmethode de resulterende kracht op de slee.



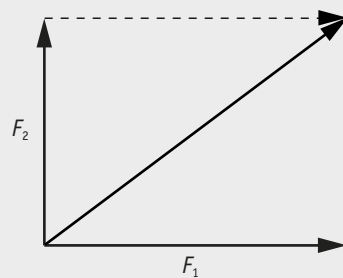
▲ figuur 19

Welke kant gaat de slee op?



$$F_r = 25 \text{ N}$$

(a)



$$F_r = 25 \text{ N}$$

(b)

▲ figuur 18

Hoe groot is de resultante van  $F_1$  en  $F_2$ ?

# 4 Krachten ontbinden

## Leerstof

- 35** Op een voorwerp dat met een kabel omhoog wordt gehesen, werken drie krachten: de zwaartekracht ( $F_z$ ), de normaalkracht ( $F_n$ ) en de spankracht van de kabel ( $F_s$ ).
- a** Welke kracht wordt steeds groter als de hijskabel strak komt te staan?  
de spankracht
- b** Welke kracht wordt steeds kleiner als de hijskabel strak komt te staan?  
de normaalkracht
- c** Wanneer geldt  $F_z = F_n$ ?  
Als de hijskabel nog niet gespannen staat.
- d** Wanneer geldt  $F_z = F_s$ ?  
Als het voorwerp loskomt van de grond.
- 36** Bij het ontwerpen van een constructie is het vaak nodig om de krachten op de constructie te ontbinden.  
Leg uit waarom dat nodig is.  
Dat is nodig om erachter te komen:  
– welke krachten er op elk onderdeel komen te staan;  
– hoe groot die krachten zullen zijn.

## Toepassing

In de opgaven mag je rekenen met:  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

- 37** Een liftcabine hangt stil aan een liftkabel (figuur 20). De massa van de (lege) liftcabine is 300 kg. De massa van de jongen is 55 kg.
- a** Bereken de spankracht die de liftkabel op de liftcabine uitoefent.

Eerst bereken je de totale zwaartekracht (op de cabine inclusief de jongen):

$$m = 300 + 55 = 355 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$F_z = m \cdot g$$

$$= 355 \times 10$$

$$= 3550 \text{ N}$$

De cabine hangt stil, dus

$$F_s = F_z = 3550 \text{ N.}$$

- b** Bereken de normaalkracht die de vloer op de jongen uitoefent.

Eerst bereken je de zwaartekracht op de jongen:

$$m = 55 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

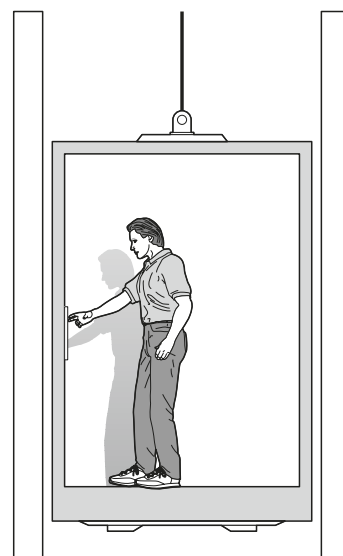
$$F_z = m \cdot g$$

$$= 55 \times 10$$

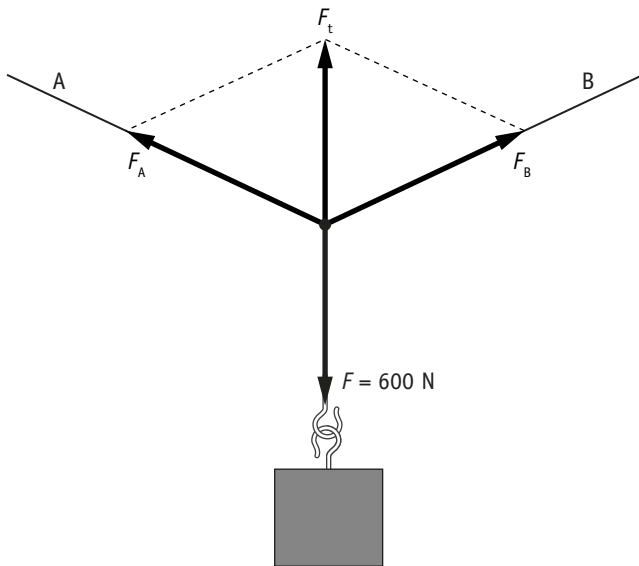
$$= 550 \text{ N}$$

De normaalkracht heft de zwaartekracht op, dus

$$F_n = F_z = 550 \text{ N.}$$

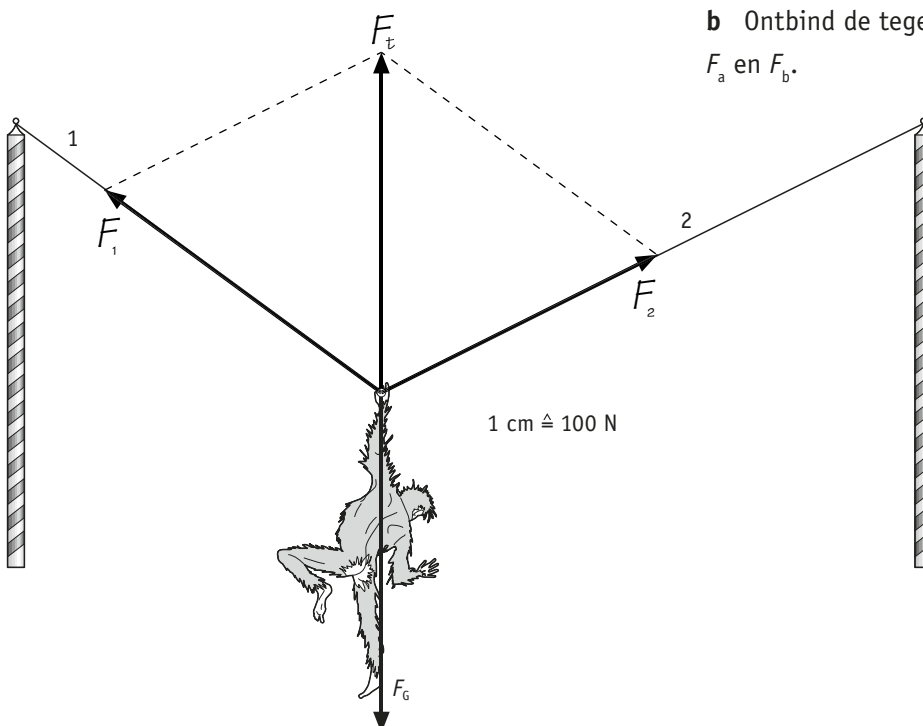


▲ figuur 20  
in de lift



▲ **figuur 21**  
de tegenwerkende kracht ontbinden

- 38 Een gewicht wordt opgehangen aan een touw. De kracht van het gewicht op het touw is in figuur 21 getekend.
- Het gewicht hangt stil.  
Hoe groot is de tegenwerkende kracht?  
600 N
  - Teken de tegenwerkende kracht ( $F_t$ ) in figuur 21. Het touw bestaat uit de delen A en B.
  - Teken de kracht in beide delen van het touw. Doe dit door de tegenwerkende kracht te ontbinden.



▲ **figuur 22**  
de spankracht in beide touwdelen

d Vergelijk deze opgave met opgave 31 in paragraaf 3.

Wat valt je op?

Ontbinden van krachten is precies het omgekeerde van samenstellen.

39 Een aap van 45 kg hangt tijdens een circusvoorstelling aan een touw (figuur 22).

a Teken de tegenwerkende kracht in figuur 22.

b Ontbind de tegenwerkende kracht in twee componenten:

- $F_1$  in het verlengde van touwdeel 1;
- $F_2$  in het verlengde van touwdeel 2.

c Bepaal met de tekening hoe groot de spankrachten zijn in de twee touwdelen.

De pijl van  $F_1$  is 4,5 cm.

$F_1$  is dus  $4,5 \times 100 = 450$  N.

De pijl van  $F_2$  is 4,1 cm.

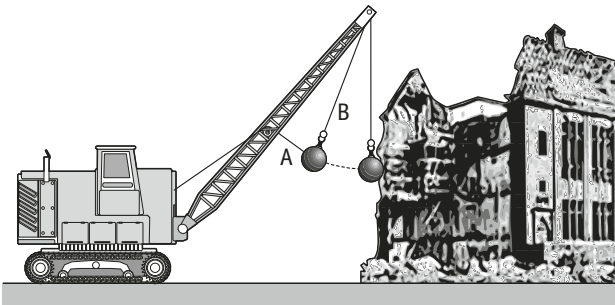
$F_2$  is dus  $4,1 \times 100 = 410$  N.

40 Een huis wordt gesloopt door een kraan met daaraan een grote stalen bol. De bol wordt naar de kraan toe getrokken en vervolgens losgelaten. Daarna treft de bol het huis (figuur 23a).

Na het ophijzen hangt de bol stil aan de twee kabels A en B. De kracht op kabel A heet  $F_A$ ; de kracht op kabel B heet  $F_B$  (figuur 23b).

a Teken in figuur 23b de tegenwerkende kracht.

b Ontbind de tegenwerkende kracht in de krachten  $F_a$  en  $F_b$ .



(a)

▲ **figuur 23**  
een huis slopen

\*41 Bij een tuibrug is het brugdek opgehangen aan kabels, de zogenoemde tuien. De staanders waar de tuien aan hangen, heten pylonen. In de tuien en pylonen werken verschillende krachten.

a Streep door wat fout is.

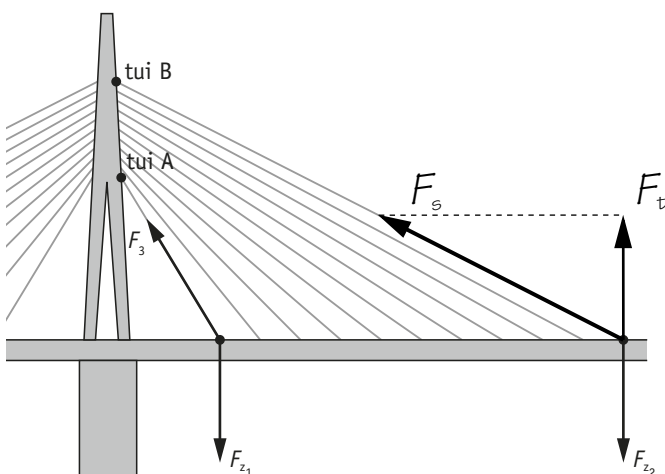
- In de tuien werken *trekkrachten* / ~~*drukkrachten*~~.
- In de pylonen werken ~~*trekkrachten*~~ / *drukkrachten*.

b Figuur 24 is een schematische tekening van de tuien. In tui A is de grootte van de spankracht geconstrueerd.

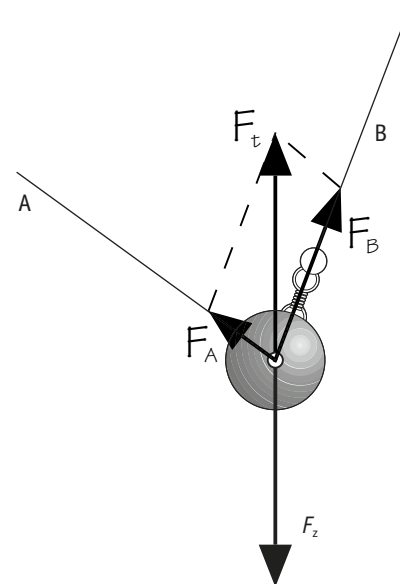
Construeer de spankracht in tui B.

c Bij welke tui (A of B) is de spankracht het grootst? Bij tui **B**

Naar: examen 2009-I



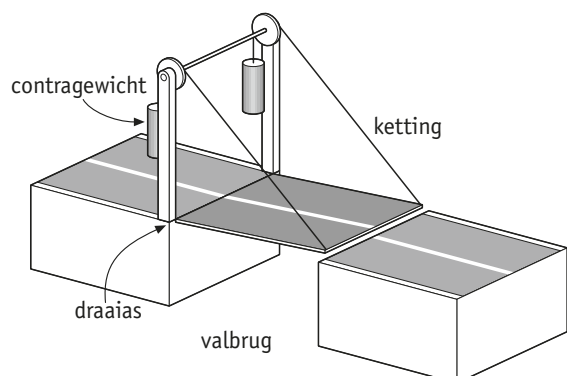
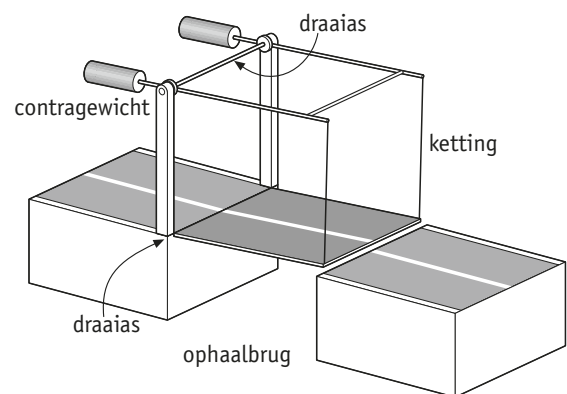
▲ **figuur 24**  
de krachten op een tuibrug



(b)

42 Jochem bekijkt de tekeningen van twee verschillende bruggen (figuur 25). De massa van de brugdekken is even groot. Het brugdek van beide bruggen is een klein eindje omhoog gedraaid (het brugdek hangt dus aan de kettingen). Bij welke brug is de spankracht in de kettingen dan het grootst?

- A bij de ophaalbrug
- B bij de valbrug
- C De spankracht is in beide gevallen even groot.



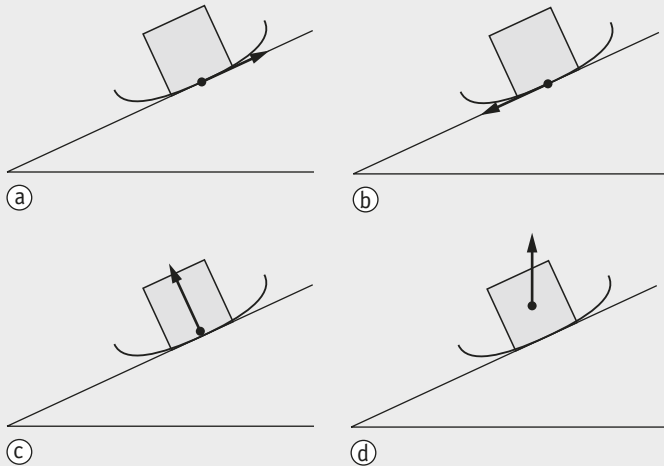
▲ **figuur 25**  
een ophaalbrug en een valbrug

## Plus Krachten op een helling

43 Een steenblok wordt op een slee tegen een helling omhoog gesleept. Op de slee met het blok werkt de normaalkracht (figuur 26).

In welke figuur is de normaalkracht juist getekend?

In figuur c; de normaalkracht staat loodrecht op het oppervlak.



▲ figuur 26

In welke richting werkt de normaalkracht op de slee?

44 In figuur 27 is de zwaartekracht op een steenblok getekend.

a Ontbind de zwaartekracht in:

- een kracht loodrecht op de helling;
- een kracht evenwijdig aan de helling.

De werklijnen van deze twee krachten zijn al ingetekend.

b Het blok heeft een massa van 3 ton.

Welke krachtenschaal heeft de tekenaar gebruikt?

Eerst bereken je de zwaartekracht op het blok:

$$m = 3 \text{ ton} = 3000 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$F_z = m \cdot g$$

$$= 3000 \times 10$$

$$= 30\,000 \text{ N}$$

$$= 30 \text{ kN}$$

Een pijl van 6,0 cm komt overeen met een kracht van 30 kN.

Dan komt 1 cm overeen met een kracht van  $30 / 6,0 = 5 \text{ kN}$ .

De gebruikte krachtenschaal is dus  $1 \text{ cm} \triangleq 5 \text{ kN}$ .

c Bepaal met behulp van deze krachtenschaal de grootte van:

- de kracht loodrecht op de helling.

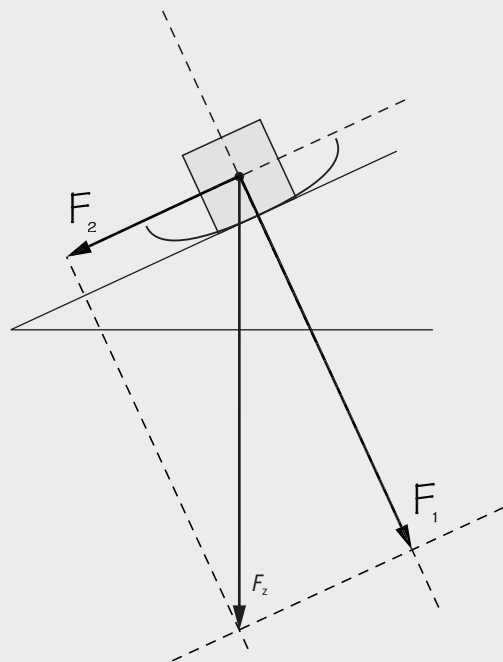
De pijl van  $F_1$  is 5,4 cm.

$F_1$  is dus  $5,4 \times 5 = 27 \text{ kN}$ .

- de kracht evenwijdig aan de helling.

De pijl van  $F_2$  is 2,6 cm.

$F_2$  is dus  $2,6 \times 5 = 13 \text{ kN}$ .



▲ figuur 27

krachten op een helling



# Practicum

## Proef 1 Een krachtmeter bouwen en ijken 45 min

### Inleiding

Met een spiraalveer kun je zelf een krachtmeter bouwen. In figuur 28 zie je de basisopstelling. In deze opstelling ontbreekt nog een nauwkeurige en goed af te lezen schaalverdeling.

### Doel

Je gaat zelf zo'n schaalverdeling maken. De ontwerpeisen zijn:

- 1 Het meetbereik van de krachtmeter is minstens 0-1 N.
- 2 De afstand tussen de streepjes van de schaalverdeling is maximaal 0,1 N.
- 3 De krachtmeter is op zijn minst even nauwkeurig als een 'gewone' krachtmeter.

### Nodig

Je maakt zelf een lijst van wat je nodig hebt.

### Vorbereiden

- 1 Noteer welke practicumspullen je nodig hebt.

---

---

---

---

---

---

---

---

- 2 Leg uit hoe je de krachtmeter gaat ijken.

---

---

---

---

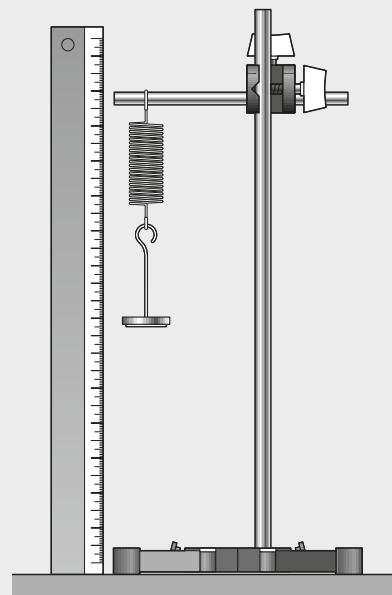
---

---

---

---

- Laat de lijst met practicumspullen en je ijkmethode controleren door je docent.



▲ figuur 28  
de basisopstelling van proef 1

### Uitvoeren

- Bouw de krachtmeter en voorzie hem van een schaalverdeling. Test daarna of hij voldoet aan de drie ontwerpeisen.

- 3 Leg uit hoe je die test hebt uitgevoerd.

---

---

---

---

---

---

---

---

- Breng eventueel verbeteringen aan.
- Maak zo nodig een nieuwe schaalverdeling.
- Laat de krachtmeter ten slotte beoordelen door je docent.

- 4 Maak een verslag van deze proef en lever het in bij je docent.

**Proef 2 Een ophangconstructie** 30 min**Inleiding**

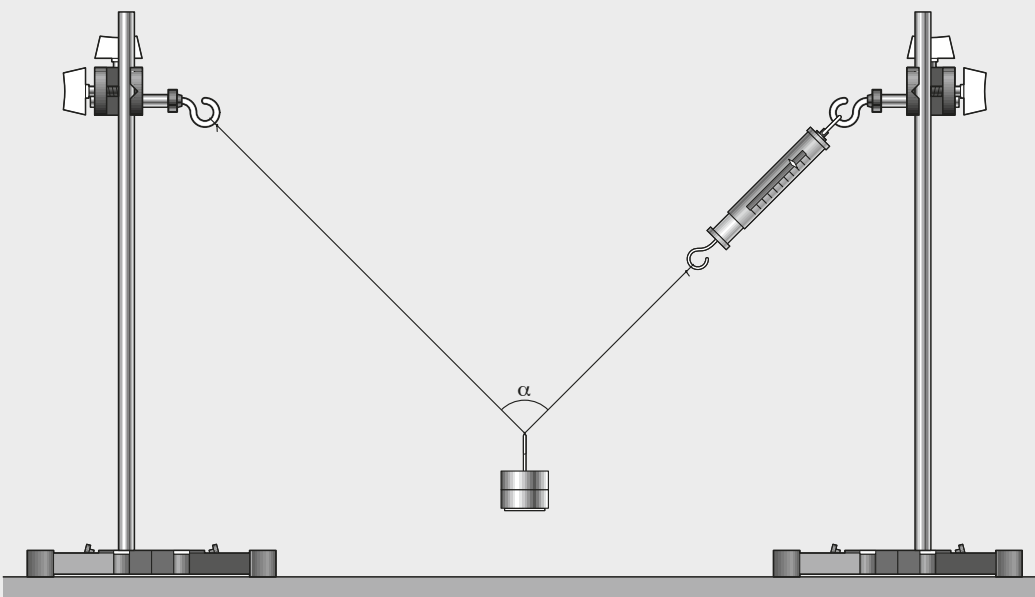
Deze proef gaat over de krachten in een ophangconstructie waarbij een voorwerp aan twee touwen is opgehangen. De spankrachten in de touwen mogen niet te groot worden, anders zouden de touwen kunnen breken.

**Doel**

Je gaat het verband onderzoeken tussen de tophoek die twee touwen maken en de spankracht die in de touwen optreedt.

**Nodig**

- 2 statieven
- 2 dubbelklemmen
- krachtmeter (0–10 N)
- gewichtendrager
- diverse gewichten
- touw (ongeveer 60 cm)
- gradenboog of geodriehoek



▲ **figuur 29**  
de opstelling van proef 2

**Uitvoeren en uitwerken**

- Maak de opstelling van figuur 29.
- Maak de tophoek gelijk aan  $90^\circ$ .
- Leg gewichten op de gewichtendrager tot de krachtmeter ongeveer 3 N aangeeft.
- Schuif de statieven bij elkaar vandaan tot de tophoek  $100^\circ$  is.
- Lees de spankracht af op de krachtmeter en noteer die in tabel 2.

▼ **tabel 2**  
de meetresultaten van proef 2

tophoek	spankracht (N)
$100^\circ$	
$110^\circ$	
$120^\circ$	
$130^\circ$	
$140^\circ$	
$150^\circ$	
$160^\circ$	
$170^\circ$	

- Maak de tophoek steeds  $10^\circ$  groter. Lees de bijbehorende spankracht af en noteer hem in de tabel.  
NB Op een gegeven moment zullen de statieven beginnen te kantelen. Houd ze daarna met de hand vast of verzwaar de voet.

**Uitwerken**

- 1 Teken in figuur 30 een grafiek waarin je het verband aangeeft tussen de tophoek en de spankracht.
- 2 Geef met rood in de grafiek aan bij welke tophoek de statieven beginnen te kantelen.

\_\_\_\_\_

- 3 Zie vaardigheid 9 in je handboek. Waaraan zie je dat het verband:

**a** niet evenredig of lineair is?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**b** niet kwadratisch is?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

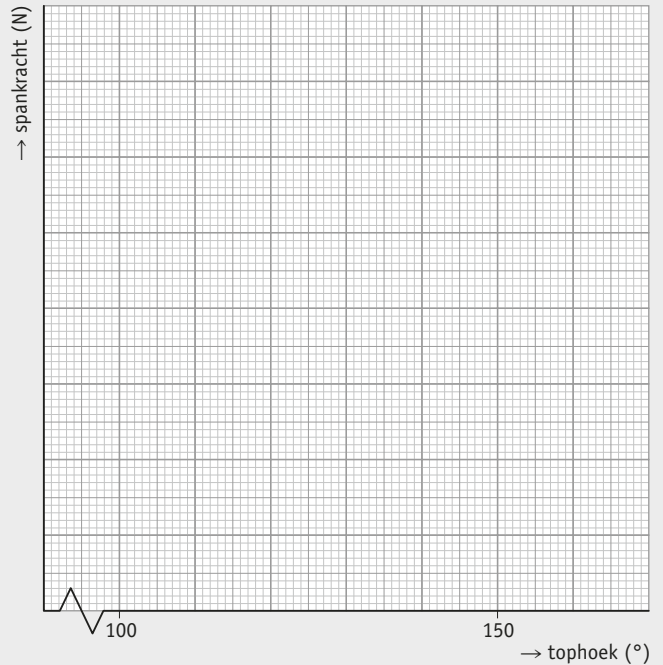
**c** niet omgekeerd evenredig is?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- 4 In de praktijk wordt de ophangconstructie van deze proef veel gebruikt. Daarbij moet er wel op worden gelet dat de tophoek niet te groot wordt. Leg uit welke twee dingen er anders mis kunnen gaan.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- Je docent zal je vertellen of je een verslag van deze proef moet maken.



▲ **figuur 30**  
het verband tussen de tophoek en de spankracht

# Test jezelf

In de opgaven mag je rekenen met:  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

- 1 Om een aluminium staaf worden twee ringmagneten geschoven. De bovenste magneet blijft daarna zweven (figuur 31). Welke twee krachten werken er dan op de bovenste magneet?

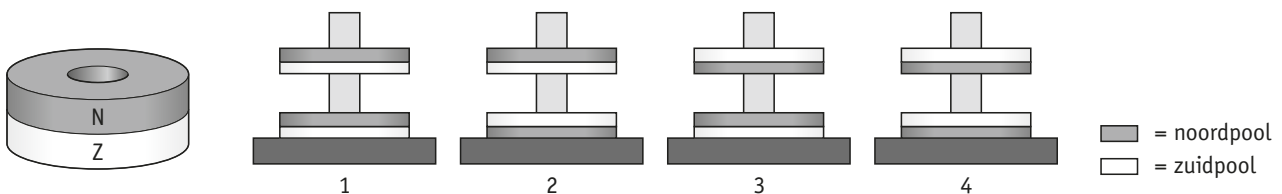
de zwaartekracht en de magnetische kracht



▲ **figuur 31**  
een proefje met twee ringmagneten

- 2 Vervolg van opgave 1. In figuur 32 zijn vier situaties weergegeven. In welke situatie of situaties blijft de bovenste magneet zweven?

in situatie 2 en 3



▲ **figuur 32**  
Wanneer zweeft de bovenste magneet?

- 3 Een importeur van vorkheftrucks vermeldt op zijn site:

Vorkheftruck Linde H25D-02	
Hefvermogen / Capacity	2500 kg
Eigen gewicht / Weight	4470 kg

Hoe groot is de kracht die de vorkheftruck op de vloer uitoefent als hij op zijn zwaarst is beladen?

- A 1,97 kN  
 B 4,47 kN  
 C 6,97 kN  
 D 19,7 kN  
 E 44,7 kN  
 F 69,7 kN

- 4 Voor je een kracht kunt tekenen, kies je eerst een krachtenschaal.

a Gea kiest als krachtenschaal  $1 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$ .

Hoe lang moet ze de pijl tekenen van een kracht van 84 N?

$84 / 20 = 4,2 \text{ cm}$

b Lucas tekent een kracht van 240 N als een pijl van 4,8 cm.

Welke krachtenschaal heeft hij gebruikt?

$240 / 4,8 = 50 \text{ N}$

De krachtenschaal is dus

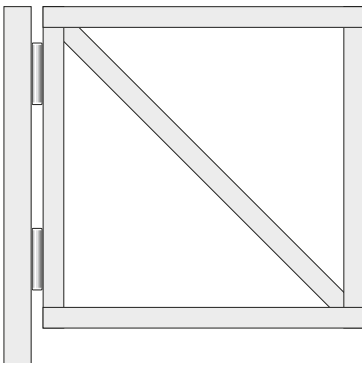
$1 \text{ cm} \triangleq 50 \text{ N}$ .

- 5 In figuur 33 zijn twee tuinhekken getekend. Beide hekken zijn verstevigd met een diagonale balk.

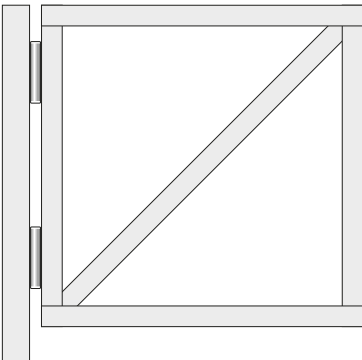
a In welk hek werken er drukkrachten in de diagonale balk? in hek b

b In welk hek werken er trekkrachten in de diagonale balk? in hek a

c In welk hek kun je de diagonale balk vervangen door een touw? in hek a



(a)



(b)

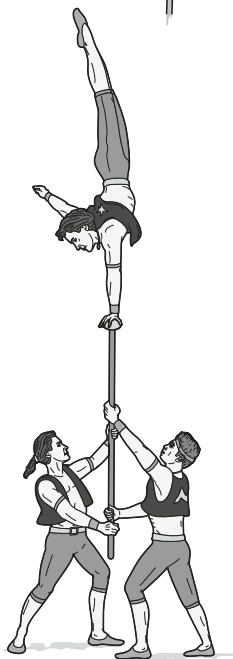
▲ **figuur 33**  
twee tuinhekken



(a)



(b)



(c)

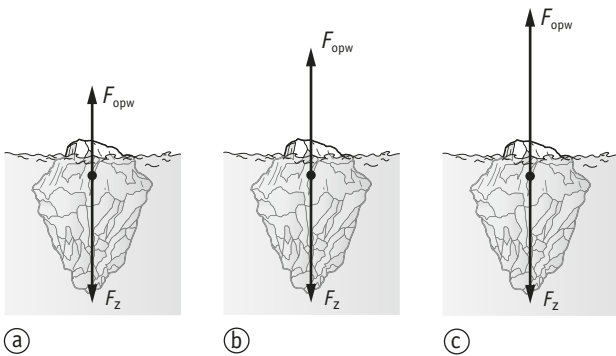
▲ **figuur 34**  
krachten in het circus

- 6 Bekijk figuur 34. Streep door wat fout is.
- a Op de ligger in figuur 34a werken ~~alleen trekkrachten~~ / ~~alleen drukkrachten~~ / *zowel trekkrachten als drukkrachten*.
- b Op de touwen in figuur 34b werken *alleen trekkrachten* / ~~alleen drukkrachten~~ / *zowel trekkrachten als drukkrachten*.
- c Op de stok in figuur 34c werken ~~alleen trekkrachten~~ / *alleen drukkrachten* / *zowel trekkrachten als drukkrachten*.
- 7 Kruis aan of de volgende beweringen waar (W) of onwaar (0) zijn.

bewering	W	0
a Als je een zwaar voorwerp op een vloer zet, komen er trekkrachten op de onderkant van de vloer te staan.	X	
b Baksteen wordt gemaakt door zand, grind, cement en water in de juiste verhouding te mengen.		X
c Driehoeken worden in constructies veel gebruikt, omdat ze star (moeilijk te vervormen) zijn.	X	
d Hout is goed bestand tegen trekkrachten, maar kan niet tegen drukkrachten.		X
e In gewapend beton zit een stalen geraamte dat de trekkrachten opvangt die op het beton werken.	X	

- 8 Welke twee eigenschappen zijn *niet* van belang bij bouwmaterialen?
- A de brandbaarheid
- B de duurzaamheid
- C de elektrische geleidbaarheid
- D de milieueffecten
- E de prijs
- F de smaak
- G het uiterlijk

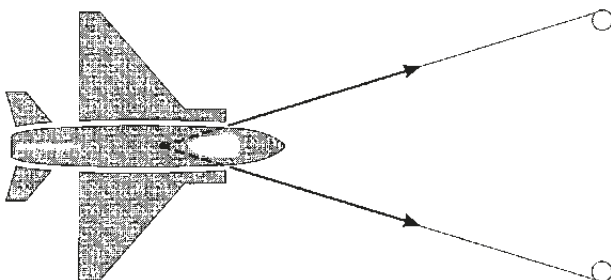
- 9 Op een drijvende ijschots werken twee krachten:  $F_{opw}$  en  $F_z$ . In figuur 35 staan drie tekeningen met de vectoren van  $F_{opw}$  en  $F_z$  op de ijschots. Welke tekening is juist? tekening b



▲ **figuur 35**  
de krachten op een ijschots

- 10 De ijschots van figuur 35 heeft een massa van 300 kg. Vul in:  
De zwaartekracht is 3000 N.  
De opwaartse kracht is 3000 N.
- 11 Jeannet wil weten hoe groot het gewicht van haar etui is. Daarvoor hangt ze het etui aan een krachtmeter.  
a Welke twee krachten werken er dan op het etui?  
de zwaartekracht en de veerkracht  
b Hoe groot is de resultante van de twee krachten?  
0 N

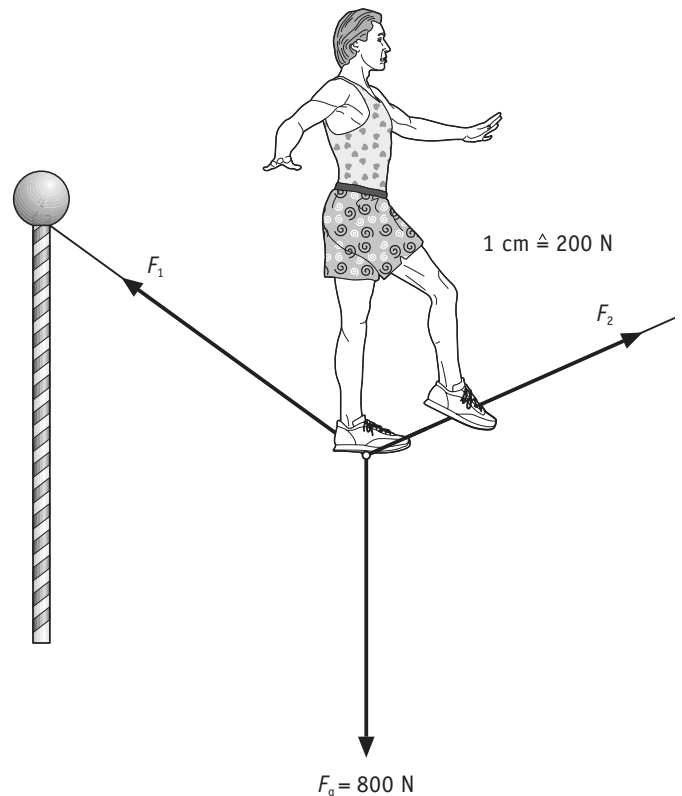
- 12 In figuur 36 zie je hoe een vliegtuigje met een elastiek wordt weggeschoten. In beide delen van het elastiek is de kracht 20 N.  
a Hoe noem je de kracht die het elastiek op het vliegtuigje uitoefent? veerkracht  
b Hoe groot is de kracht waarmee het vliegtuigje wordt weggeschoten?  
 A 20 N  
 B tussen 20 en 40 N  
 C 40 N



▲ **figuur 36**  
een vliegtuigje weggeschieten

- 13 Ashraf heeft een kracht ( $F_r$ ) van 300 N ontbonden in twee krachten ( $F_1$  en  $F_2$ ). Hij heeft  $F_r$  getekend als een pijl van 6,0 cm. Hij meet de lengte van de beide andere krachtenpijlen.  $F_1$  is 7,0 cm lang;  $F_2$  is 4,0 cm lang.  
Hoe groot zijn  $F_1$  en  $F_2$ ?  
 $F_1$  is 350 N;  $F_2$  is 200 N.

- 14 Een koorddanser staat op het slappe koord (figuur 37). De koorddanser loopt richting het midden van het koord.  
Wat gebeurt er nu met  $F_1$  en  $F_2$ ?  
 A  $F_1$  en  $F_2$  worden allebei groter.  
 B  $F_1$  wordt groter,  $F_2$  wordt kleiner.  
 C  $F_1$  wordt kleiner,  $F_2$  wordt groter.  
 D  $F_1$  en  $F_2$  worden allebei kleiner.

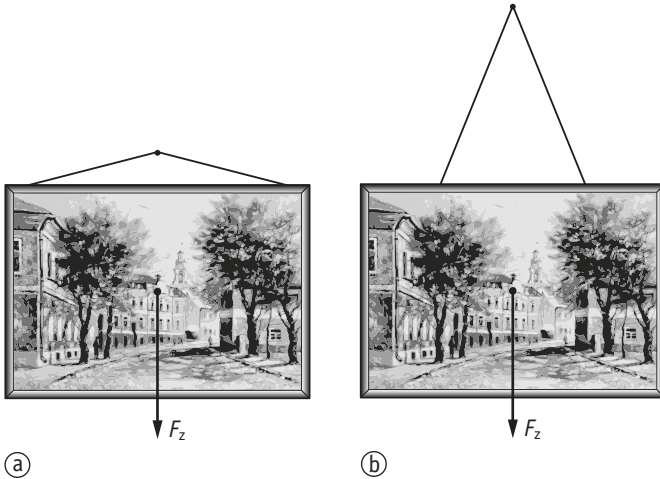


▲ **figuur 37**  
een koorddanser

15 In figuur 38 zie je twee manieren om een schilderij op te hangen.

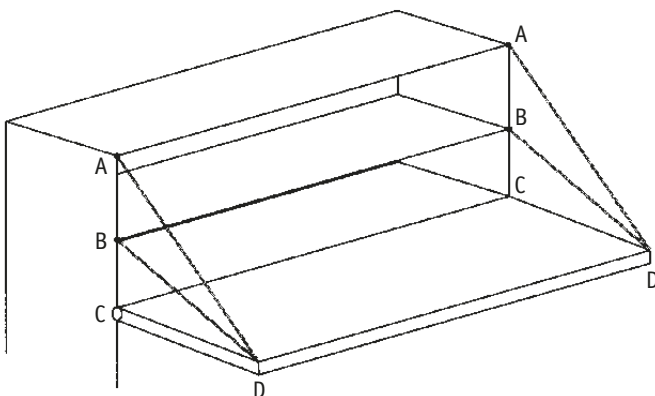
In welke situatie is de spankracht in het koord het grootst?

- A in situatie a
- B in situatie b
- C In geen van beide situaties: de spankracht is even groot.



▲ figuur 38  
een schilderij ophangen

16 Puck wil een uitklapbaar schrijfblad met scharnieren aan haar boekenkast maken (figuur 39). Tussen de punten C zitten de scharnieren. Als de plank is uitgeklappt, wordt hij door twee koorden tegengehouden. A en B zijn mogelijke punten om de koorden te bevestigen. Puck vraagt zich af of het uitmaakt of ze de koorden in A of in B zal bevestigen.



▲ figuur 39  
een opklapbare schrijfplank

Welke bewering is juist?

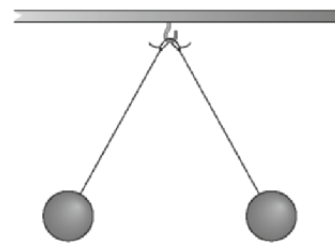
- A Bij bevestigen in A is de spankracht in het koord groter.
- B Bij bevestigen in B is de spankracht in het koord groter.
- C Het maakt niet uit waar ze de koorden bevestigt: de spankracht is in beide gevallen even groot.

17 Een docente doet een serie proeven met pingpongballen. Ze geeft de pingpongballen een elektrische lading. Bij een van de proeven hangen twee pingpongballen zonder te bewegen aan een dun draadje (figuur 40).

Welke van de volgende beweringen kan of kunnen juist zijn?

- 1 Beide ballen hebben een positieve lading.
- 2 Beide ballen hebben een negatieve lading.
- 3 De ene bal is geladen, de andere niet.
- 4 De ene bal is positief geladen, de andere negatief.

de beweringen 1 en 2



▲ figuur 40

Welke lading hebben de pingpongballen?

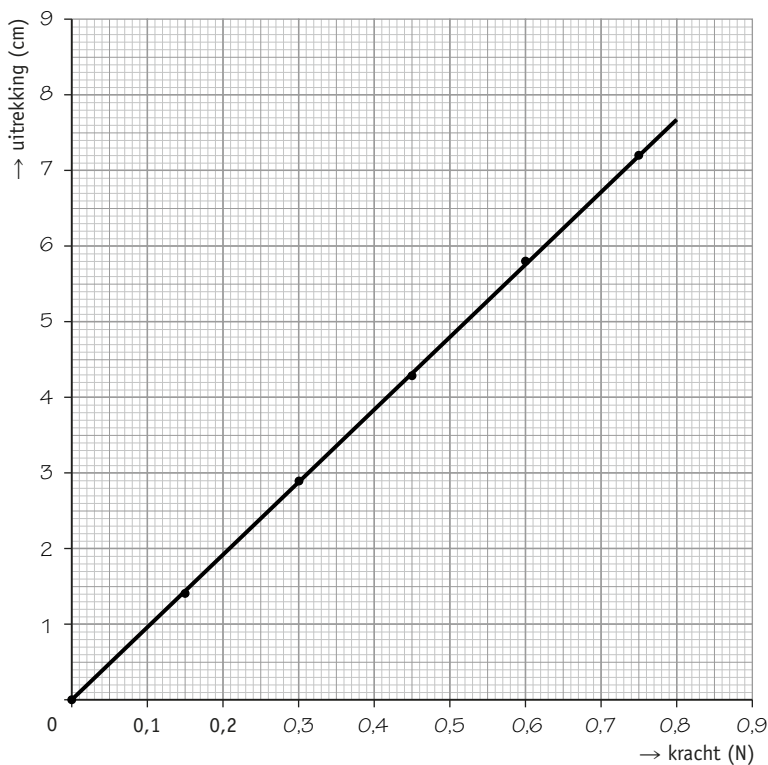
**18** Hilde wil zelf een krachtmeter maken. Om te beginnen bepaalt ze het verband tussen de kracht op een veer en de uitrekking. Dat doet ze door massastukken aan de veer te hangen en telkens te meten hoe ver de veer uitrekt. In tabel 4 zie je haar meetresultaten.

- Vul de derde kolom van de tabel verder in.
- Verwerk de gegevens in de tabel tot een grafiek (figuur 41).
- Hilde heeft op een liniaal achter de veer een papier geplakt. Daarop wil ze een schaalverdeling in newton aanbrengen. Teken deze schaalverdeling in figuur 42. Ga niet verder dan 1 N. Verdeel de schaal in stukken van 0,1 N.

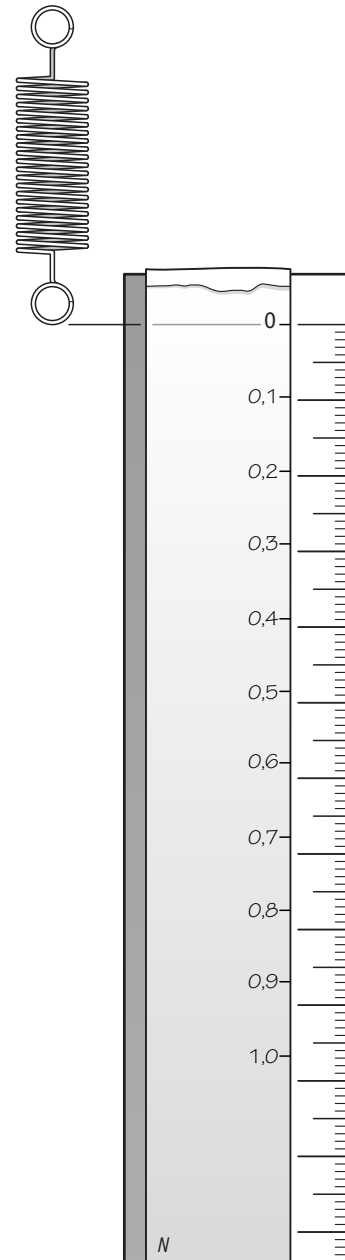
▼ tabel 4

Hildes meetresultaten

kracht op de veer (N)	lengte veer (cm)	uitrekking (cm)
0	8,3	0
0,15	9,7	1,4
0,30	11,2	2,9
0,45	12,6	4,3
0,60	14,1	5,8
0,75	15,5	7,2



▲ **figuur 41**  
de grafiek van Hildes proef



▲ **figuur 42**  
de schaalverdeling voor Hildes  
krachtmeter



- 19 Op een voorwerp werken twee krachten:  $F_1 = 30 \text{ N}$  en  $F_2 = 40 \text{ N}$ .

Noteer hoe groot de resultante van  $F_1$  en  $F_2$  is:

a als  $F_1$  en  $F_2$  in dezelfde richting werken.

70 N

b als  $F_1$  en  $F_2$  een hoek van  $90^\circ$  met elkaar maken.

50 N

c als  $F_1$  en  $F_2$  in tegengestelde richtingen werken.

10 N

- 20 Een kraanmachinist laat een zeilboot voorzichtig in het water zakken. Nadat de kiel het water heeft geraakt, werken er drie krachten op de boot: de zwaartekracht, de spankracht van de hijskabel en de opwaartse kracht van het water. Ilse zegt: "Terwijl de boot dieper in het water wegzakt, wordt de zwaartekracht op de boot steeds kleiner."

Thea zegt: "Terwijl de boot dieper in het water wegzakt, wordt de spankracht in de hijskabel steeds kleiner."

Wat is juist?

- A Ilse en Thea hebben allebei ongelijk.  
 B Ilse heeft gelijk, Thea heeft ongelijk.  
 C Ilse heeft ongelijk, Thea heeft gelijk.  
 D Ilse en Thea hebben allebei gelijk.



(a)

▲ **figuur 43**

Zeilen is werken met krachten.

- 21 Door de resultante ( $F_r$ ) te ontbinden vind je de twee krachten ( $F_1$  en  $F_2$ ) waaruit de resultante is opgebouwd.

Welke bewering(en) is/zijn waar?

I De kracht  $F_1$  vind je door  $F_r$  door twee te delen.

II  $F_1$  is altijd kleiner dan  $F_r$ .

A alleen bewering I

B alleen bewering II

C beide beweringen

D geen van beide beweringen

- 22 Lucas wil graag met zijn zeilboot het water op. Voor het besturen van de boot zal hij gevoel voor krachten moeten hebben. In figuur 43a zie je de koersrichting van zijn zeilboot. De zeilboot ondervindt op een bepaald moment een kracht  $F$  in de gegeven richting.

a Laat zien dat voor 1 cm van de vector een kracht van 0,5 kN is genomen.

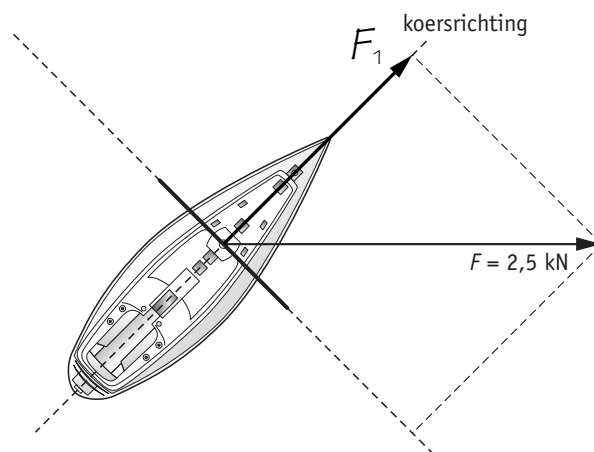
Een pijl van 5,0 cm komt overeen met een kracht van 2,5 kN.

Dan komt 1 cm overeen met een kracht van  $2,5 / 5,0 = 0,5 \text{ kN}$ .

De gebruikte krachtenschaal is dus  $1 \text{ cm} \cong 0,5 \text{ kN}$ .

b Bepaal in figuur 43b met een constructie de grootte van de kracht in de koersrichting. Noteer je antwoord onder de figuur.

Naar: examen 2009-II



De kracht in de koersrichting is 1,8 kN.

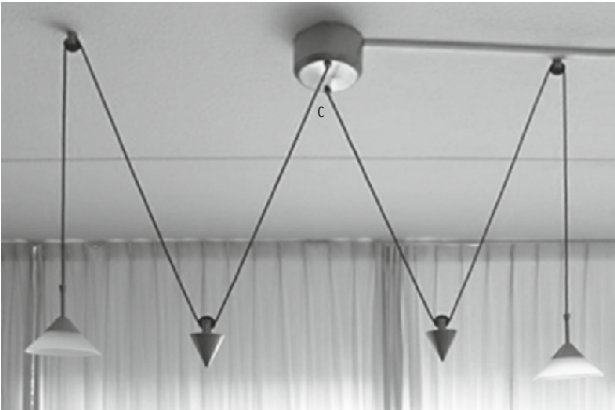
(b)

23 Jaring heeft boven zijn tafel een dubbele hanglamp. De hoogte van de lampen is in te stellen met behulp van twee gewichten (figuur 44). Elk snoer loopt van punt C via een losse katrol met een gewicht en een vaste katrol naar de lamp.

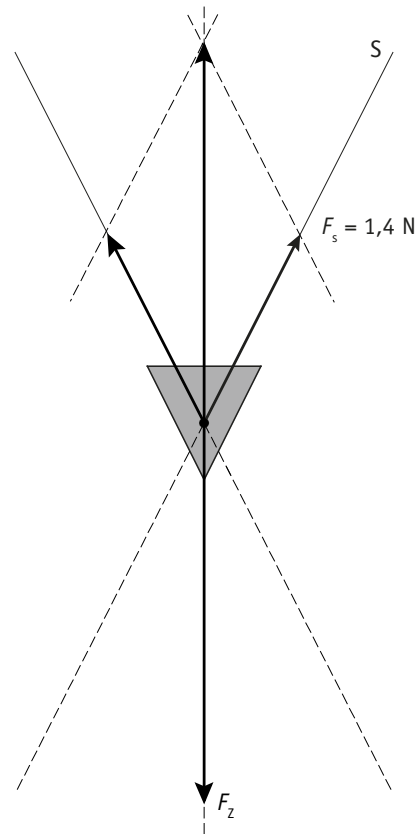
In figuur 45 is de kracht in snoer S gegeven. In het andere deel van het snoer werkt een even grote kracht. Bepaal met een constructie de zwaartekracht op het gewicht.

De tegenwerkende kracht is 2,5 N groot. Dat betekent dat de zwaartekracht ook 2,5 N groot moet zijn.

Naar: examen 2013-I



▲ figuur 44  
de lamp van Jaring

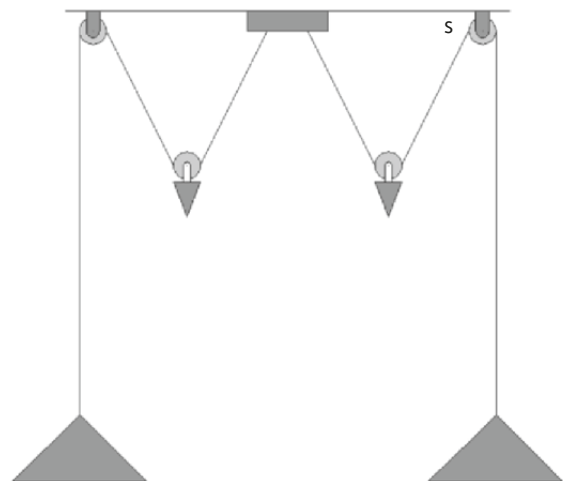


▲ figuur 45  
Hoe groot is de zwaartekracht?

24 Jaring hangt de rechterlamp lager om aan tafel te kunnen lezen (figuur 46). Door de wrijving in de (vaste) katrol blijft de lamp op die hoogte. Wat gebeurt er met de spankracht in snoer S als Jaring de rechterlamp omlaag brengt?

- A De spankracht in snoer S blijft gelijk.  
 B De spankracht in snoer S neemt af.  
 C De spankracht in snoer S neemt toe.

Naar: examen 2013-I



▲ figuur 46  
Jarings leeslamp