

Overall Natuurkunde 3 V

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.

A3

Zolang het zwaartepunt boven het steunvlak ligt, staat het voorwerp stabiel.

A4

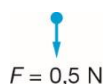
- a De zwaartekracht op de verhuisdoos van 15 kg reken je uit met de formule:

$$F_z = m \cdot g = 15 \cdot 9,81 = 147,15 \text{ N (afgerond 150 N)}.$$

De schaal $1,0 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$ wil zeggen dat 1 cm lengte van de pijl die de kracht voorstelt overeenkomt met 100 N. Om een kracht van 150 N te tekenen moet de kracht dus 1,5 cm lang zijn en naar beneden wijzen.



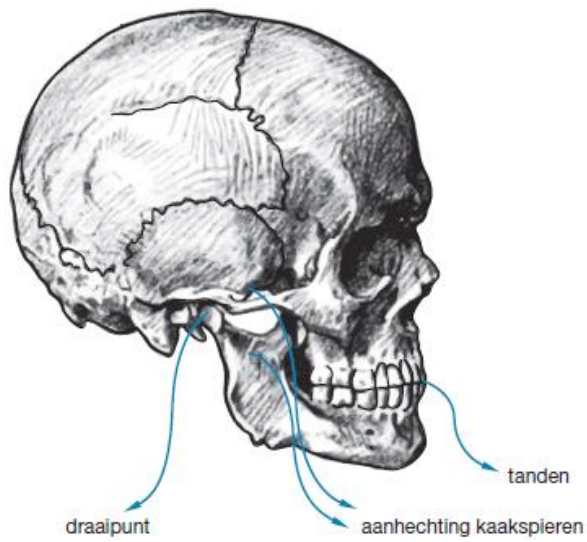
- b $50 \text{ g} = 0,050 \text{ kg}$. $F_z = m \cdot g = 0,050 \cdot 9,81 = 0,49 \text{ N}$ (afgerond 0,50 N)
De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 1 \text{ N}$, dus de lengte van de kracht is 0,5 cm omlaag wijzend.



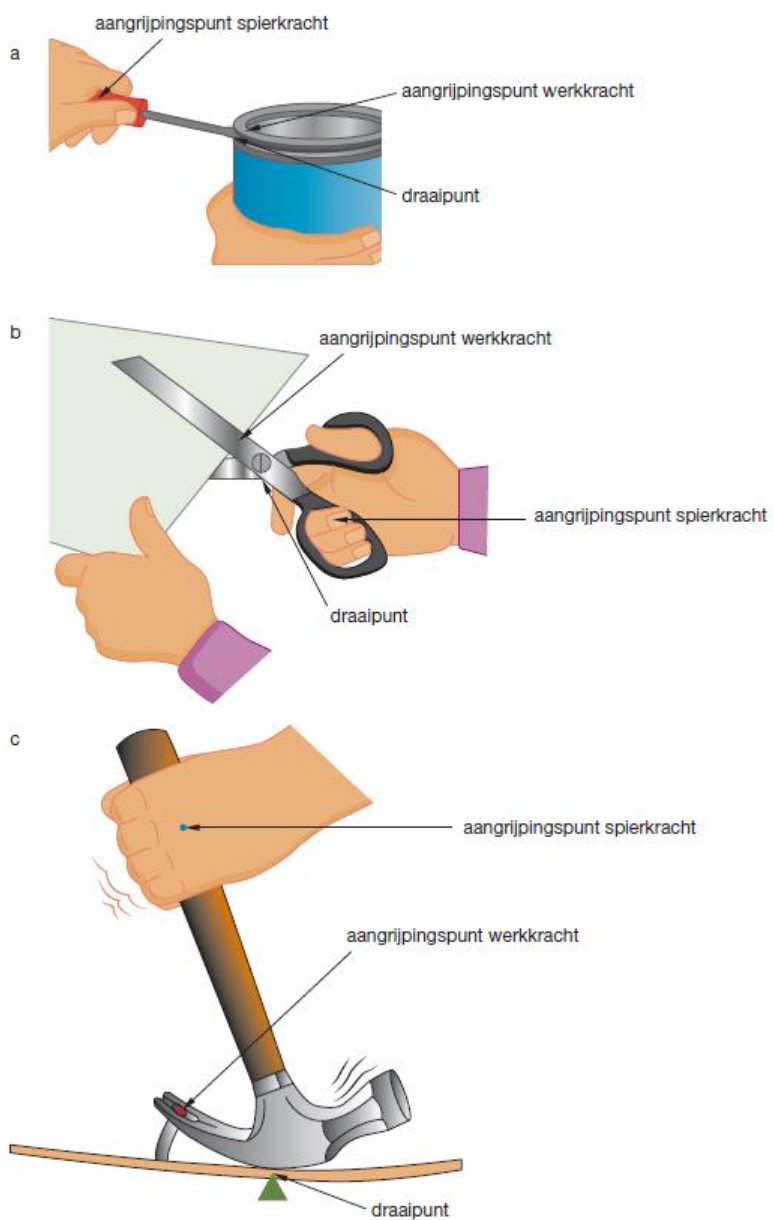
- c De kracht op de boot is 7000 N en de pijl is 3,5 cm lang.
1 cm komt dan overeen met een kracht van $7000 / 3,5 = 2000 \text{ N}$.
De schaal is dus: $1 \text{ cm} \triangleq 2000 \text{ N}$.
- d De schaal is $1 \text{ cm} \triangleq 10\,000 \text{ N}$.
De lengte van de pijl is 2,0 cm.
De zwaartekracht op de satelliet is dus $2 \times 10\,000 = 20\,000 \text{ N}$.

B5

- a Bij een pincet is de afstand van de spierkracht tot het draaipunt kleiner dan de afstand van de werkkraft tot het draaipunt (zie figuur 1.5). De werkkraft 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 werkkraft tot het draaipunt (zie figuur op bladzijde 38). De werkkraft 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 spierkracht tot het draaipunt. De werkkraft is dus kleiner dan de spierkracht. Zie de figuur hiernaast.

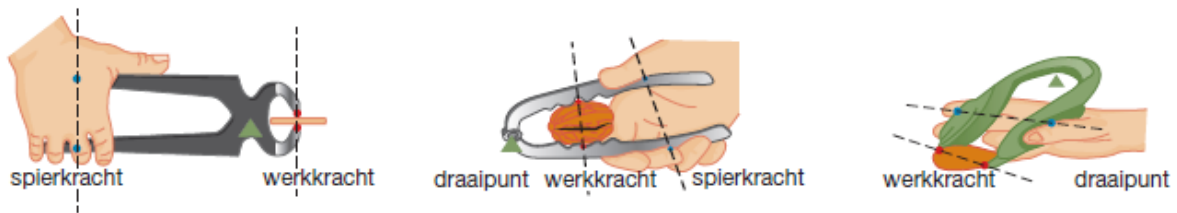


B6

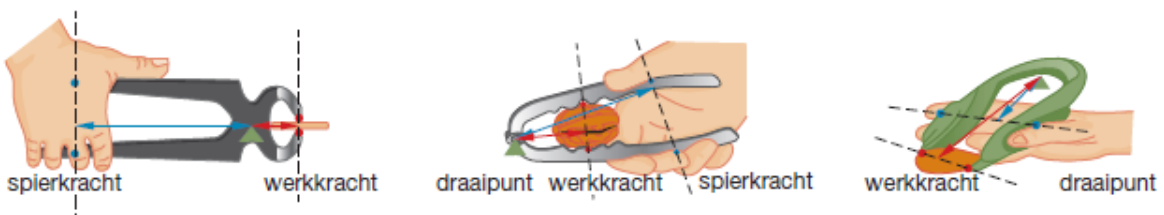


B7

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

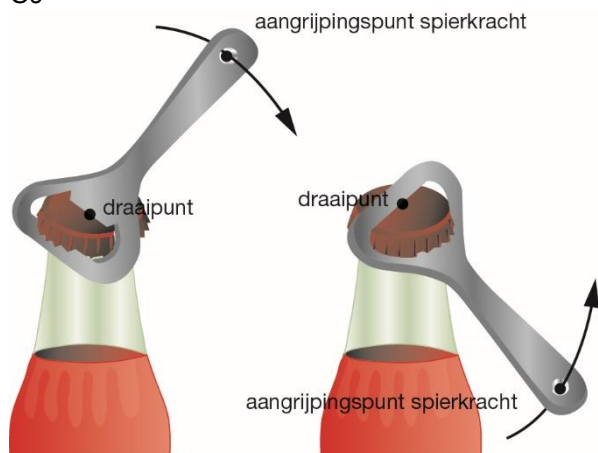
c De volgorde van grootste naar kleinste werkkracht is: nijptang, notenkraker, pincet.

C8

a Heidi kan voor het schroeven het beste de schroevendraaiers gebruiken met het dikke handvat, dus **b en d**. Het draaipunt is de as van de schroevendraaier. Het aangrijppunt van de spierkracht is de rand van het handvat. Bij het dikke handvat is de arm van de spierkracht groter dan bij het dunne handvat.

b Heidi kan voor het openen van het verfblik het beste de lange schroevendraaiers gebruiken, dus **a en b**. Het draaipunt is de rand van het verfblik. Het aangrijppunt van de spierkracht is het handvat van de schroevendraaier en met een lange schroevendraaier is de arm van de spierkracht langer.

C9

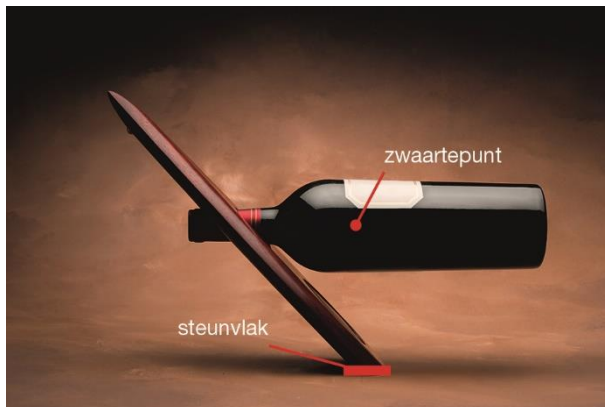


a zie figuur (niet op schaal)

b zie figuur

- c** In de rechter situatie is de arm van de spierkracht groter dan in de linker situatie. In beide gevallen is de arm van de werkkraft even groot. Rechts is dan minder spierkracht nodig dan links.

C10



a, b Zie figuur

- c** Met een lege fles kan de fleshouder niet stabiel staan. Als de fles leeg is, zal het zwaartepunt naar links verschuiven, want de houder blijft links even zwaar, maar rechts van het steunvlak is de massa van de wijn verdwenen. Als het zwaartepunt links naast het steunvlak komt te liggen valt de fleshouder om.

C11

- a** Hij kan zo eigenlijk niet blijven staan, want zijn zwaartepunt ligt duidelijk ver voor het steunvlak (zijn schoenen). Deze stand is dus niet stabiel.
- b** Antwoorden zouden kunnen zijn:
- Zijn schoenen kunnen zijn vastgemaakt aan de grond.
 - Hij wordt met (een) kabel(s) overeind gehouden.
 - Zijn schoenen zitten vast met magneten.
 - Hij leunt tegen een luchtstroom in (als bij een storm).

(in werkelijkheid klikte een sleuf in de hiel van de schoen vast aan een schroef op het podium)

+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 spierkracht is links groter dan rechts, dus de dop zal in de linker situatie meer vervormen dan in de rechter situatie.

1.2 Rekenen aan hefboomen

A13

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

A14

- a Juist, want in de hefboomvergelijking zie je dat:

$$(F \cdot r)_{links} = (F \cdot r)_{rechts}$$

In de vergelijking is te zien dat wanneer de arm van de spierkracht groter wordt, de werkkraft toeneemt.

- b Juist, want ook dat is te zien in de bovenstaande vergelijking.

B15

- a Gebruik de hefboomwet: $(F \cdot r)_{Mathilde} = (F \cdot r)_{Kevin}$.

Om deze in te kunnen vullen moet je eerst de zwaartekracht op Mathilde en Kevin berekenen.

$$\text{Mathilde: } F_z = m \cdot g = 32 \cdot 9,81 = 313,9 \text{ N}$$

$$\text{Kevin: } F_z = m \cdot g = 45 \cdot 9,81 = 441,5 \text{ N}$$

$$\text{Invullen geeft: } (313,9 \cdot 3,2) = (441,5 \cdot r)_{Kevin}$$

$$\text{Uitwerken: } 1004,48 = 441,5 \cdot r \text{ en vervolgens: } r = \frac{1004,48}{441,5} = 2,28 \text{ m}$$

- B $(F \cdot r)_{Mathilde} = (F \cdot r)_{Kevin}$

$$\text{Invullen geeft: } (313,9 \cdot r)_{Mathilde} = (441,5 \cdot 1,83)$$

$$\text{Uitwerken: } 313,9 \cdot r = 807,9$$

$$\text{Vervolgens: } r = \frac{807,9}{313,9} = 2,57 \text{ m}$$

B16

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

$$\text{Dus: } (F \cdot r)_{slagboom} = (F \cdot r)_{contragewicht}$$

Maar dan moet eerst de zwaartekracht op de slagboom en op het contragewicht worden berekend.

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

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

$$\text{Invullen geeft: } (706,3 \cdot 2,36) = (2354,4 \cdot r)_{contragewicht}$$

$$\text{Uitwerken: } 1666,9 = 2354,4 \cdot r$$

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

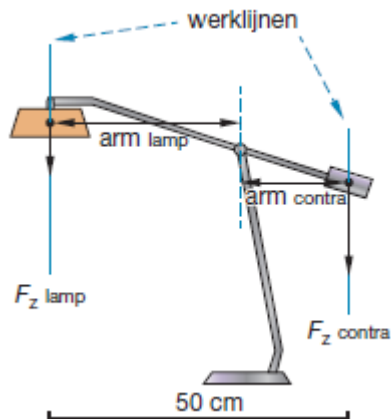
B17

Volgens de hefboomwet is er evenwicht als $(F \cdot r)_{links} = (F \cdot r)_{rechts}$

Als Kwik, Kwek en Kwak even zwaar zijn, is de kracht aan de kant van Kwek en Kwak twee keer zo groot als aan de kant van Kwik. Kwek en Kwak zouden samen dus op de helft van de wip moeten gaan zitten. Als ze niet op elkaar zitten moet hun zwaartepunt hier wel blijven liggen. De ene moet dus iets voor de helft gaan zitten en de andere evenveel erachter.

B18

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: $(F \cdot r)_{\text{contra}} = (F \cdot r)_{\text{lamp}}$

Invullen: $(7,4 \cdot 1,3) = (F \cdot 2,2)_{\text{lamp}}$

Uitwerken: $\text{kracht} = \frac{7,4 \cdot 1,3}{2,2} = 4,4 \text{ N}$

De massa van de lamp is: $m = \frac{F_z}{g} = \frac{4,4}{9,81} = 0,45 \text{ kg}$.

C19

a De motor hoeft minder kracht te zetten, omdat het de zwaartekracht van de wijzer niet hoeft te compenseren als de wijzer en het kleine contragewichtje samen in evenwicht zijn.

b De motor hoeft het hele uur minder kracht te zetten, want in alle standen is er evenwicht.

c Als er een vogel op de minutenwijzer gaat zitten is er geen evenwicht meer, want de zwaartekracht aan de wijzerkant is nu iets groter geworden en dit moet door de motor overwonnen worden. Dit extra gewicht werkt de beweging tegen als de wijzer aan de linkerkant zit. Dat is dus het stuk tussen 30 en 60 minuten.

C20

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

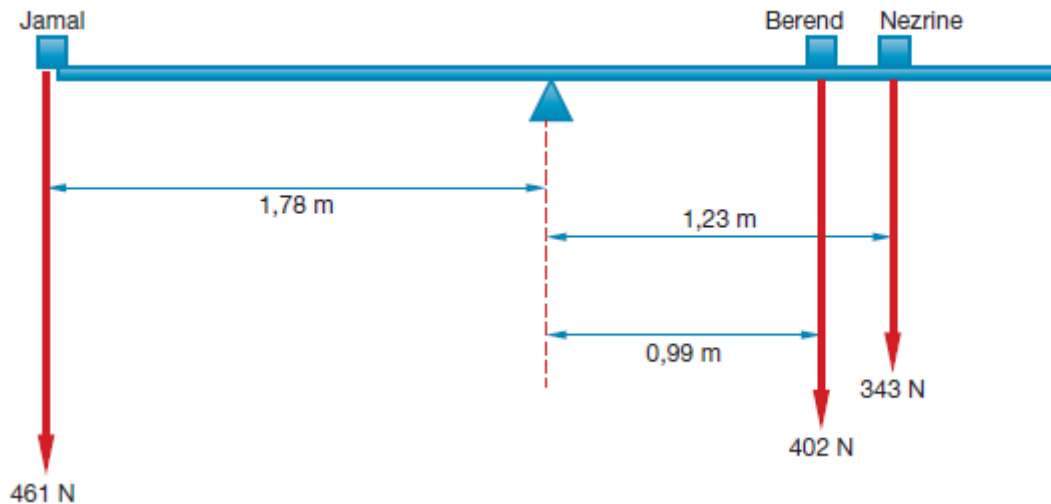
Bereken de krachten op de drie jongens:

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

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

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

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 berekenend worden met de hefboomwet:

$$(F \cdot r)_{links} = (F \cdot r)_{rechts}$$

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

$$(F \cdot r)_{Jamal} = (F \cdot r)_{Berend} + (F \cdot r)_{Nezrine}$$

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

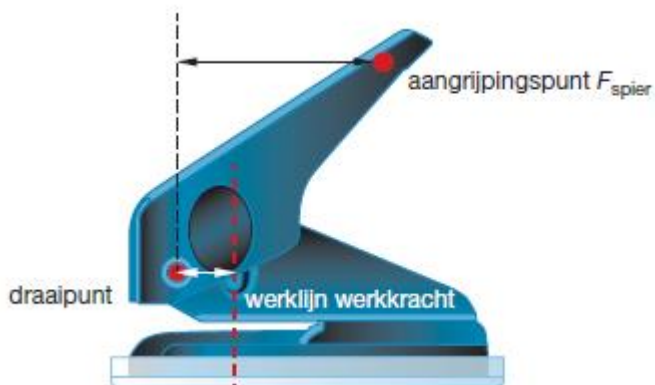
$$\text{Verder uitwerken geeft: } 820,58 = (402 \cdot r)_{Berend} + 421,89$$

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

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

C21

Voor 15 vellen papier is een werkkracht nodig van $15 \times 2 = 30$ N.



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

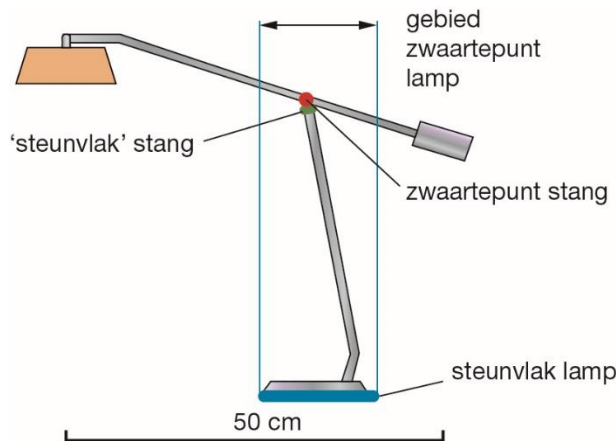
$$\text{Berekening: } (F \cdot r)_{spierkracht} = (F \cdot r)_{werkkracht}$$

$$\text{Invullen geeft: } (F \cdot 2,4)_{spierkracht} = (30 \cdot 0,65)$$

$$\text{Vervolgens: } F_{spier} \cdot 2,4 = 19,5, \text{ dus } F_{spier} = \frac{19,5}{2,4} = 8,1 \text{ N}$$

C22

a, b, c, d zie figuur



- e Een voorwerp is in evenwicht als het zwaartepunt van de stang (met lamp en contragewicht) onder het draaipunt ('steunpunt stang') ligt en stabiel als het zwaartepunt van het hele voorwerp boven het steunvlak ligt.

+23

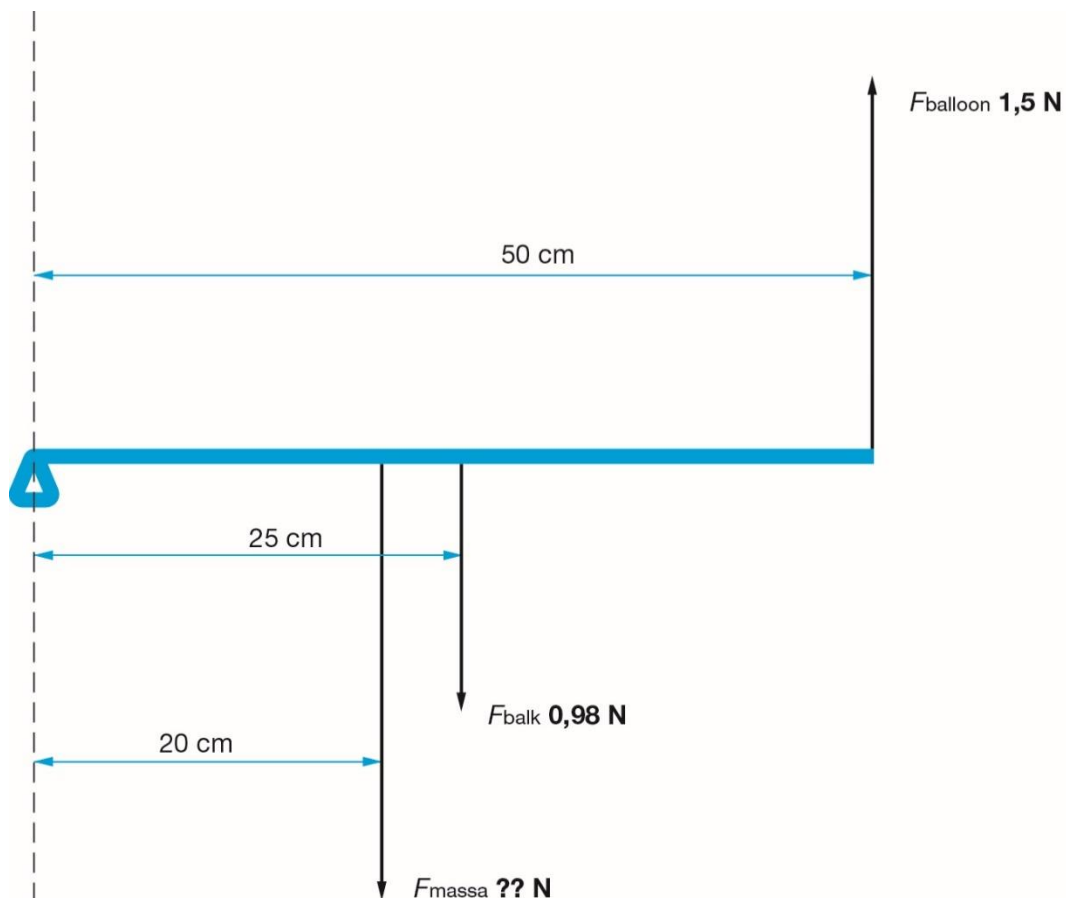
Gebruik de hefboomwet: $(F \cdot r)_{links} = (F \cdot r)_{rechts}$

Om deze in te kunnen vullen, moet je eerst de krachten en de armen van de krachten in een situatieschets tekenen.

De ballon heeft een kracht van 1,5 N, een arm van 50 cm en de richting is linksom.

Het gewicht van de balk is: $F_{balk} = 9,81 \cdot m_{balk} = 9,81 \cdot 0,10 = 0,981 \text{ N}$. Het zwaartepunt van de balk ligt halverwege de balk, dus de arm is 25 cm en de richting is rechtsom.

De zwaartekracht van de massa moet je uitrekenen. De arm is 20 cm en de richting is rechtsom.



De gegevens invullen in de hefboomwet $(F \cdot r)_{links} = (F \cdot r)_{rechts}$

$$F_{ballon} \cdot r_{ballon} = F_{balk} \cdot r_{balk} + F_{massa} \cdot r_{massa}$$

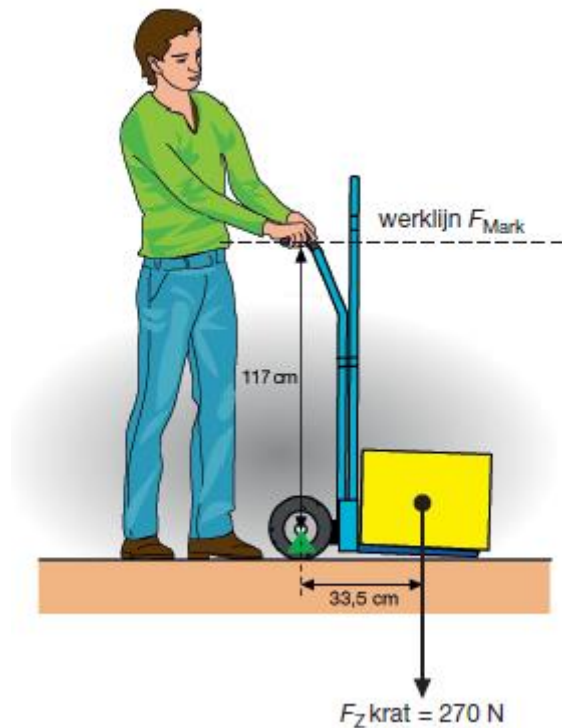
$$1,5 \cdot 50 = 0,98 \cdot 25 + 9,8 \cdot m \cdot 20$$

$$75 = 24,5 + 196 \cdot m$$

$$50,5 = 196 \cdot m$$

$$m = \frac{50,5}{196} = 0,258 \text{ kg}$$

+24



a zie figuur

b zie figuur

c $(kracht \cdot arm)_{spierkracht} = (kracht \cdot arm)_{werkkraft}$

Uitwerken: $(kracht \cdot 117)_{spierkracht} = (270 \cdot 33,5)$

Vervolgens: $spierkracht \cdot 117 = 9045$, dus $spierkracht = \frac{9045}{117} = 77 \text{ N}$

1.3 Overbrengingen

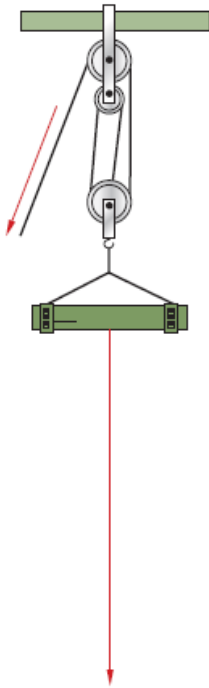
A25

a Er zijn vaste- en losse katrollen.

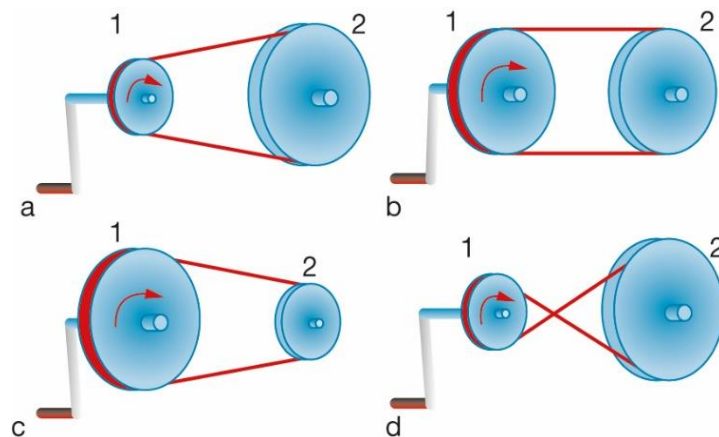
b Bij de vaste katrol is de spierkracht gelijk aan de werkkraft, maar hij heeft wel een andere richting.

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

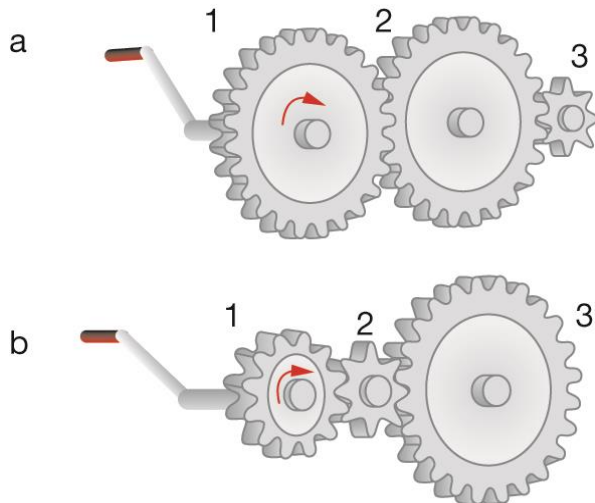
b wiel 2 draait rechtsom

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

- a Het verzet is het aantal meter dat je aflegt door één keer met je trappers rond te gaan. Als je een keer met je trappers rondgaat, gaat het grote wiel ook één keer rond. Het verzet is dan de omtrek van het grote wiel, dus 3,75 m.
- b De kracht op de trapper zorgt ervoor dat er een kracht op de weg uitgeoefend wordt door het wiel. Het werkt als een hefboom en de arm is de straal van het wiel, dus:

$$F_{\text{trapper}} \cdot r_{\text{trapper}} = F_{\text{op weg}} \cdot r_{\text{op weg}}$$

Omdat de straal van het wiel veel groter is dan de afstand van het pedaal tot de trapas, moet je dus veel kracht zetten met deze fiets.

B30

- a Een verzet van 5,24 m betekent dat Stefan met één keer de trappers rondtrappen 5,24 m aflegt.
- b Met één keer de trappers rondtrappen gaat het achterwiel $\frac{5,24}{2,10} = 2,50$ keer rond.
- c Als de trappers één keer rond gaan, gaat het achterste tandwiel 2,5 keer rond. Het tandwiel heeft dus $\frac{50}{2,50} = 20$ tanden.

C31

- 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 $500 \cdot 18 = F_2 \cdot 12$. Hieruit is te berekenen dat $F_2 = 750$ N
- c** Kracht $F_3 = F_2$ dus $F_2 = 750$ N. Om F_4 uit te rekenen gebruik je: $F_3 \cdot r_3 = F_4 \cdot r_4$
Invullen geeft: $750 \cdot 6,0 = F_4 \cdot 36$
Uitwerking: $F_4 = \frac{750 \cdot 6,0}{36} = 125$ 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 energie omzetting. Zoals we later zullen zien levert de fietser arbeid die wordt omgezet in bewegingsenergie. Dit doet een fiets bijzonder efficiënt.
- e** De straal van het wiel is $36 \text{ cm} = 0,36 \text{ m}$. $Omtrek = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 0,36 = 2,26 \text{ m}$. Het voorste tandwiel ($r = 12 \text{ cm}$) is twee keer zo groot als het achterste tandwiel ($r = 6 \text{ cm}$). Bij één keer de trappers rondtrappen gaat het achterwiel dus twee keer rond en is het verzet dus $2 \cdot 2,26 \text{ m} = 4,52 \text{ m}$.

C32

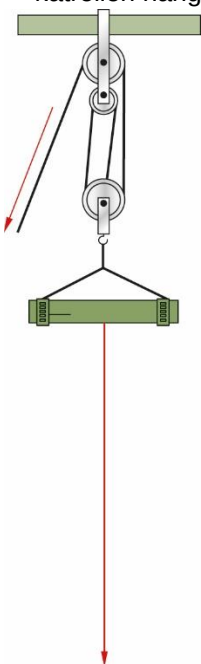
De monteur moet $\frac{7,63}{1,62} = 4,7$ keer meer ketting binnenhalen dan het motorblok omhoog gaat. Dat betekent dat zijn spierkracht in dezelfde verhouding minder mag zijn dan de werkkraft. De werkkraft is gelijk aan de zwaartekracht van het motorblok en dus gelijk aan:
 $F = m \cdot g = 91,0 \cdot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

C33

- a** Als de worm één keer rondgedraaid is, zit hij weer in dezelfde stand als in het begin en het wormwiel ook. Dit is steeds iets gedraaid en dus is het één tandje doorgedraaid.
- b** De worm moet 41 keer ronddraaien om het wormwiel één keer rond te draaien. Het toerental van het wormwiel is dus $\frac{30}{41} = 0,73$ rpm (rotaties per minuut).

C34

- a** De kracht die nodig is om de verhuiskist te kunnen tillen is: $F_z = m \cdot g = 132 \cdot 9,81 = 1295$ 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.

C35

- a** Het groene en het blauwe tandwiel zijn even groot, dus als het blauwe tandwiel het middelste wiel verdraait, draait het groene wiel net zo ver rond als het blauwe tandwiel. Het groene tandwiel heeft dus hetzelfde toerental.
- b** Het toerental van het groene tandwiel is dus ook 100 rpm.

+36

- a** De zwaartekracht op het gewicht is $F_z = m \cdot g$, dus $F_z = 10 \cdot 9,81 = 98,1 \text{ N}$.
In de linker figuur hangt de massa aan de twee touwen van de losse katrol. De spierkracht is dan maar de helft van de zwaartekracht, dus 49,05 N.
In de rechter figuur hangt de massa halverwege de hefboom en werkt de spankracht van het touw op het eind van de hefboom. De spierkracht is net zo groot als de spankracht en dus de helft van de zwaartekracht, dus ook 49,05 N.
- b** Zowel bij de katrol als bij de hefboom kun je met een kleine kracht een zwaar voorwerp optillen.
- c** Een voordeel van een losse katrol ten opzichte van een hefboom is dat het veel minder ruimte hoeft in te nemen.

+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 werkkracht in de kabel. Op de zieke boom is de kabel zo hoog mogelijk aangebracht. Hierdoor is er een lange arm van de werkkracht 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 $100 : 9,8 = 10,2$ keer vergroot. Daarna wordt de kracht door de tandwielen in de lier nog eens 48 keer vergroot, dus de totale vergrotingsfactor is $10,2 \cdot 48 = 490$ keer. De totale werkkracht in de kabel wordt dan:
 $490 \cdot 750 = 367500 \text{ N} = 368 \text{ kN}$

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 $1 \text{ bar} = 100000 \text{ N/m}^2$

NB3: de druk wordt ook vaak gegeven in N/cm^2 waarbij geldt dat $1 \text{ N/cm}^2 = 10000 \text{ N/m}^2$

A39

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

B40			
kracht	oppervlakte	druk	druk
900 N	25 cm^2	36 N/cm^2	360000 Pa
450 N	0,050 m^2	9000 N/m^2	9000 Pa
20,4 N	6 cm^2	3,4 N/cm^2	34000 Pa
9800 N	7 m^2	0,14 N/cm^2	1400 Pa
60 N	0,0003 m^2	20 N/cm^2	200000 Pa
150 N	2000 cm^2	750 N/m^2	750 Pa

B41

De zwaartekracht op het meisje is: $F_z = m \cdot g = 55 \cdot 9,81 = 540 \text{ N}$. 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 1350000 N/m^2

B42

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

b Er geldt een omgekeerd evenredig verband. Als de kracht over een groter oppervlakte verdeeld wordt, is de druk kleiner.

B43

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

De druk onder de kratten is: $p = \frac{F}{A} = \frac{436}{0,012} = 36333 \text{ N/m}^2$

B44

a Je moet de kubus op de bovenkant plaatsen voor de grootste druk. Dan is het oppervlak het kleinst en de druk dus het grootst.

b Je moet de kubus op de zijkant plaatsen voor de kleinste druk. Dan is het oppervlak het grootst en de druk dus het kleinst.

C45

a Er zit één spijker per cm^2 , dus Annabella rust op 1800 spijkers.

b Annabella weegt $50 \cdot 9,81 = 490,5 \text{ N}$.

De 1800 spijkers hebben samen een oppervlak van $1800 \cdot 0,0070 = 12,6 \text{ cm}^2$.

De druk van de spijkers op Annabella is dus: $p = \frac{F}{A} = \frac{490,5}{12,6} = 38,9 \text{ N/cm}^2$

De druk is kleiner dan 69 N/cm^2 , dus haar huid wordt niet doorgeprikt.

c Annabella moet bij het plaatsnemen wel oppassen, want dan kan haar oppervlak boven de spijkers veel kleiner zijn en in dat geval wordt haar huid wel doorgeprikt.

C46

- a** De zwaartekracht op de auto is: $F_{auto} = m \cdot g = 1000 \cdot 9,81 = 9810 \text{ N}$.

De druk is aan beide kanten gelijk, dus: $\frac{F_{auto}}{A_{auto}} = \frac{F_{duw}}{A_{duw}}$

Omgerekend wordt dit: $F_{duw} = F_{auto} \cdot \frac{A_{duw}}{A_{auto}}$

$$F_{duw} = 9810 \cdot \frac{0,010}{9} = 10,9 \text{ N}$$

- b** De olie moet van links naar rechts verplaatst worden. Het oppervlak A_{auto} is 900 keer groter dan de oppervlakte waar je op duwt. Om hetzelfde volume aan olie te verplaatsen, moet je dan 900 keer verder naar beneden duwen. Je zou dus 900 m naar beneden moeten duwen.

In een berekening: om de auto 1 m omhoog te verplaatsen, moet er een volume olie naar rechts stromen van $1 \text{ m} \cdot A_{auto} = 1 \cdot 9 = 9 \text{ m}^3$.

Dan moet je aan de linkerkant ook 9 m^3 olie verplaatsen.

Volume = hoogte $\cdot$ oppervlakte dus $9 = h \cdot A_{duw}$.

$$h = 9 / 0,010 = 900 \text{ m}.$$

Je drukt natuurlijk niet daadwerkelijk 900 m naar beneden; de olie bevindt zich in een lange dunne buis die ergens omheen gewikkeld is.

C47

De matras sluit overal aan bij je lichaam. Over je hele lichaam is de druk dus even groot en je wordt overal ondersteund.

C48

- 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 groot 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: $p = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{237,5 \cdot 9,81}{20 \cdot 20} = 5,8 \text{ N/cm}^2$

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

+49

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

+50

- 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

A51

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

B52

- a chipszak in de bergen: overdruk
- b flesje in vliegtuig: onderdruk
- c ruimtestation ISS overdruk
- d duikboot: onderdruk
- e fietsband: overdruk

B53

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 geldt er: $F = p \cdot A$

B54

- a Berekening van de extra druk: $p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 25 = 245250 \text{ N/m}^2 = 2,45 \text{ bar}$
- b De buitenluchtdruk is er ook nog, dus de druk die gevoeld wordt is: $1 + 2,45 = 3,45 \text{ bar}$
- c In zout water is de druk groter, want de dichtheid ρ van zeewater is hoger.

B55

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

C56

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

C57

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

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

C58

- a Op het kwik rechts drukt wel de luchtdruk. Op het kwik links niet, want er zit vacuüm boven.
- b Het kwikniveau is hoog want de luchtdruk op het kwik rechts is groter.

C59

- a Er zit 20 mL water en $55 - 20 = 35 \text{ mL}$ olie in het bekerglas.
20 mL water heeft een massa van $20 \cdot 1,0 = 20 \text{ gram}$.
35 mL olie heeft een massa van $35 \cdot 0,90 = 31,5 \text{ gram}$.
De totale massa is dus $20 + 31,5 = 51,5 \text{ gram}$.
- b De zwaartekracht op de vloeistoffen is: $F_z = m \cdot g = 0,0515 \cdot 9,81 = 0,505 \text{ N}$ en de bodemoppervlakte is 10 cm^2 .
Berekening: de vloeistofdruk is dus: $p = \frac{F}{A} = \frac{0,505}{10} = 0,0505 \text{ N/cm}^2$
- c 20 mL water = 20 cm^3 en 35 mL olie = 35 cm^3 . De bodemoppervlakte is 10 cm^2 .
Volume = hoogte x oppervlakte. Omgezet: hoogte = volume / oppervlakte.
De hoogte van het water is dan $20 / 10 = 2,0 \text{ cm} = 0,020 \text{ m}$.
De hoogte van de olie is $35 / 10 = 3,5 \text{ cm} = 0,035 \text{ m}$.
- d Berekening van de waterdruk: $p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,020 = 196 \text{ N/m}^2$
Berekening van de oliedruk: $p = \rho \cdot g \cdot h = 900 \cdot 9,81 \cdot 0,035 = 309 \text{ N/m}^2$

De druk van de beide vloeistoffen samen op de bodemoppervlakte is dan 505 N/m^2 en dat is hetzelfde als het antwoord van vraag b als je omrekent naar N/m^2 .

- e** De druk reken je uit met: $p = \frac{F}{A}$. De zwaartekracht op de beide vloeistoffen is niet veranderd, maar de bodemoppervlakte is twee keer zo klein. Druk en oppervlakte zijn omgekeerd evenredig met elkaar, dus de druk wordt twee keer zo groot.
- f** Bij d reken je de druk uit met $p = \rho \cdot g \cdot h$. In deze berekening moet je de hoogte veranderen om hetzelfde antwoord te krijgen. Omdat de bodemoppervlakte twee keer zo klein is, is de hoogte h van de vloeistoffen twee keer zo groot. En dus is de vloeistofdruk twee keer zo groot.

+60

- a** Je rekent de waterdruk uit met $p = \rho \cdot g \cdot h$
 $p = \rho \cdot g \cdot h = 1025 \cdot 9,81 \cdot 300 = 3016575 \text{ N/m}^2 = 30,2 \text{ bar}$.
- b** Invullen van de gegevens in de formule $p = \rho \cdot g \cdot h$ levert: $600000 = 1025 \cdot 9,81 \cdot h$.
 $h = 59,7 \text{ m}$.
 De druk is 6 bar op een diepte van bijna 60 m.
- c** De kurk wordt pas op een veel grotere diepte de fles ingedrukt, omdat de wrijving tussen kurk en fles nog overwonnen moet worden.

+61

Zolang de extra druk veroorzaakt 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 ($= 100000 \text{ N/m}^2$) 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: $100000 = 1000 \cdot 9,81 \cdot h$ waaruit volgt dat $h=10,2 \text{ m}$

+62

- 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

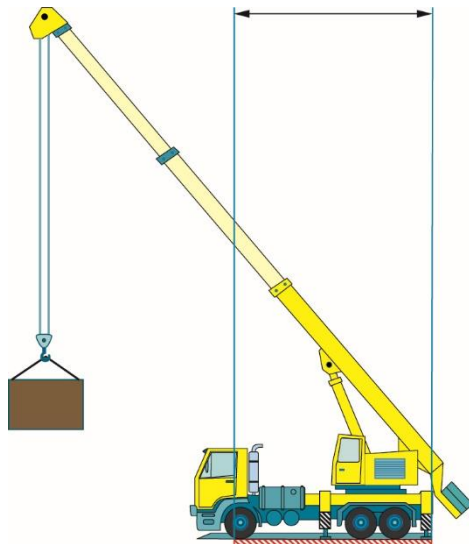
Juist.

5

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

6,7

Zie figuur



8

Als het zwaartepunt verder naar voren komt te liggen en buiten het steunvlak valt, zal de kraan omvallen. Dus buiten het in de figuur aangegeven gebied.

9

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

10

De oppervlakte van beide schoenen samen is 400 cm^2 . Deze kracht wordt uitgeoefend op 400 cm^2 . Een m^2 bevat 10000 cm^2 dus per m^2 is de kracht dan: $F = \frac{10000}{400} \cdot 539,55 = 13489 \text{ N}$

11

De druk is dus 13489 N/m^2 . Ter controle kun je de druk ook berekenen met :

$$p = \frac{F}{A} = \frac{539,55}{400} = 1,3489 \text{ N/cm}^2 = 13489 \text{ N/m}^2$$

12

De oppervlakte van de schoenen van de persoon is $\frac{220}{200} = 1,1$ keer zo groot. Het gewicht neemt in verhouding meer toe dan de oppervlakte, dus zal de druk groter zijn dan jouw druk.

13

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

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

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

14

De tuinman kan de zak beter zo ver mogelijk in de richting van het wiel op de kruitwagen leggen. Hoe verder naar het wiel, hoe kleiner de arm is en dus ook hoe kleiner het moment is.

15

In de linker situatie hangt de last aan één touw, dus de benodigde kraft is 16 N.

In tweede situatie hangt de last aan twee touwen, dus er is $16 / 2 = 8 \text{ N}$ nodig.

In de derde situatie hangt de last ook aan twee touwen, dus er is ook 8 N nodig.

In de laatste situatie hangt de last aan vier touwen, dus er is $16 / 4 = 4 \text{ N}$ nodig.

16 Het contactoppervlak van één band is: $A_{1\text{band}} = 25 \cdot 8 = 200 \text{ cm}^2 = 0,02 \text{ m}^2$.

Het contactoppervlak van de vier banden samen is dus: $A_{4\text{banden}} = 4 \cdot 0,02 = 0,08 \text{ m}^2$.

17 De druk als de wielen op de grond staan is: 1,66 bar.

$1,66 \text{ bar} = 1,66 \cdot 100\,000 = 166\,000 \text{ N/m}^2$.

Omrekenen van $p = \frac{F}{A}$ geeft $F = p \cdot A$, dus $F_z = 166000 \cdot 0,08 = 13280 \text{ N}$.

$F_z = m_{\text{auto}} \cdot g$ dus $m_{\text{auto}} = \frac{F_z}{g} = \frac{13280}{9,81} = 1354 \text{ kg}$.

18

In stand a is de arm van je spierkraft op de trapper het grootst, dus daar kun je in principe het beste mee wegfietsen. Maar in stand c is de arm maar iets kleiner, maar hij wordt snel groter en dan blijf je langer een groot moment uitoefenen om weg te fietsen. In de praktijk werkt deze stand beter.

19

Als je met de trappers één keer rond gaat, gaat het achterwiel $40 / 15 = 2,67$ keer rond.

20

Het verzet is de afstand die je aflegt als de trappers één keer rondgaan. De omtrek van de achterband is 2,20 m en die gaat 2,67 keer rond, dus het verzet hier is $2,20 \cdot 2,67 = 5,87 \text{ m}$.

+21

Punt A ligt $25+15=40 \text{ m}$ 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:

$p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 40 = 392400 \text{ N/m}^2 = 392 \text{ kN/m}^2$

+22

De totale druk die op een diepte van 40 m op de duikbril van is 392 kN/m^2 + de buitenluchtdruk. Deze bedraagt 1,0 bar en dat is 10 kN/m^2 . De totale druk is dan 402 kN/m^2 . De oppervlakte van het glas is 125 cm^2 en dat is $0,0125 \text{ m}^2$.

De kraft op het glas is dan: $F = p \cdot A = 402 \cdot 0,0125 = 5,025 \text{ kN}$