Uitwerkingen opgaven hoofdstuk 3

3.1 Krachten: wat zijn dat?

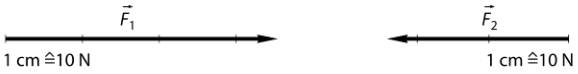
Opgave 4

De schaalfactor is 1 cm $\hat{=}$ 10 N, dus een kracht van 36 N wordt weergegeven als een pijl met lengte 3,6 cm.

$\vec{F}_1$: Teken een pijl met een lengte van 3,6 cm (zie figuur 3.1).

$\vec{F}_2$: Teken een pijl met een lengte van 2,4 cm (zie figuur 3.1).

De pijl van $\vec{F}_2$ wijst de kant op tegengesteld aan die van $\vec{F}_1$ vanwege het minteken.



Figuur 3.1

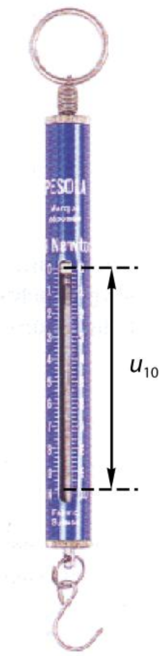
Opgave 5

a $F_{\text{trek}} = C \cdot u \rightarrow C = \dfrac{F_{\text{trek}}}{u} \rightarrow \ C = \dfrac{F_{\text{trek}}}{u} = \dfrac{\text{N}}{\text{cm}}$ of $\dfrac{\text{N}}{\text{m}}$

b $C = \dfrac{\text{N}}{\text{m}} = \dfrac{\left(\text{kg} \cdot \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}{\text{m}} = \dfrac{\text{kg}}{\text{s}^2} = \text{kgs}^{-2}$

c Meet in figuur 3.2 de uitrekking u_{10} op bij 10 N: u_{10} = 3,06 cm.
1,0 cm op de foto komt overeen met 2,8 cm in werkelijkheid → 3,06 cm op de foto komt overeen met 3,06 × 2,8 = 8,57 cm

$F = C \cdot u \rightarrow C = \dfrac{F}{u} = \dfrac{10}{8{,}57} = 1{,}2$ N/cm



Figuur 3.2

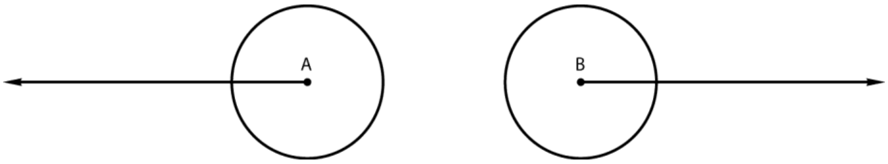
Opgave 6

a De bolletjes zijn beide positief geladen en twee gelijknamige ladingen stoten elkaar af.

b Zie figuur 3.3.

c Zie figuur 3.3.

Bij een schaalfactor van 5 mN ≙ 1 cm hebben de krachtpijlen een lengte van $\frac{20}{5}$ = 4 cm. Laat de pijlen aangrijpen in het midden van de bolletjes. Omdat de lading van A wordt afgestoten door B, wijst de pijl bij A naar links en bij B naar rechts.



Figuur 3.3

Opgave 7

a $F_{zw} = m \cdot g$

m = 250 g = 0,250 kg

$\rightarrow F_{zw} = 0{,}250 \times 9{,}81 = 2{,}45$ N

b Als het voorwerp stil hangt, is de veerkracht even groot als de zwaartekracht op het bolletje, dus F_{veer} = 2,45 N.

c Voor de veer geldt: $\vec{F}_{veer} = -C \cdot \vec{u}$.

Hierin is C de veerconstante en u de uitrekking.

De grootte van de uitrekking bereken je met $u = \frac{F_{veer}}{C}$.

Dan is $u = \frac{2{,}45}{200}$ = 0,0123 m = 1,23 cm.

d Op het bolletje werken de zwaartekracht en de veerkracht; beide zijn 2,45 N.

Bij een schaalfactor van 1 cm ≙ 0,5 N hebben de krachtpijlen een lengte van $\frac{2{,}45}{0{,}5}$ = 4,9 cm.

Laat de zwaartekracht aangrijpen in het midden van het bolletje.

De veerkracht grijpt aan op de bovenkant van het bolletje.

Zie figuur 3.4.

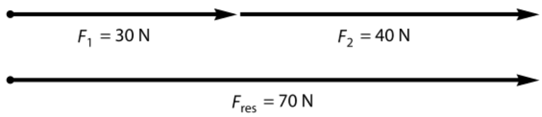
Figuur 3.4

3.2 Rekenen met krachten

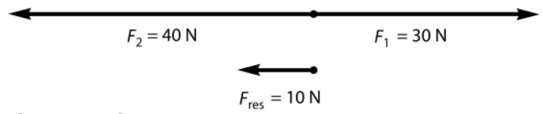
Opgave 13

a Als de krachten dezelfde richting hebben, dan kunnen we de krachten gewoon bij elkaar optellen en blijft de richting hetzelfde.
Zie figuur 3.5a.
$F_{res} = F_1 + F_2 = 30\text{ N} + 40\text{ N} = 70\text{ N}$
De richting van $\vec{F}_{res}$ is naar rechts.

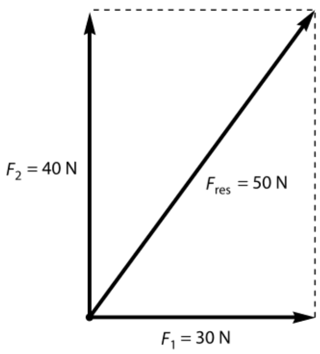
b Als de krachten tegengesteld gericht zijn, dan kunnen we de krachten van elkaar aftrekken.
De richting van $\vec{F}_{res}$ is gelijk aan die van de grootste kracht.
Zie figuur 3.5b.
$F_{res} = F_1 – F_2 = 30\text{ N} – 40\text{ N} = –10\text{ N}$
De grootte van $\vec{F}_{res}$ is dus 10 N en de richting is naar links.



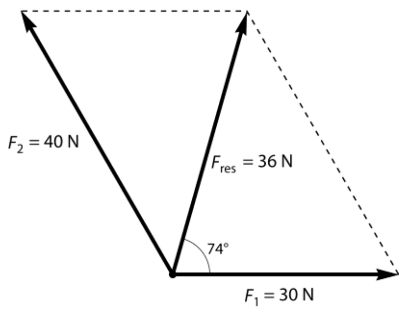
Figuur 3.5a



Figuur 3.5b



Figuur 3.6a



Figuur 3.6b

c Als de krachten een hoek van 90° met elkaar maken, kunnen we voor de grootte van de resulterende kracht de stelling van Pythagoras toepassen. De richting kunnen we vinden door een parallellogramconstructie of een kop-staartconstructie. Zie figuur 3.6a.

$$F_{res}^2 = F_1^2 + F_2^2$$

$$F_{res} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50\text{ N}$$

Opmerking
De grootte van F_{res} kan ook gevonden worden door in een nauwkeurige tekening de lengte van F_{res} te meten en via de schaalfactor om te rekenen.

d $\vec{F}_1$ en $\vec{F}_2$ maken een hoek met elkaar: zie figuur 3.6b.

De lengte van $\vec{F}_1$: F_1 = 6,0 cm.

Opmerking

Een andere mogelijkheid is als volgt. De lengte van $\vec{F}_2$: F_2 = 8,0 cm

→ de schaalfactor is 1,0 cm ≙ 5,0 N.

Meet de lengte van $\vec{F}_{res}$: F_{res} = 7,2 cm

→ de grootte van $\vec{F}_{res}$: $F_{res} = 7{,}2 \times 5{,}0 = 36$ N.

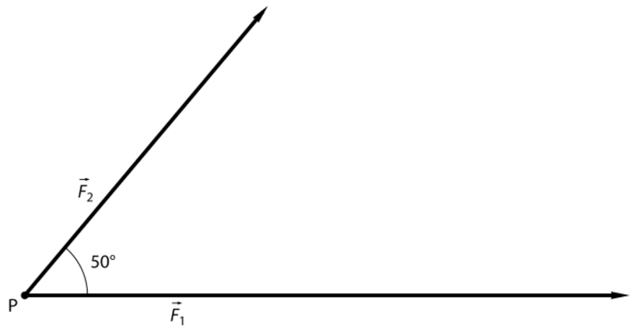
Meet daarna de hoek op voor de richting.

Hoek tussen $\vec{F}_{res}$ en $\vec{F}_1$: 74°.

Opgave 14

a Zie figuur 3.7.

b Zie figuur 3.7



Figuur 3.7

c Bepaling van $\vec{F}_{res}$

Eerste manier (de parallellogrammethode)

Zie figuur 3.8a.

Teken door A de lijn *a* evenwijdig aan PB en teken door B de lijn *b* evenwijdig aan PA.

Noem het snijpunt van lijn *a* met lijn *b* Q

→ $\vec{F}_{res}$ is de diagonaal in het parallellogram.

Richting: de hoek α tussen $\vec{F}_{res}$ en $\vec{F}_1$: 19°.

Grootte: PQ = 11,9 cm.

De schaalfactor is 1 cm ≙ 10 N

→ $F_{res} = 1{,}2 \cdot 10^2$ N.

Tweede manier (de ‘kop-staartmethode’)

Zie figuur 3.8b.

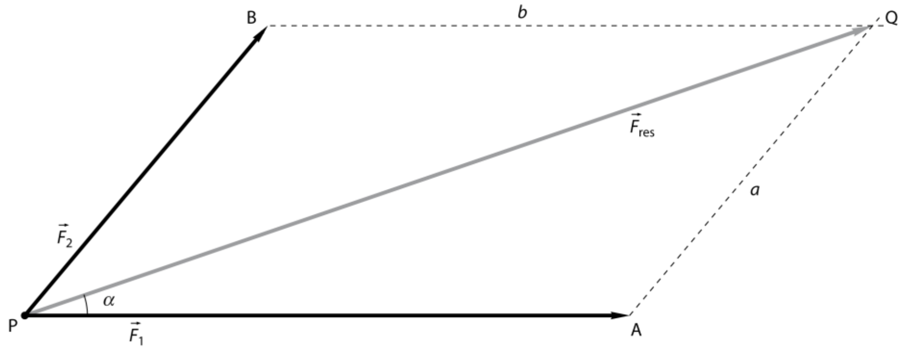
Leg de staart van $\vec{F}_2$ aan de kop van $\vec{F}_1$.

$\vec{F}_{res}$ is dan de pijl van de staart $\vec{F}_1$ naar de kop van $\vec{F}_2$.

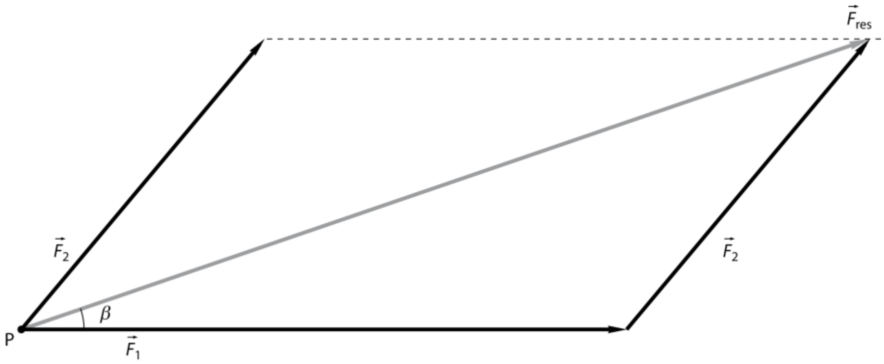
Grootte: 11,9 cm.

De schaalfactor is 1 cm ≙ 10 N
$\rightarrow F_{res} = 1{,}2 \cdot 10^2$ N.

Richting: de hoek β tussen $\vec{F}_{res}$ en $\vec{F}_1$: 19°.



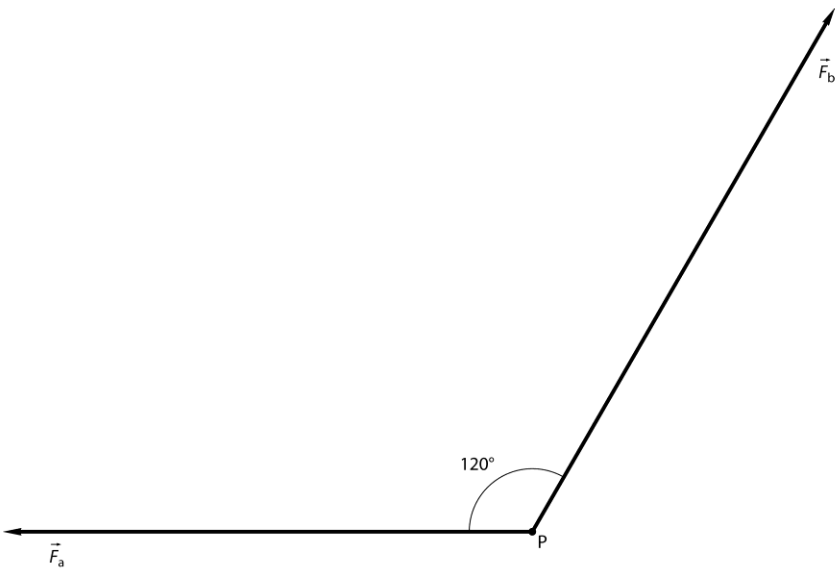
Figuur 3.8a



Figuur 3.8b

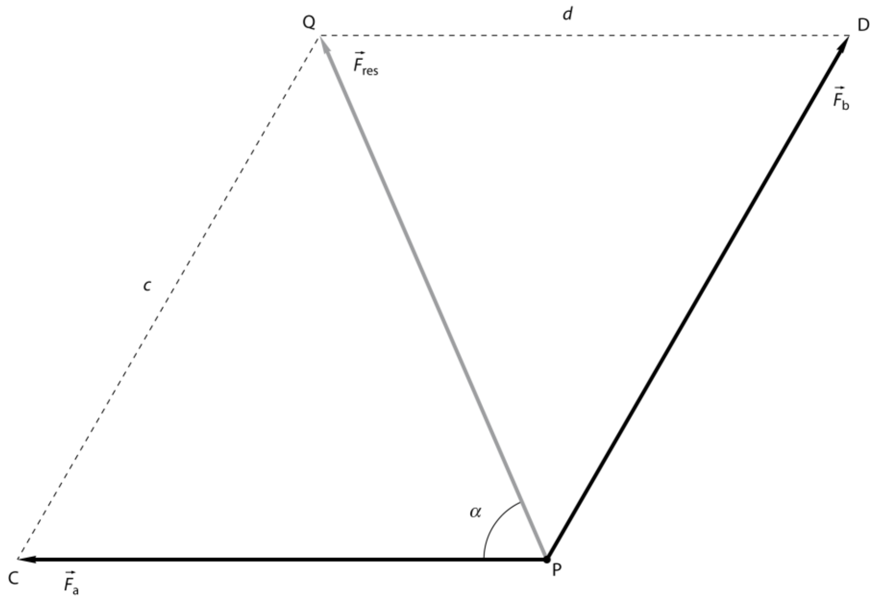
Opgave 15

a Zie figuur 3.9.
b Zie figuur 3.9.



Figuur 3.9

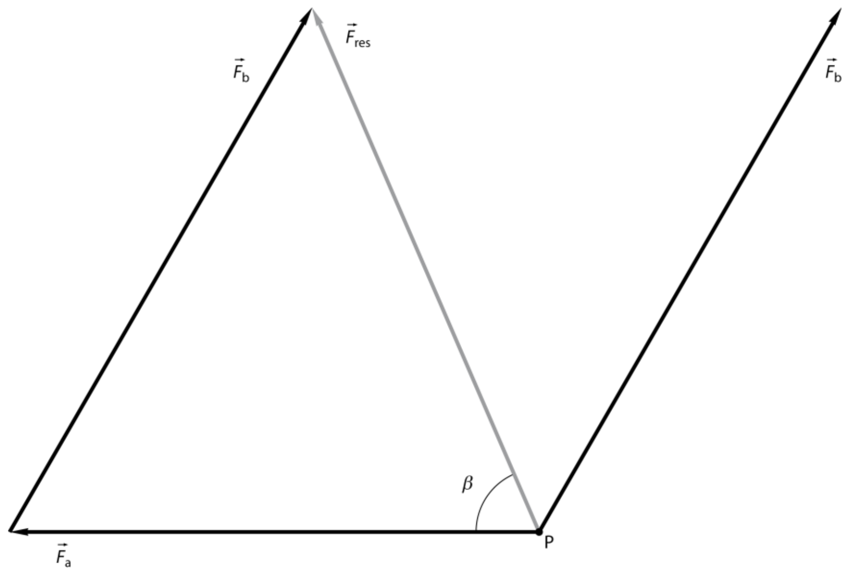
c Bepaling van $\vec{F}_{res}$
Eerste manier (de parallellogrammethode)
Zie figuur 3.10a.



Figuur 3.10a

Teken door C de lijn *c* evenwijdig aan PD en teken door D de lijn *d* evenwijdig aan PC.
Noem het snijpunt van lijn *c* met lijn *d* Q.
→ $\vec{F}_{res}$ is de diagonaal in het parallellogram.

Richting: de hoek α tussen $\vec{F}_{res}$ en $\vec{F}_a$: 67°.
Grootte: PQ = 7,5 cm.
De schaalfactor is 1 cm $\hat{=}$ 5 N
→ F_{res} = 7,5 × 5 = 38 N.
Tweede manier (de 'kop-staartmethode')
Zie figuur 3.10b.



Figuur 3.10b

Leg de staart van $\vec{F}_b$ aan de kop van $\vec{F}_a$.

$\vec{F}_{res}$ is dan de pijl van de staart $\vec{F}_a$ naar de kop van $\vec{F}_b$.
Grootte: 7,5 cm.

De schaalfactor is 1 cm ≙ 5 N

$\rightarrow F_{res}$ = 38 N.

Richting: de hoek β tussen $\vec{F}_{res}$ en $\vec{F}_a$: 67°.

Opgave 16

a Zie figuur 3.11.

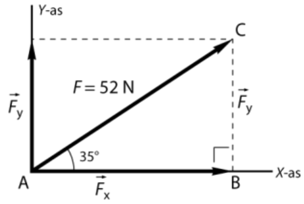
In ΔABC: $\cos 35° = \dfrac{AB}{AC} = \dfrac{F_x}{F} \rightarrow F_x = F \cdot \cos 35° = 52 \times \cos 35° = 43\ N$

b Zie figuur 3.11.

In ΔABC: $\sin 35° = \dfrac{BC}{AC} = \dfrac{F_y}{F} \rightarrow F_y = F \cdot \sin 35° = 52 \times \sin 35° = 30\ N$

Of met de stelling van Pythagoras:

$F^2 = F_x^2 + F_y^2 \rightarrow F_y^2 = F^2 - F_x^2 \rightarrow F_y = \sqrt{F^2 - F_x^2} = \sqrt{52^2 - 43^2} = 30\ N$



Figuur 3.11

Opgave 17

a Zie figuur 3.12.

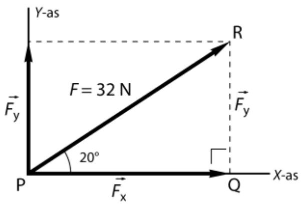
In ΔPQR: $\cos 20° = \dfrac{PQ}{PR} = \dfrac{F_x}{F} \rightarrow F_x = F \cdot \cos 20° = 32 \times \cos 20° = 30\ N$

b Zie figuur 3.12.

In ΔPQR: $\sin 20° = \dfrac{RQ}{PR} = \dfrac{F_y}{F} \rightarrow F_y = F \cdot \sin 20° = 32 \times \sin 20° = 11\ N$

Of met de stelling van Pythagoras:

$F^2 = F_x^2 + F_y^2 \rightarrow F_y^2 = F^2 - F_x^2 \rightarrow F_y = \sqrt{F^2 - F_x^2} = \sqrt{32^2 - 30^2} = 11\ N$



Figuur 3.12

Opgave 18

a Zie figuur 3.13.

In ΔABC: $\cos 50° = \dfrac{AB}{AC} = \dfrac{F_x}{F} \rightarrow F_x = F \cdot \cos 50° = 65 \times \cos 50° = 42\ N$

b Zie figuur 3.13.

In ΔABC: $\sin 50° = \dfrac{BC}{AC} = \dfrac{F_y}{F} \rightarrow F_y = F \cdot \sin 50° = 65 \times \sin 50° = 50\ N$

Of met de stelling van Pythagoras:

$F^2 = F_x^2 + F_y^2 \rightarrow F_y^2 = F^2 - F_x^2 \rightarrow F_y = \sqrt{F^2 - F_x^2} = \sqrt{65^2 - 42^2} = 50\ N$

c Zie figuur 3.14.

In ΔPQR: $\cos \alpha = \dfrac{PQ}{PR} = \dfrac{F_x}{F} = \dfrac{25}{65} \rightarrow \alpha = 67°$

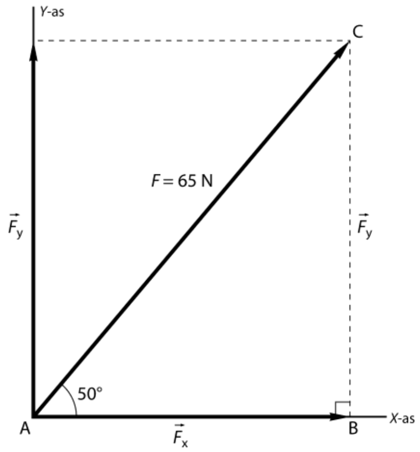
d Zie figuur 3.14.

In ΔPQR: $\sin\alpha = \dfrac{\text{RQ}}{\text{PR}} = \dfrac{F_{\text{y}}}{F} \rightarrow F_{\text{y}} = F \cdot \sin\alpha = 65 \times \sin 67° = 60\ \text{N}$

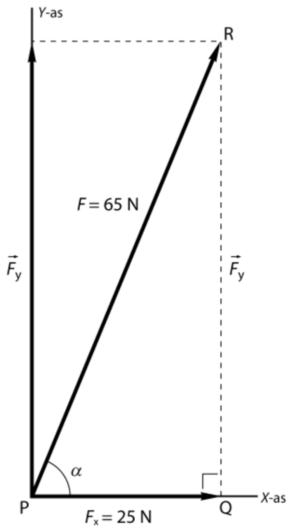
of $\tan\alpha = \dfrac{\text{RQ}}{\text{PQ}} = \dfrac{F_{\text{y}}}{F_{\text{x}}} \rightarrow F_{\text{y}} = F_{\text{x}} \cdot \tan\alpha = 25 \times \tan 67° = 60\ \text{N}$

Of met de stelling van Pythagoras:

$F^2 = F_{\text{x}}^2 + F_{\text{y}}^2 \rightarrow F_{\text{y}}^2 = F^2 - F_{\text{x}}^2 \rightarrow F_{\text{y}} = \sqrt{F^2 - F_{\text{x}}^2} = \sqrt{65^2 - 25^2} = 60\ \text{N}$



Figuur 3.13

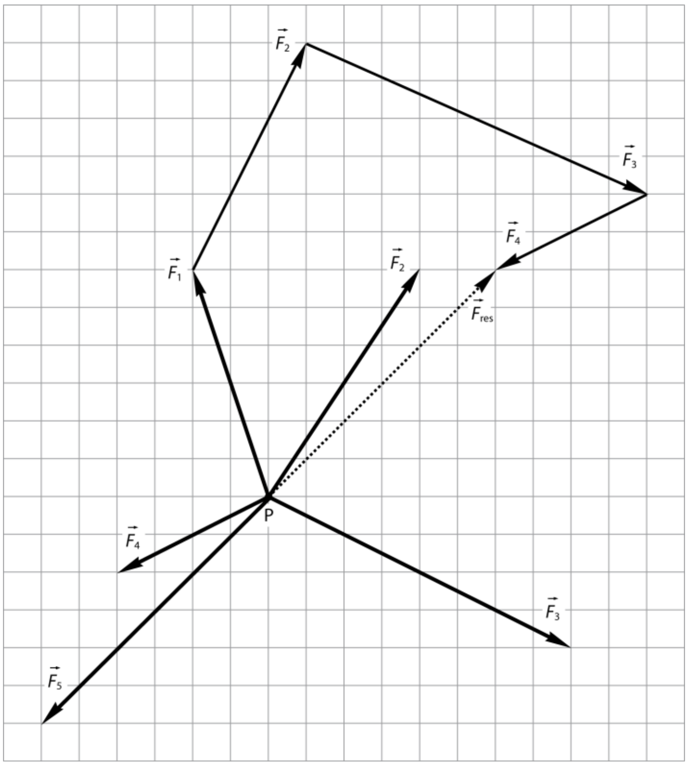


Figuur 3.14

Opgave 19

a Zie figuur 3.15.

b Zie figuur 3.15

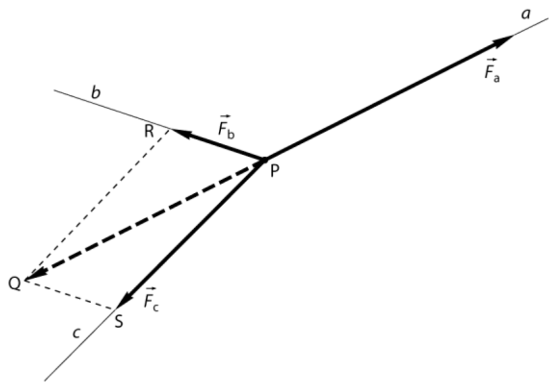


Figuur 3.15

3.3 Krachten in evenwicht

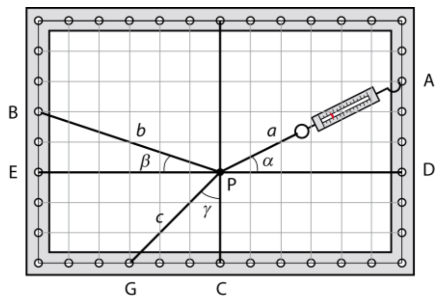
Opgave 25

a Zie figuur 3.16.
Er is evenwicht → alle krachten moeten elkaar opheffen.
$\vec{F}_a$ heeft in figuur W3.7 in het werkboek een lengte van 3,5 cm →
1,0 cm ≙ 1,2 N (dat wil zeggen 1,0 cm in de tekening komt overeen met een kracht van 1,2 N).
Teken in punt P een pijl – tegengesteld gericht aan $\vec{F}_a$ – met een lengte van 3,5 cm.
Noem de punt van deze pijl Q. Teken nu vanuit Q een lijn evenwijdig aan lijn *c* en bepaal het snijpunt met lijn *b*. Noem dit punt R. Teken daarna vanuit Q een lijn evenwijdig aan lijn *b* en bepaal het snijpunt met lijn *a*. Noem dit punt S.



Figuur 3.16

b *Eerste manier* (opmeten; zie figuur 3.16)
Meet de afstand RP. Deze is ongeveer 1,3 cm → F_b = 1,6 N.
Meet de afstand PS. Deze is ongeveer 2,8 cm → F_c = 3,4 N.
Tweede manier (berekenen)
Bepaling hoek α, β en γ.
Zie figuur 3.17.



Figuur 3.17

$$\tan\alpha = \frac{3}{6} \rightarrow \alpha = 26{,}6°$$

$$\tan\beta = \frac{2}{6} \rightarrow \beta = 18{,}4°$$

$$\tan\gamma = \frac{3}{3} \rightarrow \gamma = 45{,}0°$$

Alle krachten moeten elkaar opheffen (zie figuur 3.18).

$\rightarrow \sum \vec{F}_x = \vec{0}$ (alle componenten van de krachten langs de *X*-as moeten elkaar opheffen)

$\rightarrow F_{a,x} - F_{b,x} - F_{c,x} = 0 \rightarrow F_{a,x} = F_{b,x} + F_{c,x}$

$\rightarrow \sum \vec{F}_y = \vec{0}$ (alle componenten van de krachten langs de *Y*-as moeten elkaar opheffen)

$\rightarrow F_{a,y} + F_{b,y} - F_{c,y} = 0 \rightarrow F_{a,y} + F_{b,y} = F_{c,y}$

Zie figuur 3.18.

$F_{a,x} = F_a \cdot \cos\alpha = 4,2 \times \cos 26,6° = 3,76$ N

$F_{b,x} = F_b \cdot \cos\beta = F_b \times \cos 18,4° = 0,95 \cdot F_b$

$F_{c,x} = F_c \cdot \sin\gamma = F_c \times \sin 45,0° = 0,71 \cdot F_c$

$F_{a,y} = F_a \cdot \sin\alpha = 4,2 \times \sin 26,6° = 1,88$ N

$F_{b,y} = F_b \cdot \sin\beta = F_b \times \sin 18,4° = 0,32 \cdot F_b$

$F_{c,y} = F_c \cdot \cos\gamma = F_c \times \cos 45,0° = 0,71 \cdot F_c$

$F_{a,x} = F_{b,x} + F_{c,x} \rightarrow 3,76 = 0,95 \cdot F_b + 0,71 \cdot F_c$

$\rightarrow 0,95 \cdot F_b = 3,76 - 0,71 \cdot F_c \rightarrow F_b = 3,96 - 0,74 \cdot F_c$

$F_{a,y} + F_{b,y} = F_{c,y} \rightarrow 1,88 + 0,32 \cdot F_b = 0,71 \cdot F_c$

$\rightarrow 0,32 \cdot F_b = 0,71 \cdot F_c - 1,88 \rightarrow F_b = 2,22 \cdot F_c - 5,88$

$\rightarrow F_b = 3,96 - 0,74 \cdot F_c = 2,22 \cdot F_c - 5,88$

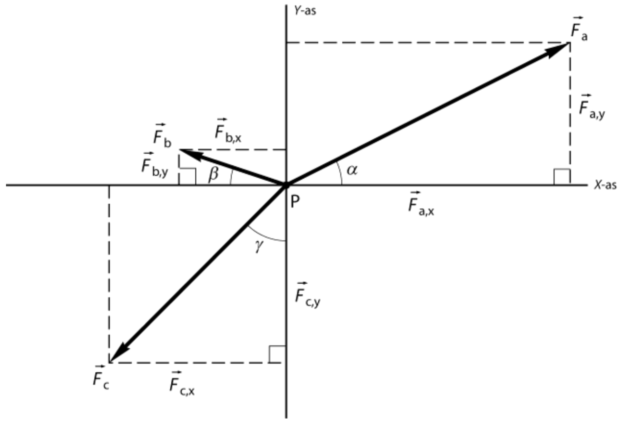
$\rightarrow -0,74 \cdot F_c - 2,22 \cdot F_c = -3,96 - 5,88$

$\rightarrow -2,96 \cdot F_c = -9,84 \rightarrow F_c = 3,32 = 3,3$ N

$\rightarrow F_b = 3,96 - 0,74 \cdot F_c = 3,96 - 0,74 \times 3,32$

$\rightarrow F_b = 1,50 = 1,5$ N

c Als koordje *b* losschiet, valt F_b weg; de totale kracht op P wordt dus kleiner; de uitrekking van de veer in de krachtmeter wordt minder → de krachtmeter geeft minder dan 4,2 N aan.



Figuur 3.18

Opgave 26 a *Eerste manier*

Zie figuur 3.19a.

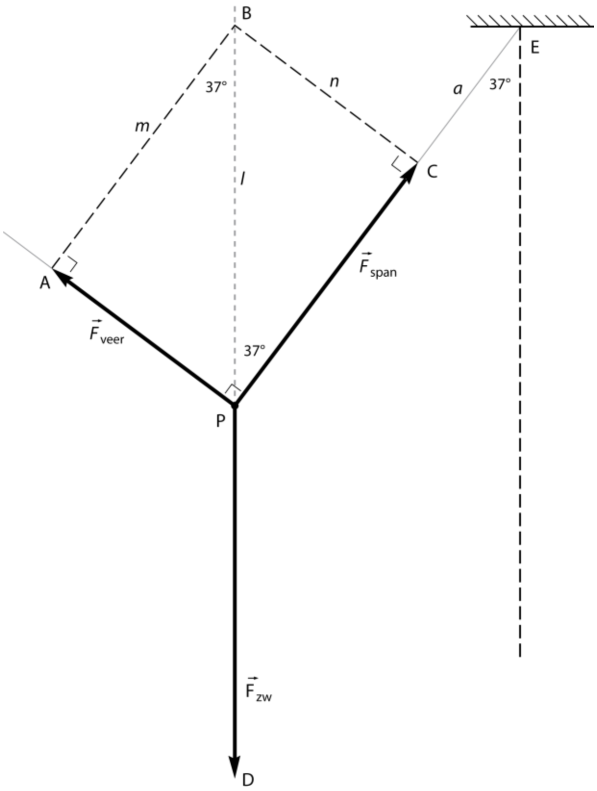
De schaalfactor: 10 N $\hat{=}$ 20 mm.

De krachtmeter wijst 15 N aan → in de tekening heeft de veerkracht $\vec{F}_{veer}$ een lengte van $\frac{15}{10} \times 20 = 30$ mm.
Teken de lengte van de veerkracht 30 mm lang (AP = 30 mm).
Teken door P de werklijn *l* en teken door A de lijn *m* evenwijdig aan lijn *a*.
Noem het snijpunt van lijn *l* met lijn *m* B.

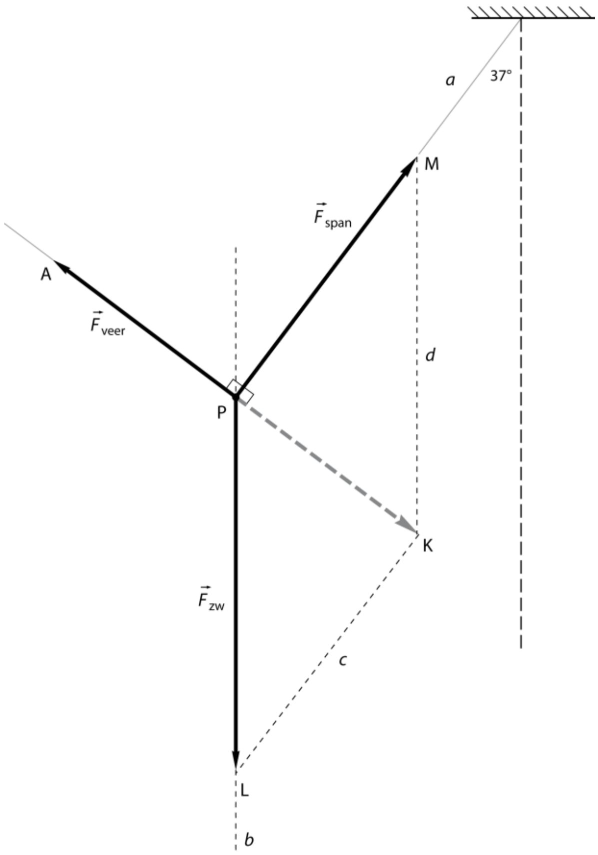
Teken in punt P $\vec{F}_{zw}$ naar beneden. De lengte van $\vec{F}_{zw}$ is gelijk aan de afstand BP (PD = BP).

Teken door B de lijn *n* evenwijdig aan $\vec{F}_{veer}$.
Noem het snijpunt van lijn *n* met lijn *a* C.

De lengte van $\vec{F}_{span}$ is gelijk aan de afstand PC.



Figuur 3.19a



Figuur 3.19b

Tweede manier
Zie figuur 3.19b.
De schaalfactor: 10 N ≙ 20 mm.

De krachtmeter wijst 15 N aan → in de tekening heeft de veerkracht $\vec{F}_{veer}$ een lengte van $\frac{15}{10} \times 20 = 30$ mm.
Teken de lengte van de veerkracht 30 mm lang (AP = 30 mm).

Het geheel is in rust, dus moet de som van de krachten nul zijn. De resultante van $\vec{F}_{zw}$ en $\vec{F}_{span}$ moet daarom even groot zijn als $\vec{F}_{veer}$ en daaraan tegengesteld gericht.

Teken door P de werklijn *b* van $\vec{F}_{zw}$.
Maak PK even lang als AP (30 mm) en teken door K de lijn *c* evenwijdig aan lijn *a*.

Noem het snijpunt van lijn *b* en *c* L. De lengte van $\vec{F}_{zw}$ is gelijk aan de afstand LP.
Teken door K een lijn evenwijdig aan lijn *b*.
Noem het snijpunt van lijn *a* en *d* M.

De lengte van $\vec{F}_{span}$ is gelijk aan de afstand PM.

b *Eerste manier*
Alle krachten moeten elkaar opheffen (zie figuur 3.19c).

$\rightarrow \sum \vec{F}_x = \vec{0}$ (alle componenten van de krachten langs de *X*-as moeten elkaar opheffen)

$\rightarrow F_{span,x} - F_{veer,x} = 0 \rightarrow F_{span,x} = F_{veer,x}$

$\rightarrow \sum \vec{F}_y = \vec{0}$ (alle componenten van de krachten langs de *Y*-as moeten elkaar opheffen)

$\rightarrow F_{span,y} + F_{veer,y} - F_{zw} = 0$

$\rightarrow F_{span,y} + F_{veer,y} = F_{zw}$

In ΔPRC:

$F_{span,x} = F_{span} \cdot \cos 53° = 0,60 \cdot F_{span}$

$F_{span,y} = F_{span} \cdot \sin 53° = 0,80 \cdot F_{span}$

In ΔPQA:

$F_{veer,x} = F_{veer} \cdot \cos 37° = 15 \times \cos 37° = 12\text{ N}$

$F_{veer,y} = F_{veer} \cdot \sin 37° = 15 \times \sin 37° = 9,0\text{ N}$

$F_{span,x} = F_{veer,x} \rightarrow 0,60 \cdot F_{span} = 12 \rightarrow F_{span} = 20\text{ N}$

$F_{span,y} + F_{veer,y} = F_{zw} \rightarrow 0,80 \cdot F_{span} + 9,0 = F_{zw} \rightarrow 0,80 \times 20 + 9,0 = F_{zw}$

$\rightarrow F_{zw} = 25\text{ N}$

Tweede manier
Zie figuur 3.19d.
In ΔCPG:

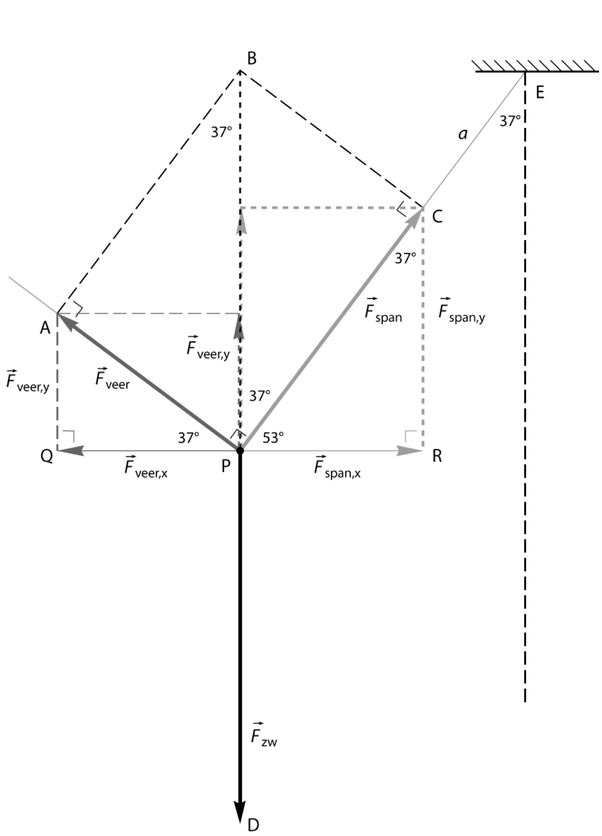
$$\tan 37° = \frac{\text{PG}}{\text{PC}} = \frac{F_{veer}}{F_{span}} \rightarrow F_{span} = \frac{F_{veer}}{\tan 37°} = \frac{15}{\tan 37°} = 20\text{ N}$$

$$\sin 37° = \frac{\text{PG}}{\text{GC}} = \frac{F_{veer}}{F_{zw}} \rightarrow F_{zw} = \frac{F_{veer}}{\sin 37°} = \frac{15}{\sin 37°} = 25\text{ N}$$

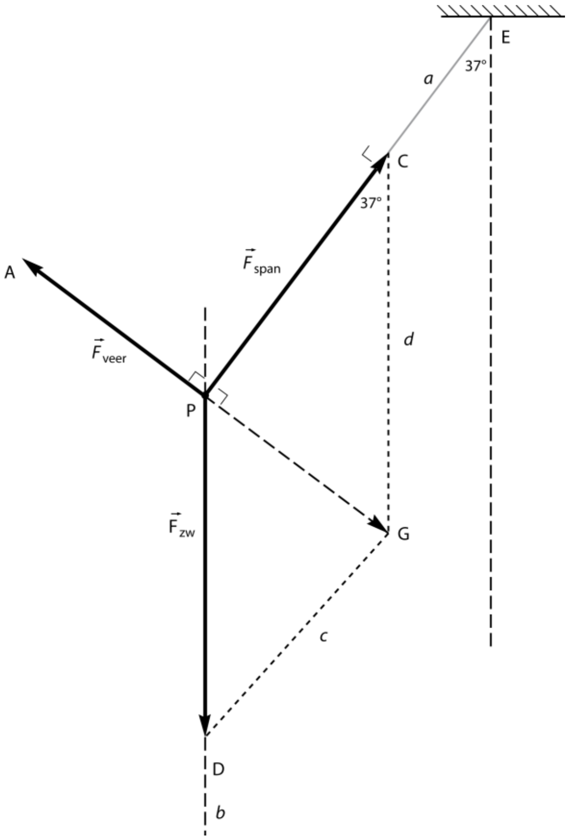
Of met de stelling van Pythagoras:

$\text{GC}^2 = \text{PG}^2 + \text{PC}^2$

$F_{zw}^2 = F_{veer}^2 + F_{span}^2 \rightarrow F_{zw} = \sqrt{F_{veer}^2 + F_{span}^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = 25\text{ N}$



Figuur 3.19c



Figuur 3.19d

c Zie figuur 3.19a of b.
Meet de lengte van PD op → PD = 50 mm

De schaalfactor: 10 N $\hat{=}$ 20 mm $\rightarrow F_{\text{zw}} = \dfrac{50}{20} \times 10\ \text{N} = 25\ \text{N}$

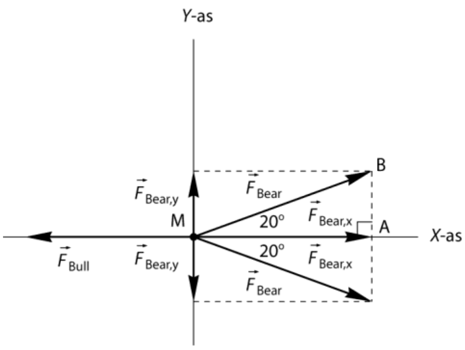
Meet de lengte van PC op → PC = 40 mm

De schaalfactor: 10 N $\hat{=}$ 20 mm $\rightarrow F_{\text{span}} = \dfrac{40}{20} \times 10\ \text{N} = 20\ \text{N}$

Opgave 27

a Zie figuur 3.20.
De coach van de Bears heeft ongelijk. De krachten die de teamleden van de Bears uitoefenen, moeten ontbonden worden in een component langs het linkertouw (de *X*-as) en een component loodrecht erop (de *Y*-as). Alleen de componenten langs de *X*-as zijn van belang bij het touwtrekken. Bij de Bears zijn deze componenten samen altijd kleiner dan de som van de krachten die de teamleden uitoefenen.

b Zie figuur 3.20.



Figuur 3.20

$F_{\text{Bull}} = F_{\text{Bear,x}}$
In ΔMAB:

$$\cos 20° = \frac{\text{MA}}{\text{MB}} = \frac{F_{\text{Bear,x}}}{F_{\text{Bear}}} \rightarrow F_{\text{Bear}} = \frac{F_{\text{Bear,x}}}{\cos 20°} = 1{,}064 \cdot F_{\text{Bear,x}}$$

$\rightarrow F_{\text{Bear}} = 1{,}064 \cdot F_{\text{Bull}}$
In %:

$$\frac{F_{\text{Bear}}}{F_{\text{Bull}}} \times 100\% = \frac{1{,}064 F_{\text{Bull}}}{F_{\text{Bull}}} \times 100\% = 1{,}064\%$$

$\rightarrow$ het percentage extra trekkracht van de trekker van de Bears = 6,4%.

3.4 De eerste wet van Newton

Opgave 34

a $F_{zw} = m \cdot g = 45 \cdot 9{,}81 = 4{,}4 \cdot 10^2$ N
b De zwaartekracht werkt verticaal. Er is geen verticale beweging. Er moet dus een tweede kracht zijn die even groot is als F_{zw}, maar daaraan tegengesteld gericht.
$F_{zw} = 4{,}4 \cdot 10^2$ N, naar beneden. De andere kracht is dus $4{,}4 \cdot 10^2$ N naar boven.

Opgave 35

Als je het velletje papier met een ruk wegtrekt, dan blijft de euro liggen. Dit is het gevolg van de ‘traagheid’ van de munt. Er is een relatief grote kracht nodig om de euro plotseling een snelheid te geven. De wrijvingskracht tussen het velletje papier en de euro is niet groot genoeg om die kracht te leveren.

Opgave 36

Er is geen voortstuwing door de motoren nodig. Volgens de eerste wet van Newton blijft een voorwerp waarop geen resulterende kracht werkt, met een constante snelheid voortbewegen.

Opgave 37

Je lichaam heeft door de traagheid de neiging om steeds met dezelfde snelheid voort te bewegen. Je dreigt je evenwicht te verliezen als de tram een andere beweging gaat maken dan jouw lichaam. Die beweging van de tram wordt anders als hij versnelt, vertraagt of van richting verandert.

Opgave 38

Als een auto van achteren wordt aangereden, zal hij naar voren worden versneld. Door de traagheid zullen de lichamen van de inzittenden achterblijven bij die beweging en dus tegen de leuning en de hoofdsteun aan komen. De hoofdsteun voorkomt dan dat er letsel aan het hoofd en vooral de nek ontstaat.

Opgave 39

a De krachten die op jou en de parachute werken zijn: F_{zw} en $F_{\text{luchtweerstand}}$.
b Er wordt niet voldaan aan de eerste wet van Newton. In het begin is je snelheid niet constant, maar wordt deze juist steeds groter.
c Ja, je snelheid is nu wel constant geworden.
d Als je snelheid constant is geworden, dan zijn de krachten in evenwicht
$\rightarrow$ de kracht die naar beneden werkt (F_{zw}) is even groot als de kracht die naar boven werkt ($F_{\text{luchtweerstand}}$).
$F_{zw} = m \cdot g = 65 \times 9{,}81 = 6{,}4 \cdot 10^2$ N
$\rightarrow F_{\text{luchtweerstand}} = 6{,}4 \cdot 10^2$ N.

3.5 De tweede wet van Newton

Opgave 44

Een voorbeeld: het optrekken en afremmen van auto's, brommers, fietsers enz. bij verkeerslichten. Als een personenauto en een vrachtauto met dezelfde motorkracht optrekken, dan krijgt de vrachtauto een kleinere versnelling dan de personenauto.

Opgave 45

$\vec{F}_{\text{res}} = m \cdot \vec{a}$; als de resulterende kracht 0 N is, dan volgt hieruit dat de versnelling 0 m/s^2 is. Als de versnelling 0 is, dan is de snelheid constant. Dit komt overeen met de eerste wet van Newton: als de resulterende kracht nul is, dan blijft het voorwerp in rust of verandert de snelheid niet.

Opgave 46

a $F = m \cdot a \rightarrow a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{120}{20} = 6{,}0 \text{ m/s}^2$

b $v = a \cdot t = 6{,}0 \times 0{,}50 = 3{,}0 \text{ m/s}$

Opgave 47

a $v_{\text{voor}} = 18 \text{ km/h} = 5{,}0 \text{ m/s}; \; v_{\text{na}} = 27 \text{ km/h} = 7{,}5 \text{ m/s}$

$$\left.\begin{array}{l} \rightarrow \Delta v = 7{,}5 - 5{,}0 = 2{,}5 \text{ m/s} \\ \quad \Delta t = 10 \text{ s} \end{array}\right\} \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2{,}5}{10} = 0{,}25 \text{ m/s}^2$$

b $F = m \cdot a \rightarrow m = \dfrac{F}{a} = \dfrac{21}{0{,}25} = 84 \text{ kg}$

Opgave 48

a $F_{\text{res,A}} = m_{\text{A}} \cdot a_{\text{A}} \rightarrow a_{\text{A}} = \dfrac{F_{\text{res,A}}}{m_{\text{A}}} = \dfrac{4{,}8}{1{,}6} = 3{,}0 \text{ m/s}^2$

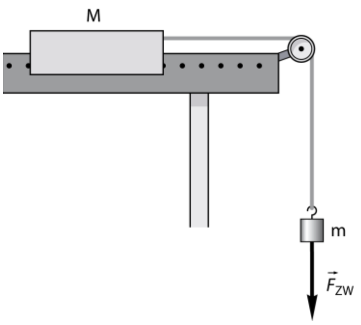
b $F_{\text{res,B}} = F_{\text{res,A}} = 4{,}8 \text{ N}; \; F_{\text{res,B}} = m_{\text{B}} \cdot a_{\text{B}}$

$\rightarrow m_{\text{B}} = \dfrac{F_{\text{res,B}}}{a_{\text{B}}} = \dfrac{4{,}8}{2{,}0} = 2{,}4 \text{ kg}$

c
$$\left.\begin{array}{l} m_{\text{A+B}} = m_{\text{A}} + m_{\text{B}} = 1{,}6 + 2{,}4 = 4{,}0 \text{ kg} \\ F_{\text{res,totaal}} = 4{,}8 \text{ N} \end{array}\right\} \rightarrow a_{\text{totaal}} = \frac{F_{\text{res,totaal}}}{m_{\text{A+B}}} = \frac{4{,}8}{4{,}0} = 1{,}2 \text{ m/s}^2$$

Opgave 49

a Zie figuur 3.21. De versnellende kracht is de zwaartekracht die op m werkt.
$F_{\text{zw}} = m \cdot g = 10{,}0 \cdot 10^{-3} \times 9{,}81 = 9{,}81 \cdot 10^{-2}$ N



Figuur 3.21

b Er worden twee massa's versneld; de totale massa is $m_{\text{totaal}} = m + M = 210$ g.

c $\left.\begin{array}{l} m_{\text{totaal}} = 0{,}210 \text{ kg} \\ F_{\text{res,totaal}} = 9{,}81 \cdot 10^{-2} \text{ N} \end{array}\right\} \rightarrow a_{\text{totaal}} = \dfrac{F_{\text{res,totaal}}}{m_{\text{totaal}}} = \dfrac{9{,}81 \cdot 10^{-2}}{0{,}210} = 0{,}467 \text{ m/s}^2$

d $x_t = \frac{1}{2}at^2 \rightarrow 1{,}2 = \frac{1}{2} \times 0{,}467 \times t^2 \rightarrow t = 2{,}3$ s

Opgave 50

a Volgens de tweede wet van Newton wordt de versnelling bepaald door de grootte van de kracht én door de grootte van de massa: $a = \dfrac{F}{m}$. Is de massa erg klein, zoals bij het elektron, dan kan zelfs bij een kleine kracht de versnelling erg groot zijn.

b $m_e = \dfrac{F}{a} = \dfrac{2{,}2 \cdot 10^{-16}}{2{,}2 \cdot 10^{14}} = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg

Opgave 51

a $\left.\begin{array}{l} v_{\text{begin}} = 86 \text{ km/h } = 23{,}9 \text{ m/s} \\ v_{\text{eind}} = 50 \text{ km/h } = 13{,}9 \text{ m/s} \end{array}\right\} \rightarrow \Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}} = 13{,}9 - 23{,}9 = -10 \text{ m/s}$

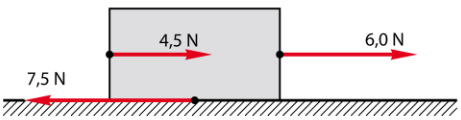
$a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{-10}{4{,}0} = -2{,}5 \text{ m/s}^2 \rightarrow F_{\text{res}} = m \cdot a = 1{,}2 \cdot 10^3 \times -2{,}5 = -3{,}0 \cdot 10^3 \text{ N}$

b Om de snelheid te laten afnemen, moet de kracht tegen de bewegingsrichting in werken.

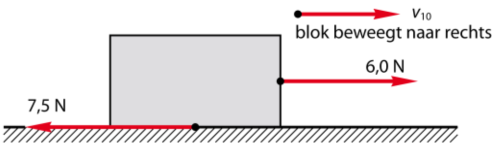
Opgave 52

a Zie figuur 3.22.
$F_{\text{res},0} = 4{,}5 + 6{,}0 - 7{,}5 = 3{,}0$ N; naar rechts.
$a_0 = \dfrac{F_{\text{res},0}}{m} = \dfrac{3{,}0}{15} = 0{,}20 \text{ m/s}^2$; naar rechts.

b Zie figuur 3.23.
$F_{\text{res},10} = 6{,}0 - 7{,}5 = -1{,}5$ N
$\rightarrow$ de richting van $F_{\text{res},10}$ is naar links (tegengesteld aan de bewegingsrichting).
$a_{10} = \dfrac{F_{\text{res},10}}{m} = \dfrac{-1{,}5}{15} = -0{,}10 \text{ m/s}^2$
Het blok vertraagt vanaf $t = 10$ s, en de vertraging is 0,10 m/s^2.



Figuur 3.22



Figuur 3.23

c Het karretje komt tot stilstand als de toename van de snelheid in de eerste 10 seconden tenietgedaan is door de afname van de snelheid in de periode erna. Dus eerst bereken je hoe groot de snelheid is op $t = 10$ s.
$v(10) = a_0 \cdot t = 0{,}20 \times 10 = 2{,}0$ m/s
Daarna bereken je hoe lang het duurt voordat die snelheid weer tot 0 is afgenomen.

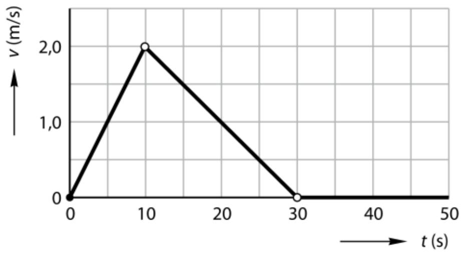
$$\left.\begin{array}{l} a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t_{\text{rem}}} = \dfrac{v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}}{\Delta t_{\text{rem}}} \\ a = -0{,}10 \text{ m/s}^2 \\ v_{\text{eind}} = 0 \text{ m/s}; v_{\text{begin}} = 2{,}0 \text{ m/s} \end{array}\right\} \rightarrow -0{,}10 = \dfrac{0 - 2{,}0}{\Delta t_{\text{rem}}} \rightarrow \Delta t_{\text{rem}} = 20 \text{ s}$$

→ eerst 10 s versnellen, daarna 20 s afremmen → de totale beweging duurt 30 s.

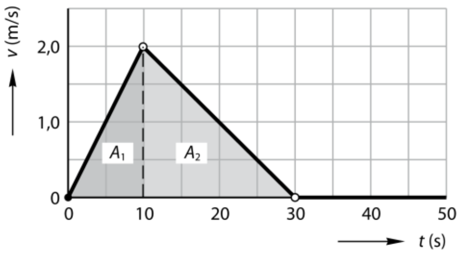
d Gedurende de eerste 10 seconden is de resulterende kracht constant en treedt er een constante versnelling op.
De snelheid neemt dus eenparig toe van 0 tot 2,0 m/s.
Na t = 10 s is de resulterende kracht die de afremming veroorzaakt constant en treedt er dus een constante vertraging op. De snelheid neemt dus vanaf t = 10 s eenparig af tot 0 m/s. Zie figuur 3.24a.

e In hoofdstuk 2 is te vinden dat je uit een (v,t)-diagram de verplaatsing kunt bepalen door de oppervlakte te bepalen onder de grafiek. Omdat de hele beweging altijd dezelfde richting heeft, is de verplaatsing gelijk aan de afgelegde weg. Zie figuur 3.24b.

$$s = A_1 + A_2$$
$$s = \tfrac{1}{2} \times 10 \times 2,0 + \tfrac{1}{2} \times (30 - 10) \times 2,0$$
$$s = 10 + 20 = 30 \text{ m}$$



Figuur 3.24a



Figuur 3.24b

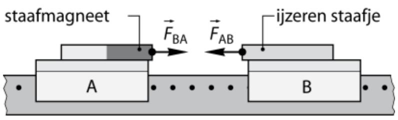
3.6 De derde wet van Newton; actie en reactie

Opgave 56

Ja, A zal naar B toe bewegen. Zie figuur 3.25.

$$\vec{F}_{\text{actie}} = -\vec{F}_{\text{reactie}} \rightarrow \vec{F}_{\text{BA}} = -\vec{F}_{\text{AB}}$$

Als A een kracht op B uitoefent ($\vec{F}_{\text{AB}}$), dan oefent B een even grote kracht op A uit ($\vec{F}_{\text{BA}}$). Dus zal A, na loslaten, in beweging komen.



Figuur 3.25

Opgave 57

a Dus moet de appel ook de aarde aantrekken.

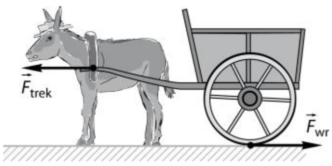
b $\vec{F}_{\text{actie}} = -\vec{F}_{\text{reactie}}$; beide krachten zijn even groot.

c De tweede wet van Newton luidt $F = m \cdot a$.
De kleine kracht van de aarde op de appel is even groot als de kracht van de appel op de aarde. Aangezien de massa van de aarde zeer groot is, zal de versnelling van de aarde zeer klein (onmeetbaar klein) zijn.

Opgave 58

a Een actiekracht en een reactiekracht werken niet op hetzelfde voorwerp. Ze kunnen elkaars werking dus nooit opheffen.

b Zie figuur 3.26. De trekkracht $\vec{F}_{\text{trek}}$ die de ezel op de kar uitoefent en de wrijvingskracht $\vec{F}_{\text{wr}}$ die de kar ondervindt.



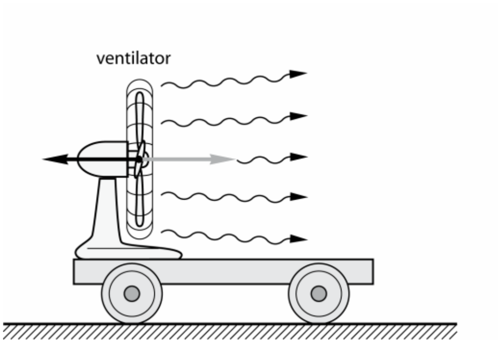
Figuur 3.26

Opgave 59

Voor een snelheidsverandering van het geheel is een resulterende kracht op het geheel nodig. Patrick duwt tegen z'n moeder, maar moeders rug oefent een reactiekracht uit op Patricks handen. Deze krachten werken dus 'binnen het geheel'. Ze zijn tegengesteld gericht en even groot. De resulterende kracht op het geheel van fiets, moeder en Patrick is dus nul.

Opgave 60

Zie figuur 3.27.
Als het karretje zou gaan bewegen, is dat omdat er een kracht op het wagentje werkt die niet door een andere kracht opgeheven wordt. De ventilator levert een kracht waarmee lucht naar rechts wordt weggeduwd. Dat leidt tot een reactiekracht van de weggeblazen lucht op de ventilator naar links.
In horizontale richting werken er behalve deze reactiekracht en de te verwaarlozen rolweerstand geen andere krachten op het wagentje. Het karretje zal dus versneld naar links gaan bewegen.
Opmerking
De versnelling zal afnemen, omdat bij toenemende snelheid van het karretje de luchtweerstand groter wordt, en omdat de omringende lucht ten opzichte van het karretje hoe langer hoe sneller naar rechts beweegt.
De resulterende kracht zal daardoor afnemen tot nul, waarna de beweging eenparig zal zijn.



Figuur 3.27

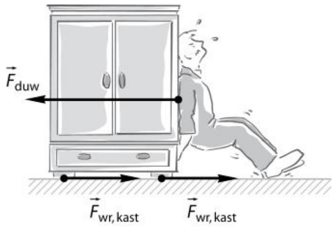
3.7 Krachten in het dagelijkse leven

Opgave 69

a De massa op de maan is ook 0,60 kg. Massa is een eigenschap van het voorwerp en is overal hetzelfde.
b De uitrekking van de veerunster is op aarde het grootst, omdat de zwaartekracht op aarde ongeveer zesmaal zo groot is als op de maan.

Opgave 70 a Zie figuur 3.28.

b Op de kast werken $\vec{F}_{duw}$ (de duwkracht van de jongen) en $\vec{F}_{wr,kast}$ (de schuifwrijving tussen de kast en de vloer). Deze zijn met elkaar in evenwicht.



Figuur 3.28

Opgave 71 a Zie figuur 3.29a.
Blok A beweegt niet, dus de som van de krachten op A is nul. Op blok A werkt de zwaartekracht ($\vec{F}_{zw,A}$) naar beneden en de spankracht in het touw omhoog ($\vec{F}_{span,A}$); $\vec{F}_{zw,A}$ is even groot als $\vec{F}_{span,A}$ (het aangrijpingspunt van de zwaartekracht is het zwaartepunt Z_A; het aangrijpingspunt van de spankracht is de plaats waar het koord vastgemaakt is aan het blok).

b Zie figuur 3.29b.
Blok B beweegt niet, dus is de som van de krachten op blok B nul. Op blok B werkt de zwaartekracht ($\vec{F}_{zw,B}$) naar beneden, de spankracht in het touw ($\vec{F}_{span,B}$) omhoog en de normaalkracht ten gevolge van de vloer ($\vec{F}_{n,B}$) omhoog. Het touw beweegt niet, dus is de som van de krachten op het touw nul. De spankracht in het touw bij B ($\vec{F}_{span,B}$) is daarom gelijk aan die bij A ($\vec{F}_{span,A}$).
$\vec{F}_{span,A}$ is even groot als $\vec{F}_{span,B}$.
$\vec{F}_{zw,B}$ is 1,5 keer zo lang als $\vec{F}_{zw,A}$.
$\vec{F}_{n,B}$ is gelijk aan het verschil tussen $\vec{F}_{zw,B}$ en $\vec{F}_{span,B}$.

c Zie de figuren 3.29a en b.
In totaal zijn er bij de blokken vijf krachten in het spel; hiervan zijn er twee bekend en drie onbekend.
Bij B is de zwaartekracht bekend, de normaalkracht is onbekend en de spankracht is onbekend.
Bij A is de zwaartekracht bekend en de spankracht onbekend; maar die is te berekenen, omdat A in rust is.
Begin dus bij blok A.

d $F_{zw,A} = m_A \cdot g = 4{,}0 \times 9{,}81 = 39\text{ N} \rightarrow F_{span,A} = 39\text{ N}$

e $F_{zw,B} = m_B \cdot g = 6{,}0 \times 9{,}81 = 59\text{ N}$; $F_{span,B} = F_{span,A} = 39\text{ N} \rightarrow F_{n,B} = 20\text{ N}$

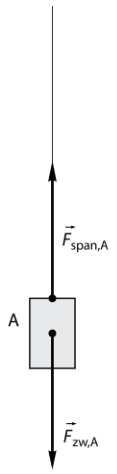
f Op de katrol werken in totaal drie krachten naar beneden, namelijk de zwaartekracht op de katrol en de twee spankrachten. Beide spankrachten zijn in grootte gelijk aan de zwaartekracht die op A werkt. Uit de verhouding tussen

de massa van A en die van de katrol is de verhouding te bepalen van de spankracht op A en de zwaartekracht op K.
Dat is ook de verhouding van de lengten van hun vectorpijlen.
m_A = 4,0 kg; m_{katrol} = 2,0 kg $\rightarrow m_{katrol} = \frac{1}{2} \cdot m_A \rightarrow F_{zw,K} = \frac{1}{2} \cdot F_{zw,A} = \frac{1}{2} \cdot F_{span,A}$
$\rightarrow F_{span,A} = F_{span,B} = 2 \cdot F_{zw,K}$
Zie figuur 3.29c.

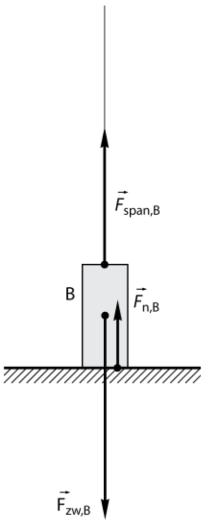
g Er is sprake van evenwicht, dus is de som van de krachten op de katrol nul. De som van de lengten van de drie vectoren die naar beneden gericht zijn, is even groot als $F_{span,K}$ omhoog. Zie figuur 3.29d.

h $F_{span,K} = F_{span,A} + F_{span,B} + F_{zw,K}$
$F_{zw,K} = m_K \cdot g$ = 2,0 × 9,81 = 20 N
$F_{span,K}$ = 39 + 39 + 20 = 98 N

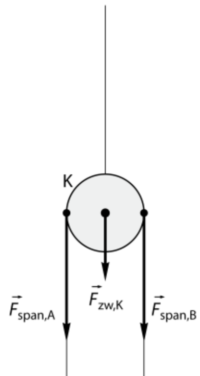
i De katrol en de twee blokken kunnen ook als één geheel worden opgevat. Op het ophangtouw werkt dan de zwaartekracht ten gevolge van de totale massa naar beneden, maar het effect daarvan wordt verminderd door de normaalkracht bij B omhoog.
$F_{z,totaal} = m_{totaal} \cdot g$ = 12,0 × 9,81 = 118 N
$F_{n,B}$ = 20 N $\rightarrow F_{span,K}$ = 118 – 20 = 98 N



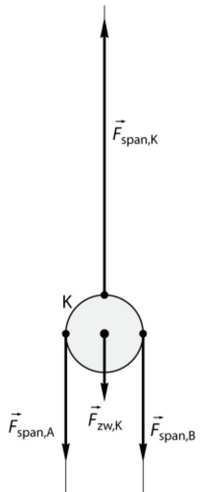
Figuur 3.29a



Figuur 3.29b



Figuur 3.29c



Figuur 3.29d

Opgave 72 a $F_{zw} = m \cdot g = 12{,}0 \times 9{,}81 = 118$ N

b De schaalfactor is 1 cm $\hat{=}$ 20 N

$118 \text{ N} \,\hat{=}\, \frac{118}{20} = 5{,}9 \text{ cm}$

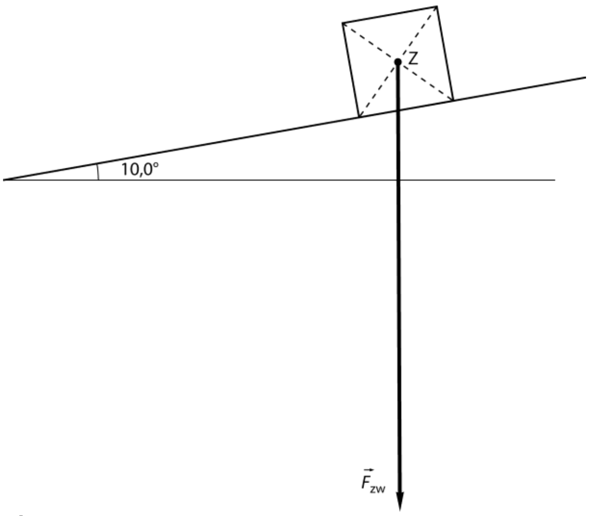
Het aangrijpingspunt van de zwaartekracht is het zwaartepunt Z.
Zie figuur 3.30a.

c Zie figuur 3.30b.
Teken door Z de lijn *a* evenwijdig aan het hellend vlak.
Teken door Z de lijn *b* loodrecht op het hellend vlak.
Teken door P de lijn *d* evenwijdig aan lijn *a*.
Noem het snijpunt van lijn *b* met lijn *d* Q.

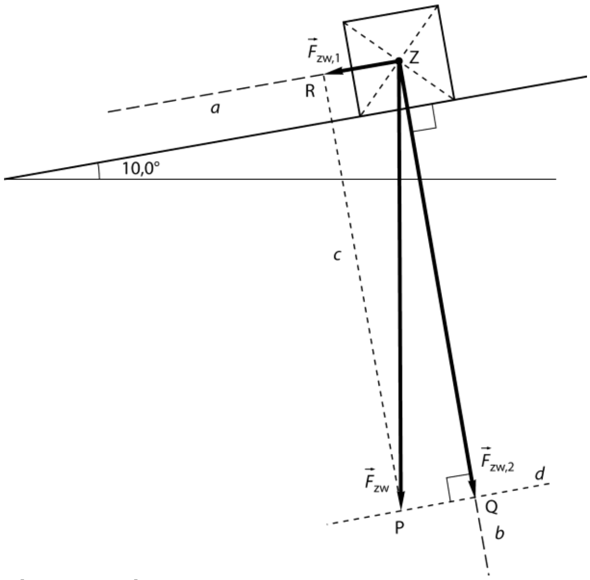
De component van de zwaartekracht loodrecht op de helling is $\vec{F}_{zw,2}$ = ZQ.

Teken door P de lijn *c* evenwijdig aan lijn *b*.
Noem het snijpunt van lijn *a* met lijn *c* R.

De component van de zwaartekracht langs de helling is $\vec{F}_{zw,1}$ = RZ.



Figuur 3.30a



Figuur 3.30b

d Loodrecht op de helling zijn de krachten in evenwicht, want het blok blijft op de helling. Loodrecht op de helling werkt behalve $\vec{F}_{zw,2}$ alleen $\vec{F}_{n}$. Dan is volgens de eerste wet van Newton F_n even groot als $F_{zw,2}$. Het aangrijpingspunt van $\vec{F}_{n}$ is het midden van het ondervlak van het blok (A). Meet dus de lengte van $\vec{F}_{zw,2}$ (ZC) op en teken een pijl met deze lengte schuin omhoog in het verlengde van $\vec{F}_{zw,2}$ en met het aangrijpingspunt in het midden van het ondervlak van het blok (AB).
Zie figuur 3.30c.

e Zie figuur 3.30c.
Meet de lengte van AB op.
AB = 5,8 cm
De schaalfactor is 1 cm $\hat{=}$ 20 N $\rightarrow F_n = 5{,}8 \times 20 \text{ N} = 1{,}2 \cdot 10^2$ N.

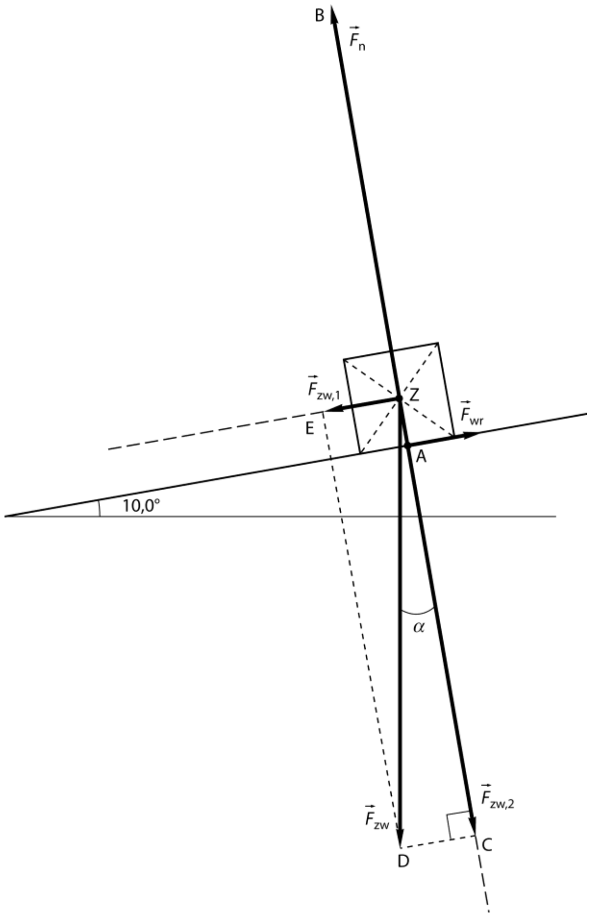
f Zie figuur 3.30c.
F_n (AB) is even groot als $F_{zw,2}$ (ZC).
Berekening ZC in ΔZCD:

$$\cos\alpha = \frac{ZC}{ZD} = \frac{F_{zw,2}}{F_{zw}}$$

$$\rightarrow F_{zw,2} = F_{zw} \cdot \cos\alpha = 118 \times \cos 10,0° = 116 \text{ N}$$

→ F_n = 116 N

g Zie figuur 3.30c.
Evenwijdig aan de helling zijn de krachten in evenwicht, want het blok ligt stil op de helling.
De schuifwrijving F_{wr} is in evenwicht met de component van de zwaartekracht langs het vlak, $F_{zw,1}$.
Bepaling grootte $F_{zw,1}$:
Eerste manier (opmeten in figuur 3.30c)
Meet de afstand ZE. Deze is ongeveer 1,0 cm.
→ $F_{zw,1}$ = 20 N
→ F_{wr} = 20 N
Tweede manier (berekenen)
Zie figuur 3.30c.
De afstand ZE is even lang als de afstand DC.



Figuur 3.30c

In ΔZCD:

$$\sin\alpha = \frac{\text{DC}}{\text{ZD}} = \frac{F_{\text{zw,1}}}{F_{\text{zw}}}$$

$$\rightarrow F_{\text{zw,1}} = F_{\text{zw}} \cdot \sin\alpha = 118 \times \sin 10{,}0° = 20{,}5 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{\text{wr}} = 20{,}5 \text{ N}$$

Of met de stelling van Pythagoras:

$$\text{ZD}^2 = \text{DC}^2 + \text{ZC}^2$$

$$F_{\text{zw}}^2 = F_{\text{zw,1}}^2 + F_{\text{zw,2}}^2$$

$$\rightarrow F_{\text{zw,1}}^2 = F_{\text{zw}}^2 - F_{\text{zw,2}}^2$$

$$\rightarrow F_{\text{zw,1}} = \sqrt{F_{\text{zw}}^2 - F_{\text{zw,2}}^2} = \sqrt{118^2 + 116^2} = 21{,}6 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{\text{wr}} = 21{,}6 \text{ N}$$

Opmerking

De verschillen in de uitkomsten voor de grootte van F_{wr} komen door het tussentijds afronden.

Opgave 73

a Die horizontale krachten zijn: de motorkracht naar de ene kant en de totale wrijvingskracht (rolweerstand en luchtweerstand) naar de andere kant.

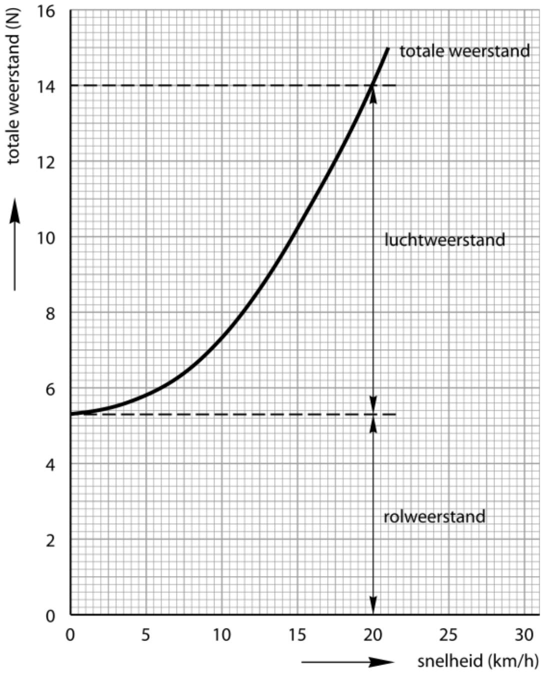
b Tijdens het optrekken is de motorkracht groter dan de totale wrijvingskracht.

c Bij het toenemen van de snelheid zal de luchtweerstand een steeds grotere rol gaan spelen. Op een gegeven moment is de motorkracht even groot als de totale wrijvingskracht (rolweerstand + luchtweerstand). Vanaf dat moment rijdt de brommer met constante snelheid.

Opgave 74

a Zie figuur 3.31.
De rolweerstand is F_{rol} = 5,3 N.
De totale weerstand bij 20 km/uur is $F_{\text{totaal 20}}$ = 14,0 N
$\rightarrow$ de luchtweerstand bij 20 km/uur is $F_{\text{lucht 20}}$ = 8,7 N.

b Zie figuur 3.31.



Figuur 3.31

Bij 15 km/h is de totale weerstand 10,2 N

→ als de fietser ophoudt met trappen, dan remt de fietser af met een remkracht van 10,2 N

$$\left.\begin{array}{l} F_{\text{rem}} = 10{,}2\ \text{N} \\ F = m \cdot a \end{array}\right\} \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{10{,}2}{70} = 0{,}15\ \text{m/s}^2$$

→ de vertraging = 0,15 m/s²

c Vlak voor de fietser tot stilstand komt, is de luchtweerstand te verwaarlozen en ondervindt de fietser alleen rolwrijving.

De rolweerstand is F_{rol} = 5,3 N

$$\left.\begin{array}{l} F_{\text{rol}} = 5{,}3\ \text{N} \\ F = m \cdot a \end{array}\right\} \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{5{,}3}{70} = 0{,}076\ \text{m/s}^2$$

→ de vertraging = 0,076 m/s²

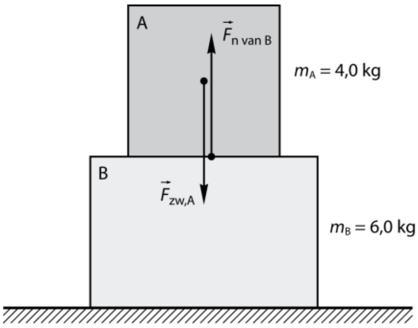
3.8 De wetten van Newton toepassen

Opgave 75

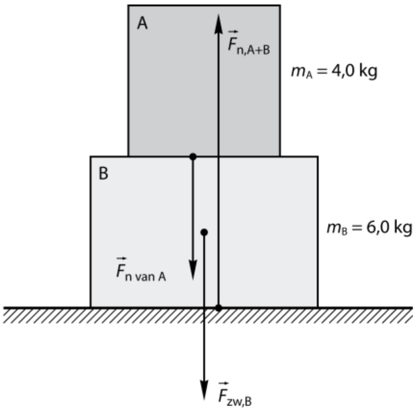
a $F_{\text{zw,A}} = m_{\text{A}} \cdot g$ = 4,0 × 9,81 = 39 N

$F_{\text{zw,B}} = m_{\text{B}} \cdot g$ = 6,0 × 9,81 = 59 N

b Zie figuur 3.32a voor de krachten op blok A en figuur 3.32b voor de krachten op blok B.



Figuur 3.32a



Figuur 3.32b

c Aangezien A stilligt, is $F_{\text{res op A}}$ = 0 N. Dan is $F_{\text{n van B}} = F_{\text{zw,A}}$ = 39 N.

d A ligt stil. De normaalkracht die A van het bovenvlak van blok B ondervindt, is 39 N.

In deze situatie is het gewicht van A gelijk aan die normaalkracht en tegengesteld gericht. Dan is F_{gew} = 39 N.

e Blokken A en B liggen stil.

De totale massa is $m_{\text{tot}} = m_{\text{A}} + m_{\text{B}}$ = 4,0 + 6,0 = 10,0 kg.

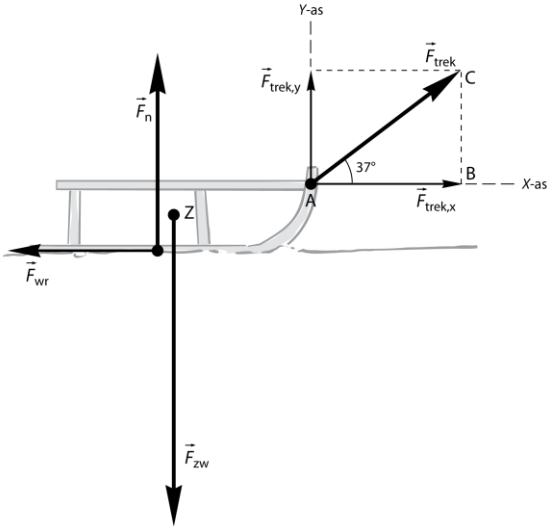
De zwaartekracht op A en B samen is

$F_{\text{zw,tot}} = m_{\text{tot}} \cdot g$ = 10,00 × 9,81 = 98,1 N

De normaalkracht die de vloer op B uitoefent, is dus ook 98,1 N.

In deze situatie oefenen A en B samen een kracht van 98,1 N op de ondergrond uit.

Opgave 76 a Zie figuur 3.33a.



Figuur 3.33a

In ΔABC geldt:

$$\cos 37° = \frac{AB}{AC}$$

$$\rightarrow AB = F_{trek,x} = F_{trek} \cdot \cos 37°$$

$$\rightarrow F_{trek,x} = 25 \times \cos 37° = 20 \text{ N}$$

$$\sin 37° = \frac{CB}{AC}$$

$$\rightarrow CB = F_{trek,y} = F_{trek} \cdot \sin 37°$$

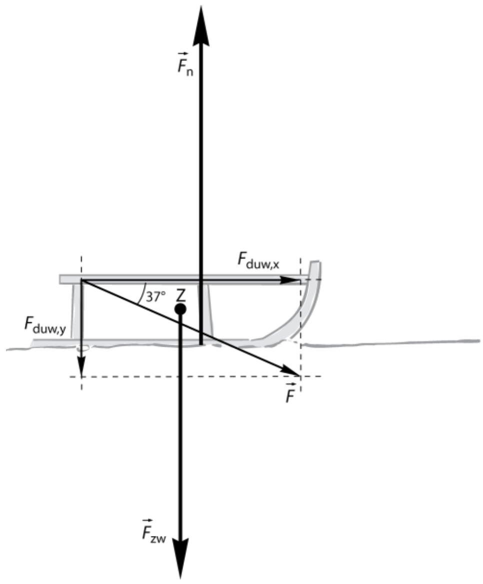
$$\rightarrow F_{trek,y} = 25 \times \sin 37° = 15 \text{ N}$$

b Zie figuur 3.33a. De snelheid van het sleetje is constant.
De horizontale component van de trekkracht $F_{trek,x}$ is even groot als de wrijvingskracht F_{wr}.
$F_{wr} = F_{trek,x} = 20$ N

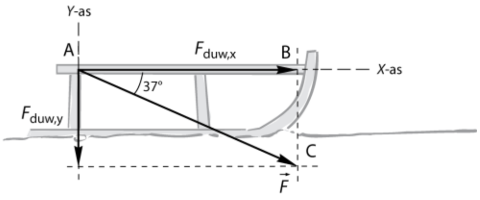
c Het sleetje beweegt niet in de verticale richting, dus moeten in die richting volgens de eerste wet van Newton alle (componenten van de) krachten elkaar opheffen.
De zwaartekracht op het sleetje F_{zw} naar beneden moet even groot zijn als de verticale component van de trekkracht $F_{trek,y}$ + de normaalkracht F_n.
$F_{zw} = F_{trek,y} + F_n \rightarrow 5{,}0 \times 9{,}81 = 15 + F_n \rightarrow F_n = 49 - 15 = 34$ N

d De grootte van de wrijvingskracht wordt bepaald door de kracht waarmee de slee op de ondergrond steunt. Hoe groter die kracht, hoe groter de wrijvingskracht. Als de duwkracht naar beneden is gericht, zal er een grotere kracht op de ondergrond worden uitgeoefend dan bij de trekkracht. Dan is dus ook de wrijvingskracht groter.

e Zie figuur 3.33b. Het sleetje beweegt niet in de verticale richting, dus moeten in die richting volgens de eerste wet van Newton alle (componenten van de) krachten elkaar opheffen.
De zwaartekracht op het sleetje F_{zw} naar beneden + de verticale component van de duwkracht $F_{duw,y}$ naar beneden moet even groot zijn als de normaalkracht F_n naar boven.
$F_{zw} + F_{duw,y} + F_n$
Zie figuur 3.33c.



Figuur 3.33b



Figuur 3.33c

In ΔABC geldt:

$\sin 37° = \dfrac{CB}{AC} \rightarrow CB = F_{duw,y} = F_{duw} \cdot \sin 37°$

$\rightarrow F_{duw,y} = 25 \times \sin 37° = 15$ N

$\rightarrow F_n = F_{zw} + F_{duw,y} = 5{,}0 \times 9{,}81 + 15 = 49 + 15 = 64$ N

f De maximale wrijvingskracht en de normaalkracht zijn recht evenredig zijn met elkaar.
De normaalkracht bij vraag c is $F_{n,c} = 34$ N, de normaalkracht in vraag e $F_{n,e} = 64$ N.

$\rightarrow$ de normaalkracht is toegenomen met de factor $\dfrac{64}{34} = 1{,}88$

$\rightarrow$ de wrijvingskracht is dus ook toegenomen met een factor 1,88

$\rightarrow F_{wr,duw} = 1{,}88 \times 20 = 38$ N

g Of het sleetje beweegt, en hoe, hangt af van F_{res} in de horizontale richting.
Zie figuur 3.33b.
In ΔABC geldt:

$\cos 37° = \dfrac{AB}{AC} \rightarrow AB = F_{duw,x} = F_{duw} \cdot \cos 37° = 25 \times \cos 37° = 20$ N

$\rightarrow F_{duw,x}$ is kleiner dan $F_{wr,duw} \rightarrow$ het sleetje komt bij het duwen niet in beweging.

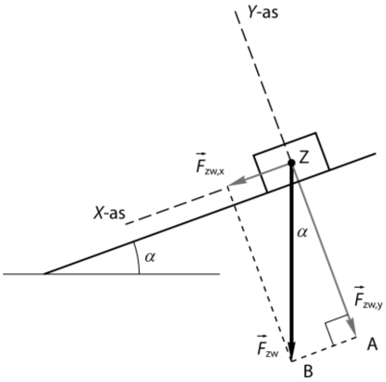
Opgave 77

a Zie figuur 3.34a.

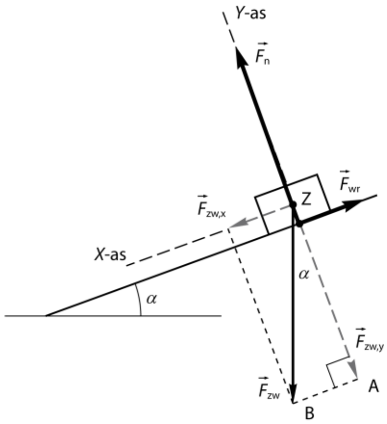
b De andere twee krachten zijn de normaalkracht en de wrijvingskracht.

c Zie figuur 3.34b. Het blokje beweegt met constante snelheid langs de helling omlaag, dus zowel langs als loodrecht op de helling geldt de eerste wet van Newton.
De krachten langs de *X*-as zijn samen nul, dus: $F_{wr} = F_{zw,x}$.
De krachten langs de *Y*-as zijn samen nul, dus: $F_n = F_{zw,y}$.

d De wrijvingskracht is in grootte gelijk aan $F_{zw,x}$ en de normaalkracht is in grootte gelijk aan $F_{zw,y}$.



Figuur 3.34a



Figuur 3.34b

Zie figuur 3.34a.
$F_{zw} = m \cdot g = 5{,}0 \times 9{,}81 = 49$ N
In ΔBAZ geldt:

$$\sin\alpha = \sin 12° = \frac{BA}{BZ} \rightarrow BZ = F_{zw,x} = F_z \cdot \sin 12° = 49 \times \sin 12° = 10 \text{ N}$$

$$\cos\alpha = \cos 12° = \frac{AZ}{BZ} \rightarrow AZ = F_{zw,y} = F_z \cdot \cos 12° = 49 \times \cos 12° = 48 \text{ N}$$

$\rightarrow F_{wr} = 10$ N en $F_n = 48$ N

e Alle krachten die op het sleetje werken (F_{zw}, F_{wr} en F_n) zijn constant. Langs de helling werken alleen $F_{zw,x}$ en F_{wr}. De zwaartekrachtcomponent $F_{zw,x}$ is nu groter dan F_{wr}, dus is er een constante resulterende kracht langs de helling naar beneden. Die levert volgens de tweede wet van Newton een constante versnelling. De beweging is dus eenparig versneld.

f Zie figuur 3.34b.
In ΔBAZ geldt nu:
$F_{zw,x} = F_z \cdot \sin 14° = 49 \times \sin 14° = 11{,}85$ N
$F_{wr} = 10$ N
$\rightarrow F_{res} = 1{,}85$ N naar beneden

$$\rightarrow a = \frac{F_{res}}{m} = \frac{1{,}85}{5{,}0} = 0{,}37 \text{ m/s}^2$$

Opgave 78

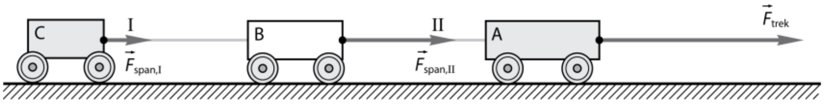
a Zie figuur 3.35a.

$$\left.\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ m &= m_{totaal} = m_A + m_B + m_C \\ F &= F_{trek} \end{aligned}\right\} \rightarrow a = \frac{F_{trek}}{m_{totaal}} = \frac{4{,}5}{(0{,}80 + 0{,}60 + 0{,}40)} = \frac{4{,}5}{1{,}8} = 2{,}5 \text{ m/s}^2$$

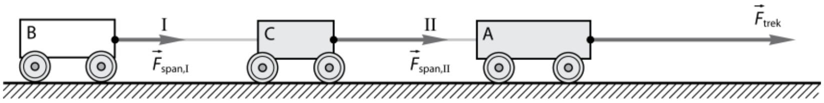
b Zie figuur 3.35a.
$F_{span,I} = m_C \cdot a = 0{,}40 \times 2{,}5 = 1{,}0$ N

c Zie figuur 3.35a.
$F_{span,II} = (m_B + m_C) \cdot a = (0{,}60 + 0{,}40) \times 2{,}5 = 2{,}5$ N

Figuur 3.35a



d Zie figuur 3.35b.
Het antwoord bij vraag a verandert niet. Worden B en C van plaats verwisseld, dan blijft de totale massa gelijk. Uit $F_{trek} = m_{totaal} \cdot a$ volgt dan dat de uitkomst van vraag a niet verandert.



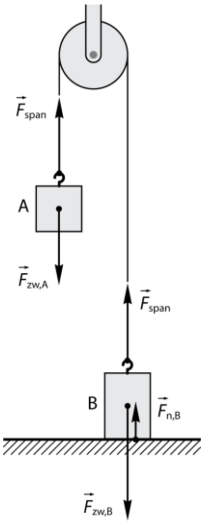
Figuur 3.35b

e De uitkomst van vraag b verandert wel. Touwtje I moet nu B in beweging brengen in plaats van C. De massa van B is groter dan die van C. De spankracht in touwtje I wordt groter.

f Het antwoord bij onderdeel c verandert niet. Touwtje II moet nog steeds B en C samen in beweging brengen.

Opgave 79

a Zie figuur 3.36.



Figuur 3.36

De eerste wet van Newton is zowel op A als op B van toepassing, want beide bewegen niet. De situatie bij A is het eenvoudigst.
Naar beneden: $F_{zw,A} = m_A \cdot g = 0{,}40 \times 9{,}81 = 3{,}9$ N.
Naar boven: de spankracht in het koord $F_{span} = 3{,}9$ N.

b Zie figuur 3.36. De normaalkracht op B is loodrecht op het ondersteunende oppervlak omhoog gericht en werkt op de onderkant van B.
De zwaartekracht op B is groter dan de spankracht van het koord, omdat de massa van A kleiner is dan die van B.
Uit het feit dat B in rust is, volgt dat de resulterende kracht op B nul is. Er moet dus een kracht zijn, de normaalkracht, die de spankracht helpt om evenwicht te maken met de zwaartekracht. Aangezien de normaalkracht op B werkt, moet hij ook op (de onderkant van) B aangrijpen.

c Blok B beweegt niet, dus moeten volgens de eerste wet van Newton alle (componenten van de) krachten elkaar opheffen.
De zwaartekracht op blok B $F_{zw,B}$ naar beneden gericht, moet even groot zijn als de spankracht F_{span} + de normaalkracht op B $F_{n,B}$ naar boven.
$F_{zw,B} = F_{span} + F_{n,B}$
$\rightarrow 0{,}60 \times 9{,}81 = 3{,}9 + F_{n,B}$
$\rightarrow F_{n,B} = 5{,}9 - 3{,}9 = 2{,}0$ N

Opgave 80

a We bekijken alle krachten die op de auto en de caravan werken:

– de aandrijfkracht F_{motor}: 1,65 kN
– de totale weerstand op de auto en de caravan:
(0,25 + 0,20 + 0,15 + 0,55) = 1,15 kN
– de resulterende kracht op de auto en de caravan:
F_{res} = 1,65 – 1,15 = 0,50 kN

De totale massa van de auto en de caravan:

$m_{totaal} = m_{auto} + m_{caravan} = 1{,}2 \cdot 10^3 + 8{,}0 \cdot 10^2 = 2{,}0 \cdot 10^3$ kg

$F_{res} = m_{totaal} \cdot a \rightarrow 0{,}50 \cdot 10^3 = 2{,}0 \cdot 10^3 \times a \rightarrow a = 0{,}25$ m/s^2

b Zie figuur 3.37.

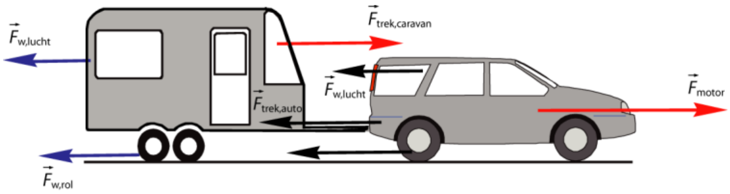
Op de caravan werken horizontaal drie krachten: de kracht van de trekhaak ($F_{trek,caravan}$) en twee wrijvingskrachten ($F_{w,rol}$ en $F_{w,lucht}$). De resulterende kracht op de caravan ($F_{res,caravan}$) veroorzaakt de versnelling

$\rightarrow F_{res,caravan} = F_{trek,caravan} - F_{w,rol} - F_{w,lucht}$

$F_{res,caravan} = m_{caravan} \cdot a = 8{,}0 \cdot 10^2 \times 0{,}25 = 2{,}0 \cdot 10^2$ N

$\rightarrow 2{,}0 \cdot 10^2 = F_{trek,caravan} - 0{,}15 \cdot 10^3 - 0{,}55 \cdot 10^3$

$\rightarrow F_{trek,caravan} = 9{,}0 \cdot 10^2$ N = 0,90 kN



Figuur 3.37

c Zie figuur 3.37.

Op de auto werken horizontaal vier krachten: de kracht van de motor (F_{motor}), de kracht van de trekhaak ($F_{trek,auto}$) en twee wrijvingskrachten ($F_{w,rol}$ en $F_{w,lucht}$). De resulterende kracht op de auto ($F_{res,auto}$) veroorzaakt de versnelling

$\rightarrow F_{res,auto} = F_{motor} - F_{trek,auto} - F_{w,rol} - F_{w,lucht}$

$F_{res,auto} = m_{auto} \cdot a = 1{,}2 \cdot 10^3 \times 0{,}25 = 3{,}0 \cdot 10^3$ N = 0,30 kN

$\rightarrow 3{,}0 \cdot 10^3 = 1{,}65 \cdot 10^3 - F_{trek,auto} - 0{,}25 \cdot 10^3 - 0{,}20 \cdot 10^3$

$\rightarrow F_{trek,auto} = 9{,}0 \cdot 10^2$ N = 0,90 kN