3.1 Eigenschappen van krachten

1 a Een verandering van snelheid, een verandering van richting en een verandering van vorm.

b Het aangrijpingspunt van de kracht, de richting waarin de kracht werkt en de grootte van de kracht.

c Gegeven: $1\ \text{cm} \triangleq 50\ \text{N}$
$l = 12{,}2\ \text{cm}$

Gevraagd: F in N

Berekening: $F = 12{,}2 \times 50 = 610\ \text{N}$

Antwoord: De kracht is $610\ \text{N}$.

d Gegeven: $1\ \text{cm} \triangleq 20\ \text{N}$
$F = 138{,}4\ \text{N}$

Gevraagd: l in cm

Berekening: $l = \frac{138{,}4}{20} = 6{,}92\ \text{cm}$

Antwoord: De lengte van de vectorpijl is $6{,}9\ \text{cm}$.

e Voorbeeld:
$m = 55\ \text{kg} \rightarrow F_z = mg = 55 \times 9{,}81 = 540\ \text{N}$.
Geschikte krachtenschaal: $1\ \text{cm} \triangleq 100\ \text{N}$
Lengte vectorpijl: $\frac{540}{100} = 5{,}4\ \text{cm}$
Tekenen van de vectorpijl:
Aangrijpingspunt van F_z: in het zwaartepunt van het voorwerp (rond de navel)
Richting F_z: recht omlaag
Lengte vectorpijl: $5{,}4\ \text{cm}$

2 a Gegeven: $1\ \text{cm} \triangleq 1000\ \text{N}$
$l_1 = 0{,}8\ \text{cm}$
$l_2 = l_3 = 1{,}1\ \text{cm}$
$l_4 = l_5 = 1{,}5\ \text{cm}$

Gevraagd: F in N

Berekening: $F_1 = 0{,}8 \times 1000 = 800\ \text{N}$
$F_2 = F_3 = 1{,}1 \times 1000 = 1100\ \text{N}$
$F_4 = F_{53} = 1{,}5 \times 1000 = 1500\ \text{N}$

Antwoord: De krachten zijn $800\ \text{N}$, $1100\ \text{N}$ en $1500\ \text{N}$.

b Gegeven: $F_2 = F_3 = 1100\ \text{N}$

Gevraagd: m_{gewicht} in kg

Berekening: $F_{\text{z,gewicht}} = F_2 + F_3 = 1100 + 1100 = 2200\ \text{N}$
$F_{\text{z,gewicht}} = m_{\text{gewicht}}\, g \rightarrow m_{\text{gewicht}} = \frac{F_{\text{z,gewicht}}}{g} = \frac{2200}{9{,}81} = 224{,}3\ \text{kg}$

Antwoord: De gewichtheffer tilt $224\ \text{kg}$

3 a Gegeven: $C = 2{,}2 \cdot 10^2\ \mathrm{N\ m^{-1}}$
$u = 10\ \mathrm{cm} = 0{,}10\ \mathrm{m}$

Gevraagd: F_v in N

Berekening: $F_\mathrm{v} = Cu = 2{,}2 \cdot 10^2 \times 0{,}10 = 22\ \mathrm{N}$

Antwoord: De veerkracht is 22 N.

b Gegeven: $C = 2{,}2 \cdot 10^2\ \mathrm{N\ m^{-1}}$
$F_\mathrm{v} = 30\ \mathrm{N}$

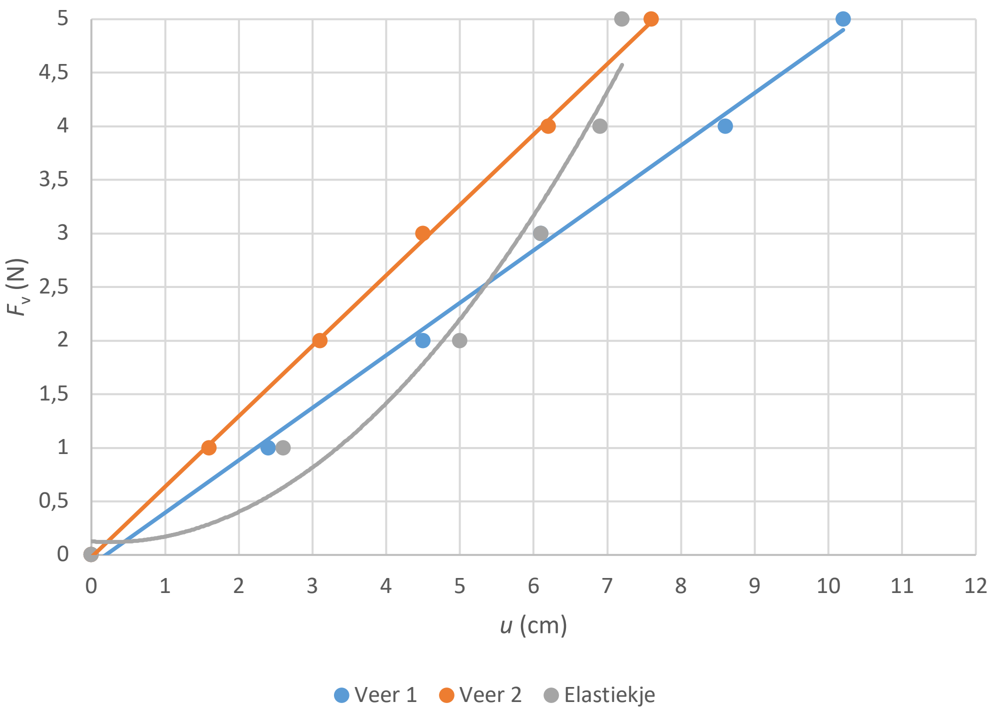
Gevraagd: u in m

Berekening: $F_\mathrm{v} = Cu \rightarrow u = \frac{F_\mathrm{v}}{C} = \frac{30}{2{,}2 \cdot 10^2} = 0{,}136\ \mathrm{m}$

Antwoord: De uitrekking is 0,14 m.

c Hoe groter de veerconstante hoe stugger de veer. Deze nieuwe veer rekt bij dezelfde veerkracht twee keer zo ver uit. De veer is dus twee keer minder stug. De veerconstante is dus de helft van de eerste veer: $C = \frac{2{,}2 \cdot 10^2}{2} = 1{,}1 \cdot 10^2\ \mathrm{N\ m^{-1}}$.

4 a



b Volgens de formule $F_\mathrm{v} = Cu$ bereken je de veerconstante met: $C = \frac{F_\mathrm{v}}{u}$. Dit komt overeen met de steilheid van een lijn in het (F,u)-diagram. Hoe steiler de lijn, hoe groter de veerconstante. Veer 2 heeft de steilste lijn en dus de grootste veerconstante.

c Bepaal de veerconstante door een punt te kiezen dat op de lijn ligt (dus niet een van de meetwaarden):
Veer 1: $C = \frac{F_\mathrm{v}}{u} = \frac{3{,}8}{8{,}0} = 0{,}48\ \mathrm{N\ cm^{-1}}$
Veer 2: $C = \frac{F_\mathrm{v}}{u} = \frac{3{,}25}{5{,}0} = 0{,}65\ \mathrm{N\ cm^{-1}}$

d Een stugge veer is een veer waar veel kracht voor nodig is om hem uit te rekken. De stugste veer is dus de veer met de grootste veerconstante. Dat is veer 2 (zie vraag b).

e De wet van Hooke geldt alleen wanneer de veerkracht en de uitrekking een recht evenredig verband vertonen. De grafiek van het elastiekje is geen rechte lijn door de oorsprong. Daarvoor geldt de van van Hooke dus niet.

5 a Gegeven: $C = 2000\ \mathrm{N\ m^{-1}}$
$m = 5\ \mathrm{kg}$

Gevraagd: u in m

Berekening: $F_z = mg = 5 \times 9{,}81 = 49\ \mathrm{N}$
$F_v = F_z \rightarrow Cu = F_z \rightarrow u = \frac{F_z}{C} = \frac{49}{2000} = 0{,}0245\ \mathrm{m}$

Antwoord: De uitrekking is $0{,}02\ \mathrm{m}$.

b Gegeven: $C = 2000\ \mathrm{N\ m^{-1}}$
$m = 5\ \mathrm{kg}$
$g_{\mathrm{maan}} = 1{,}62\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

Gevraagd: m in kg op maan

Berekening: Zwaartekracht op zak op de maan:
$F_z = mg_{\mathrm{maan}} = 5 \times 1{,}62 = 8{,}1\ \mathrm{N}$
Weeghaak staat ingesteld op valversnelling aarde:
$F_z = mg_{\mathrm{aarde}} \rightarrow m = \frac{F_z}{g_{\mathrm{aarde}}} = \frac{8{,}1}{9{,}81} = 0{,}83\ \mathrm{kg}$

Antwoord: De weeghaak geeft een massa aan van $0{,}8\ \mathrm{kg}$.

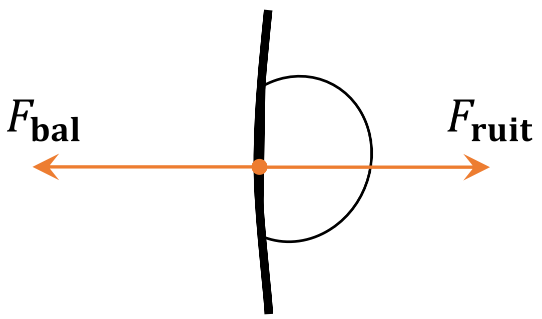
6 a De bal kaatst terug door de veerkracht van de ruit op de bal.

b De ronde vlek wijst erop dat de bal is vervormd.

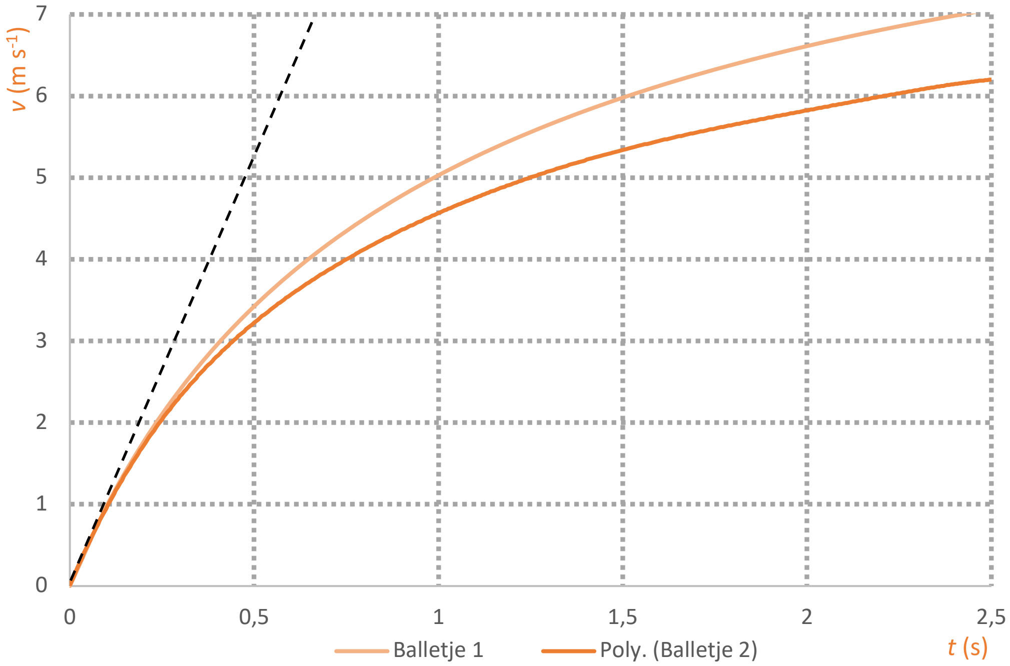
c De bal vervormt (wordt ingedrukt tijdens de botsing met de ruit). De snelheid verandert van grootte tijdens de botsing (de snelheid neemt eerst af en vervolgens neemt de grootte van de snelheid weer toe, maar dan in de andere richting). Ook verandert de snelheid van richting.

d De kracht die de bal op de ruit uitoefent, vervormt de ruit een klein beetje.

e



7 a Teken de raaklijn op $t = 0$ s:



$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{7{,}0-0}{0{,}7-0} = 10 \text{ m s}^{-2} \approx g$$

b Op $t = 1{,}0$ s is de raaklijn van balletje 1 steiler dan die van balletje 2. Balletje 1 heeft dus een grotere versnelling op dat tijdstip.

c De versnelling van bal 1 neemt minder snel af dan die van bal 2. De massa kan hiervan niet de oorzaak zijn, want de valversnelling is gelijk voor alle voorwerpen. Alleen de wrijvingskrachten kunnen een verschil veroorzaken: bal 1 remt minder snel af omdat het waarschijnlijk een kleinere bal is.

8 Gegeven: $m = 501$ kg
$g_{\text{maan}} = 1{,}62 \text{ m s}^{-2}$ (Binas tabel 31)

Gevraagd: m in kg op maan

Berekening: Kracht die Björnsson minimaal levert:
$F_z = mg_{\text{aarde}} = 501 \times 9{,}81 = 4915 \text{ N}$
Massa die Björnsson op de maan tilt met dezelfde kracht:
$F_z = mg_{\text{maan}} \rightarrow m = \frac{F_z}{g_{\text{maan}}} = \frac{4915}{1{,}62} = 3034 \text{ kg}$

Antwoord: Björnsson kan op de maan $3{,}03 \cdot 10^3$ kg tillen.

9 a Gegeven: $m = 1{,}5$ kg
$C = 20 \text{ N m}^{-1}$
4 veren

Gevraagd: F in N per veer

Berekening: $F_z = mg = 1{,}5 \times 9{,}81 = 14{,}7 \text{ N}$
$F_v = \frac{14{,}7}{4} = 3{,}68 \text{ N}$

Antwoord: Er wordt $3{,}7$ N op elke veer uitgeoefend.

b Gegeven: $C = 20\ \mathrm{N\ m^{-1}}$
$F_\mathrm{v} = 3{,}68\ \mathrm{N}$

Gevraagd: u in m

Berekening: $F_\mathrm{v} = Cu \rightarrow u = \frac{F_\mathrm{v}}{C} = \frac{3{,}68}{20} = 0{,}184\ \mathrm{m}$

Antwoord: De uitrekking van een veer is $0{,}18\ \mathrm{m}$.

c Gegeven: $F_\mathrm{z} = 14{,}7\ \mathrm{N}$
$u = 0{,}184\ \mathrm{m}$

Gevraagd: C_tot in $\mathrm{N\ m^{-1}}$

Berekening: $F_\mathrm{v} = F_\mathrm{z} \rightarrow C_\mathrm{tot}u = F_\mathrm{z} \rightarrow C_\mathrm{tot} = \frac{F_\mathrm{z}}{u} = \frac{14{,}7}{0{,}184} = 79{,}9\ \mathrm{N\ m^{-1}}$

Antwoord: De veerconstante van het systeem is $80\ \mathrm{N\ m^{-1}}$.

d De totale uitrekking van de vier veren onder elkaar is:

$$u_\mathrm{totaal} = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 \rightarrow \frac{F}{C_\mathrm{totaal}} = \frac{F}{C_1} + \frac{F}{C_2} + \frac{F}{C_3} + \frac{F}{C_4} \rightarrow \frac{1}{C_\mathrm{totaal}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

Berekening van de totale veerconstante met deze formule:

$$\frac{1}{C_\mathrm{totaal}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{4}{20} \rightarrow C_\mathrm{totaal} = \frac{20}{4} = 5{,}0\ \mathrm{N\ m^{-1}}$$

Alternatieve berekening voor de totale veerconstante.
Uitrekking van één veer:

$F_\mathrm{v} = F_\mathrm{z} \rightarrow Cu = F_\mathrm{z} \rightarrow u = \frac{F_\mathrm{z}}{C} = 0{,}735\ \mathrm{m}$

Elke veer wordt 0,735 m uitgerekt dus:

$u_\mathrm{tot} = 4u = 4 \times 0{,}736 = 2{,}94\ \mathrm{m}$

$\rightarrow C_\mathrm{tot} = \frac{F_\mathrm{z}}{u_\mathrm{tot}} = \frac{14{,}7}{2{,}94} = 5{,}0\ \mathrm{N\ m^{-1}}$

Examentraining

10 a Gegeven: $C = 6{,}5 \cdot 10^3\ \mathrm{N\ m^{-1}}$
$u = 7{,}5\ \mathrm{mm} = 7{,}5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}$

Gevraagd: F_v in N

Berekening: $F_\mathrm{v} = Cu = 6{,}5 \cdot 10^3 \times 7{,}5 \cdot 10^{-3} = 48{,}8\ \mathrm{N}$

Antwoord: De veerkracht is $49\ \mathrm{N}$.

b Gegeven: $d = 2{,}9\ \mathrm{cm} = 2{,}9 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}$
$F_\mathrm{v} = 48{,}8\ \mathrm{N}$

Gevraagd: p in Pa

Berekening: Het ventiel gaat open als de kracht van stroom groter is dan de veerkracht:

$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{2{,}9 \cdot 10^{-2}}{2}\right)^2 = 6{,}61 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m^2}$

De overdruk bereken je met:

$\Delta p = \frac{F_\mathrm{v}}{A} = \frac{48{,}8}{6{,}61 \cdot 10^{-4}} = 73{,}8\ \mathrm{kPa}$

Antwoord: Uitgaande van een luchtdruk van 1,0 bar, is de druk in de ketel gelijk aan $100\ \mathrm{kPa} + 73{,}8\ \mathrm{kPa} = 174\ \mathrm{kPa}$

3.2 De eerste wet van Newton

11 a De zwaartekracht en de normaalkracht.

b Er is geen verandering in vorm, snelheid of richting. De student is in rust. De resulterende kracht op de student is dus gelijk aan nul.

c De eerste wet van Newton stelt dat een voorwerp in beweging in beweging blijft, en een voorwerp in rust in rust, tenzij er een resulterende kracht op wordt uitgeoefend. De student verkeert in rust en er werkt geen resulterende kracht op. De eerste wet van Newton is dus van toepassing.

12 a Er is bij het optrekken sprake van een snelheidsverandering. De eerste wet is niet van toepassing.

b De snelheid van de kist verandert niet. De eerste wet is van toepassing.

c De snelheid van de piano is constant en verandert niet van richting. De eerste wet is van toepassing.

d De snelheid van de satelliet is constant, maar de richting niet. Er werkt dus een resulterende kracht op de satelliet die hem in een cirkelbaan houdt. De eerste wet is niet van toepassing.

e De snelheid van de bal neemt af als hij omhoog beweegt, en neemt toe als de bal omlaag beweegt en is dus niet constant. Dat de waarde nul is in het hoogste punt is niet van belang. De eerste wet is dus niet van toepassing.

13 a De slee beweegt met constante snelheid, dus de resulterende kracht is gelijk aan 0 N.

b Gegeven: $m = 40 \text{ kg}$

Gevraagd: F_{N} in N

Berekening: De slee zakt niet door de sneeuw:
$F_{\mathrm{N}} = F_{\mathrm{z}} \rightarrow F_{\mathrm{N}} = mg = 40 \times 9{,}81 = 392 \text{ N}$

Antwoord: De normaalkracht op de slee is $3{,}9 \cdot 10^2 \text{ N}$.

c Gegeven: $F_{\mathrm{N}} = 392 \text{ N}$

Gevraagd: F_{w} in N

Berekening: $F_{\mathrm{w}} = 0{,}1 \cdot F_{\mathrm{N}} = 0{,}1 \times 392 = 39{,}2 \text{ N}$

Antwoord: De wrijvingskracht op de slee is 39 N.

d Gegeven: $F_{\mathrm{w}} = 39{,}2 \text{ N}$
$F_{\mathrm{trek,1}} = 20 \text{ N}$

Gevraagd: $F_{\mathrm{trek,2}}$ in N

Berekening: De slee beweegt met constante snelheid dus $F_{\mathrm{res}} = 0 \text{ N}$:
$F_{\mathrm{res}} = F_{\mathrm{trek,1}} + F_{\mathrm{trek,2}} - F_{\mathrm{w}} = 0 \rightarrow F_{\mathrm{trek,2}} = F_{\mathrm{w}} - F_{\mathrm{trek,1}} = 39{,}2 - 20 = 19{,}2 \text{ N}$

Antwoord: De andere persoon trekt met een kracht van 19 N.

14 a De zwaartekracht.

b Aan het begin van de sprong versnelt de parachutist. De eerste wet van Newton is dan niet geldig.

c Gegeven: $m = 90$ kg

Gevraagd: F_w in N

Berekening: De parachutist valt met een constante snelheid: $F_{res} = 0$ N

$F_z - F_w = 0 \rightarrow F_w = F_z = mg = 90 \times 9{,}81 = 883$ N

Antwoord: De weerstandskracht is $8{,}8 \cdot 10^2$ N.

d In beide gevallen, zonder parachute of met geopende parachute, is de valsnelheid constant. In beide gevallen is dus de resulterende kracht gelijk aan nul, en is de weerstandskracht gelijk aan de zwaartekracht, $8{,}8 \cdot 10^2$ N, ongeacht de valsnelheid.

e Een open parachute is minder aerodynamisch dan een gesloten parachute: er botst meer lucht tegen de parachute als hij open is. Daardoor bereikt de weerstandskracht sneller de waarde van $8{,}8 \cdot 10^2$ N, waardoor de parachutist minder tijd heeft om te versnellen dan als de parachute dicht is. Hierdoor bereikt hij een lagere constante valsnelheid.

15 a De zwaartekracht op de paperclip en de spankracht in het touwtje werken omlaag.

b De magnetische aantrekkingskracht werkt naar boven.

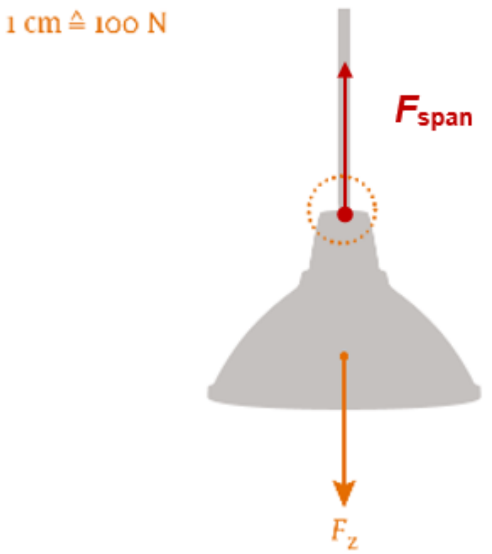
c De paperclip is in evenwicht dus $F_{res} = 0$ N:

$F_{res} = F_{magneet} - F_z - F_{span} = 0 \rightarrow F_{magneet} = F_z + F_{span}$

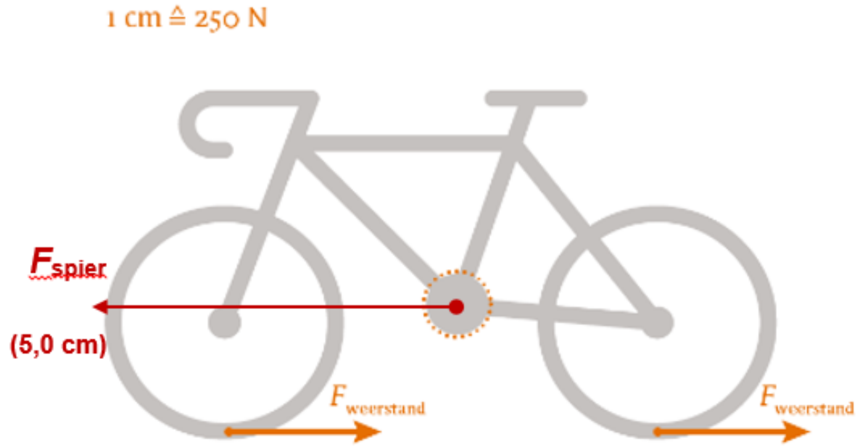
De magnetische kracht is dus de grootste van de drie krachten.

16 a De lamp is in evenwicht: $F_{span} = F_z$. De vectorpijlen zijn even lang.

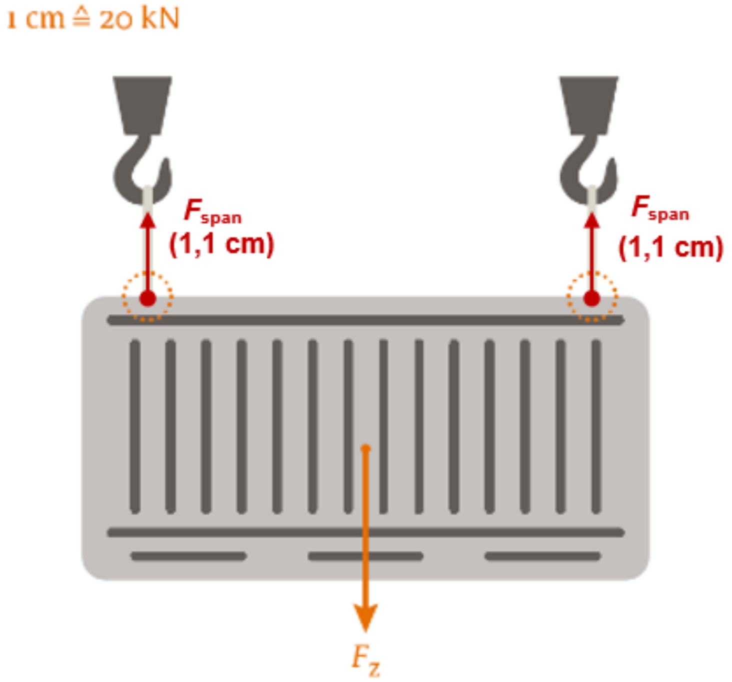
17 a d



b Volgens de krachtenschaal komt 200 N overeen met 0,8 cm. De vectorpijl van de spierkracht is dus twee keer die van de weerstandskracht plus 0,8 cm, en naar links gericht.



c De container moet in evenwicht zijn: de spankracht aan elke haak is dus de helft van de zwaartekracht op de container:



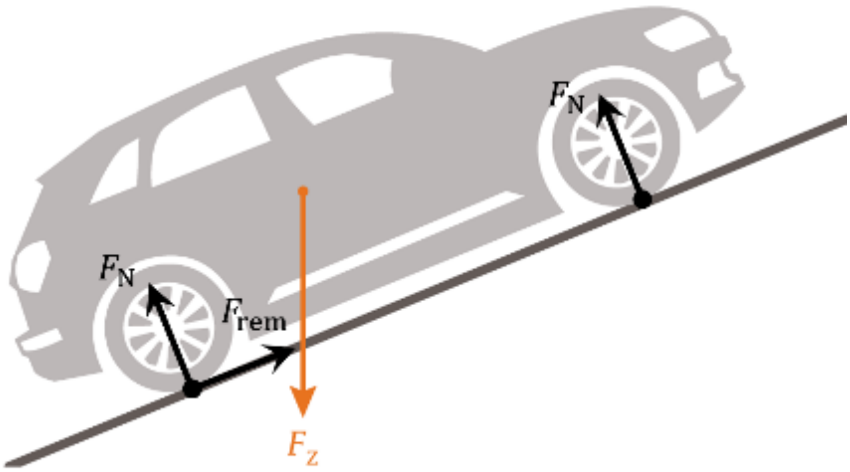
17 a In de ruimte zijn er geen weerstandskrachten die het ruimteschip afremmen. Als de motoren worden uitgeschakeld, is de resulterende kracht op het ruimteschip gelijk aan nul. Het schip heeft dan een bepaalde snelheid bereikt, en behoudt die snelheid.

b Het ruimteschip kan afremmen door een motorkracht te leveren die tegen de bewegingsrichting ingaat, met behulp van motoren aan de voorkant.

c De zwaartekracht van de planeet verandert de richting van het ruimteschip.

d De richting van het ruimteschip verandert. Er is dus een resulterende kracht werkzaam op het ruimteschip.

18 a



b De zwaartekracht is altijd recht naar beneden gericht en de normaalkracht staat altijd loodrecht op de helling. De twee krachten staan met een helling dus nooit in tegenovergestelde richting en kunnen dus geen resulterende kracht opleveren die gelijk is aan nul. De auto kan dus niet in evenwicht zijn.

c Zie tekening in opgave a.

Examentraining

19 a De luchtweerstandskracht is altijd tegengesteld aan de bewegingsrichting. Als de ballon opstijgt, is de luchtweerstandskracht dus omlaag gericht.

b F_w neemt tijdens het opstijgen van de ballon toe en is na een tijd gelijk aan $F_{op} - F_z$. De resulterende kracht op de ballon is dan gelijk aan nul en de snelheid dus constant.

c Gegeven: $F_{op} - F_z = 350$ N
$m = 250$ kg

Gevraagd: F_{op} in N

Berekening: $F_z = mg = 250 \times 9{,}81 = 2453$ N
De snelheid is constant: $F_{res} = 0$ N
$F_{op} - F_z - F_w = 0 \rightarrow$
$F_{op} = F_w + F_z = 350 + 2453 = 2803$ N

Antwoord: De opwaartse kracht is $2{,}80 \cdot 10^3$ N.

d Wanneer de ballon op de gewenste hoogte is, is de snelheid gelijk aan 0 m s^{-1} en daarmee is de luchtweerstandskracht ook gelijk aan 0 N. Er geldt dan: $F_{op} = F_z = 2453 \text{ N} = 2{,}45 \cdot 10^3$ N.

e Er wordt warme lucht gebruikt om de ballon te laten opstijgen. Daarmee zet de ballon ook uit, en neemt de kans op scheuren toe. Op grote hoogtes is er in de atmosfeer onvoldoende zuurstof om adem te kunnen halen.

3.3 De tweede wet van Newton

20 a De snelheid van de scooter neemt af.

b De grootheden met pijlen erboven zijn vectoren.

c Bij een eenparig versnelde beweging is de versnelling constant. Volgens de tweede wet van Newton $F_{res} = ma$ is de resulterende kracht dus ook constant.

21 a Gegeven: $m = 1200$ kg
$F_{motor} = 1{,}5 \text{ kN} = 1{,}5 \cdot 10^3$ N

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: $F_{res} = ma \rightarrow a = \frac{F_{res}}{m} = \frac{1{,}5 \cdot 10^3}{1200} = 1{,}25 \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De versnelling zonder trailer is $1{,}3 \text{ m s}^{-2}$.

b Gegeven: $m = 1200 + 1000 = 2200$ kg
$F_{motor} = 1{,}5 \text{ kN} = 1{,}5 \cdot 10^3$ N

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: $F_{res} = ma \rightarrow a = \frac{F_{res}}{m} = \frac{1{,}5 \cdot 10^3}{2200} = 0{,}682 \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De versnelling met trailer is $0{,}68 \text{ m s}^{-2}$.

c Zonder een eigen remsysteem zal de trailer volgens de eerste wet van Newton zijn snelheid willen behouden wanneer de auto remt, en daardoor een kracht uitoefenen op de achterkant van de auto. Dit kan schade opleveren. Een tweede reden is dat door de extra massa van de trailer de remkracht van de auto alleen niet voldoende is om tijdig te remmen.

22 a Gegeven: $m = 250$ kg
$F_{motor} = 500$ N
$\Delta v = 10 \text{ m s}^{-1}$
$\Delta t = 4{,}5$ s

Gevraagd: $F_{motor,min}$ in N

Berekening: Motorkracht die nodig is voor de versnelling:
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10}{4{,}5} = 2{,}22 \text{ m s}^{-2}$
$F_{res} = ma = 250 \times 2{,}22 = 555$ N
Totale motorkracht:
$F_{motor} = 500 + 555 = 1055$ N

Antwoord: De motor moet een kracht leveren van $1{,}1 \cdot 10^3$ N.

b Gegeven: $\Delta v = 100 - 0 = 100 \text{ km h}^{-1} = 27{,}78 \text{ m s}^{-1}$
$F_{motor} = 1{,}5 \text{ kN} = 1{,}5 \cdot 10^3$ N
$m = 250$ kg

Gevraagd: Δt in s

Berekening: $F_{res} = ma \rightarrow a = \frac{F_{res}}{m} = \frac{1{,}5 \cdot 10^3}{250} = 6{,}0 \text{ m s}^{-2}$
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{27{,}78}{6{,}0} = 4{,}63$ s

Antwoord: De versnelling duurt is $4{,}6$ s.

c Er is bij vraag a en b geen rekening gehouden met de wrijvingskrachten:
bij vraag a moet de motor dan een grotere kracht leveren;
bij vraag b zorgen de wrijvingskrachten ervoor dat de resulterende kracht op de motor in werkelijkheid kleiner is, waardoor de versnelling ook kleiner is. Het duurt dan iets langer voordat de snelheid van 100 km h^{-1} is gehaald en daarom is de tijd van 4,6 s minimaal.

23 Gegeven: $m = 2000\ \text{kg}$
$\Delta t_{\text{val}} = 2{,}0\ \text{s}$
$\Delta t_{\text{rem}} = 1{,}0\ \text{s}$

Gevraagd: F_{rem} in N

Berekening: Bereken de snelheidstoename tijdens de val:
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t_{\text{val}}} \rightarrow \Delta v = a\Delta t_{\text{val}} = 9{,}81 \times 2{,}0 = 19{,}6\ \text{m s}^{-1}$

Bereken de vertraging:
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t_{\text{rem}}} = \frac{-19{,}6}{1{,}0} = -19{,}6\ \text{m s}^{-2}$

Bereken de resulterende kracht:
$F_{\text{res}} = ma = 2000 \times -19{,}6 = -39{,}2 \cdot 10^3\ \text{N}$

De resulterende kracht bestaat uit de remkracht en de zwaartekracht:
$\vec{F}_{\text{res}} = \vec{F}_{\text{rem}} + \vec{F}_{\text{z}}$
$F_{\text{z}} = mg = 2000 \times 9{,}81 = 19{,}62 \cdot 10^3\ \text{N}$
$\vec{F}_{\text{rem}} = \vec{F}_{\text{res}} - \vec{F}_{\text{z}} = -39{,}2 \cdot 10^3 - 19{,}62 \cdot 10^3 = -58{,}8 \cdot 10^3\ \text{N}$

Antwoord: De waarde van de remkracht is $5{,}9 \cdot 10^4\ \text{N}$.

24 a a Gegeven: $m = 103\ \text{kg}$
$F_{\text{motor}} = 85\ \text{N}$
$\Delta v = 5{,}0 - 0 = 5{,}0\ \text{m s}^{-1}$
$\Delta t = 4{,}0\ \text{s}$

Gevraagd: F_{trap} in N

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5{,}0}{4{,}0} = 1{,}25\ \text{m s}^{-2}$
$F_{\text{res}} = ma = 103 \times 1{,}25 = 128{,}8\ \text{N}$
$F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} + F_{\text{trap}} \rightarrow F_{\text{trap}} = F_{\text{res}} - F_{\text{motor}} = 128{,}8 - 85 = 43{,}8\ \text{N}$

Antwoord: De trapkracht is $44\ \text{N}$.

b Gegeven: $m = 103\ \text{kg}$
$\Delta v = 0 - 3{,}0 = -3{,}0\ \text{m s}^{-1}$
$\Delta t = 5{,}0\ \text{s}$

Gevraagd: F_{rem} in N

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-3{,}0}{5{,}0} = -0{,}60\ \text{m s}^{-2}$
Tijdens het remmen werkt alleen de remkracht op de fietser:
$F_{\text{rem}} = F_{\text{res}} = ma = 103 \times -0{,}60 = -61{,}8\ \text{N}$

Antwoord: De remkracht is $62\ \text{N}$.

c Gegeven: $m = 103$ kg
$\Delta v = 7{,}5 - 5{,}0 = 2{,}5$ m s^{-1}
$\Delta t = 10{,}0$ s
$F_w = 74$ N

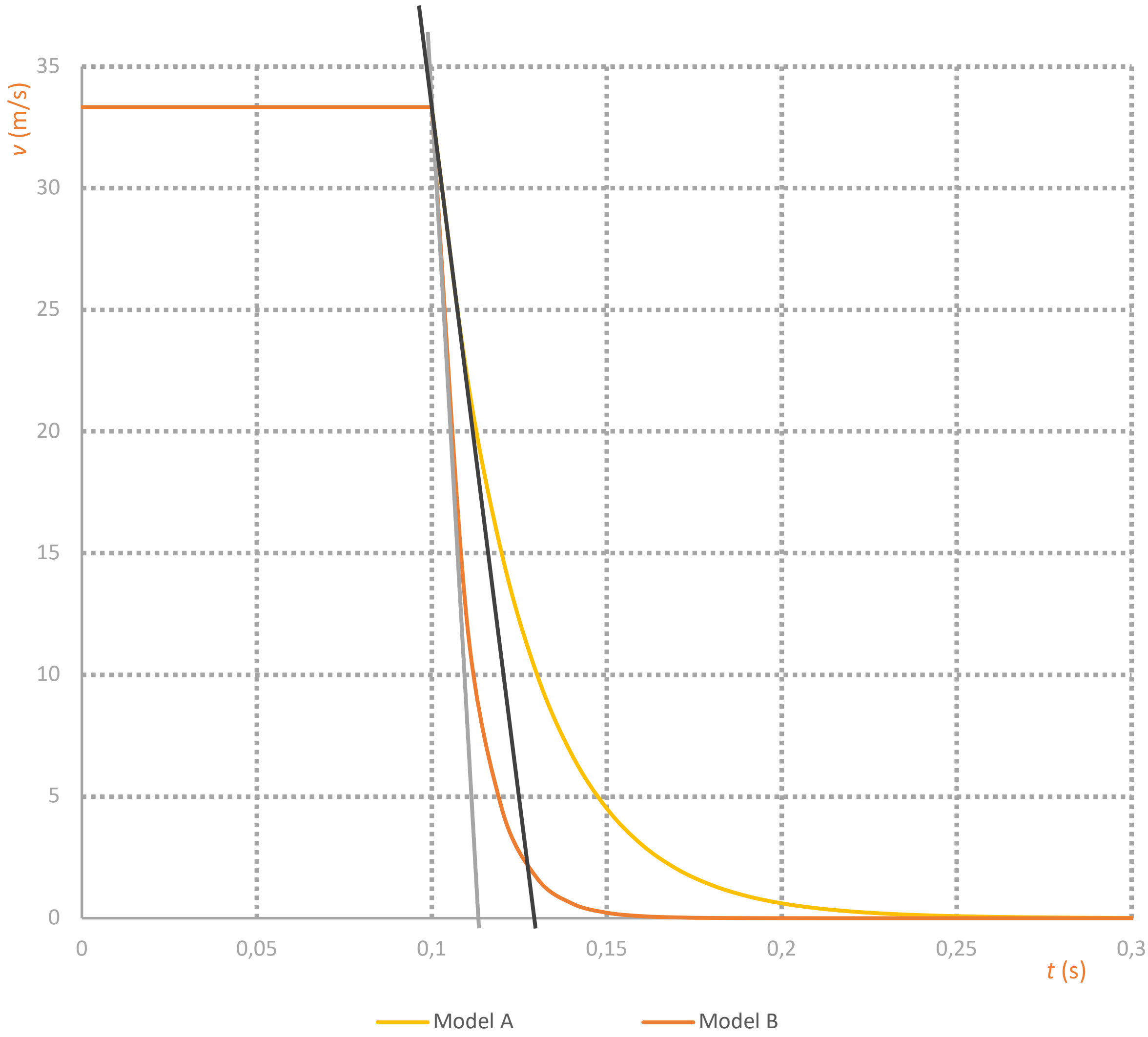
Gevraagd: $F_{\text{voortstuwend}}$ in N

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2{,}5}{10{,}0} = 0{,}25$ m s^{-2}
$F_{\text{res}} = ma = 103 \times 0{,}25 = 25{,}8$ N
$F_{\text{res}} = F_{\text{voortstuwend}} - F_w \rightarrow F_{\text{voortstuwend}} = F_{\text{res}} + F_w = 25{,}8 + 74 = 99{,}8$ N

Antwoord: De voortstuwende kracht is $1{,}0 \cdot 10^2$ N.

25 a Bij een auto met een kreukelzone duurt de vertraging tijdens het botsen langer. Bij model B duurt het 0,05 s voordat de auto stilstaat, en bij model A is dat 0,15 s. Model A heeft dus een kreukelzone.

b Met de tweede wet van Newton kun je de botskracht bepalen. De vertraging bepaal je uit het (v,t)-diagram door een raaklijn te tekenen op het tijdstip dat de botsing begint:



Model A:

$$a_{\text{model A}} = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{0 - 33{,}5}{0{,}115 - 0{,}10} = -2{,}22 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-2}$$

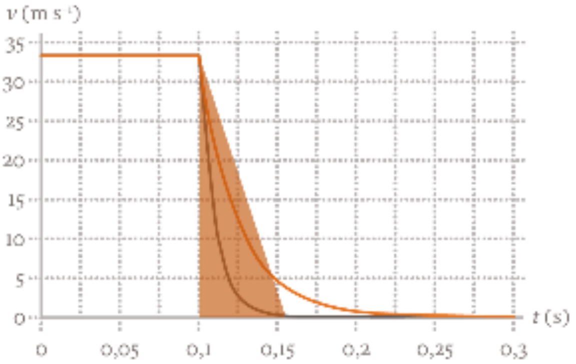
$$F_{\text{res}} = ma = 1100 \times -2{,}22 \cdot 10^3 = 2{,}4 \cdot 10^6 \text{ N}$$

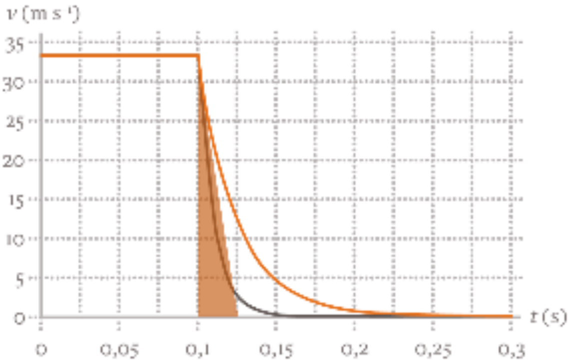
Model B:

$$a_{\text{model B}} = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{0-33{,}5}{0{,}13-0{,}10} = -1{,}12 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = ma = 1100 \times -1{,}12 \cdot 10^3 = 1{,}2 \cdot 10^6 \text{ N}$$

c Om de remweg te bepalen, bepaal je de oppervlakte onder elke grafiek met een geschikt figuur:





Model A: $0{,}5 \times (0.16 - 0{,}10) \times 33{,}5 = 1{,}0 \text{ m}$
Model B: $0{,}5 \times (0.125 - 0{,}10) \times 33{,}5 = 0{,}42 \text{ m}$

26 Gegeven: $\Delta v = 85 - 104 = -19 \text{ km h}^{-1} = -5{,}28 \text{ m s}^{-1}$
$F_{\text{rem}} = -3{,}3 \cdot 10^3 \text{ N}$
$m = 1{,}45 \cdot 10^3 \text{ kg}$

Gevraagd: Δt in s

Berekening: Op de auto werkt alleen de remkracht: $F_{\text{res}} = F_{\text{rem}}$

$$F_{\text{res}} = ma \rightarrow a = \frac{F_{\text{rem}}}{m} = \frac{-3{,}3 \cdot 10^3}{1{,}45 \cdot 10^3} = -2{,}28 \text{ m s}^{-2}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{-5{,}28}{-2{,}28} = 2{,}32 \text{ s}$$

Antwoord: Het remmen duurt $2{,}3$ s.

27 a Gegeven: $m = 420 \text{ g} = 0{,}420 \text{ kg}$

$F_{\text{stuw,max}} = 20 \text{ N}$
$F_z = 4{,}12 \text{ N}$

Gevraagd: a_{max} in m s^{-2}

Berekening: Op de vuurpijl werken F_z en $F_{\text{stuw,max}}$:

$$F_z = mg = 0{,}420 \times 9{,}81 = 4{,}12 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{stuw,max}} - F_z = 20 - 4{,}12 = 15{,}88 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = ma \rightarrow a = \frac{F_{\text{res}}}{m} = \frac{15{,}88}{0{,}420} = 37{,}8 \text{ m s}^{-2}$$

Antwoord: De maximale versnelling is 38 m s^{-2}.

b De pijl versnelt zolang de resulterende kracht positief is, dus zolang de stuwkracht groter is dan de zwaartekracht. De zwaartekracht is gelijk aan 4,1 N. Op $t = 1{,}65\ \mathrm{s}$ is de stuwkracht ook gelijk aan 4,1 N en is de resulterende kracht op de vuurpijl dus gelijk aan nul: de vuurpijl versnelt niet meer.

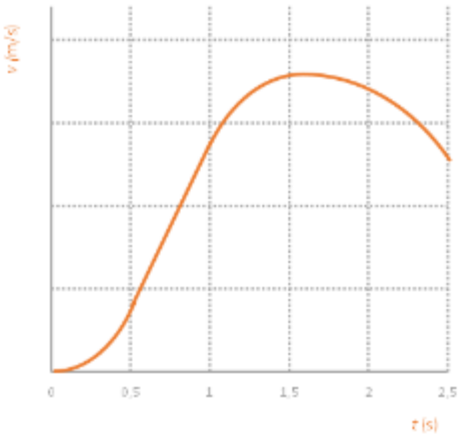
c Op $t = 2{,}0\ \mathrm{s}$ is de stuwkracht kleiner dan de zwaartekracht. De resulterende kracht op de vuurpijl is dus negatief. Omdat de vuurpijl vanaf het lanceren snelheid heeft opgebouwd, vertraagt hij. Het is dus een vertraagde beweging.

d Tussen $t = 0\ \mathrm{s}$ en $t = 0{,}5\ \mathrm{s}$ neemt de versnelling toe:
de lijn wordt dus steeds steiler.

Tussen $t = 0{,}5\ \mathrm{s}$ en $t = 1{,}0\ \mathrm{s}$ is de versnelling constant:
de lijn is dus recht en stijgend.

Tussen $t = 1{,}0\ \mathrm{s}$ en $t = 1{,}65\ \mathrm{s}$ neemt de versnelling af, maar is nog steeds positief. De snelheid van de vuupijl neemt nog steeds toe, maar steeds minder:
de lijn blijft stijgen, maar wordt vlakker.

Na $t = 1{,}65\ \mathrm{s}$ begint de vuurpijl af te remmen:
de lijn daalt.



28 a Gegeven: $m = 27000\ \mathrm{kg}$
$\Delta v = 0 - 225 = -225\ \mathrm{km\ h^{-1}} = -62{,}5\ \mathrm{m\ s^{-1}}$
$\Delta t = 2{,}9\ \mathrm{s}$

Gevraagd: F_{rem} in N

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-62{,}5}{2{,}9} = -21{,}6\ \mathrm{m\ s^{-2}}$
$F_{\mathrm{res}} = ma = 27000 \times -21{,}6 = -5{,}83 \cdot 10^5\ \mathrm{N}$

Antwoord: De remkracht is $5{,}8 \cdot 10^5\ \mathrm{N}$.

b De remkracht zal aan het begin groter zijn dan op het eind. De straaljager vertraagt dus niet eenparig. Daarom spreek je van een gemiddelde vertraging.

c Gegeven: $m = 27000\ \mathrm{kg}$
$v_{\mathrm{begin}} = 225\ \mathrm{km\ h^{-1}} = 62{,}5\ \mathrm{m\ s^{-1}}$
$v_{\mathrm{eind}} = 0\ \mathrm{m\ s^{-1}}$
$\Delta t = 2{,}9\ \mathrm{s}$

Gevraagd: s_{rem} in m

Berekening: Om de remweg te berekenen, neem je aan dat de vertraging eenparig is:
$v_{\mathrm{gem}} = \frac{v_{\mathrm{begin}} + v_{\mathrm{eind}}}{2} = \frac{62{,}5+0}{2} = 31{,}25\ \mathrm{m\ s^{-1}}$
$s = v_{\mathrm{gem}} \Delta t = 31{,}25 \times 2{,}9 = 90{,}6\ \mathrm{m}$

Antwoord: De remweg is $91\ \mathrm{m}$.

d Gegeven: $m = 27000$ kg
$\Delta v = 250 - 0 = 250 \text{ km h}^{-1} = 69{,}44 \text{ m s}^{-1}$
$s = 75$ m
$F_{\text{motor}} = 155 \text{ kN} = 155 \cdot 10^3 \text{ N}$

Gevraagd: F_{katapult} in N

Berekening: Neem aan dat de beweging eenparig versneld is:
$v_{\text{gem}} = \frac{v_{\text{begin}} + v_{\text{eind}}}{2} = \frac{0+69{,}44}{2} = 34{,}72 \text{ m s}^{-1}$

Tijdsduur van de lancering:
$s = v_{\text{gem}} \Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{s}{v_{\text{gem}}} = \frac{75}{34{,}72} = 2{,}160 \text{ s}$

De versnelling:
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{69{,}44}{2{,}160} = 32{,}15 \text{ m s}^{-2}$

De resulterende kracht:
$F_{\text{res}} = ma = 27000 \times 32{,}15 = 8{,}681 \cdot 10^5 \text{ N}$

De katapultkracht:
$F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} + F_{\text{katapult}} \rightarrow$
$F_{\text{katapult}} = F_{\text{res}} - F_{\text{motor}} = 8{,}681 \cdot 10^5 - 155 \cdot 10^3 = 7{,}13 \cdot 10^5 \text{ N}$

Antwoord: De kracht die de katapult levert is $7{,}1 \cdot 10^5$ N.

29 a Lift A

Gegeven: $\Delta v = -15 \text{ m s}^{-1}$
$v_{\text{gem}} = \frac{15}{2} = 7{,}5 \text{ m s}^{-1}$
$m = 1000$ kg
$F_{\text{rem}} = 40 \text{ kN} = 40 \cdot 10^3 \text{ N}$

Gevraagd: s_{rem} in m

Berekening: De resulterende kracht op lift A:
$F_z = mg = 1000 \times 9{,}81 = 9{,}81 \cdot 10^3 \text{ N}$
$F_{\text{res}} = F_{\text{rem}} - F_z = 40 \cdot 10^3 - 9{,}81 \cdot 10^3 = 30{,}2 \cdot 10^3 \text{ N}$

De vertraging van lift A:
$F_{\text{res}} = ma \rightarrow a = \frac{F_{\text{res}}}{m} = \frac{30{,}2 \cdot 10^3}{1000} = 30{,}2 \text{ m s}^{-2}$

De remtijd van lift A:
$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{15}{30{,}2} = 0{,}497 \text{s}$

De remweg van lift A:
$s = v_{\text{gem}} \Delta t = 7{,}5 \times 0{,}497 = 3{,}73 \text{ m}$

Antwoord: De remweg van lift A is 3,7 m. Lift A komt dus niet door de keuring.

Lift B

Gegeven: $\Delta v = -15 \text{ m s}^{-1}$

$v_{\text{gem}} = \frac{15}{2} = 7{,}5 \text{ m s}^{-1}$

$m = 1700 \text{ kg}$

$\Delta t = 0{,}5 \text{ s}$

Gevraagd: s_{rem} in m

Berekening: De remweg van lift B:

$s = v_{\text{gem}} \Delta t = 7{,}5 \times 0{,}5 = 3{,}75 \text{ m}$

Antwoord: De remweg van lift A is 4 m. Lift B komt dus niet door de keuring.

Lift C

Gegeven: $\Delta v = -15 \text{ m s}^{-1}$

$v_{\text{gem}} = \frac{15}{2} = 7{,}5 \text{ m s}^{-1}$

$m = 1400 \text{ kg}$

$\Delta t = 0{,}38 \text{ s}$

Gevraagd: s_{rem} in m

Berekening: De remweg van lift C:

$s = v_{\text{gem}} \Delta t = 7{,}5 \times 0{,}38 = 2{,}85 \text{ m}$

Antwoord: De remweg van lift A is $2{,}9 \text{ m}$. Lift C komt dus wel door de keuring.

b Lift B

Gegeven: $\Delta v = -15 \text{ m s}^{-1}$

$v_{\text{gem}} = \frac{15}{2} = 7{,}5 \text{ m s}^{-1}$

$m = 1700 \text{ kg}$

$\Delta t = 0{,}5 \text{ s}$

Gevraagd: F_{rem} in N

Berekening: De vertraging van lift B:

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-15}{0{,}5} = -30 \text{ m s}^{-2}$

De resulterende kracht op lift B:

$F_{\text{res}} = ma = 1700 \times -30 = -5{,}1 \cdot 10^4 \text{ N}$

De remkracht van lift B:

$F_z = mg = 1700 \times 9{,}81 = 1{,}67 \cdot 10^4 \text{ N}$

$F_{\text{res}} = F_{\text{rem}} - F_z \rightarrow F_{\text{rem}} = F_{\text{res}} + F_z = 5{,}1 \cdot 10^4 + 1{,}67 \cdot 10^4 = 6{,}77 \cdot 10^4 \text{ N}$

Antwoord: De remkracht van lift B is $6{,}8 \cdot 10^4$ N.

Lift C

Gegeven: $\Delta v = -15 \text{ m s}^{-1}$

$v_{gem} = \frac{15}{2} = 7{,}5 \text{ m s}^{-1}$

$m = 1400 \text{ kg}$

$\Delta t = 0{,}38 \text{ s}$

Gevraagd: F_{rem} in N

Berekening: De vertraging van lift C:

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-15}{0{,}38} = -39{,}5 \text{ m s}^{-2}$

De resulterende kracht op lift C:

$F_{res} = ma = 1400 \times -39{,}5 = -5{,}5 \cdot 10^4 \text{ N}$

De remkracht van lift C:

$F_z = mg = 1400 \times 9{,}81 = 1{,}37 \cdot 10^4 \text{ N}$

$F_{res} = F_{rem} - F_z \rightarrow F_{rem} = F_{res} + F_z = 5{,}5 \cdot 10^4 + 1{,}36 \cdot 10^4 = 6{,}87 \cdot 10^4 \text{ N}$

Antwoord: De remkracht van lift C is $6{,}9 \cdot 10^4$ N.

De remkracht van lift A is $4{,}0 \cdot 10^4$ N, van lift B is $6{,}8 \cdot 10^4$ N en van lift C is $6{,}9 \cdot 10^4$ N. Lift C heeft de grootste remkracht.

c De lift met de kleinste vertraging wordt als minst intens ervaren.
Van lift A is de vertraging: $30{,}2 \text{ m s}^{-2}$ (zie vraag a)
Van lift B is de vertraging: 30 m s^{-2} (zie vraag b)
Van lift C is de vertraging: $39{,}5 \text{ m s}^{-2}$ (zie vraag b)

Lift B wordt dus als minst intens ervaren.

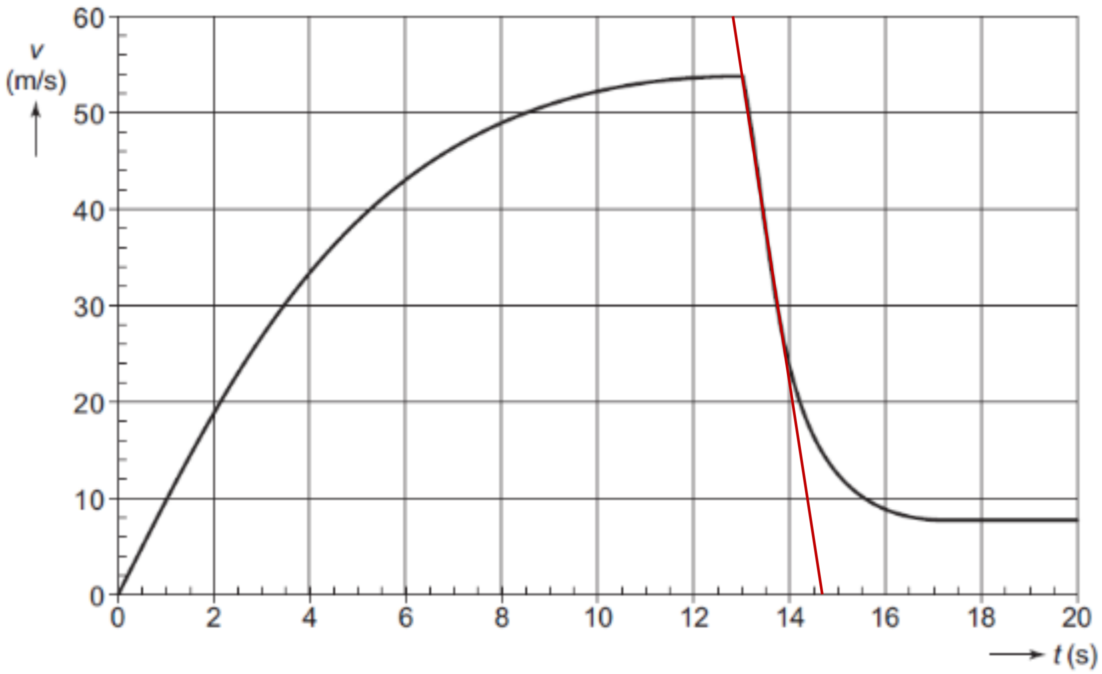
Examentraining

30 a In afbeelding F is te zien dat de weerstandskracht sterk toeneemt vanaf het punt $x = 500$ m. Op dit punt opent de parachute zich dus.

b De grafiek van een eenparig versnelde beweging in een (v,t)-diagram is een stijgende rechte lijn. Dat is hier niet het geval dus de val is niet eenparig versneld.

c De parachute moet zichzelf nog openvouwen en dus zal het effect van de parachute niet meteen merkbaar zijn.

d Teken in afbeelding E een raaklijn aan de grafiek op het tijdstip waarop de vertraging maximaal is: dat is op $t = 13$ s:



$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{0-60}{14{,}6-12{,}9} = -35{,}3 \text{ m s}^{-2}$$

Gegeven: $m = 91$ kg
$a = -35{,}3 \text{ m s}^{-2}$

Gevraagd: F_w in N

Berekening: De resulterende kracht:
$F_{res} = ma = 91 \times -35{,}3 = -3{,}21 \cdot 10^3$ N

De weerstandskracht:
$F_z = mg = 91 \times 9{,}81 = 893$ N
$F_{res} = F_z + F_w \rightarrow F_w = F_{res} - F_z = -3{,}21 \cdot 10^3 - 893 = 4{,}10 \cdot 10^3$ N

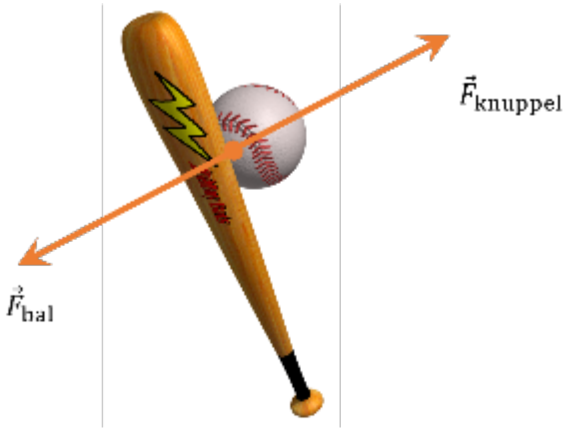
Antwoord: De weerstandskracht is $4{,}1 \cdot 10^3$ N. Dit komt overeen met $4{,}2 \cdot 10^3$ N.

e De parachutist vertraagt naar eenzelfde eindsnelheid ongeacht hoe lang de parachute erover doet om zich te openen. Hoe korter het duurt, hoe minder tijd er is om de snelheidsafname te realiseren, dus hoe groter de weerstandskracht zal zijn. Hoe korter het duurt, hoe steiler de helling van de raaklijn.

3.4 De derde wet van Newton

31 a Beide krachten zijn even groot.

b



c De massa van de bal is kleiner dan de massa van de knuppel. Volgens de tweede wet van Newton, is bij gelijke kracht, de versnelling groter als de massa van het voorwerp klein is: $\vec{a} \rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}_{res}}{m}$. De versnelling van de bal is dus groter dan die van de knuppel.

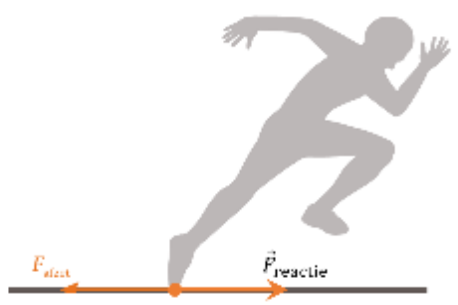
d De actiekracht is de kracht van de bal op de hand van de speler. De reactiekracht is de spierkracht van de speler op de bal.

e Beide krachten ontstaan tegelijkertijd. Het is dus niet zo dat de reactiekracht ontstaat als gevolg van de actiekracht. Om deze reden kan door de term ‘reactiekracht’ verwarring ontstaan.

32 a Het gewicht en de normaalkracht vormen een krachtenpaar.

b Twee krachten heffen elkaar op als zij op hetzelfde voorwerp werken. De normaalkracht is de kracht van de ondergrond op de persoon, het gewicht is de kracht van de persoon op de ondergrond, en de zwaartekracht is de kracht van de aarde op de persoon. De normaalkracht en het gewicht werken niet op hetzelfde voorwerp en heffen elkaar dus niet op. De normaalkracht en de zwaartekracht werken allebei op de persoon. Zij heffen elkaar op.

33 a Het aangrijpingspunt van de reactiekracht ligt op de voet van de sprinter.



b De twee krachten werken niet op hetzelfde voorwerp. Ze kunnen elkaar dus niet opheffen.

c Gegeven: $m = 70\ \mathrm{kg}$
$F_{\mathrm{sprinter}} = 600\ \mathrm{N}$

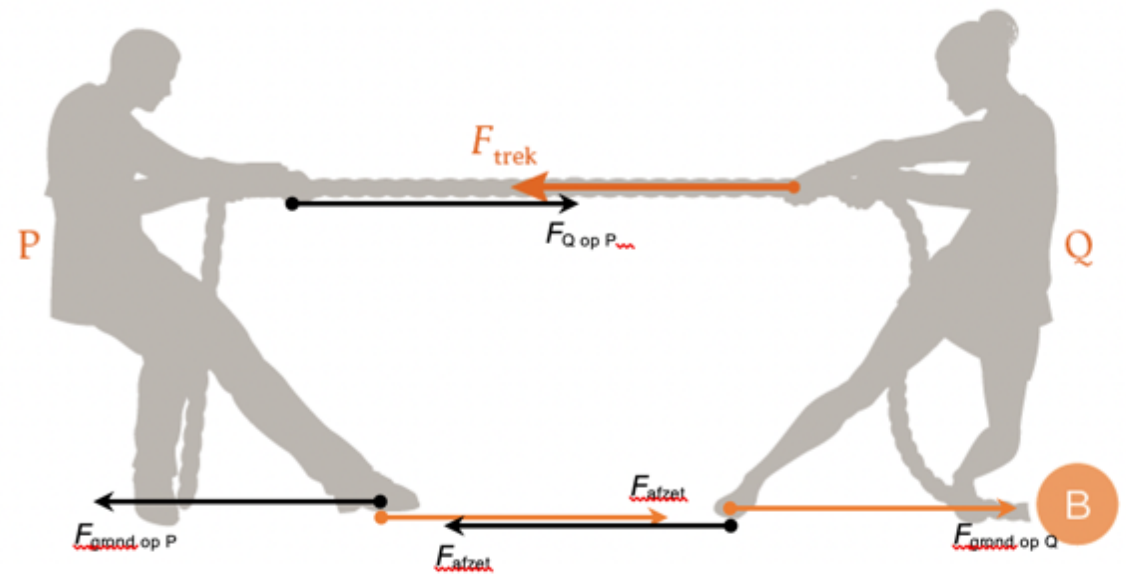
Gevraagd: a in $\mathrm{m\ s^{-2}}$

Berekening: Op de sprinter werkt alleen de kracht van de grond op de sprinter.
Deze is even groot als de kracht van de sprinter op de grond:
$F_{\mathrm{grond}} = F_{\mathrm{sprinter}} = 600\ \mathrm{N} \rightarrow F_{\mathrm{res}} = 600\ \mathrm{N}$
$F_{\mathrm{res}} = ma \rightarrow a = \frac{F_{\mathrm{res}}}{m} = \frac{600}{70} = 8{,}57\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

Antwoord: De versnelling is $8{,}6\ \mathrm{m\ s^{-2}}$.

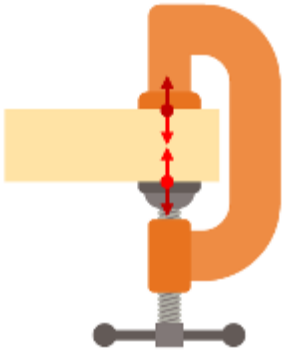
34 a Volgens de derde wet van newton is de kracht van persoon Q op persoon P even groot als de kracht van P op Q, maar tegengesteld gericht. Deze kracht is dus ook 500 N.

b Omdat de personen met constante snelheid bewegen, is de resulterende kracht op beide personen gelijk aan 0 N. Dat betekent dat de reactiekrachten van de grond op de personen P en Q ($F_{\mathrm{grond\ op\ P}}$ en $F_{\mathrm{grond\ op\ Q}}$) allebei ook 500 N zijn. En de kracht waarmee ze zich afzetten tegen de grond dus ook.



c De persoon die de meeste grip op de grond uitoefent, zal de touwtrekwedstrijd winnen. Q moet dus een grotere kracht uitoefenen op de grond, zodat de reactiekracht van de grond op Q groter wordt dan de kracht waarmee P trekt. De rechter persoon kan o.a. schoenen dragen met een ruwer profiel of meer massa hebben dan de linker persoon.

35 a



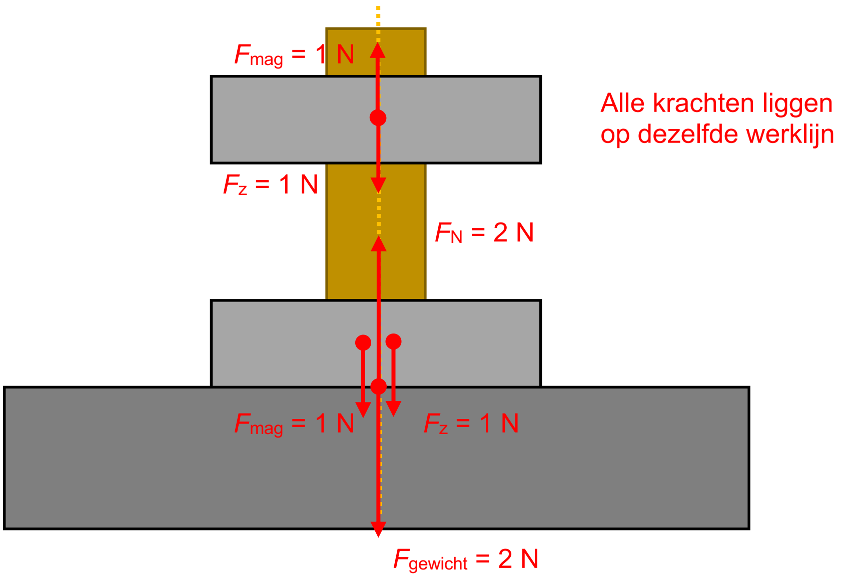
b Als de klem wordt aangedraaid, blijft de plank in rust. De resulterende kracht op de plank blijft dus gelijk aan nul. Dit betekend dat de kracht van de klem op de bovenste zijde gelijk is aan de kracht op de onderste zijde.

36 a De zwaartekracht en de magnetische kracht van de onderste magneet.

b De bovenste magneet is in evenwicht, dus $F_{\text{res}} = 0$ N. De zwaartekracht en magnetische kracht zijn tegengesteld aan elkaar en even groot.

c De zwaartekracht, de magnetische kracht van de bovenste magneet en de normaalkracht.

d



e Het gewicht en de normaalkracht vormen een krachtenpaar.

f Het gewicht van de onderste magneet is de kracht waarmee die magneet op de ondergrond duwt. Deze kracht is gelijk aan de zwaartekracht op de magneet, en de magnetische kracht van de bovenste op de onderste. Er geldt dus: $F_{\text{gewicht}} = F_z + F_{\text{mag}} = 2\ \text{N}$

g Het gewicht is nu gelijk aan de zwaartekracht van de onderste magneet. Omdat de bovenste magneet weg is, is ook de magnetische kracht die de onderste magneet tegen de ondergrond duwde, verdwenen: $F_{\text{gewicht}} = 1$ N.

37 a De weegschaal meet het gewicht dat de leerling op de weegschaal uitoefent. Deze wordt via de wijzerplaat vervolgens omgezet naar een equivalente waarde in kilogrammen.

b De kracht waarmee het gewicht een krachtenpaar vormt, is de normaalkracht.

c De weegschaal geeft een massa van 78 kg aan. Het gewicht is dus:
$F_{\text{gewicht}} = mg = 78 \times 9{,}81 = 765\ \text{N} = 7{,}7 \cdot 10^2\ \text{N}$

d Op de leerling werken de zwaartekracht en de normaalkracht.

e Gegeven: $m = 65\ \text{kg}$
$F_{\text{N}} = F_{\text{gewicht}} = 765\ \text{N}$

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: De resulterende kracht:
$F_{\text{z}} = mg = 65 \times 9{,}81 = 638\ \text{N}$
$F_{\text{res}} = F_{\text{N}} - F_{\text{z}} = 765 - 638 = 127\ \text{N}$

De versnelling:
$a = \frac{F_{\text{res}}}{m} = \frac{127}{65} = 1{,}95\ \text{m s}^{-2}$

Antwoord: De versnelling is $2{,}0\ \text{m s}^{-2}$.

f Op $t = 7{,}0\ \text{s}$ vertraagt de lift. De resulterende kracht is dan omlaag gericht en bestaat uit de normaalkracht en de zwaartekracht. De normaalkracht is dus kleiner dan de zwaartekracht en het gewicht dus ook. De weegschaal meet het gewicht en geeft daarom een kleinere waarde voor de massa aan.

38 a De zwaartekracht F_{z} van de aarde op de bal en de zwaartekracht $F_{\text{z,bal}\rightarrow\text{aarde}}$ van de bal op de aarde vormen een krachtenpaar en zijn dus even groot:
$F_{\text{z,bal}\rightarrow\text{aarde}} = F_{\text{z}} = mg = 0{,}800 \times 9{,}81 = 7{,}85\ \text{N}$

b De aarde heeft een massa van $5{,}97 \cdot 10^{24}\ \text{kg}$. De versnelling die een kracht van $7{,}85\ \text{N}$ veroorzaakt op een voorwerp met zo'n grote massa is verwaarloosbaar klein.

39 a Elke 'g' komt overeen met de normaalkracht die je voelt bij een valversnelling van $9{,}81\ \text{m s}^{-2}$. Bij 1,8 g zal iemand in het vliegtuig dus een normaalkracht voelen die 1,8 maal zo groot is als gewoonlijk. Bij 0 g is werkt er geen normaalkracht op je. Je bent dan gewichtsloos.

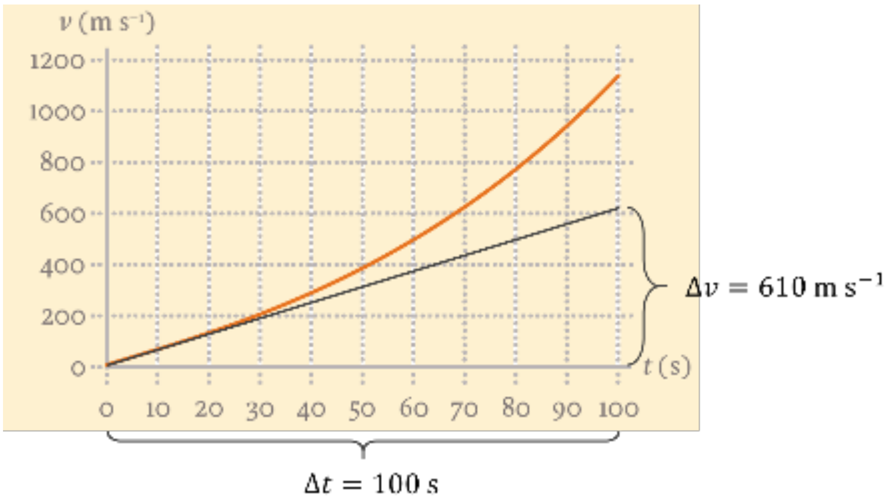
b Omdat het vliegtuig snelheid heeft, werkt er nog wel een luchtweerstandskracht op het vliegtuig. Een motorkracht is dus nodig om deze op te heffen.

c Op dit punt worden de kleppen aan de vleugels open gezet en is er geen liftkracht meer. Het vliegtuig is in vrije val. Een astronaut in het vliegtuig heeft dan geen gewicht, want hij valt met dezelfde valversnelling als het vliegtuig. Hij voelt dus geen normaalkracht.

Examentraining

40 a De kracht waarmee de raket de verbrandingsgassen uitstoot, vormt volgens de derde wet van Newton een krachtenpaar met de kracht die verbrandingsgassen uitoefenen op de raket. Door deze kracht wordt de raket voortgestuwd.

b Bepaal eerst de versnelling op $t = 0$ s door een raaklijn te tekenen:



$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{610}{100} = 6{,}10 \text{ m s}^{-2}$$

Gegeven: $m = 7{,}14 \cdot 10^5$ kg
$a = 6{,}10 \text{ m s}^{-2}$

Gevraagd: F_{stuw} in N

Berekening: De resulterende kracht:
$F_z = mg = 7{,}14 \cdot 10^5 \times 9{,}81 = 7{,}004 \cdot 10^6$ N
$F_{\text{res}} = ma = 7{,}14 \cdot 10^5 \times 6{,}10 = 4{,}255 \cdot 10^6$ N
De stuwkracht:
$F_{\text{res}} = F_{\text{stuw}} - F_z \rightarrow F_{\text{stuw}} = F_{\text{res}} + F_z = 4{,}255 \cdot 10^6 + 7{,}004 \cdot 10^6 = 1{,}126 \cdot 10^7$ N

Antwoord: De stuwkracht is $1{,}13 \cdot 10^7$ N.

c Omdat de raket brandstof verbruikt, neemt de massa van de raket af. Hierdoor wordt in de formule de teller $F_{\text{stuw}} - F_z$ groter (F_{stuw} is constant en F_z neemt af) en de noemer m kleiner. De versnelling neemt dus toe.

d De zwaartekracht van de aarde op de raket vormt een krachtenpaar met de zwaartekracht van de raket op de aarde.

e De astronauten in het ISS ondervinden dezelfde valversnelling als het ISS zelf. Ze oefenen geen gewicht uit op het ISS en het ISS oefent dus geen normaalkracht uit op de astronauten: ze zijn gewichtloos.

3.5 Weerstandskrachten

41 a De C_w-waarde, de dichtheid van de lucht, het frontale oppervlak van het voorwerp en de snelheid van het voorwerp.

b De luchtweerstandskracht is volgens de formule recht evenredig met de C_w-waarde, het frontale oppervlak en de dichtheid van de lucht. Het is ook recht evenredig met het kwadraat van de snelheid. De snelheid heeft dus het meest invloed.

c Op grote hoogte is de luchtdichtheid kleiner. De luchtweerstandskracht is dus ook kleiner.

d Een racewagen is gestroomlijnder dan een personenauto. De C_w-waarde van de racewagen is dus kleiner.

e De formule voor de luchtweerstandskracht is:

$$F_{w,l} = \frac{1}{2} C_w A \rho v^2 \rightarrow C_w = 2 \frac{F_{w,l}}{A \rho v^2}$$

Voor de eenheden geldt dus:

$$[C_w] = \frac{[F_{w,l}]}{[A][\rho][v^2]} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m^2 \cdot kg\ m^{-3} \cdot m^2\ s^{-2}}} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg\ m\ s^{-2}}}$$

Er geldt ook $\mathrm{N} = \mathrm{kg\ m\ s^{-2}}$ (volgens $F = ma$):

$$[C_w] = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg\ m\ s^{-2}}} = \frac{\mathrm{kg\ m\ s^{-2}}}{\mathrm{kg\ m\ s^{-2}}} = 1$$

De C_w-waarde heeft dus geen eenheid.

f De parachutist bereikt een constante eindsnelheid van 7,2 m s^{-1}. Op dat moment is de zwaartekracht gelijk aan luchtweerstandskracht dus $F_z = F_{w,l}$.

$$F_{w,l} = \frac{1}{2} C_w A \rho v^2 = \frac{1}{2} \times 1{,}1 \times 22 \times 1{,}3 \times 7{,}2^2 = 8{,}15 \cdot 10^2\ \mathrm{N}$$

$$F_z = mg \rightarrow m = \frac{F_z}{g} = \frac{F_{w,l}}{g} = \frac{8{,}15 \cdot 10^2}{9{,}81} = 83\ \mathrm{kg}$$

De massa van de parachutist met parachute is $83\ \mathrm{kg}$.

42 a De schuifwrijvingskracht is altijd even groot als de duwkracht, tenzij de duwkracht groter is dan de maximale waarde van de schuifweerstandskracht. Aangezien er geen duwkracht is, is er ook geen schuifwrijvingskracht.

b Gegeven: $m = 60\ \mathrm{kg}$
$f = 1{,}0$

Gevraagd: $F_{w,s,max}$ in N

Berekening: $F_N = F_z = mg = 60 \times 9{,}81 = 589\ \mathrm{N}$
$F_{w,s,max} = f F_N = 1{,}0 \times 589 = 589\ \mathrm{N}$

Antwoord: De maximale schuifwrijvingskracht is $5{,}9 \cdot 10^2\ \mathrm{N}$.

c De duwkracht is kleiner dan de maximale schuifwrijvingskracht, dus de schuifwrijvingskracht is ook 400 N.

d Gegeven: $F_N = 589 \text{ N}$
$F_{duw} = 400 \text{ N}$
$f = 0{,}5$

Gevraagd: F_{res} in N

Berekening: $F_{w,s,max} = fF_N = 0{,}5 \times 589 = 295 \text{ N}$
$F_{res} = F_{duw} - F_{w,s,max} = 400 - 295 = 105 \text{ N}$

Antwoord: De resulterende kracht is $1{,}1 \cdot 10^2 \text{ N}$.

43 a De formule voor de maximale schuifvrijwingskracht is:

$$F_{w,s,max} = fF_N \rightarrow f = \frac{F_{w,s,max}}{F_N}$$

Voorde eenheden geldt dus:

$$[f] = \frac{[F_{w,s,max}]}{[F_N]} = \frac{\text{N}}{\text{N}} = 1$$

f heeft dus geen eenheid.

b Het schilderij valt niet naar beneden als de maximale schuifweerstandskracht minimaal zo groot is als de zwaartekracht. Hiervoor moet het frame met een minimale kracht van 19 N tegen de muur geduwd worden. De normaalkracht is dan ook 19 N:

Gegeven: $m = 1{,}2 \text{ kg}$
$F_{duw} = F_N = 19 \text{ N}$

Gevraagd: f

Berekening: De maximale schuifweerstand:
$F_{w,s,max} = F_z = mg = 1{,}2 \times 9{,}81 = 11{,}8 \text{ N}$
De schuifwrijvingscoëfficiënt:
$F_{w,s,max} = fF_N \rightarrow f = \frac{F_{w,s,max}}{F_N} = \frac{11{,}8}{19} = 0{,}621$

Antwoord: De waarde van f is $0{,}62$.

c Voor de schuifwrijvingscoëfficiënt geldt $f = \frac{F_{w,s,max}}{F_N}$.
Omdat er harder geduwd moet worden als de muur van ijzer is, is de normaalkracht groter. De maximale schuifweerstandskracht is onveranderd. De schuifwrijvingscoëfficiënt van hout op ijzer is dus kleiner dan die van hout op beton.

d Gegeven: $F_{duw} = F_N = 30 \text{ N}$
$f = 0{,}62$

Gevraagd: m in kg

Berekening: De maximale schuifweerstand:
$F_{w,s,max} = fF_N = 0{,}62 \times 30 = 18{,}6 \text{ N}$
De massa:
$F_z = F_{w,s,max} \rightarrow mg = F_{w,s,max} \rightarrow m = \frac{F_{w,s,max}}{g} = \frac{18{,}6}{9{,}81} = 1{,}90 \text{ kg}$

Antwoord: De maximale massa van het schilderij is $1{,}9 \text{ kg}$.

44 a Gegeven: $F_{w,l} = 2000$ N bij $v = 60$ km h^{-1}
$F_{w,rol} = 1600$ N bij $v = 60$ km h^{-1}

Gevraagd: F_{motor} in N bij $v = 60$ km h^{-1}

Berekening: $F_{motor} = F_{w,l} + F_{w,rol} = 2000 + 1600 = 3600$ N

Antwoord: De motorkracht is 3600 N.

b Gegeven: $F_{motor,max} = 8{,}0$ kN $= 8{,}0 \cdot 10^3$ N
$v = 60$ km h^{-1} $= 16{,}7$ m s^{-1}
$F_{w,l} = 2000$ N
$F_{w,rol} = 1600$ N
$C_w = 1{,}1$
$\rho = 1{,}3$ kg m^{-3}

Gevraagd: A in m^2

Berekening: $F_{w,l} = \frac{1}{2} C_w \rho A v^2 \rightarrow A = 2\frac{F_{w,l}}{C_w \rho v^2} = 2\frac{2000}{1{,}1 \times 1{,}3 \times 16{,}7^2} = 10{,}0 \text{ m}^2$

Antwoord: Het frontale oppervlak is 10 m^2.

c Gegeven: $F_{motor,max} = 8{,}0$ kN $= 8{,}0 \cdot 10^3$ N
$F_{w,rol} = 1600$ N

Gevraagd: v_{max} in km h^{-1}

Berekening: De luchtweerstandskracht bij maximale snelheid:

$F_{motor,max} = F_{w,rol} + F_{w,l} \rightarrow$

$F_{w,l} = F_{motor,max} - F_{w,rol} = 8{,}0 \cdot 10^3 - 1600 = 6{,}4 \cdot 10^3$ N

Lees de snelheid af zonder wind: $v = 108$ km h^{-1}

Met wind: $v_{max} = 108 - 40 = 68$ km h^{-1}

Antwoord: De maximale snelheid is 68 km h^{-1}.

45 a De kracht die zorgt dat je vooruitkomt als je loopt is de schuifwrijvingskracht van de grond op je voet.

b Bij een spiegelgladde weg is de maximale schuifwrijvingskracht erg klein. Wanneer je een kracht uitoefent die groter is dan de maximale schuifwrijvingskracht, glij je naar achteren uit.

c Wanneer je voorzichtig loopt, oefen je een kracht uit op de ondergrond die kleiner is dan de (kleine) maximale schuifwrijvingskracht.

46 a Gegeven: $F_{motor,max} = 8{,}0\text{ kN} = 8{,}0 \cdot 10^3\text{ N}$
$v = 720\text{ m s}^{-1}$
$m = 25\text{ g} = 25 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$
$d = 9\text{ mm} = 9 \cdot 10^{-3}\text{ m}$
$C_w = 0{,}295$
$\rho = 1000\text{ kg m}^{-3}$

Gevraagd: F_w in N

Berekening: Het frontale oppervlak van de kogel:

$$A = \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi\left(\frac{9 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 = 6{,}4 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2$$

De weerstandskracht door water gedraagt zich hetzelfde als door lucht:

$$F_{w,l} = \frac{1}{2}C_w\rho A v^2 = \frac{1}{2} \times 0{,}295 \times 1000 \times 6{,}4 \cdot 10^{-5} \times 720^2 = 4{,}89 \cdot 10^3\text{ N}$$

Antwoord: De weerstandskracht op de kogel is $4{,}9\text{ kN}$.

b Gegeven: $m = 25\text{ g} = 25 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$
$F_{w,gem} = 40\%\text{ van }4{,}9\text{ kN} = 1{,}96\text{ kN} = 1{,}96 \cdot 10^3\text{ N}$
$\Delta v = 0 - 720 = -720\text{ m s}^{-1}$

Gevraagd: s in m

Berekening: De gemiddelde vertraging: $F_{res} = -F_w$

$$F_{res} = ma \rightarrow a = \frac{F_{res}}{m} = \frac{-F_w}{m} = \frac{-1{,}96 \cdot 10^3}{25 \cdot 10^{-3}} = -78{,}4 \cdot 10^4\text{ m s}^{-2}$$

Hoe lang het afremmen duurt:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{0-720}{-78{,}4 \cdot 10^4} = 0{,}00918\text{ s}$$

De remweg:

$$s = v_{gem}\Delta t = \frac{720}{2} \times 0{,}00918 = 3{,}30\text{ m}$$

Antwoord: De remweg van de kogel is $3{,}3\text{ m}$.

c Wanneer de kogel vervormt, neemt het frontale oppervlak toe waardoor de weerstandskracht groter wordt. De vertraging wordt dan nog groter, en de kogel legt nog minder afstand af.

47 Gegeven: $m = 1200\text{ kg}$
$F_{remschijf} = 6000\text{ N}$
$\Delta v = 0 - 120 = -120\text{ km h}^{-1} = -33{,}33\text{ m s}^{-1}$
$\Delta t = 2{,}0\text{ s}$

Gevraagd: f en vervangingstijd van remschrijf

Berekening: De vertraging:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-33{,}33}{2{,}0} = -16{,}67\text{ m s}^{-2}$$

De resulterende kracht:

$$F_{res} = ma = 1200 \times -16{,}67 = -2{,}00 \cdot 10^4\text{ N}$$

De schuifweerstandskracht op elk wiel:

$$F_{w,s} = \frac{F_{res}}{4} = \frac{-2{,}00 \cdot 10^4}{4} = -5{,}00 \cdot 10^3\text{ N}$$

De schuifwrijvingskracht hangt af van de duwkracht $F_{remschijf}$

$$F_{w,s} = fF_N \rightarrow F_{w,s} = fF_{remschrijf} \rightarrow f = \frac{F_{w,s}}{F_{remschrijf}} = \frac{5{,}00 \cdot 10^3}{6000} = 0{,}83$$

Aflezen in het diagram: 18 maanden

Antwoord: De remschijven moeten na 18 maanden vervangen worden.

48 a De kracht waarmee de leerlingen naar elkaar toe worden getrokken is voor beide hetzelfde. De leerlingen zetten zich af tegen de grond om deze trekkracht tegen te gaan. De grond oefent een schuifweerstandskracht uit op de leerlingen. Deze schuifweerstandskracht is groter wanneer de normaalkracht groter is, dus wanneer de massa groter is. Leerling A is dus in het voordeel want die heeft de grootste massa.

b Behalve de massa van de leerlingen speelt ook de ruwheid van de schoenzolen een rol en de ruwheid van de ondergrond op de plek waar ze staan.

Examentraining

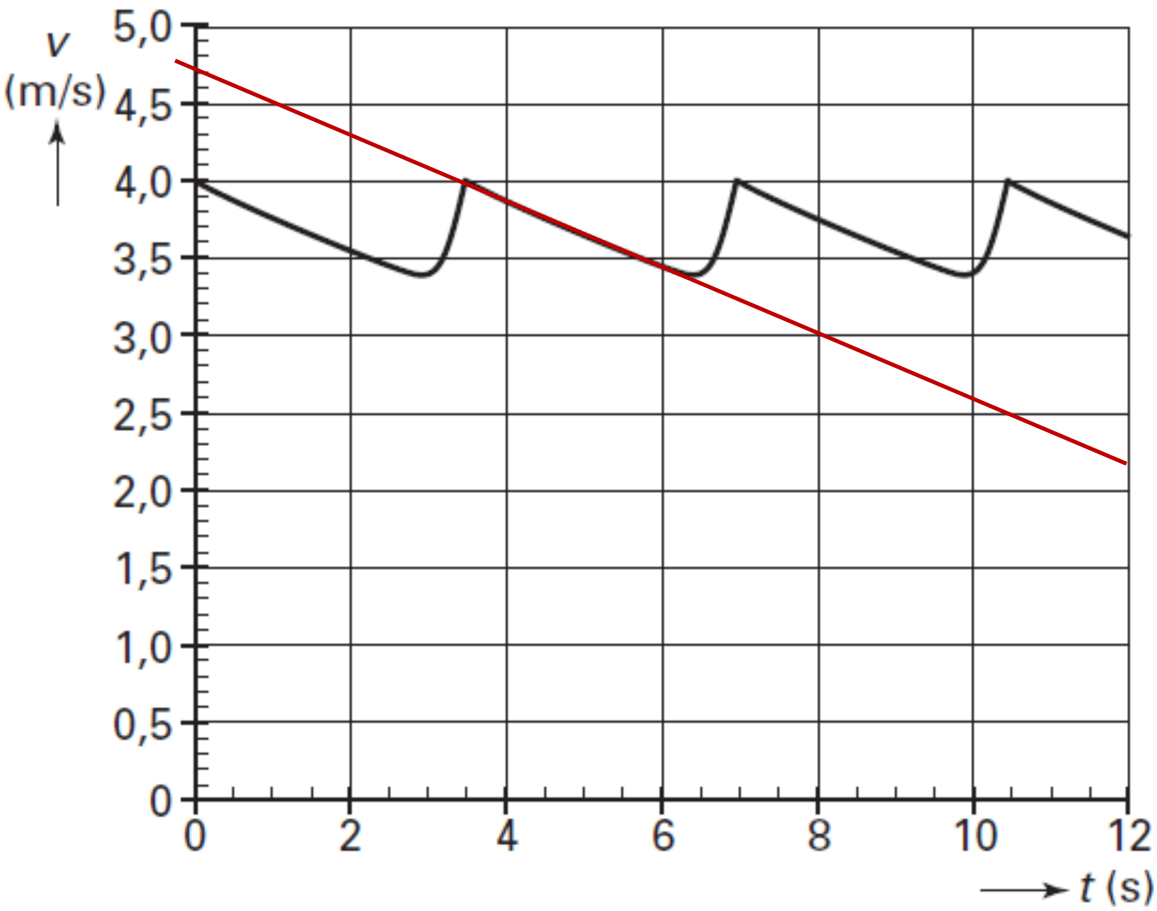
49 a De step komt pas in beweging als de kracht waarmee geduwd of getrokken wordt groter is dan de rolwrijvingskracht. De leerling kan met een krachtmeter horizontaal aan de step trekken tot deze vanuit stilstand in beweging komt. De afgelezen waarde is dan gelijk aan de rolwrijvingskracht.

b In het diagram komt de afzet overeen met het stijgende deel van de grafiek. Daar neemt in korte tijd de snelheid toe. Deze versnelling hangt af van de kracht waarmee de leerling zich afzet. Omdat de helling van de grafiek tijdens de afzet telkens hetzelfde is, is de kracht waarmee de leerling zich afzet ook steeds hetzelfde.

c Tijdens de afzet staat de leerling niet volledig op de step. Het gewicht is dan kleiner en de normaalkracht ook. Bovendien raken de wieltjes minder vervormd waardoor f ook kleiner is.

d (volgende pagina)

d De versnelling op $t = 5{,}0\ \mathrm{s}$ bepaal je met een raaklijn:



$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = \frac{2{,}2 - 4{,}75}{12 - 0} = -0{,}213\ \mathrm{m\ s^{-2}}$$

Gegeven: $F_{\mathrm{w,rol}} = 2{,}6\ \mathrm{N}$
$a = -0{,}213\ \mathrm{m\ s^{-2}}$
$v = 3{,}7\ \mathrm{m\ s^{-1}}$ op $t = 5{,}0\ \mathrm{s}$
$m = 67\ \mathrm{kg}$
$\rho = 1{,}293\ \mathrm{kg\ m^{-3}}$
$A = 1{,}2\ \mathrm{m^2}$ (schatting)

Gevraagd: C_{w}

Berekening: De resulterende kracht:
$F_{\mathrm{res}} = ma = 67 \times -0{,}213 = -14{,}3\ \mathrm{N}$

De luchtweerstandskracht:
$F_{\mathrm{res}} = F_{\mathrm{w,l}} + F_{\mathrm{w,rol}} \rightarrow F_{\mathrm{w,l}} = F_{\mathrm{res}} - F_{\mathrm{w,rol}} = -14{,}3 + 2{,}6 = -11{,}7\ \mathrm{N}$

De C_{w}-waarde (reken met de waarde van $F_{\mathrm{w,l}}$):
$F_{\mathrm{w,l}} = \frac{1}{2} C_{\mathrm{w}} \rho A v^2 \rightarrow C_{\mathrm{w}} = 2\frac{F_{\mathrm{w,l}}}{\rho A v^2} = 2\frac{11{,}7}{1{,}293 \times 1{,}2 \times 3{,}7^2} = 1{,}10$

Antwoord: De C_{w}-waarde is 1,1.

Toetsvoorbereiding

1 a Een verandering van snelheid, een verandering van richting en een verandering van vorm.

b Op de auto werkt geen resulterende kracht. De auto zal met dezelfde snelheid in dezelfde richting blijven doorrijden.

c Gewicht is een kracht. Die druk je uit in newton (N).

d Als een voorwerp A een kracht uitoefent op voorwerp B, dan oefent voorwerp B een even grote kracht uit op voorwerp A. Dit noem je een krachtenpaar.

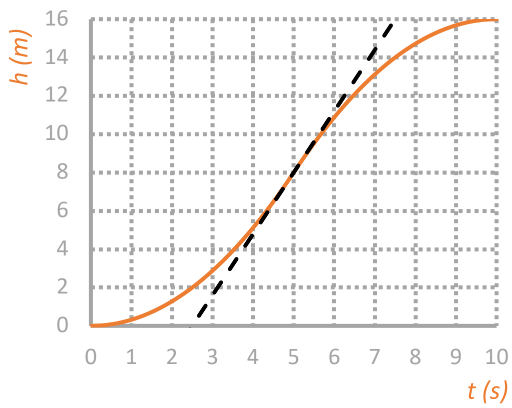
e Op een voorwerp werkt de zwaartekracht. Als dit voorwerp op een ondergrond staat, oefent de ondergrond een normaalkracht uit op het voorwerp. Beide krachten werken dus op hetzelfde voorwerp en vormen dus geen krachtenpaar.

f De formule voor de luchtweerstandskracht: $F_{\mathrm{w,l}} = \frac{1}{2}\rho C_w A v^2$

Schrijf de formule om met v^2 vooraan: $v^2 = 2\frac{F_{\mathrm{w,l}}}{\rho C_w A}$

Neem links en rechts de wortel: $v = \sqrt{\frac{2 \cdot F_{\mathrm{w,l}}}{\rho C_w A}}$

2 a Om de versnelling te bepalen heb je de begin- en eindsnelheid nodig, en de tijdsduur. De beginsnelheid en de tijdsduur zijn eenvoudig te bepalen. Voor de eindsnelheid moet je een raaklijn tekenen op $t = 5$ s:



$$v_{\mathrm{eind}} = \left(\frac{\Delta h}{\Delta t}\right)_{\mathrm{raaklijn}} = \frac{16 - 0}{7{,}5 - 2{,}5} = 3{,}2\ \mathrm{m\ s^{-1}}$$

Gegeven: $v_{\mathrm{begin}} = 0\ \mathrm{m\ s^{-1}}$
$v_{\mathrm{eind}} = 3{,}2\ \mathrm{m\ s^{-1}}$
$\Delta t = 5{,}0\ \mathrm{s}$

Gevraagd: a in $\mathrm{m\ s^{-2}}$

Berekening: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3{,}2 - 0}{5{,}0} = 0{,}64\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

Antwoord: De versnelling van de lift is $0{,}64\ \mathrm{m\ s^{-2}}$.

b Gegeven: $a = 0{,}64\ \mathrm{m\ s^{-2}}$
$m = 1200\ \mathrm{kg}$
16 kabels

Gevraagd: $F_{\mathrm{span,1}}$ in N per kabel

Berekening: De resulterende kracht:
$F_{\mathrm{res}} = ma = 1200 \times 0{,}64 = 768\ \mathrm{N}$

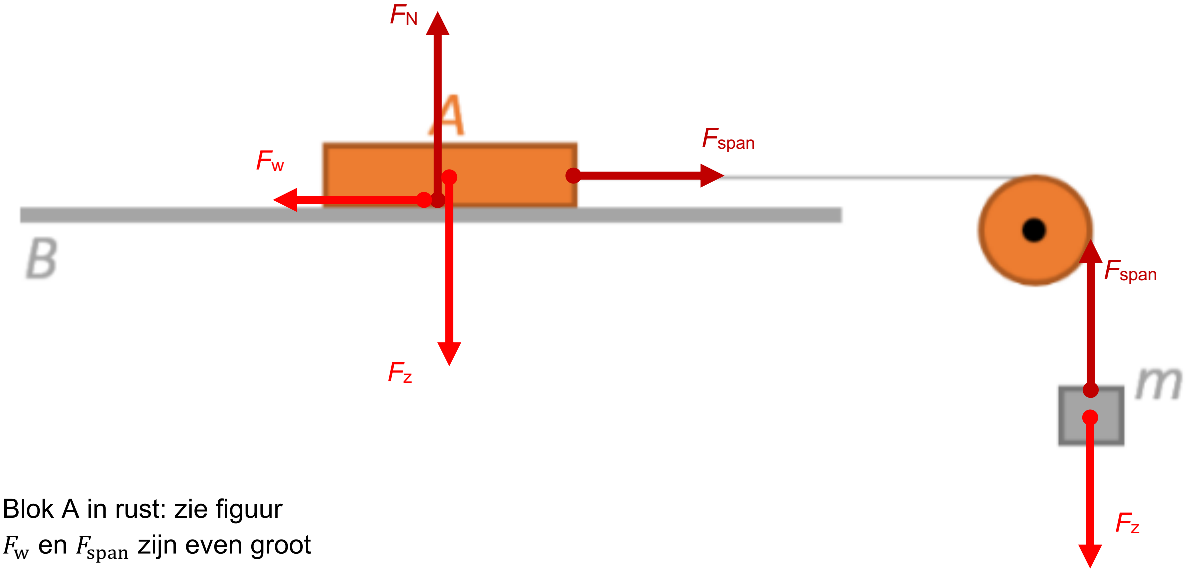
De totale spankracht:
$F_{\mathrm{z}} = mg = 1200 \times 9{,}81 = 1{,}177 \cdot 10^4\ \mathrm{N}$
$F_{\mathrm{res}} = F_{\mathrm{span,}} - F_{\mathrm{z}} \rightarrow F_{\mathrm{span}} = F_{\mathrm{res}} + F_{\mathrm{z}} = 768 + 1{,}177 \cdot 10^4 = 1{,}254 \cdot 10^4\ \mathrm{N}$

Spankracht op één kabel:
$F_{\mathrm{span,1}} = \frac{F_{\mathrm{span,}}}{16} = \frac{1{,}254 \cdot 10^4}{16} = 784\ \mathrm{N}$

Antwoord: De spankracht op één kabel is $7{,}8 \cdot 10^2$ N.

c Op de weegschaal werken twee krachten: de zwaartekracht en de normaalkracht.
Voor de resulterende kracht op de weegschaal geldt: $F_{res} = F_N - F_z$.
In de eerste 5 seconden versnelt de lift omhoog. De resulterende kracht is dus omhoog gericht.
De normaalkracht op de weegschaal is dus groter dan de zwaartekracht.
Het gewicht vormt een krachtenpaar met de normaalkracht en is daarom net zo groot.
Aangezien de weegschaal het gewicht meet en deze weergeeft als de massa, geeft hij een te grote massa aan.

3



a Blok A in rust: zie figuur
F_w en F_{span} zijn even groot
F_z en F_N zijn even groot

b Blok *m*: zie figuur
F_z en F_{span} zijn even groot

c De twee spankrachten zijn een krachtenpaar. De kracht die blok A via het koord uitoefent op massa *m* is gelijk aan de kracht die massa *m* via het koord uitoefent op blok A.

d Gegeven: $m_A = 500 \text{ g} = 0{,}500 \text{ kg}$
$m = 305\ g = 0{,}305 \text{ kg}$

Gevraagd: f

Berekening: Spankracht op *m*:
$F_{span,m} = F_{z,m} = mg = 0{,}305 \times 9{,}81 = 2{,}992 \text{ N}$

De schuifwrijvingskracht op A:
$F_{w,s,max} = F_{span,A} = F_{span,m} = 2{,}992 \text{ N}$

De schuifwrijvingscoëfficiënt:
$F_N = F_{z,A} = m_A g = 0{,}500 \times 9{,}81 = 4{,}905 \text{ N}$
$F_{w,s,max} = f F_N \rightarrow f = \frac{F_{w,s}}{F_N} = \frac{2{,}992}{4{,}905} = 0{,}610$

Antwoord: De schuifwrijvingscoëfficiënt van staal op aluminium is $0{,}61$.

e Gegeven: $m_A = 500 \text{ g} = 0{,}500 \text{ kg}$
$m = 400\ g = 0{,}400 \text{ kg}$
$f = 0{,}40$

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: De zwaartekracht op *m*:
$F_{z,m} = mg = 0{,}400 \times 9{,}81 = 3{,}924 \text{ N}$
De maximale schuifwrijvingskracht wordt:
$F_{w,s,max} = fF_N = fF_{z,A} = f \cdot m_A g = 0{,}40 \times 0{,}500 \times 9{,}81 = 1{,}962 \text{ N}$
De resulterende kracht op het geheel:
$F_{res} = F_{z,m} - F_{w,s,max} = 3{,}924 - 1{,}963 = 1{,}961 \text{ N}$
De versnelling van het geheel (dus ook van blok A):
$F_{res} = m_{totaal}a \rightarrow a = \frac{F_{res}}{m_{totaal}} = \frac{1{,}961}{0{,}500+0{,}400} = 2{,}2 \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De versnelling van blok A is 2,2 m s^{-2}.

4 a Als je niet trapt, werken er horizontaal enkel nog weerstandskrachten op de fiets. Hierdoor is de resulterende kracht tegengesteld aan de bewegingsrichting vertraag je. Als je geen snelheid meer hebt, zijn de weerstandskrachten verdwenen en is de resulterende kracht gelijk aan nul.

b Wanneer het blad van de boom valt, versnelt het. Door het grote frontale van het blad neemt de luchtweerstandskracht snel toe tot hij even groot is als de zwaartekracht. Dan is de resulterende kracht op het blad gelijk aan nul en valt het blad met een constante snelheid.

c Volgens de eerste wet van Newton behoudt een voorwerp zijn snelheid als er geen resulterende kracht op werkt. De remkracht werkt op de bus, maar niet op jou. De bus vertraagt, maar jij behoudt de snelheid die je had, waardoor je naar voren schiet ten opzichte van de bus.

d Als je loopt, zet je je bij elke pas af tegen de grond en de grond oefent een schuifwrijvingskracht op jou uit. De schuifwrijvingscoëfficiënt van je voet op de bananenschil is veel kleiner dan die van je voet op de grond. De maximale waarde van de schuifwrijvingskracht is dus veel kleiner, en kleiner dan de kracht waarmee je je afzet tegen de bananenschil. Er ontstaat dus een resulterende kracht naar achteren: je glijdt uit.

e De massa hangt in rust aan de veer. Als ze vallen, werken op het systeem de zwaartekracht en de luchtweerstandskracht. De waarde van de luchtweerstandskracht wordt bepaald door het frontale oppervlak van de massa, aangezien die onderaan hangt. Deze is dan hetzelfde voor de massa en de veer. Beide voorwerpen vallen dus even snel en er vindt dus geen uitrekking plaats.

f Het ijs oefent een normaalkracht uit wanneer je er op staat die net zo groot is als je gewicht. Als je gewicht te groot is, kan het ijs breken. In dat geval verdwijnen de normaalkracht en het gewicht. Door de zwaartekracht versnel je omlaag.

5 a Vanaf het moment dat de knikker wordt losgelaten, is hij gewichtloos. Er is immers geen ondergrond waarop hij een kracht kan uitoefenen. Vanaf het moment dat hij losgelaten wordt, neemt zijn snelheid af. Dit is op $t = 0{,}35 \text{ s}$.

b Gegeven: $m = 200 \text{ g} = 0{,}200 \text{ kg}$

Gevraagd: F_{werp} in N

Berekening: De versnelling:

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5,0}{0,35} = 14,3 \text{ m s}^{-2}$

De resulterende kracht:

$F_{\text{res}} = ma = 0,200 \times 14,3 = 2,86 \text{ N}$

De werpkracht:

$F_z = mg = 0,200 \times 9,81 = 1,96 \text{ N}$

$F_{\text{res}} = F_{\text{werp}} - F_z \rightarrow F_{\text{werp}} = F_{\text{res}} + F_z = 2,86 + 1,92 = 4,78 \text{ N}$

Antwoord: De kracht waarmee de knikker geworpen wordt is $4,78 \text{ N} \approx 5 \text{ N}$.

c Tijdens het omhoog gaan naar het hoogste punt werkt er op de steen een luchtweerstandskracht. Deze zorgt ervoor dat de steen extra vertraagt. De gemiddelde vertraging is dus groter dan $9,81 \text{ m s}^{-2}$.

6 a Gegeven: $v = 603 \text{ km h}^{-1} = 167,5 \text{ m s}^{-1}$

$\rho = 1,3 \text{ kg m}^{-3}$

$A = 12 \text{ m}^2$

$C_w = 0,24$

Gevraagd: F_{motor} in N

Berekening: De motorkracht is even groot als de luchtweerstandskracht:

$F_{w,l} = \frac{1}{2} C_w \rho A v^2 = \frac{1}{2} \times 0,24 \times 1,3 \times 12 \times 167,5^2 = 5,25 \cdot 10^4 \text{ N} = 52,5 \text{ kN}$

Antwoord: De motorkracht is 53 kN.

b Gegeven: $v = 1024 \text{ km h}^{-1} = 284,4 \text{ m s}^{-1}$

$m = 1,20 \cdot 10^5 \text{ kg}$

$F_{\text{motor}} = 53 \text{ kN} = 53 \cdot 10^3 \text{ N}$

Gevraagd: a in m s^{-2}

Berekening: De resulterende kracht bestaat enkel uit de motorkracht:

$F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} = 53 \cdot 10^3 \text{ N}$

De versnelling:

$F_{\text{res}} = ma \rightarrow a = \frac{F_{\text{res}}}{m} = \frac{53 \cdot 10^3}{1,20 \cdot 10^5} = 0,442 \text{ m s}^{-2}$

Antwoord: De versnelling is $0,44 \text{ m s}^{-2}$.

c De trein behoudt zijn snelheid tenzij er een resulterende kracht op de trein werkt. Als er geen motorkracht is en geen weerstandskrachten, is de resulterende kracht op de trein gelijk aan nul en blijft zijn snelheid constant.

d Als er geen luchtweerstandskracht is, maken het frontale oppervlak van de trein en de stroomlijn niet uit.

7 Gegeven: $m = 70 \text{ kg}$

$u = 1,7 \text{ cm} = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

4 veren

Gevraagd: C in $\mathrm{N\ m^{-1}}$

Berekening: $F_\mathrm{z} = mg = 70 \times 9{,}81 = 687\ \mathrm{N}$

$F_\mathrm{v,1} = \frac{F_\mathrm{z}}{4} = \frac{687}{4} = 172\ \mathrm{N}$

$F_\mathrm{v,1} = Cu \rightarrow C = \frac{F_\mathrm{v,1}}{u} = \frac{172}{1{,}7 \cdot 10^{-2}} = 1{,}01 \cdot 10^{4}\ \mathrm{N}$

Antwoord: De veerconstante is $1{,}0 \cdot 10^{4}\ \mathrm{N\ m^{-1}}$.