

Overall Natuurkunde 3 H

Uitwerkingen

Hoofdstuk 1 Krachten gebruiken

1.1 Hefbomen gebruiken

A1

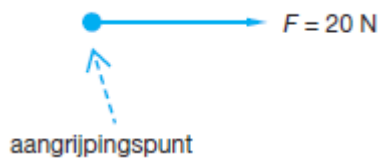
- a Onjuist, want alleen het gevolg van een kracht is zichtbaar, de kracht zelf niet.
- b Onjuist, want het draaipunt is dat punt van de hefboom dat op zijn plaats blijft.
- c Onjuist, want de grootte van de spierkracht en de werkkraft zijn afhankelijk van hun afstand tot het draaipunt (de arm).

A2

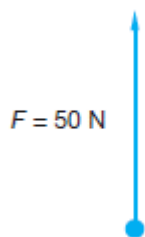
De arm van een kracht is de kortste afstand van het draaipunt tot de werklijn van die kracht.

B3

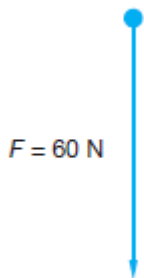
- a De schaal $1,0 \text{ cm} \triangleq 10 \text{ N}$ wil zeggen dat 1 cm lengte van de pijl die de kracht voorstelt overeen komt met 10 N. Om een kracht van 20 N te tekenen moet de pijl dus 2,0 cm lang zijn en naar rechts wijzen.



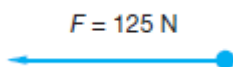
- b $1,0 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$, dus de lengte van de pijl is 2,5 cm omhoog wijzend.



- c $1,0 \text{ mm} \triangleq 2 \text{ N}$, dus de lengte van de pijl is 30 mm of 3,0 cm omlaag wijzend.



- d $1,0 \text{ cm} \triangleq 50 \text{ N}$, dus de lengte van de pijl is 2,5 cm naar links wijzend.



B4

Gebruik voor de berekening $F_z = m \cdot g$ met m in kg, en $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

a $F_z = m \cdot g = 50 \times 9,81 = 490,5 \text{ N}$.

b $F_z = m \cdot g = 0,625 \times 9,81 = 6,1 \text{ N}$.

c $F_z = m \cdot g = 0,358 \times 9,81 = 3,5 \text{ N}$, waarbij voor de massa geldt: $358 \text{ g} = 0,358 \text{ kg}$.

B5

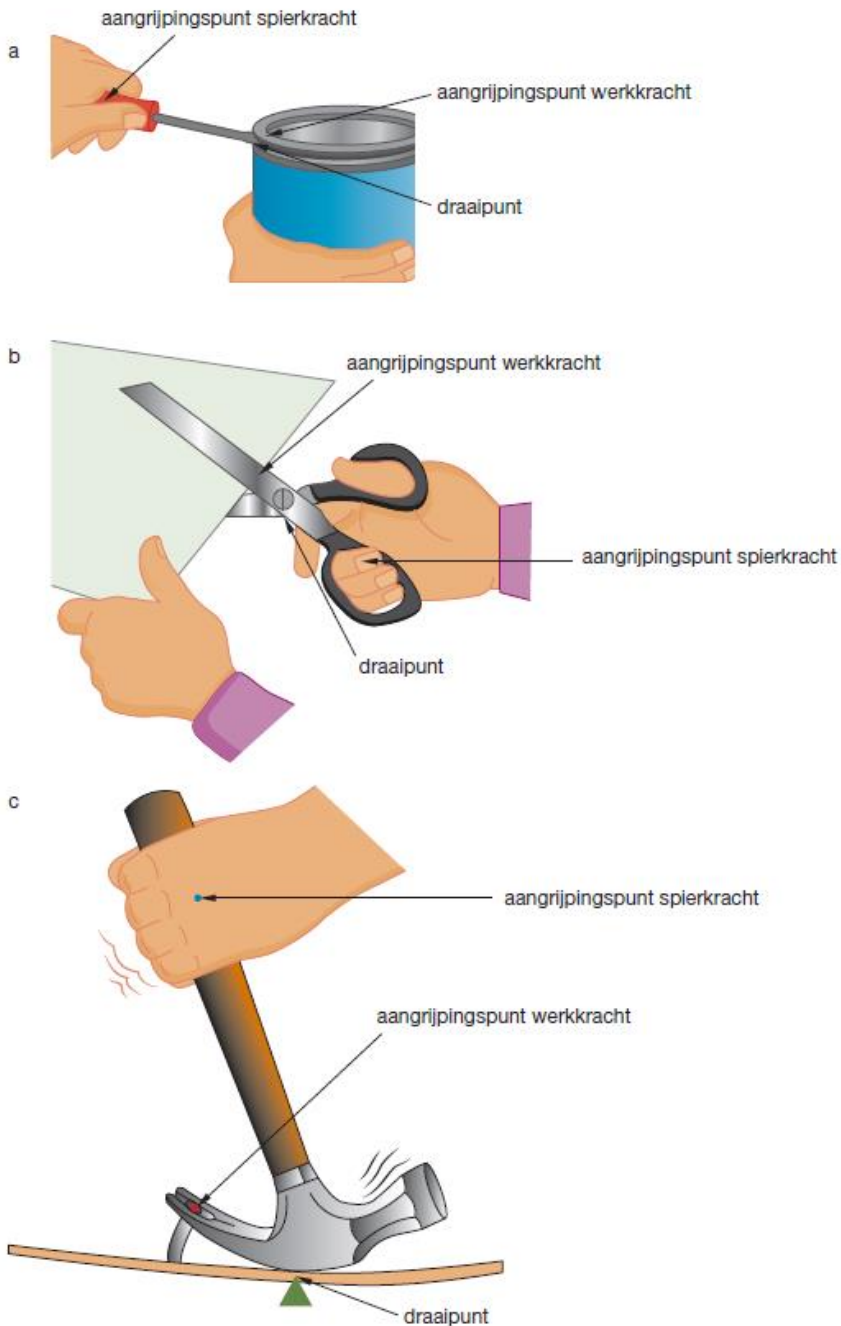
Zet voor het berekenen van de massa de formule om naar: $m = \frac{F_z}{g}$ met F_z in N en $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

a $m = \frac{F_z}{g} = \frac{490,5}{9,81} = 50,0 \text{ kg}$.

b $m = \frac{F_z}{g} = \frac{27000}{9,81} = 2752,3 \text{ kg}$.

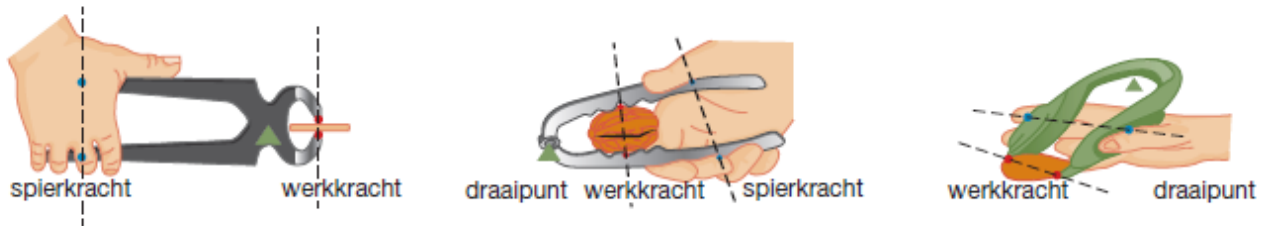
c $m = \frac{F_z}{g} = \frac{34}{9,81} = 3,5 \text{ kg}$.

B6

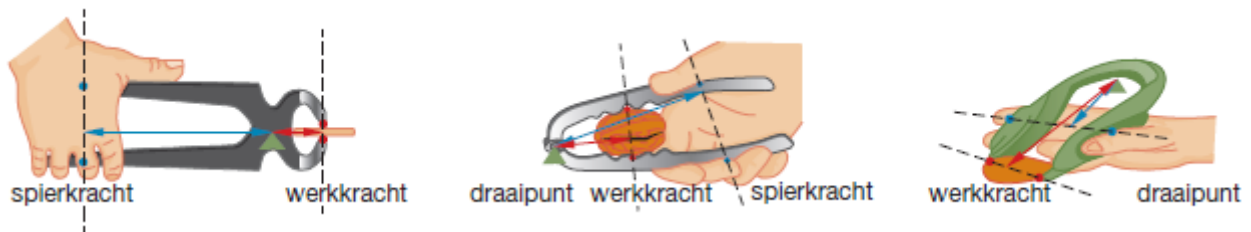


B7

a



b



Arm spierkracht = 2,1 cm
Arm werkkracht = 0,6 cm

Arm spierkracht = 1,8 cm
Arm werkkracht = 0,9 cm

Arm spierkracht = 0,8 cm
Arm werkkracht = 1,7 cm

B8

De arm van de spierkracht is lang, omdat er veel kracht nodig is om de kurk uit de fles te trekken.

B9



a zie figuur

b zie figuur

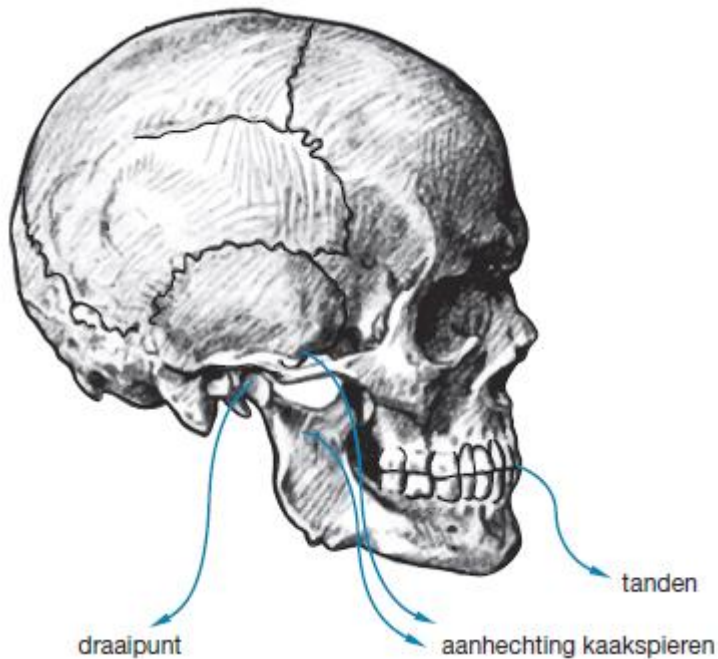
c De afstand van de spierkracht tot het draaipunt is groter dan de afstand van de werkkracht tot het draaipunt. De werkkracht is dus groter dan de spierkracht.

C10

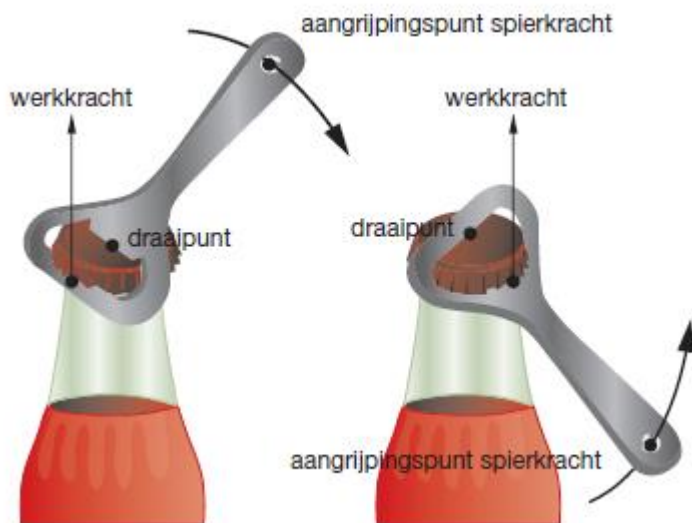
a Bij een pincet is de afstand van de spierkracht tot het draaipunt kleiner dan de afstand van de werkkracht tot het draaipunt (zie figuur 1.5). De werkkracht is dus kleiner dan de spierkracht.

b Bij een kruiwagen is de afstand van de spierkracht tot het draaipunt groter dan de afstand van de werkkracht tot het draaipunt (zie figuur op bladzijde 38). De werkkracht is dus groter dan de spierkracht.

- c Bij de kaak zit de aanhechting van de spieren dicht bij het kaakgewricht (draaipunt), terwijl de tanden ver van het draaigewricht staan. Dit kun je bij jezelf voelen. De afstand van de werkkraft tot het draaipunt is dus groter dan de afstand van de spierkraft tot het draaipunt. De werkkraft is dus kleiner dan de spierkraft. Zie de figuur hieronder.



C11



- a zie figuur (niet op schaal)
b zie figuur
c zie figuur
d In de rechter situatie is de arm van de spierkraft groter dan in de linker situatie. In beide gevallen is de arm van de werkkraft even groot. Rechts is dan minder spierkraft nodig dan links.

+12

De dop zit in beide situaties even vast op de fles. De werkkraft die nodig is om de dop eraf te wippen, is dus in beide situaties even groot. De benodigde spierkraft is links groter dan rechts, dus de dop zal in de linker situatie meer vervormen dan in de rechter situatie.

1.2 Rekenen aan hefbomen

A13

- a Een contragewicht
- b Het contragewicht zorgt ervoor dat de ophaalbrug met een kleine extra kracht te openen is.

A14

Het punt waar de zwaartekracht aangrijpt heet het zwaartepunt.

A15

- a Juist, want in de hefboomvergelijking zie je dat:
 $((spier)kracht \cdot arm)_{links} = ((werk)kracht \cdot arm)_{rechts}$
 In de vergelijking is te zien dat wanneer de arm van de spierkracht groter wordt, de werkkraft toeneemt.
- b Juist, want dat is ook te zien in de bovenstaande vergelijking.

B16

- a Gebruik de hefboomwet: $(kracht \cdot arm)_{Mathilde} = (kracht \cdot arm)_{Kevin}$
 Om deze in te kunnen vullen, moet je eerst de zwaartekracht op Mathilde en Kevin berekenen.
 Mathilde: $F_z = m \cdot g = 32 \times 9,81 = 313,9 \text{ N}$.
 Kevin: $F_z = m \cdot g = 45 \times 9,81 = 441,5 \text{ N}$.
 Invullen geeft: $(313,9 \times 3,2) = (441,5 \times arm)_{Kevin}$
 Uitwerken: $1004,48 = 441,5 \cdot arm$
 Vervolgens: $arm = \frac{1004,48}{441,5} = 2,28 \text{ m}$.
- b $(kracht \cdot arm)_{Mathilde} = (kracht \cdot arm)_{Kevin}$ invullen geeft: $(313,9 \times arm)_{Mathilde} = (441,5 \times 1,83)$.
 Uitwerken: $313,9 \times arm = 807,9$.
 Vervolgens: $arm = \frac{807,9}{313,9} = 2,57 \text{ m}$.

B17

- a Meet eerst in de tekening van figuur 1.3 in het boek (of bekijk de uitwerking van vraag B7b) de arm van de spierkracht (= 2,1 cm) en de arm van de werkkraft (= 0,6 cm) op. Vul vervolgens de hefboomwet in:
 $(kracht \cdot arm)_{spierkracht} = (kracht \cdot arm)_{werkkraft}$ geeft $(100 \times 2,1) = ((werk)kracht \times 0,6)$.
 Uitwerken: $210 = werkkraft \times 0,6$.
 Vervolgens: $werkkraft = \frac{210}{0,6} = 350 \text{ N}$.

Deze opgave kan ook uit worden uitgewerkt door de met de verhouding tussen de armen van beide krachten te werken. De arm van de spierkracht is $\frac{2,1}{0,6}$ keer groter dan de arm van de werkkraft.

De werkkraft is dan in dezelfde verhouding groter dan de spierkracht, dus die is te berekenen met:

$$\frac{2,1}{0,6} \times 100 = 350 \text{ N}.$$

- b Zie opgave B7b voor de arm van de spierkracht (0,8 cm) en de arm van de werkkraft (1,7 cm). Met deze verhouding kan de grootte van de werkkraft berekend worden met:
 $\frac{0,8}{1,7} \times 24 = 11,3 \text{ N}$.
- c Het valt hier op dat de werkkraft kleiner is dan de spierkracht.

B18

De slagboom gaat het makkelijkst omhoog en omlaag als de hefboomwet geldt. Dus:

$(kracht \cdot arm)_{slagboom} = (kracht \cdot arm)_{contragewicht}$, maar dan moet eerst de zwaartekracht op de slagboom en op het contragewicht worden berekend.

Voor de slagboom: $F_z = m \cdot g = 72 \times 9,81 = 706,3 \text{ N}$.

Voor het contragewicht: $F_z = m \cdot g = 240 \times 9,81 = 2354,4 \text{ N}$.

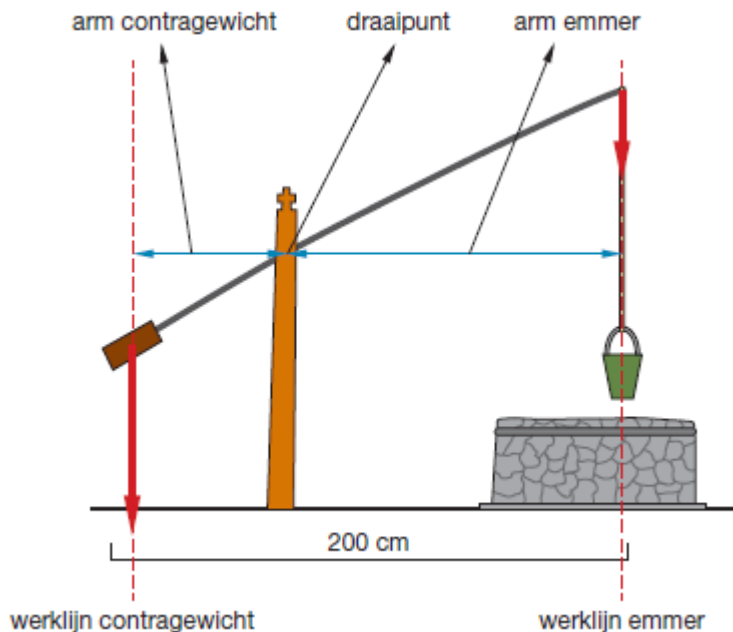
Invullen geeft: $(706,3 \times 2,36) = (2354,4 \times arm)_{contragewicht}$

Uitwerken: $1666,9 = 2354,4 \times arm$.

Vervolgens: $arm = \frac{1666,9}{2354,4} = 0,71 \text{ m}$.

B19

a



Om de kracht op de emmer en het contragewicht in de juiste verhouding te kunnen tekenen is het nodig om de verhouding te kennen. De verhouding tussen de krachten is omgekeerd evenredig met de verhouding tussen de armen. Meet in het boek de arm van het contragewicht (1,8 cm) en de arm van de emmer (3,9 cm) op. Hieruit blijkt dat de kracht op het contragewicht $\frac{3,9}{1,8} = 2,2$ keer zo groot moet zijn als de kracht op de emmer. Hoe groot beide krachtpijlen zijn, is niet van belang zolang de pijl op het contragewicht maar 2,2 keer zo lang is als de pijl op de emmer.

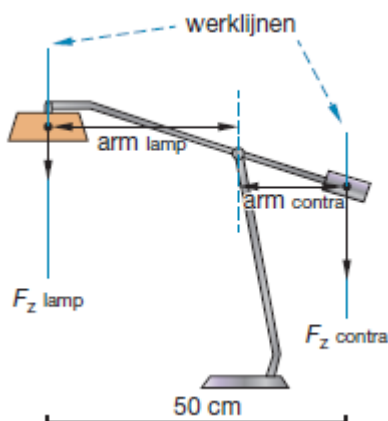
- b De zwaartekracht op het contragewicht is: $F_z = m \cdot g = 15 \times 9,81 = 147,2$ N. Met de verhouding van de armen kan de zwaartekracht op de emmer uitgerekend worden:

$$F_z = \frac{1,8}{3,9} \times 147,2 = 67,9 \text{ N.}$$

Hiermee is de massa te berekenen: $m = \frac{F_z}{g} = \frac{67,9}{9,81} = 6,9 \text{ kg.}$

B20

a+b

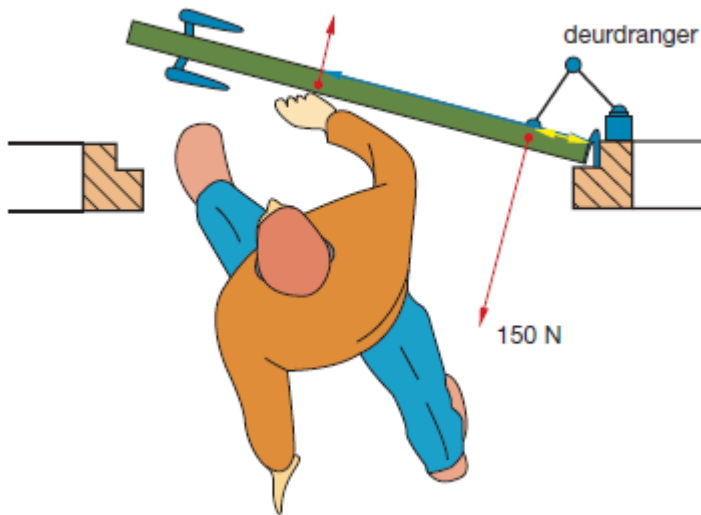


- c Opmeten in het boek geeft: $\text{arm}_{\text{lamp}} = 2,2 \text{ cm}$ en $\text{arm}_{\text{contragewicht}} = 1,3 \text{ cm.}$

- d $F_{Z\text{-contra}} = m \cdot g = 0,75 \cdot 9,81 = 7,4 \text{ N}$.
 Hefboomwet: $(kracht \cdot arm)_{\text{contra}} = (kracht \cdot arm)_{\text{lamp}}$
 Invullen: $(7,4 \cdot 1,3) = (kracht \cdot 2,2)_{\text{lamp}}$
 Uitwerken: $kracht = \frac{7,4 \cdot 1,3}{2,2} = 4,4 \text{ N}$.
 De massa van de lamp is: $m = \frac{F_Z}{g} = \frac{4,4}{9,81} = 0,45 \text{ kg}$.

C21

- a Als Jaap de deur tegenhoudt, is er inderdaad sprake van een evenwicht.
 b



Opmeten in de figuur geeft: $arm_{\text{deurdranger}} = 0,65 \text{ cm}$ en $arm_{\text{Jaap}} = 3,2 \text{ cm}$.

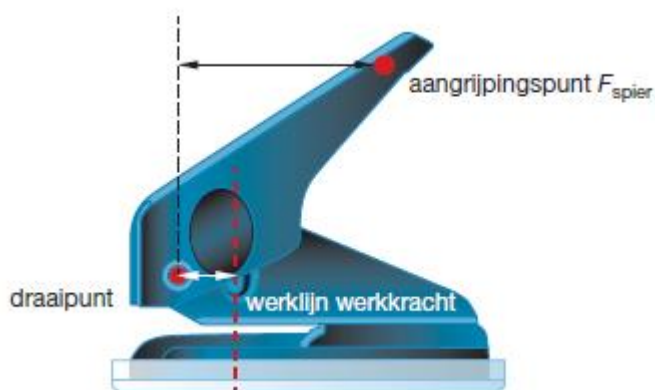
Hefboomwet: $(kracht \cdot arm)_{\text{deurdranger}} = (kracht \cdot arm)_{\text{Jaap}}$

Invullen: $(150 \times 0,65) = (kracht \times 3,2)_{\text{Jaap}}$ en na berekening is $F_{\text{Jaap}} = 30,5 \text{ N}$.

- c Wanneer Jaap de klink vastpakt, wordt de arm van zijn spierkracht groter en hoeft hij dus minder kracht te zetten.

C22

Voor 15 vellen papier is een werkkraft nodig van $15 \times 2 = 30 \text{ N}$.



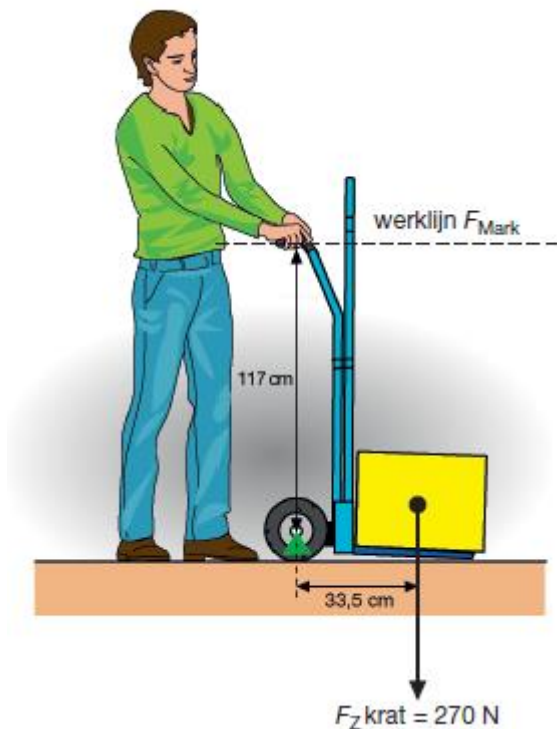
Meet in de figuur de arm op van de werkkraft (0,65 cm) en de arm van de spierkracht (2,4 cm).

Berekening: $(kracht \cdot arm)_{\text{spierkracht}} = (kracht \cdot arm)_{\text{werkkraft}}$

Invullen geeft: $(kracht \times 2,4)_{\text{spierkracht}} = (30 \times 0,65)$.

Vervolgens: $spierkracht \times 2,4 = 19,5$ en dus: $spierkracht = \frac{19,5}{2,4} = 8,1 \text{ N}$.

+23



a zie figuur

b zie figuur

c $(\text{kracht} \cdot \text{arm})_{\text{spierkracht}} = (\text{kracht} \cdot \text{arm})_{\text{werkkracht}}$
 Uitwerken: $(\text{kracht} \times 117)_{\text{spierkracht}} = (270 \times 33,5)$.

Vervolgens: $\text{spierkracht} \times 117 = 9045$ en dus: $\text{spierkracht} = \frac{9045}{117} = 77 \text{ N}$.

+24

Voor een situatieschets zijn de afstanden van de armen en de krachten nodig.

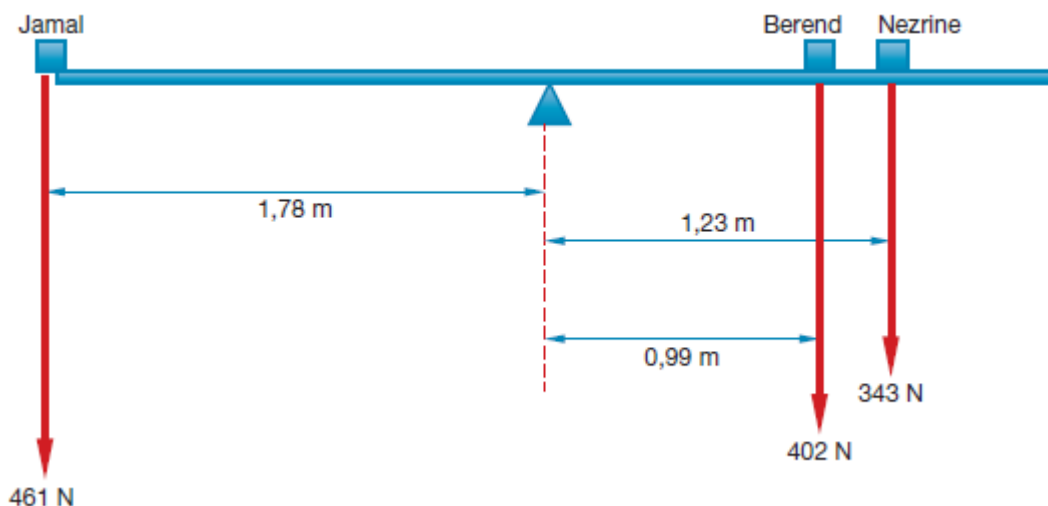
Bereken de krachten op de drie jongens:

$$F_{\text{Jamal}} = m \cdot g = 47 \times 9,81 = 461 \text{ N}.$$

$$F_{\text{Berend}} = m \cdot g = 41 \times 9,81 = 402 \text{ N}.$$

$$F_{\text{Nezrine}} = m \cdot g = 35 \times 9,81 = 343 \text{ N}.$$

De arm van Nezrine is gegeven: 1,23 m en Jamal zit aan het uiteinde van de 3,56 m lange wip met het draaipunt in het midden. De arm van Jamal is dus 1,78 m.



De arm van Berend moet berekend worden met de hefboomwet:

$$(kracht \cdot arm)_{links} = (kracht \cdot arm)_{rechts}$$

Nu zijn er aan de rechterkant van het draaipunt niet één, maar twee krachten:

$$(kracht \cdot arm)_{jamal} = (kracht \cdot arm)_{Berend} + (kracht \cdot arm)_{Nezrine}$$

$$\text{Invullen geeft: } (461 \times 1,78) = (402 \times arm)_{Berend} + (343 \times 1,23).$$

$$\text{Verder uitwerken geeft: } 820,58 = (402 \times arm)_{Berend} + 421,89.$$

$$\text{Dus: } 820,58 - 421,89 = 398,69 = (402 \times arm)_{Berend}$$

Hieruit volgt: de arm van Berend = 99 cm. Hij zit dus 99 cm rechts van het draaipunt.

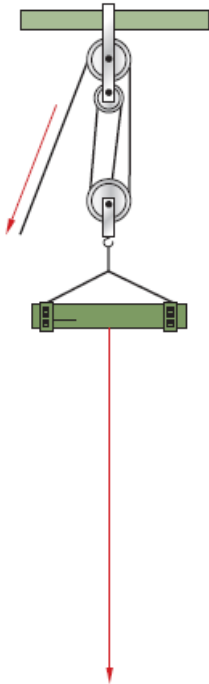
1.3 Overbrengingen

A25

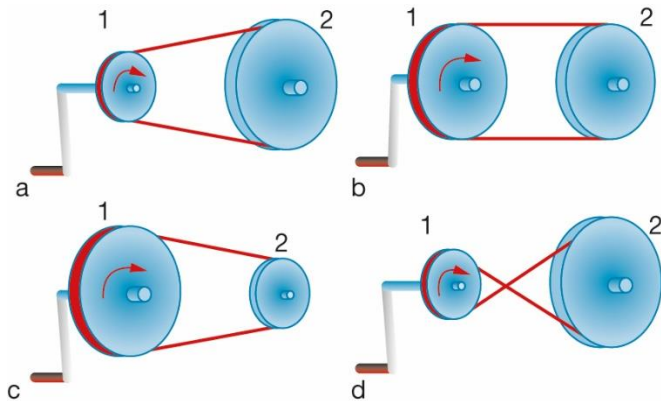
- a Er zijn vaste- en losse katrollen.
- b Bij de vaste katrol is de spierkracht gelijk aan de werkkraft, maar hij heeft wel een andere richting.

A26

Om ervoor te zorgen dat je spierkracht 3 maal zo klein is als de werkkraft, moet de te hijsen last aan drie touwen in de katrollen hangen.



B27



linksboven

- a wiel 1 draait sneller
- b wiel 2 draait rechtsom

rechtsboven

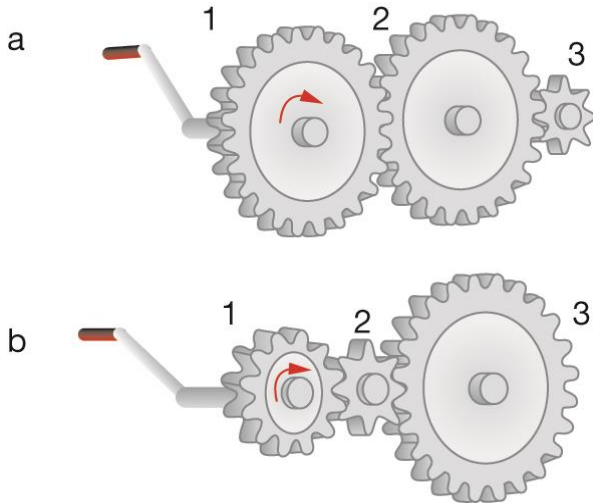
- a beide wielen draaien even snel
- b wiel 2 draait rechtsom

linksonder

- a wiel 2 draait sneller
- b wiel 2 draait rechtsom

rechtsonder

- a** wiel 1 draait sneller
- b** wiel 2 draait linksom



boven

- c** wiel 1 en 2 draaien even snel, wiel 3 draait sneller
- d** wiel 2 linksom, wiel 3 rechtsom

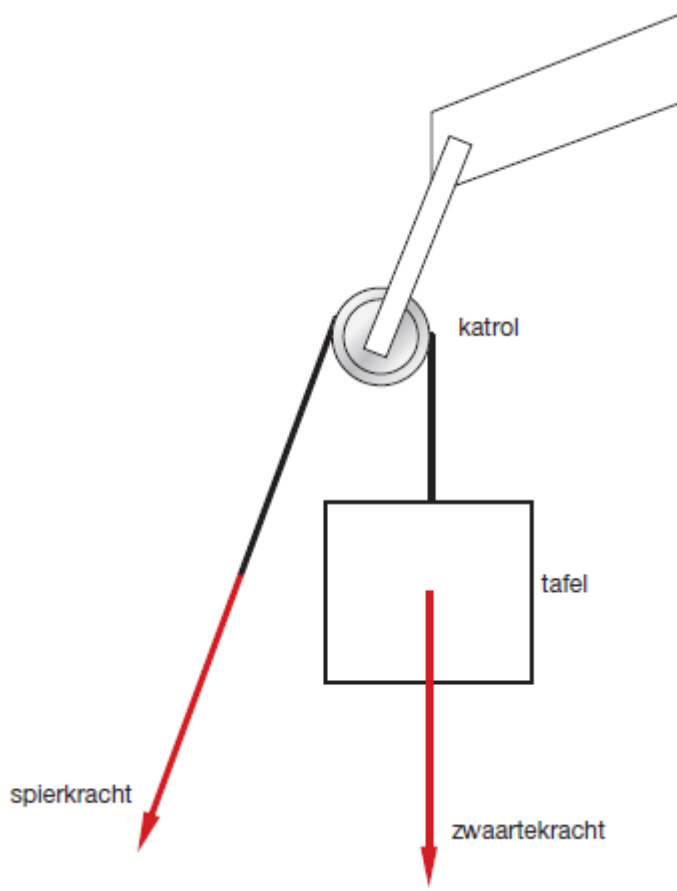
onder

- c** wiel 3 draait het langzaamst, wiel 1 draait sneller dan 3 en wiel 2 draait het snelst
- d** wiel 2 linksom, wiel 3 rechtsom

B28

Mirella zal op manier 1 de kleinste kracht nodig hebben, want hier werkt ze met een losse katrol aan de boot. Haar spierkracht is de helft van de werkkraft. De andere helft wordt geleverd door de paal.
Op manier 2 zorgt de vaste katrol ervoor dat haar kracht van richting verandert, maar haar spierkracht is even groot als de werkkraft.

B29



v

a+b zie figuur

- c** Het voordeel van de vaste katrol is dat Theo aan het touw kan trekken. Trekken is makkelijker dan tillen, want Theo kan dan ook gebruik maken van zijn lichaamsgewicht.

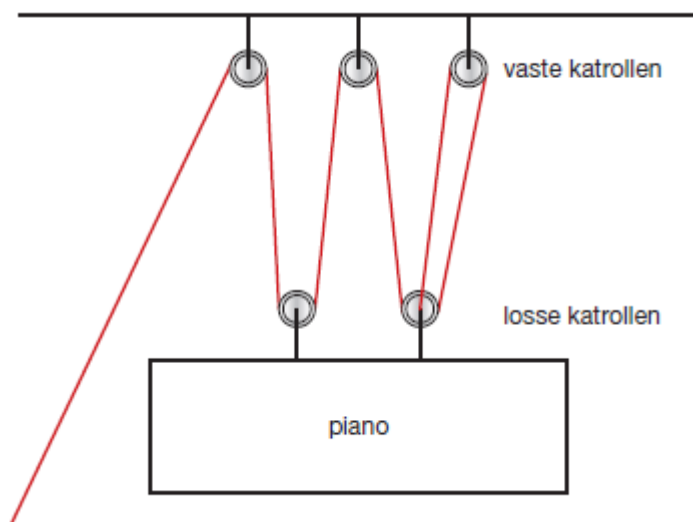
B30

- a** In de linker katrol hangt de last aan vier touwen (tel alléén het aantal touwen tussen de vaste en losse katrol). De werkracht wordt dan $4 \times 450 = 1800$ N.
- b** In de rechterkatrol zie je 5 touwen die van het getekende bovenste blok naar het (niet getekende) onderste blok gaan. De werkracht is dan $5 \times 850 = 4250$ N.
- Het linker touw in de foto telt niet mee, want dit is het touw waar aan getrokken wordt.

C31

Wanneer het grote tandwiel één maal rond draait, gaat het kleine tandwiel $\frac{104}{11}$ maal rond. Het grote tandwiel gaat in dit geval 7 keer rond, dus het kleine gaat $7 \times \frac{104}{11} = 66,2$ maal rond.

C32



- a** zie figuur
- b** De piano hangt aan 5 touwen, dus hij moet 5 maal de hijsafstand aan touw binnenhalen:
 $5 \times 3,12 = 15,6 \text{ m}$.
- c** Let op welke massa omhoog gaat! De totale massa is de massa van de piano plus de massa van de twee losse katrollen.
 Hieruit volgt dat: $m = m_{\text{piano}} + 2 \cdot m_{\text{katrol}} = 121 + 2 \times 3,75 = 128,5 \text{ kg}$.
 De totale zwaartekracht (= de werkkraft) is dan: $F_z = m \cdot g = 128,5 \times 9,81 = 1261 \text{ N}$.
 Omdat de piano aan 5 touwen hangt, is de spierkracht van Zino: $1261 : 5 = 252 \text{ N}$.

C33

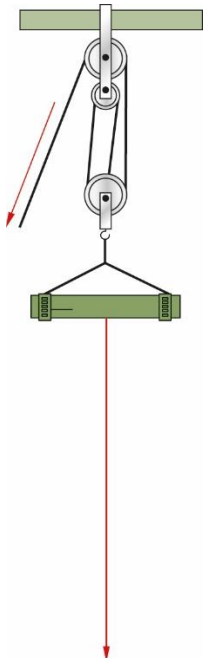
- a** De arm van F_1 is groter dan de arm van F_2 . Dit betekent dat F_2 groter zal zijn dan F_1 . Er moet immers gelden dat: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$, waarin F de kracht is en r de arm.
- b** $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$ geeft $500 \times 18 = F_2 \times 12$. Hieruit is te berekenen dat $F_2 = 750 \text{ N}$.
- c** Kracht $F_3 = F_2$, dus $F_2 = 750 \text{ N}$. Om F_4 uit te rekenen gebruik je: $F_3 \cdot r_3 = F_4 \cdot r_4$
 Invullen geeft: $750 \times 6,0 = F_4 \times 36$.
 Uitwerking: $F_4 = \frac{750 \times 6,0}{36} = 125 \text{ N}$.
- d** De werkkraft op het wegdek is kleiner dan de spierkracht. In die zin is de fiets geen goed werktuig. Maar bij fietsen gaat het uiteindelijk niet om de kracht, maar om de energieomzetting. Zoals we later zullen zien levert de fietser arbeid die wordt omgezet in bewegingsenergie. Dit doet een fiets bijzonder efficiënt.

C34

De lus in het ene uiteinde van het touw fungeert als een soort losse katrol, waardoor de werkkraft twee keer groter is dan de spierkracht.

C35

- a De kracht die nodig is om de verhuiskist te kunnen tillen is: $F_z = m \cdot g = 132 \times 9,81 = 1295 \text{ N}$. Er geldt hier dat de werkkraft gelijk moet zijn aan de zwaartekracht.
De spierkracht van Cortessa is 442 N, dus deze moet $1295 : 442 = 2,93$ keer vergroot worden. Dit moet je naar boven afronden, dus 3 keer vergroot. De kist moet dan aan drie touwen tussen de katrollen hangen.
De takel die dat doet ziet er zo uit:



- b Helaas voor Cortessa is het touw aan de korte kant. Zij heeft tussen de katrollen al 3 keer 15 m touw nodig. Dit is 45 m en dan blijft er maar 5 m over om aan te trekken. Zij kan dus niet op straat blijven staan. Het touw zou dus minimaal 60 m lang moeten zijn.

+36

De monteur moet $\frac{7,63}{1,62} = 4,7$ maal meer ketting binnenhalen dan het motorblok omhoog gaat. Dat betekent dat zijn spierkracht in dezelfde verhouding minder mag zijn dan de werkkraft. De werkkraft is gelijk aan de zwaartekracht van het motorblok en dus gelijk aan: $F = m \cdot g = 91,0 \times 9,81 = 893 \text{ N}$. De spierkracht is dan: $893 : 4,7 = 190 \text{ N}$.

+37

- a In de figuur zie je een lier en de hefboom op de zieke boom. De lier is een hefboom, omdat hier de spierkracht van de houthakker wordt vergroot naar werkkraft in de kabel. Op de zieke boom is de kabel zo hoog mogelijk aangebracht. Hierdoor is er een lange arm van de werkkraft naar het draaipunt aan de voet van de stam.
- b Wanneer de lier en de katrol te hoog zitten heb je kans dat juist de gezonde bomen omgetrokken worden, omdat er bij deze dan ook een hefboom met een grote arm is.
- c Door het lange handvat van de lier wordt de spierkracht met een factor $100 : 9,8 = 10,2$ maal vergroot. Daarna wordt de kracht door de tandwielen in de lier nog eens met een factor 48 maal vergroot, dus de totale vergrotingsfactor is: $10,2 \times 48 = 490$ maal. De totale werkkraft in de kabel wordt dan: $490 \times 750 = 367\,500 \text{ N} = 368 \text{ kN}$.

1.4 Druk

A38

De formule voor druk is: $p = \frac{F}{A}$

Hierin is p de druk in N/m^2 (Newton per vierkante meter). F is de uitgeoefende kracht in N en A is de oppervlakte waarop de kracht wordt uitgeoefend in m^2 .

NB1: druk ook vaak gegeven in Pa (dit is Pascal), waarbij geldt dat $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.

NB2: druk wordt ook vaak gegeven in bar, waarbij geldt dat $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ N/m}^2$.

NB3: de druk wordt ook vaak gegeven in N/cm^2 , waarbij geldt dat $1 \text{ N/cm}^2 = 10\,000 \text{ N/m}^2$.

A39

Als je de ene grootte 2x zo groot maakt, dan wordt de andere grootte 2x zo **klein**.

B40

a $0,47 \text{ N/cm}^2 = 4700 \text{ N/m}^2$

b $12 \text{ N/m}^2 = 12 \text{ Pa}$

c $1,5 \text{ N/cm}^2 = 15\,000 \text{ Pa}$

B41

kracht	oppervlakte	druk
100 N	25 cm^2	4 N/cm^2
450 N	0,50 m^2	900 N/m^2
0,204 N	600 cm^2	3,4 N/m^2
9800 N	7 m^2	1400 N/m^2
60 N	3 m^2	20 Pa
250 N	2778 cm^2	900 N/m^2

B42

kracht	oppervlakte	druk	druk
900 N	25 cm^2	36 N/cm^2	360 000 Pa
450 N	0,050 m^2	9000 N/m^2	9000 Pa
20,4 N	6 cm^2	3,4 N/cm^2	34 000 Pa
9800 N	7 m^2	0,14 N/cm^2	1400 Pa
60N	0,0003 m^2	20 N/cm^2	200 000 Pa
150 N	2000 cm^2	750 N/m^2	750 Pa

B43

Bereken eerst de zwaartekracht: $F_z = m \cdot g = 10 \times 9,81 = 98,1 \text{ N}$.

Dan is de druk: $p = \frac{F}{A} = \frac{98,1}{200} = 0,49 \text{ N/cm}^2$.

B44

De zwaartekracht op het meisje is: $F_z = m \cdot g = 55 \times 9,81 = 540 \text{ N}$. De oppervlakte van beide hakken samen is 4 cm^2 .

De druk onder de hakken is dan: $p = \frac{F}{A} = \frac{540}{4} = 135 \text{ N/cm}^2$.

Omrekenen geeft 1 350 000 N/m^2 .

B45

Berekening: $p = \frac{F}{A} = \frac{567}{0,27} = 2100 \text{ N/cm}^2$.

B46

De zwaartekracht op de kratten is: $F_z = m \cdot g = 44,4 \times 9,81 = 436 \text{ N}$.

De druk onder de kratten is: $p = \frac{F}{A} = \frac{436}{0,012} = 36\,333 \text{ N/m}^2$.

B47

Berekening: $p = \frac{F}{A}$ dus $A = \frac{F}{p} = \frac{500}{25} = 20 \text{ cm}^2$.

NB: wanneer je de druk invoert in N/m^2 of in Pa bereken je de oppervlakte in m^2 . Wanneer je de druk invoert in N/cm^2 , dan bereken je de oppervlakte in cm^2 .

B48

Zet eerst de oppervlakte om naar m^2 : $2,1 \text{ mm}^2 = 0,0000021 \text{ m}^2$.

De druk is dan: $p = \frac{F}{A} = \frac{1,5}{0,0000021} = 714286 \text{ N}$.

C49

a De oppervlakte van twee schoenzolen bedraagt: $2 \times 195 = 390 \text{ cm}^2$. Deze omzetten in m^2 geeft $A = 0,0390 \text{ m}^2$.

De zwaartekracht berekenen geeft: $F_z = m \cdot g = 43 \times 9,81 = 421,8 \text{ N}$.

Druk berekenen geeft: $p = \frac{F}{A} = \frac{421,8}{0,0390} = 10815 \text{ N/m}^2$.

b De hond zakt minder diep weg, omdat zijn massa veel kleiner is en de zwaartekracht dus ook. De oppervlakte onder één poot is wel klein, maar de hond heeft er wel 4!

C50

Bereken eerst de kracht: $p = \frac{F}{A}$ dus $F = p \cdot A = 13,5 \times 540 = 7290 \text{ N}$.

De kracht is de zwaartekracht die op de kist werkt.

De massa volgt uit: $F_z = m \cdot g$ dus $m = \frac{F_z}{g} = \frac{7290}{9,81} = 743 \text{ kg}$.

C51

a De massa van de vrachtwagen is 21 ton en dat is 21 000 kg. Deze massa wordt verdeeld over 10 platen, dus elke plaat draagt 2100 kg.

De zwaartekracht per plaat is: $F_z = m \cdot g = 2100 \times 9,81 = 20\,601 \text{ N}$.

De oppervlakte van een plaat is: $A = l \cdot b = 6,0 \cdot 0,65 = 3,9 \text{ m}^2$.

De druk onder iedere plaat is dan: $p = \frac{F}{A} = \frac{20601}{3,9} = 5282 \text{ N/m}^2$.

b Als de plaat in het midden doorbuigt, wordt de oppervlakte die contact maakt met de grond een stuk kleiner. Hierdoor neemt de druk onder de plaat toe.

C52

a Door het gebruik van een plankje neemt de oppervlakte van de poten toe en daardoor neemt de druk onder de poten af. Hierdoor zakken de poten minder ver de grond in.

b Om een schatting te maken, moet de grootte van het plankje vergeleken worden met een voorwerp in de buurt waarvan je iets duidelijker kunt zien hoe die is. In dit geval de handen van de vrouw. De plankjes zijn duidelijk groter dan de breedte van de hand. Het plankje lijkt vierkant te zijn. Een redelijke schatting is 20 bij 20 cm.

De massa van de caravan wordt verdeeld over 4 poten, dus per poot $950 / 4 = 237,5 \text{ kg}$.

De berekening wordt dan: $p = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{237,5 \times 9,81}{20 \times 20} = 5,8 \text{ N/cm}^2$.

c Als de plankjes niet onder de poten liggen is de oppervlakte per poot kleiner en neemt de druk toe.

+53

a Eigen antwoord. De massa van een gewone fiets zit meestal tussen de 15 en 20 kg.

b Eigen antwoord. De gemiddelde massa zal rond de 50 kg zijn.

c Eigen antwoord. De band wordt op de weg een beetje platter gedrukt. Hoeveel platter hangt af van de luchtdruk in de band. Hoe harder de band is opgepompt, hoe minder die wordt ingedrukt. Als de band redelijk vol is, zou 20 cm^2 per band een redelijke schatting zijn.

d Berekening: $F_z = m \cdot g = 65 \times 9,81 = 637,7 \text{ N}$ dus $p = \frac{F}{A} = \frac{637,7}{2 \cdot 20} = 15,9 \text{ N/cm}^2$.

+54

- a** Om deze vraag op te lossen, stel je de massa van het blok gelijk aan m . Er geldt dat $b=2a$.

Situatie 1: $A = a \cdot 2a = 2a^2$ en $massa = 2m$, dus $p = \frac{F}{A} = \frac{2m \cdot g}{2a^2} = \frac{m \cdot g}{a^2}$

Situatie 2: $A = 2a \cdot 2a = 4a^2$ en $massa = 4m$, dus $p = \frac{F}{A} = \frac{4m \cdot g}{4a^2} = \frac{m \cdot g}{a^2}$

Situatie 3: $A = a \cdot a = a^2$ en $massa = m$, dus $p = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{a^2}$

In alle drie de situaties is de druk dus gelijk.

- b** Situatie 4: $A = a \cdot 2a = 2a^2$ en $massa = 2m$, dus $p = \frac{F}{A} = \frac{2m \cdot g}{2a^2} = \frac{m \cdot g}{a^2}$

Situatie 5: $A = a \cdot a = a^2$ en $massa = 2m$, dus $p = \frac{F}{A} = \frac{2m \cdot g}{a^2} = \frac{2m \cdot g}{a^2}$

Situatie 6: $A = a \cdot 2a = 2a^2$ en $massa = m$, dus $p = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{2a^2} = \frac{m \cdot g}{2a^2}$

Volgorde is: situatie 6 – situatie 4 – situatie 5.

+1.5 Lucht en vloeistofdruk

A55

- a Onjuist, want moleculen in een gas zijn altijd in beweging.
- b Juist, want hoe kleiner de ruimte is voor de moleculen, hoe vaker deze op de wand botsen.
- c Onjuist, want de buitenluchtdruk is ongeveer 1 bar.
- d Onjuist, want de pijn in je oren wordt groter naarmate je dieper duikt.

B56

Wanneer de luchtdruk buiten het potje stijgt, dan wordt de ballon ingedrukt. Hierdoor gaat de bevestiging van het staafje op de ballon naar beneden. Doordat het draaipunt op de rand van het potje ligt, gaat het uiteinde van de wijzer omhoog richting H. Wanneer de druk daalt, is het juist andersom.

B57

Joost zal winnen. Doordat de druk in de vloeistof in beide injectiespuiten gelijk is, zal er bij de grotere zuiger een grotere kracht ontstaan. Immers, er geldt: $F = p \cdot A$.

B58

- a Berekening van de extra druk: $p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \times 9,81 \times 25 = 245\,250 \text{ N/m}^2 = 2,45 \text{ bar}$.
- b De buitenluchtdruk is er ook nog, dus de druk die gevoeld wordt is: $1 + 2,45 = 3,45 \text{ bar}$.

B59

De extra druk door het water is: $12,8 - 1,1 = 11,7 \text{ bar}$. Dit moet je omzetten naar de druk in N/m^2 en dat wordt $1\,170\,000 \text{ N/m}^2$. Voor de extra druk door het water geldt: $p = \rho \cdot g \cdot h$. Deze formule omzetten geeft: $h = \frac{p}{\rho \cdot g} = \frac{1170000}{1000 \cdot 9,81} = 119 \text{ m}$ en dit is de diepte onder het wateroppervlak.

B60

Hoe lager je komt in de fles, hoe groter de druk is in het water. Hierdoor spuit het water met een steeds grotere kracht naar buiten.

C61

De zuignap wordt door de buitenluchtdruk tegen de tegel aangedrukt. Deze kun je berekenen met: $p = \frac{F}{A} = \frac{105}{11} = 9,55 \text{ N/cm}^2 = 0,955 \text{ bar}$.

C62

De buitenluchtdruk is ongeveer 10 N/cm^2 . De formule kan omgezet worden in: $A = \frac{F}{p}$

Berekening: $A = \frac{F}{p} = \frac{40}{10} = 4,0 \text{ cm}^2$.

C63

- a Reken eerste de druk uit die in de vloeistof ontstaat door de kracht op de kleine zuiger:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{20}{5} = 4 \text{ N/cm}^2.$$

Deze druk is gelijk aan de druk bij de grote zuiger. De kracht op de grote zuiger kun je berekenen met: $F = p \cdot A = 4 \times 200 = 800 \text{ N}$.

- b Door de linker zuiger 4 cm in te drukken verplaats je $4 \times 5 = 20 \text{ cm}^3$ van de vloeistof. Omdat je een vloeistof niet samen kunt persen, verplaatst de rechter zuiger totdat hij 20 cm^3 ruimte heeft gemaakt. Bereken dit met: $20 : 200 = 0,10 \text{ cm}$.

NB: het volume vloeistof dat de zuiger verplaatst de kun je berekenen met:

volume = oppervlakte van de zuiger · verplaatsing van de zuiger.

+64

Zolang de extra druk die veroorzaakt wordt door de waterkolom in het glas lager is dan de buitenluchtdruk (ongeveer 1 bar), zal de vloeistof in het glas blijven. Dit komt doordat de kracht van de buitenluchtdruk die omhoog werkt groter is dan de kracht van de waterkolom die omlaag werkt.

Bij een buitenluchtdruk van 1 bar ($= 100\,000\text{ N/m}^2$) kun je op deze manier een waterkolom van 10 meter omhoog houden. Er moet immers gelden dat: $p_{\text{waterkolom}} \geq p_{\text{buitenlucht}}$, dus kun je de maximale waterkolom bereken met: $100\,000 = 1000 \times 9,81 \times h$ waaruit volgt dat:

$$h = \frac{100\,000}{1000 \times 9,81} = 10,2\text{ m}$$

+65

a Dit is een omgekeerd evenredig verband. Bij een omgekeerd evenredig verband tussen twee grootheden zal het product van beide grootheden altijd dezelfde waarde opleveren.

b en c

Diepte	Druk	Volume
0 m	1 bar	1 liter
10 m	2 bar	0,5 liter
20 m	3 bar	0,33 liter
30 m	4 bar	0,25 liter
40 m	5 bar	0,2 liter

Oefentoets

1

Onjuist, want om een hefboom te krijgen, zit het draaipunt zit altijd op een andere plaats dan de spierkracht.

2

juist

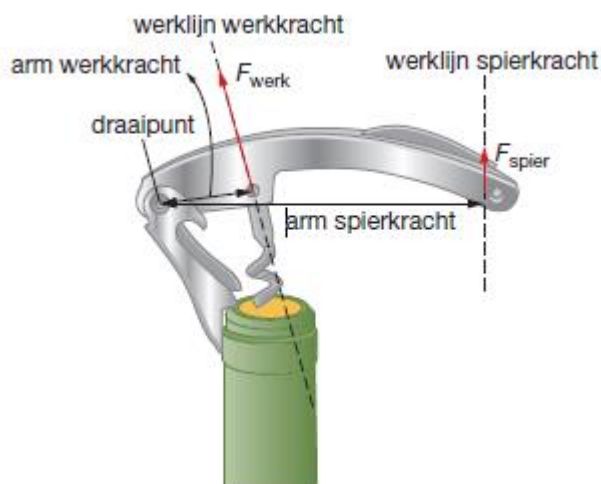
3

Onjuist, want een takel bestaat altijd uit een combinatie van vaste- en losse katrollen.

4

Onjuist, want de druk is omgekeerd evenredig met de oppervlakte.

5+6



7

De kracht is de zwaartekracht. Deze is: $F_z = m \cdot g = 55 \times 9,81 = 539,55 \text{ N}$.

8

De oppervlakte van beide schoenen samen is 400 cm^2 . Deze kracht wordt uitgeoefend op 400 cm^2 . Een m^2 bevat $10\,000 \text{ cm}^2$, dus per m^2 is de kracht dan: $F = \frac{10\,000}{400} \times 539,55 = 13\,489 \text{ N}$.

9

De druk is dus $13\,489 \text{ N/m}^2$. Ter controle kun je de druk ook berekenen met:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{539,55}{400} = 1,3489 \text{ N/cm}^2 = 13\,489 \text{ N/m}^2.$$

10

De zwaartekracht op de zak en kruitwagen is: $F_z = m \cdot g = 90 \times 9,81 = 882,9 \text{ N}$.

De werkkraft moet dus gelijk zijn aan $882,9 \text{ N}$ om de kruitwagen aan één kant op te tillen. De arm van de werkkraft is 40 cm . De arm van de spierkracht is $75 + 40 = 115 \text{ cm}$.

Er geldt: $F_{\text{werk}} \cdot \text{arm}_{\text{werk}} = F_{\text{spier}} \cdot \text{arm}_{\text{spier}}$ geeft $882,9 \times 40 = F_{\text{spier}} \times 115$.

$$\text{Uitwerken: } F_{\text{spier}} = \frac{882,9 \cdot 40}{115} = 307 \text{ N}$$

11

De arm van de spierkracht is $\frac{9,0}{1,5} = 6$ keer zo groot als de arm van de werkkraft. De spierkracht kan dus 6 keer zo klein zijn: $150 : 6 = 25 \text{ N}$.

12

In de linker situatie hangt de last aan één touw, dus de benodigde kracht is 16 N.
 In tweede situatie hangt de last aan twee touwen, dus is er $16 / 2 = 8$ N nodig.
 In de derde situatie hangt de last ook aan twee touwen, dus is er ook 8 N nodig.
 In de laatste situatie hangt de last aan vier touwen en is er $16 / 4 = 4$ N nodig.

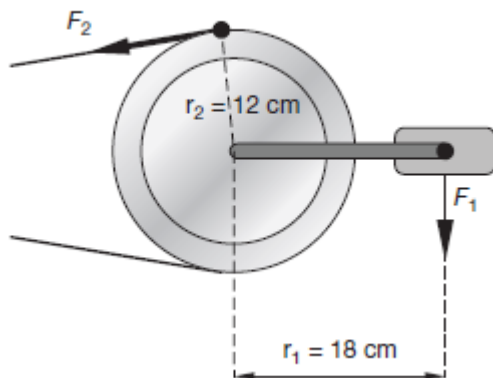
13 $F_z = m \cdot g = 70 \cdot 9,81 = 686,7$ N

14 $103\,300 \text{ Pa} = 103\,300 \text{ N/m}^2 = 10,33 \text{ N/cm}^2$

15 $A = \frac{F}{p} = \frac{686,7}{10,33} = 66,5 \text{ cm}^2$

16

Jaap krijgt de grootste werkkraft op de ketting als de trapper precies in het midden tussen de hoogste en de laagste stand staat. De arm van de door hem uitgeoefende kracht is dan het grootst. Zie afbeelding hieronder.



17

Bereken eerst de omtrek van de cirkelbeweging die de hand van Anne maakt:

$omtrek = 2\pi r = 2\pi \cdot 8,0 = 50,3$ cm. Anne draait 10 keer en haar hand legt dus $10 \cdot 50,3 = 503$ cm af.

De auto gaat dan 7,3 cm omhoog. De verhouding van de afgelegde afstand van de hand en de auto is omgekeerd evenredig aan de verhouding van de uitgeoefende krachten.

Dus: $F_{spier} = \frac{7,3}{503} \times 2,25 = 0,0326 \text{ kN} = 32,6$ N.

+18

Punt A ligt $25 + 15 = 40$ m onder het oppervlak van het water. De dichtheid van water is ongeveer 1000 kg/m^3 .

De extra druk door het water wordt berekend met:

$p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \times 9,81 \times 40 = 392\,400 \text{ N/m}^2 = 392 \text{ kN/m}^2$.

+19

De totale druk die op een diepte van 40 m op de duikbril wordt uitgeoefend is 392 kN/m^2 + de buitenluchtdruk.

Deze bedraagt 1,0 bar en dat is 100 kN/m^2 . De totale druk is dan 492 kN/m^2 .

De oppervlakte van het glas is 125 cm^2 en dat is $0,0125 \text{ m}^2$.

De kracht op het glas is dan: $F = p \cdot A = 492 \times 0,0125 = 6,2$ kN.