

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.1 Krachten en hun eigenschappen

Opgave 1

- a Banden hard oppompen.
Lichte materialen gebruiken.

$$b \quad F_{w,lucht} = \frac{1}{2} \rho \cdot C_w \cdot A \cdot v^2$$

$$N = \text{kg m}^{-3} \cdot [C_w] \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{m s}^{-1})^2$$

$$N = \text{kg m}^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot [C_w] \cdot \text{m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$N = [C_w] \cdot \text{kg m s}^{-2}$$

In BINAS tabel 4 staat: kracht in $N = \text{kg m s}^{-2}$.

$$\text{dus } \text{kg m s}^{-2} = [C_w] \cdot \text{kg m s}^{-2}$$

$$1 = [C_w]$$

De luchtweerstandcoëfficiënt heeft geen eenheid.

- c Een gebogen houding zorgt voor:
- een kleinere frontale oppervlakte;
 - een kleinere luchtweerstandcoëfficiënt.
- Als je ervan uitgaat dat de trapkracht hetzelfde blijft, zal de snelheid toenemen.

Opgave 2

- a De zwaartekracht is naar beneden gericht.
Het aangrijpingspunt is het midden van het blokje: punt Z.
De lengte mag je zelf kiezen.
De veerkracht is naar boven gericht.
Het aangrijpingspunt is het contactpunt tussen de veer en het blokje.

De lengte is gelijk aan die van de zwaartekracht.

Zie figuur 3.1.

- b De veerconstante bereken je met behulp van de formule voor de veerkracht.
De veerkracht volgt uit de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$m = 142 \text{ g} = 142 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{zw} = 142 \cdot 10^{-3} \times 9,81 = 1,393 \text{ N}$$

$$F_{veer} = C \cdot u$$

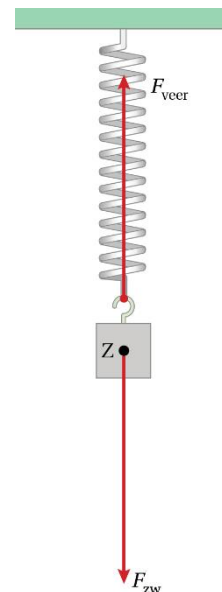
$$F_{veer} = F_{zw} = 1,393 \text{ N}$$

$$u = 11,3 \text{ cm} = 0,113 \text{ m}$$

$$1,393 = C \times 0,113$$

$$C = 12,32 \text{ N m}^{-1}$$

Afgerond: $C = 12,3 \text{ N m}^{-1}$.



Figuur 3.1

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 3

Een veerconstante bereken je met de formule voor de veerkracht:

$$F_{\text{veer}} = C \cdot u.$$

Om iets over de veerconstante te kunnen zeggen, bespreek je de veerkracht en de uitrekking.

Stel dat elke veerunster een kracht van 0,1 N aangeeft.

In figuur 3.14 van het leerboek lees je dan af dat veerunster B de grootste uitrekking krijgt en veerunster A de kleinste.

De veerconstante van B is dan het kleinst en die van A het grootst.

De volgorde is B, C, A.

Opgave 4

- a Vanaf $u = 8,0$ cm rek je twee veren tegelijkertijd uit.
Je hebt daardoor een grotere kracht nodig om een veer een centimeter extra uit te rekken.
- b De veerconstante van veer A bereken je met behulp van de formule voor de veerkracht toegepast op veer A.
De veerkracht en de uitrekking bepaal je in figuur 3.15b van het leerboek.

$$F_{\text{veer,A}} = C_A \cdot u_A$$

$$F_{\text{veer,A}} = 3,0 \text{ N bij } 8,0 \text{ cm uitrekking.}$$

$$u_A = 8,0 \text{ cm} = 0,080 \text{ m}$$

$$3,0 = C \times 0,080$$

$$C_A = 37,5 \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } C_A = 38 \text{ N m}^{-1}.$$

- c De veerconstante van veer B bereken je met behulp van de formule voor de veerkracht toegepast op veer B.
De veerkracht van veer B bereken je met de totale kracht en de veerkracht van A bij $u = 16$ cm.
De totale kracht bepaal je in figuur 3.15b van het leerboek.
De veerkracht van veer A bij $u = 16$ cm bereken je met de formule voor de veerkracht toegepast op veer A.
De uitrekking van veer B bepaal je in figuur 3.15b van het leerboek.

$$\text{De uitrekking van veer B is } 16,0 - 8,0 = 8,0 \text{ cm.}$$

$$\text{De uitrekking van veer A is } 16,0 \text{ cm.}$$

De veerkracht van A is 3,0 N bij 8,0 cm uitrekking. Om veer A uit te rekken tot 16,0 cm, heb je 6,0 N nodig omdat de uitrekking en de kracht recht evenredig zijn.

Bij 16,0 cm is de totale veerkracht 8,0 N.

De veerkracht van veer B is dus $8,0 - 6,0 = 2,0$ N.

$$F_{\text{veer,B}} = C_B \cdot u_B$$

$$F_{\text{veer,B}} = 2,0 \text{ N}$$

$$u_B = 8,0 \text{ cm} = 0,080 \text{ m}$$

$$2,0 = C \times 0,080$$

$$C_B = 25,0 \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } C_B = 25 \text{ N m}^{-1}.$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 5

- a De massa bereken je met behulp van de formule voor de zwaartekracht.
De zwaartekracht bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.

De pijl is 2,4 cm lang. De krachtschaal is $1 \text{ cm} \triangleq 500 \text{ N}$.

$$F_{zw} = 2,4 \times 500 = 1,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

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

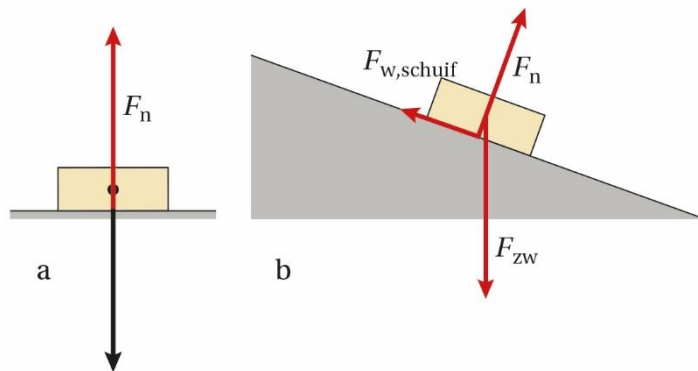
$$1,2 \cdot 10^3 = m \times 9,81$$

$$m = 1,22 \cdot 10^2 \text{ kg}$$

Afgerond: $m = 1,2 \cdot 10^2 \text{ kg}$.

- b De richting van de normaalkracht is altijd loodrecht op het ondersteunende vlak.
Het aangrijpingspunt is de plaats waar het ondersteunende vlak het voorwerp raakt of het midden van het contactoppervlak.
De lengte van de normaalkracht hangt af van de situatie: op een horizontaal vlak is de normaalkracht even groot als de zwaartekracht.

Zie figuur 3.2a.



Figuur 3.2

- c De zwaartekracht volgt uit de massa van het blok. Die massa is niet veranderd.
Dus de zwaartekracht blijft hetzelfde en daardoor blijft de krachtpijl 2,4 cm.
Op een helling is de normaalkracht kleiner dan op een horizontaal vlak als je hetzelfde voorwerp erop neerlegt.
De pijl van F_n teken je dus kleiner dan 2,4 cm.
De richting is loodrecht op het schuine vlak en het aangrijpingspunt is in het midden van het contactoppervlak.

Zie figuur 3.2b.

- d Een blok op een helling kan stil liggen of glijden. In beide gevallen zal er een schuifweerstandskracht $F_{w,schuif}$ zijn. Deze kracht grijpt aan in het midden van het contactoppervlak en is langs de helling omhoog gericht.

Zie figuur 3.2b.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 6

- a De schuifwrijvingscoëfficiënt bereken je met de formule voor de maximale schuifwrijvingskracht.
De normaalkracht is gelijk aan de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$F_{zw} = 7,2 \cdot 10^2 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 7,063 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{w,\max} = f \cdot F_n$$

$$F_{w,\max} = 6,0 \text{ kN} = 6,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_n = F_{zw} = 7,063 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$6,0 \cdot 10^3 = f \cdot 7,063 \cdot 10^3$$

$$\text{Hieruit volgt: } f = 0,849.$$

$$\text{Afgerond: } f = 0,85.$$

- b De snelheid bepaal je in figuur 3.17 met behulp van de remafstand van 30 m en een grafieklijn van de remkracht.
De remkracht bepaal je met behulp van de oorspronkelijke remkracht en het percentage dat de remkracht afneemt.

De schuifwrijvingscoëfficiënt neemt met 33% af, dus ook de remkracht.

Deze was 6,0 kN. De nieuwe remkracht is dus 33% kleiner en is dus 4,0 kN.

Aflezen bij de remafstand van 30 m op de grafieklijn van 4,0 kN levert een snelheid op van 66 km h^{-1} .

Opgave 7

- a Mylo heeft een veerunster aan het blokje vastgemaakt. Hij heeft vervolgens in horizontale richting met verschillende krachten aan het blokje getrokken. Als het blokje niet in beweging komt, weet je dat er een even grote kracht in tegengestelde richting is. Dit is dus de schuifwrijvingskracht.
- b Op het moment dat het blokje gaat bewegen is de maximale schuifwrijvingskracht bereikt. Op het moment dat het blokje begint te bewegen leest Mylo de veerunster af.
- c De schuifwrijvingscoëfficiënt bereken je met de formule voor de maximale schuifwrijvingskracht.
De normaalkracht is gelijk aan de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$m = 250 \text{ g} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$F_{zw} = 250 \cdot 10^{-3} \times 9,81$$

$$F_{zw} = 2,452 \text{ N}$$

$$F_{w,\max} = f \cdot F_n$$

$$F_{w,\max} = 2,2 \text{ N}$$

$$F_n = F_{zw} = 2,452 \text{ N}$$

$$2,2 = f \cdot 2,452$$

$$f = 0,897$$

$$\text{Afgerond: } f = 0,90.$$

- d In de formule van de schuifwrijvingskracht komt de grootte van de oppervlakte niet voor.
Dus zijn de meetresultaten bij proef 2 hetzelfde als bij proef 1.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.2 Krachten samenstellen

Opgave 8

- a I Als twee krachten in dezelfde richting werken, dan tel je de krachten bij elkaar op.

$$\begin{aligned} F_{\text{res}} &= F_{\text{Loebas}} + F_{\text{Pluto}} \\ F_{\text{res}} &= 80 + 50 \\ F_{\text{res}} &= 130 \text{ N} \end{aligned}$$

- II Als twee krachten in tegenovergestelde richting werken, dan trek je de krachten van elkaar af.

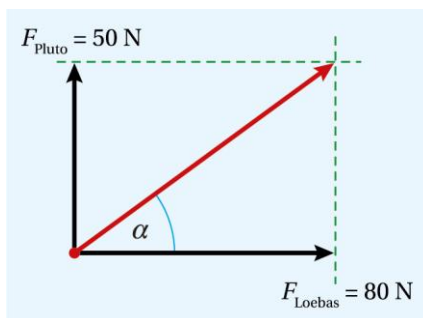
$$\begin{aligned} F_{\text{res}} &= F_{\text{Loebas}} - F_{\text{Pluto}} \\ F_{\text{res}} &= 80 - 50 \\ F_{\text{res}} &= 30 \text{ N} \end{aligned}$$

- b Als twee krachten een hoek van 90° met elkaar maken, bereken je de resulterende kracht met de stelling van Pythagoras.

$$\begin{aligned} F_{\text{res}}^2 &= F_{\text{Loebas}}^2 + F_{\text{Pluto}}^2 \\ F_{\text{res}}^2 &= 80^2 + 50^2 \\ F_{\text{res}} &= 94,3 \text{ N} \\ \text{Afgerond: } F_{\text{res}} &= 94 \text{ N.} \end{aligned}$$

- c Zie figuur 3.3.

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{\text{overstaande zijde}}{\text{aanliggende zijde}} = \frac{F_{\text{p}}}{F_{\text{l}}} = \frac{50}{80} = 0,625 \\ \alpha &= 32^\circ \end{aligned}$$



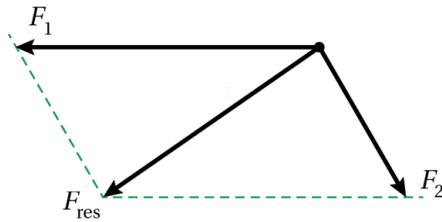
Figuur 3.3

Opgave 9

- a De grootte van de resulterende kracht bepaal je met de lengte van F_{res} en de krachterschaal. De krachterschaal is de grootte van de kracht, weergegeven door een pijl met een lengte van 1,0 cm. De lengte van F_{res} construeer je met de parallellogrammethode.

Zie figuur 3.4.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.4**

De lengte van de pijl F_1 is 4,0 cm. (opmeten in figuur 3.4)

$$4,0 \text{ cm} \triangleq 35 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 8,75 \text{ N}$$

De lengte van F_{res} is 3,5 cm. (opmeten in figuur 3.4)

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 8,75 \text{ N}$.

$$F_{\text{res}} = 3,5 \times 8,75 = 30,62 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{res}} = 31 \text{ N}$.

- b De hoek tussen F_1 en F_{res} bepaal je met een geodriehoek.

F_{res} maakt een hoek van 35° met F_1 . (opmeten in figuur 3.4)

Opgave 10

- a De krachten teken je met behulp van de krachtschaal.

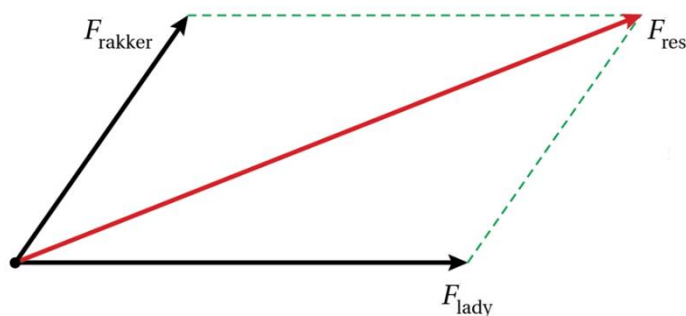
De krachtschaal is de grootte van de kracht, weergegeven door een pijl met een lengte van 1,0 cm.

$$4,0 \text{ cm} \triangleq 44 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 11 \text{ N}$$

De trekkracht van Lady (66 N) komt dus overeen met een lengte van 6,0 cm.

Zie figuur 3.5.

**Figuur 3.5**

- b De grootte van de resulterende kracht bepaal je met de lengte van F_{res} en de krachtschaal.

Zie figuur 3.5.

De lengte van de pijl van F_{res} is 8,9 cm. (opmeten in figuur 3.5)

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 11 \text{ N}$ (zie vraag a)

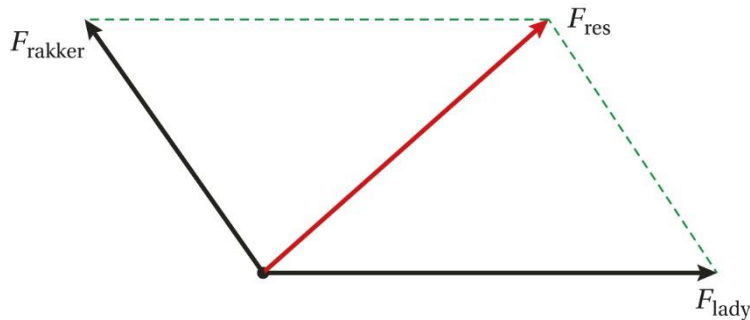
$$F_{\text{res}} = 8,9 \times 11 = 97,9 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{res}} = 98 \text{ N}$.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

c Zie figuur 3.6.

In figuur 3.5 trekt Rakker gedeeltelijk in dezelfde richting als Lady. In figuur 3.6 trekt Rakker gedeeltelijk in tegengestelde richting. Dus F_{res} is in figuur 3.6 kleiner dan in figuur 3.5.



Figuur 3.6

Opmerking

Figuur 3.6 is een tekening op schaal.

De lengte van de pijl van F_{res} is 5,0 cm. (opmeten in figuur 3.6)

$$F_{\text{res}} = 5,0 \times 11 = 55 \text{ N}$$

Dus F_{res} is inderdaad kleiner geworden.

Opgave 11

- a De grootte van de resulterende kracht bepaal je met de lengte van F_{res} en de krachtschaal. De resulterende kracht construeer je in twee stappen. Eerst construeer je bijvoorbeeld de resulterende kracht van F_1 en F_2 . Vervolgens construeer je de resulterende kracht van $F_{\text{res},12}$ van F_3 .
De schaal is de grootte van de kracht, weergegeven door een pijl met een lengte van 1,0 cm.

Zie figuur 3.7.

Voor F_1 geldt: 2,8 cm $\triangleq$ 35 N

1,0 cm $\triangleq$ 12,5 N

De lengte van de pijl van F_{res} is 5,7 cm. (opmeten in figuur 3.7)

De schaal is 1,0 cm $\triangleq$ 12,5 N.

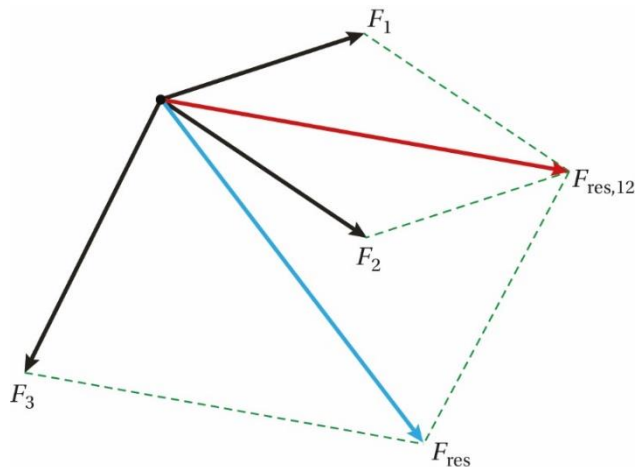
$$F_{\text{res}} = 5,7 \times 12,5 = 71,25 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{res}} = 71 \text{ N}$.

- b De hoek die de resulterende kracht maakt met F_3 bepaal je met je geodriehoek.

F_{res} maakt een hoek van 64° met F_3 . (opmeten in figuur 3.7)

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.7****Opgave 12**

De resulterende kracht bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtenschaal.

De krachtenschaal bepaal je met de lengte van $F_{\text{span},B}$ en de waarde van 25 N.

De resulterende kracht is de diagonaal van het parallellogram waarvan de pijl $F_{\text{span},B}$ een zijde is.

De lengte van de pijl van de resulterende kracht construeer je met de werklijn van de zwaartekracht en de lijn evenwijdig aan AL.

Zie figuur 3.8.

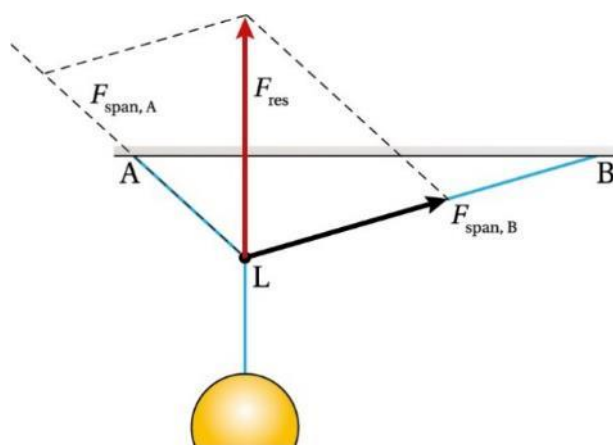
De lengte van pijl $F_{\text{span},B} = 2,8$ cm en de kracht is 25 N.

Dus 1 cm komt overeen met $\frac{25}{2,8} = 8,92$ N oftewel $1 \text{ cm} \triangleq 8,92$ N.

De lengte van de resulterende kracht is 3,2 cm.

De grootte van de resulterende kracht is dan: $3,2 \times 8,92 = 28,5$ N.

Afgerond: 29 N.

**Figuur 3.8**

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 13

De resulterende kracht bepaal je met behulp van de parallellogrammethode.

De richting van een kracht volgt uit de richting van het touw.

De lengte van een pijl bepaal je met de grootte van de kracht en de krachterschaal.

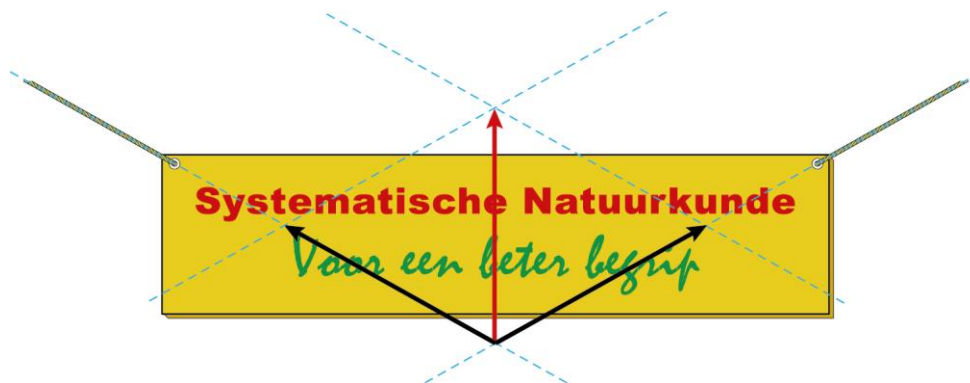
De krachterschaal bepaal je zelf.

Deze parallellogrammethode kun je pas toepassen als de krachten hetzelfde aangrijpingspunt hebben.

Het aangrijpingspunt construeer je met de werklijnen van de spankrachten.

Zie figuur 3.9.

Omdat je een kracht mag verschuiven langs zijn werklijn, kun je het snijpunt van de werklijnen van de spankrachten gebruiken als aangrijpingspunt.



Figuur 3.9

Als je kiest voor $1 \text{ cm} \triangleq 0,5 \text{ N}$, dan komt een spankracht van $1,6 \text{ N}$ overeen met $3,2 \text{ cm}$.

De resulterende kracht F_{res} construeer je met de parallellogrammethode.

Zie figuur 3.9.

De lengte van de pijl van F_{res} is $3,1 \text{ cm}$. (opmeten in figuur 3.9)

$$F_{\text{res}} = 3,1 \times 0,5 = 1,55 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{res}} = 1,6 \text{ N}$.

Opgave 14

a De resulterende kracht bereken je met de stelling van Pythagoras

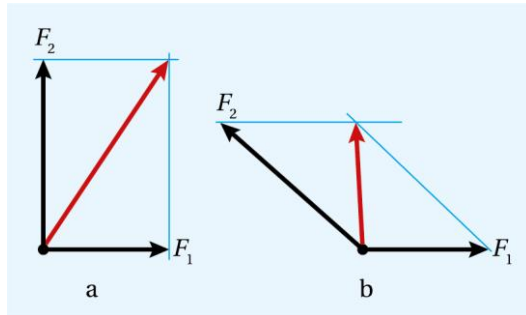
Zie figuur 3.10a.

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

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

$$F_{\text{res}} = 50 \text{ N}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.10**

- b De resulterende kracht bereken je met de stelling van Pythagoras.

Zie figuur 3.10b.

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

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

$$F_{\text{res}}^2 = 1600 - 900 = 700$$

$$F_{\text{res}} = 26,4 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{res}} = 26 \text{ N.}$$

Opgave 15

- a Zie figuur 3.11.

De resulterende kracht bereken je met behulp van de halve diagonaal AE

De halve diagonaal bereken je met F_1 en de halve diagonaal BE.

De diagonaal BD bereken je met behulp van de stelling van Pythagoras.

$$AB^2 + BD^2 = AD^2$$

$$30^2 + BD^2 = 40^2$$

$$BD^2 = 700 \text{ N}$$

$$BD = 26,457 \text{ N}$$

$$\text{Dus } BE = 13,23 \text{ N}$$

$$AB^2 + BE^2 = AE^2$$

$$30^2 + 13,23^2 = AE^2$$

$$AE^2 = 1075 \text{ N}$$

$$AE = 32,787$$

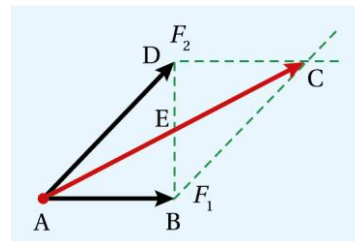
$$F_{\text{res}} = AC = 2 \times AE = 65,57 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{res}} = 66 \text{ N.}$$

b $\tan \alpha = \frac{BE}{AB} = \frac{13,25}{30} = 0,44$

$$\alpha = 23,7^\circ$$

$$\text{Afgerond: } \alpha = 24^\circ.$$

**Figuur 3.11**

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.3 Ontbinden van krachten

Opgave 16

De grootte van een component bepaal je met de lengte ervan en de krachtenschaal.

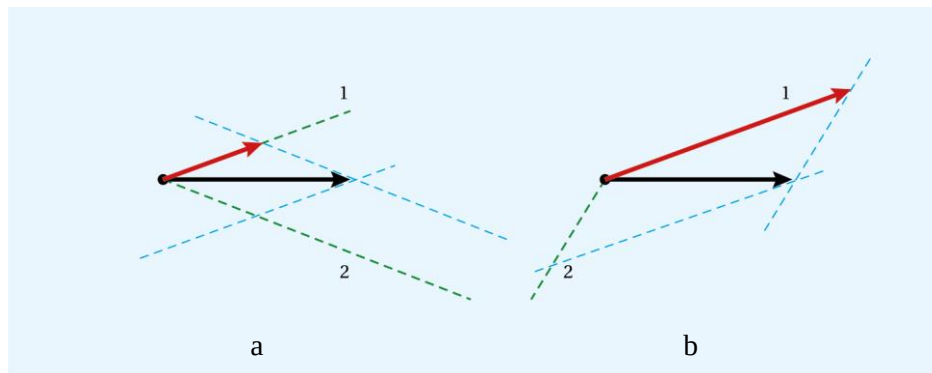
De krachtenschaal bepaal je met de lengte van de krachtpijl en de grootte van de kracht.

De component langs werklijn 1 construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.12.

De component langs werklijn 1 construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Je hoeft dan alleen de component langs werklijn 1 te tekenen.



Figuur 3.12

De lengte van de pijl F_{res} is 2,5 cm. (opmeten in figuur 3.12)

$$2,5 \text{ cm} \triangleq 1,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 4,0 \cdot 10^2 \text{ N}$$

De lengte van F_1 in figuur 3.12a is 1,4 cm.

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 4,0 \cdot 10^2 \text{ N}$.

$$F_1 = 1,4 \times 4,0 \cdot 10^2 \text{ N} = 5,6 \cdot 10^2 \text{ N}.$$

Afgerond: $F_1 = 5,6 \cdot 10^2 \text{ N}$.

De lengte van F_1 in figuur 3.12b is 3,5 cm.

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 4,0 \cdot 10^2 \text{ N}$.

$$F_1 = 3,5 \times 4,0 \cdot 10^2 \text{ N} = 1,40 \cdot 10^3 \text{ N}.$$

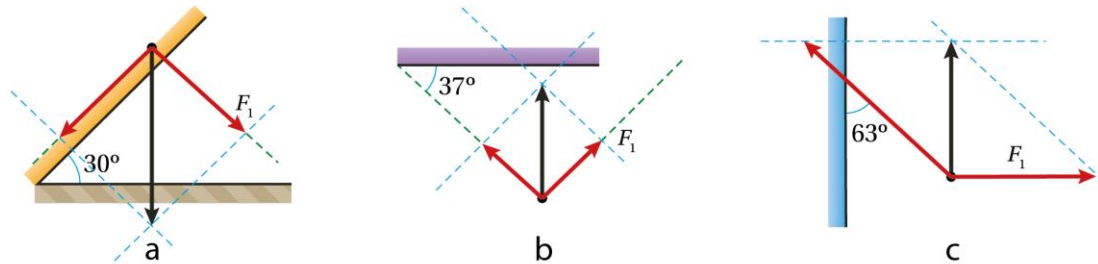
Afgerond: $F_1 = 1,4 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 17

- a De componenten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.13.



Figuur 3.13

- b De grootte van de component langs werklijn 1 bereken je met een goniometrische formule.

Zie figuur 3.14a.

De hoek van 30° is een hoek van een rechthoekige driehoek. Dus β is 60° .

De twee componenten van de kracht staan loodrecht op elkaar.

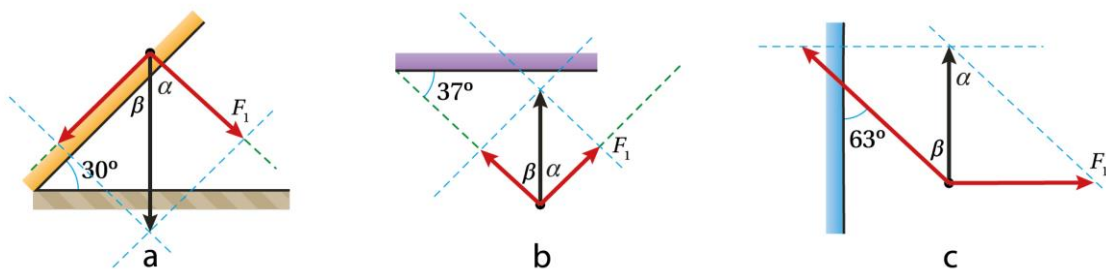
Dus $\alpha = 30^\circ$.

Voor F_1 geldt: $\cos \alpha = \frac{F_1}{40}$ met $\alpha = 30^\circ$.

$$\cos 30 = \frac{F_1}{40}$$

$$F_1 = 34,6 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_1 = 35 \text{ N.}$$



Figuur 3.14

Zie figuur 3.14b

Verleng je de zwarte pijl, dan is de hoek van 37° een hoek van een rechthoekige driehoek.

Dus β is 53° .

De twee componenten van de resulterende kracht staan loodrecht op elkaar.

Dus $\alpha = 37^\circ$.

Voor F_1 geldt: $\cos \alpha = \frac{F_1}{40}$ met $\alpha = 37^\circ$.

$$\cos 37 = \frac{F_1}{40}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

$$F_1 = 31,9 \text{ N}$$

Afgerond: $F_1 = 32 \text{ N}$.

Zie figuur 3.14c

De hoek van 63° en hoek β zijn Z-hoeken. Dus is $\beta = 63^\circ$.

α en β zijn ook Z-hoeken.

Voor F_1 geldt: $\tan \alpha = \frac{F_1}{40}$ met $\alpha = 63^\circ$.

$$\tan 63 = \frac{F_1}{40}$$

$$F_1 = 78,5 \text{ N}$$

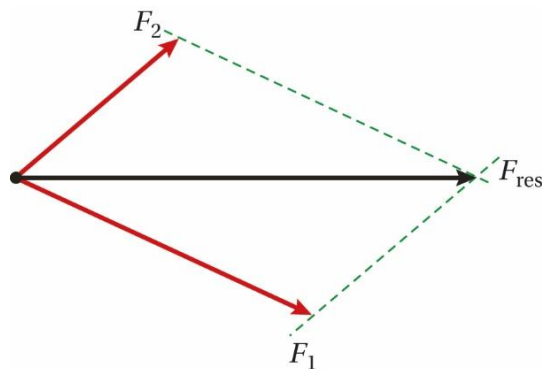
Afgerond: $F_1 = 79 \text{ N}$.

Opgave 18

a+b De richting van een werklijn bepaal je met een geodriehoek.

De spankrachten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.15.



Figuur 3.15

c De grootte van een spankracht bepaal je met de lengte en de krachtenschaal.

De krachtenschaal bepaal je met de lengte van de krachtpijl en de grootte van de kracht.

De lengte van de pijl F_{res} is 6,1 cm.

$$6,1 \text{ cm} \triangleq 120 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 19,7 \text{ N}$$

De lengte van de pijl F_1 is 4,3 cm.

$$F_1 = 4,3 \times 19,7 = 84,7 \text{ N}$$

Afgerond: $F_1 = 85 \text{ N}$.

De lengte van de pijl F_2 is 2,8 cm.

$$F_2 = 2,8 \times 19,7 = 55,1 \text{ N}$$

Afgerond: $F_2 = 55 \text{ N}$.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 19

- a De grootte van F_2 bepaal je met de lengte en de krachterschaal.
De schaal is de grootte van de kracht, weergegeven door een pijl met een lengte van 1,0 cm.

Zie figuur 3.16.

De pijl F_{res} in figuur 3.16 is 4,6 cm lang.

Dit komt overeen met een kracht van 92 N.

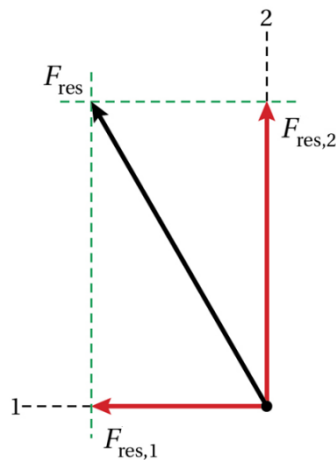
$$4,6 \text{ cm} \triangleq 92 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$$

De lengte van $F_{\text{res},2}$ is 4,0 cm.

$$F_{\text{res},2} = 4,0 \times 20 = 80,0 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{res},2} = 80 \text{ N.}$$



Figuur 3.16

- b De hoek tussen F_2 en F_{res} bereken je met een goniometrische formule.

$$\cos(\alpha) = \frac{F_2}{F_{\text{res}}}$$

$$\cos(\alpha) = \frac{80}{92}$$

$$\alpha = 29,5^\circ$$

$$\text{Afgerond: } \alpha = 30^\circ.$$

Opgave 20

- a De grootte van de componenten bepaal je met de lengte en de krachterschaal.
De lengte van de componenten construeer je met behulp van de zwaartekracht en de omgekeerde parallellogrammethode.
De lengte van de pijl voor de zwaartekracht bepaal je met behulp van een zelf gekozen krachterschaal en de zwaartekracht op Harry Egger.
De zwaartekracht op Harry Egger bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$m = 105 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 105 \times 9,81$$

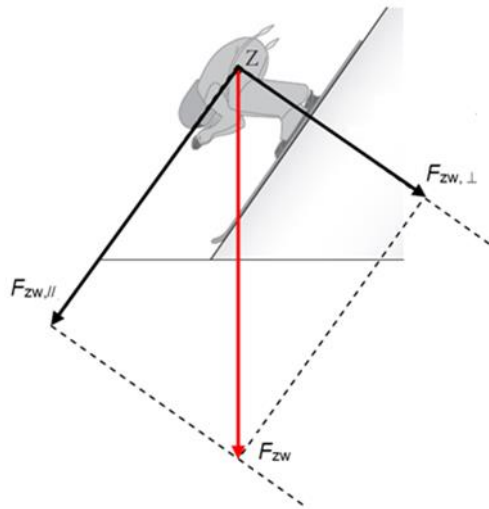
$$F_{\text{zw}} = 1,030 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Zie figuur 3.17.

De krachtschaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 200 \text{ N}$.

De lengte van de pijl voor de zwaartekracht is dan $5,15 \text{ cm}$.



Figuur 3.17

De componenten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

De lengte van pijl $F_{ZW,\perp}$ is $3,0 \text{ cm}$.

$$F_{ZW,\perp} = 3,0 \times 200 = 600,0 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{ZW,\perp} = 6,0 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

De lengte van pijl $F_{ZW,||}$ is $4,2 \text{ cm}$.

$$F_{ZW,||} = 4,2 \times 200 = 840,0 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{ZW,||} = 8,4 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

- b Het percentage bereken je met de component langs het oppervlak bij 55° en de component langs het oppervlak bij 20° .

De component langs het oppervlak bereken je met een goniometrische formule.

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{ZW,||}}{F_{ZW}}$$

$$F_{ZW} = 1,03 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\sin(55^\circ) = \frac{F_{ZW,||}}{1,03 \cdot 10^3}$$

$$\text{Bij } \alpha = 55^\circ \text{ geldt: } F_{ZW,||} = 8,44 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

$$\text{Bij } \alpha = 20^\circ \text{ geldt: } F_{ZW,||} = 3,52 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

$$\text{De afname van } F_{ZW,||} = 8,44 \cdot 10^2 - 3,52 \cdot 10^2 = 4,92 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

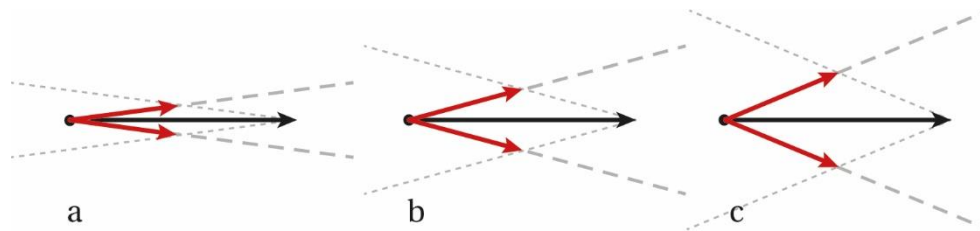
$$\text{Dit is } \frac{4,92 \cdot 10^2}{8,44 \cdot 10^2} \times 100\% = 58,2\%$$

$$\text{Afgerond: } 58\%.$$

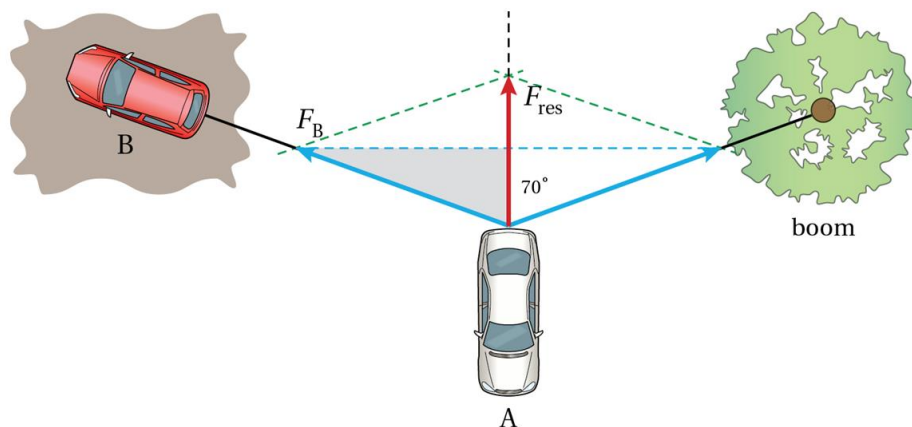
Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 21

- De krachten in het sleeptouw construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie figuur 3.18a.
- De krachten in het sleeptouw construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de figuren 3.18b en 3.18c.
- Als de hoek tussen de spankrachten groter wordt, worden de spankrachten ook groter.
- De afstand tussen de punten waarop het touw is vastgemaakt blijft hetzelfde. Bij een korter sleeptouw is de hoek tussen de touwdelen groter.

**Figuur 3.18****Opgave 22**

- Zie figuur 3.19.
Zolang de auto's nog stilstaan, is er evenwicht van krachten.
Op het punt waar de twee touwdelen vastzitten aan auto A werken drie krachten: de twee spankrachten en de kracht F_A .
De resulterende kracht van de twee spankrachten in de touwdelen is gelijk aan de kracht F_A die de auto op het touw uitoefent.
De horizontale diagonaal van het parallellogram deelt F_{res} in twee gelijke delen.
Pas je in de gearceerde driehoek de cosinus toe, dan ontstaat $\cos(70^\circ) = \frac{\frac{1}{2}F_{\text{res}}}{F_B} = \frac{\frac{1}{2}F_A}{F_B}$.

**Figuur 3.19**

- Voor kracht F_B geldt: $F_B = \frac{\frac{1}{2}F_A}{\cos \alpha}$

Als de auto een stukje opschuift, wordt de hoek tussen F_B en F_{res} kleiner. De cosinus van die hoek krijgt dan een grotere waarde.

De waarde van F_B verandert niet, want de auto zit nog steeds vast.

Dat betekent dat dat F_A groter moet zijn om de auto uit de modder te kunnen trekken.

Dus de methode werkt dan minder goed.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.4 Krachten in evenwicht

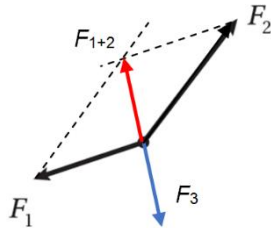
Opgave 23

- a De derde kracht construeer je met de resulterende kracht van F_1 en F_2 .
De resulterende kracht van F_1 en F_2 construeer je met de parallellogrammethode.

Zie figuur 3.20.

Je construeert eerst de resulterende kracht van F_1 en F_2 .

F_3 is dus de pijl die even lang is als F_{1+2} , maar in de tegenovergestelde richting.



Figuur 3.20

- b De grootte van de derde kracht bepaal je met de lengte en de krachtschaal.
De schaal bepaal je met de lengte van de grootste pijl en de waarde 5,0 N.

De grootste kracht is F_2 . F_2 wordt gegeven door een pijl van 2,0 cm.

De krachtschaal is dus $2,0 \text{ cm} \triangleq 5,0 \text{ N}$

$1,0 \text{ cm} \triangleq 2,5 \text{ N}$

F_3 is een pijl van 1,1 cm.

$F_3 = 1,1 \times 2,5 = 2,75 \text{ N}$.

Afgerond: 2,8 N.

Opgave 24

- a Zie figuur 3.21.

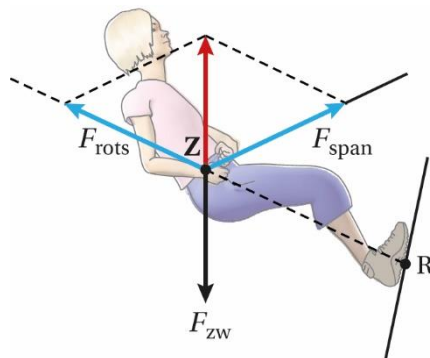
Bij de 'methode schommel' construeer je eerst de tegengestelde kracht van de gegeven kracht F_{zw} . Dit is de rode pijl.

Daarna gebruik je de omgekeerde parallellogrammethode.

Je ontbindt de tegengestelde kracht (de rode pijl) in componenten over de werklijnen van de twee onbekende krachten: dat zijn de blauwe pijlen.

De blauwe pijl die loopt over de kabel is dus de spankracht in de kabel.

De andere blauwe pijl is F_{rots} .



Figuur 3.21

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

b Zie figuur 3.22.

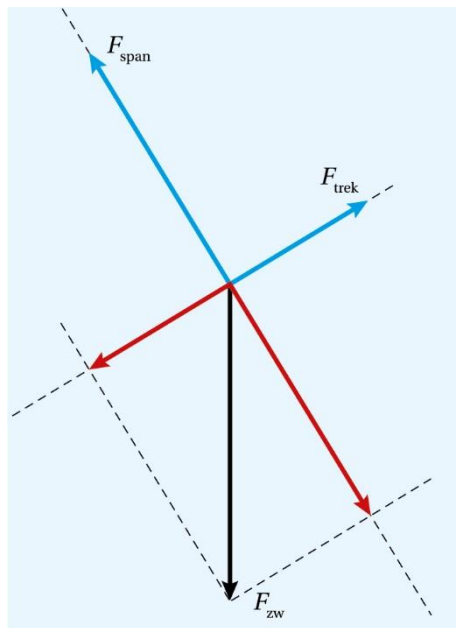
Bij de 'methode bergbeklimster' ontbind je eerst de zwaartekracht over de werklijnen van de twee onbekende krachten.

Dat zijn de rode pijlen. Je gebruikt daarbij dus de omgekeerde parallellogrammethode. Hiervoor moet je de streeplijnen verlengen.

Daarna teken je de krachten tegengesteld aan de componenten: dat zijn de blauwe pijlen.

De blauwe pijl die loopt over de kabel is dus de spankracht in de kabel.

De andere blauwe pijl is F_{trek} .



Figuur 3.22

Opgave 25

a De schaal bepaal je met de lengte van de pijl en de grootte van de zwaartekracht.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$m = 50,5 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 50,5 \times 9,81 = 495,4 \text{ N}$$

Lengte van de pijl F_{zw} is 3,3 cm.

$$3,3 \text{ cm} \triangleq 495,4 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 1,5 \cdot 10^2 \text{ N}$$

b Een spankracht bepaal je met de lengte van de pijl van de spankracht en de krachtenschaal.

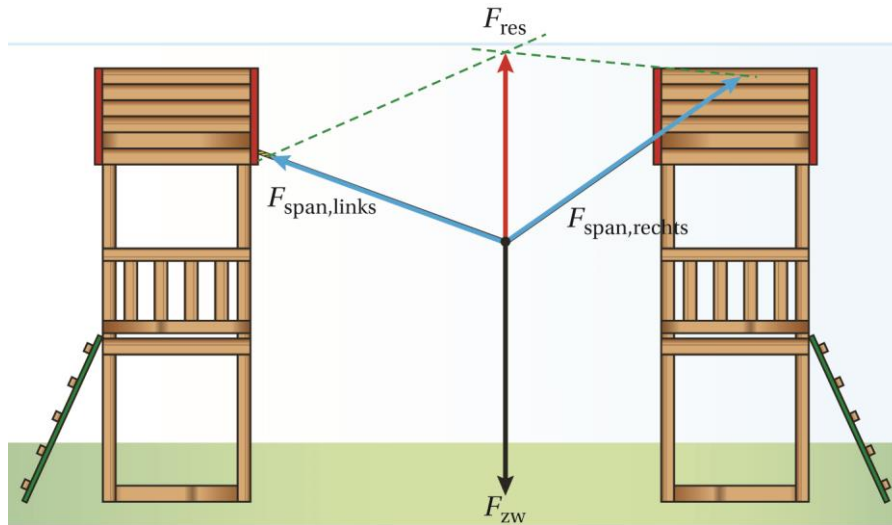
De spankrachten construeer je met de 'methode bergbeklimster' of de 'methode schommel'.

Zie figuur 3.23 waarin de 'methode schommel' is toegepast.

– Construeer eerst de tegengestelde kracht van de gegeven kracht F_{zw} .

– Daarna gebruik je de omgekeerde parallellogrammethode.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen



Figuur 3.23

De pijl van $F_{\text{span,links}}$ is 3,3 cm lang.

$$F_{\text{span,links}} = 3,3 \times 1,5 \cdot 10^2 = 4,95 \cdot 10^2 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{span,links}} = 5,0 \cdot 10^2 \text{ N}$.

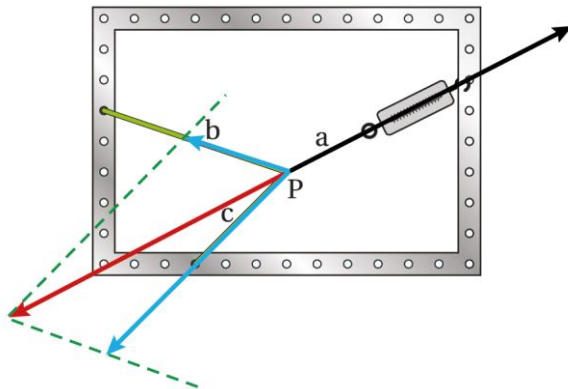
De pijl van $F_{\text{span,rechts}}$ is 3,8 cm lang.

$$F_{\text{span,links}} = 3,8 \times 1,5 \cdot 10^2 = 5,70 \cdot 10^2 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{span,rechts}} = 5,7 \cdot 10^2 \text{ N}$.

Opgave 26

a Zie de zwarte pijl in figuur 3.24.



Figuur 3.24

b De spankrachten in de touwtjes b en c construeer je met de 'methode bergbeklimster' of de 'methode schommel'.

Zie figuur 3.24 waarin de 'methode schommel' is toegepast.

- Construeer eerst de tegengestelde kracht van de spankracht F_a .
- Daarna gebruik je de omgekeerde parallellogrammethode.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

- c De grootte van de derde kracht bepaal je met de lengte en de krachtenschaal.
De krachtenschaal bepaal je met de lengte van de pijl voor de spankracht in touwtje a en de spankracht van 4,2 N.

$$4,2 \text{ cm} \triangleq 4,2 \text{ N}$$

$$1 \text{ cm} \triangleq 1,0 \text{ N}$$

De pijl van spankracht F_b is 1,5 cm.

$$F_b = 1,5 \times 1,0 = 1,5 \text{ N}$$

Afgerond: $F_b = 1,5 \text{ N}$.

De pijl van spankracht F_c is 3,4 cm.

$$F_c = 3,4 \times 1,0 = 3,4 \text{ N}$$

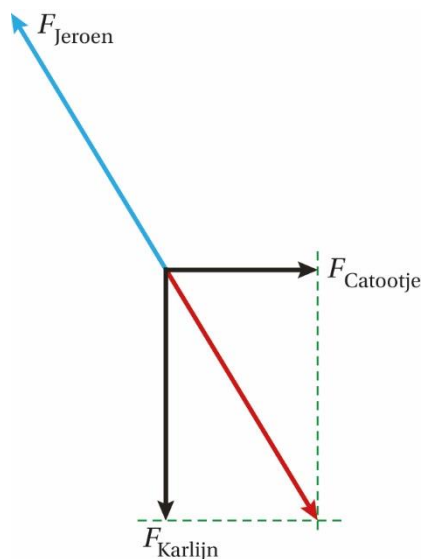
Afgerond: $F_c = 3,4 \text{ N}$.

Opmerking

De lengte van een touwtje of de afmetingen van het draadraam hebben geen invloed op de kracht in een van de touwtjes.

Opgave 27

- a Zie figuur 3.25.



Figuur 3.25

- b Zie figuur 3.25.
De kracht van Jeroen is gelijk aan de resulterende kracht van Karlijn en Catootje.
De resulterende kracht van Karlijn en Catootje bereken je met de stelling van Pythagoras.

$$F_{\text{Jeroen}}^2 = F_{\text{Catootje}}^2 + F_{\text{Karlijn}}^2$$

$$F_{\text{Catootje}} = 58 \text{ N}$$

$$F_{\text{Karlijn}} = 97 \text{ N}$$

$$F_{\text{Jeroen}}^2 = 58^2 + 97^2$$

$$F_{\text{Jeroen}} = 113 \text{ N}$$

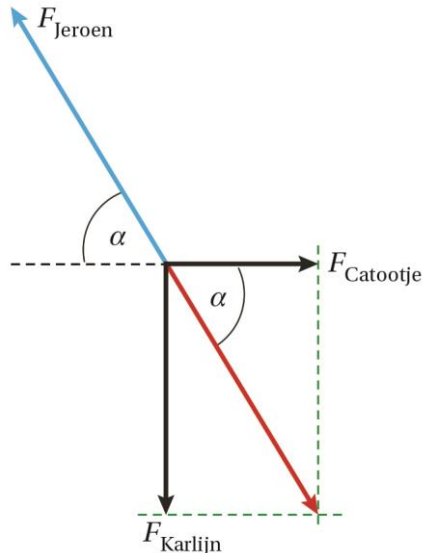
Afgerond: $F_{\text{Jeroen}} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ N}$.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

c Zie figuur 3.26.

De hoek tussen de kracht van Jeroen en de kracht van Karlijn bereken je met behulp van de hoek tussen Karlijn en de resulterende kracht.

De hoek tussen Karlijn en de resulterende kracht bereken je met een goniometrische formule.



Figuur 3.26

$$\tan(\alpha) = \frac{F_{\text{Karlijn}}}{F_{\text{Catootje}}} = \frac{97}{58}$$

$$\alpha = 59,1^\circ$$

De hoek tussen Jeroen en Karlijn is dan $90 + 59 = 149^\circ$.

Opgave 28

Zie figuur 3.27 voor een schets.

De schets maak je met behulp van de 'methode schommel'.

De lengte van de zwarte pijl mag je zelf kiezen.

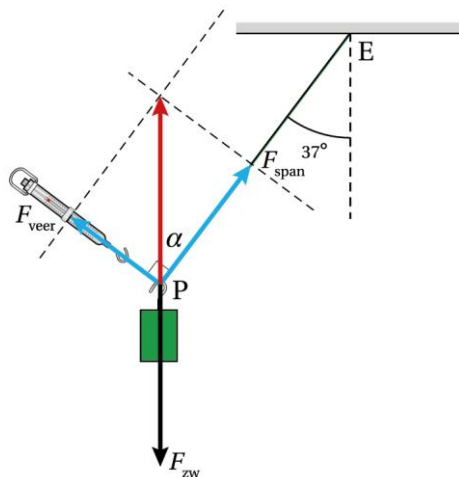
De lengte van de rode pijl is gelijk aan die van de zwarte.

De rode pijl is ontbonden in de richting van de veer en de richting van het touw

De massa bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

De zwaartekracht bereken je met een goniometrische formule.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.27**

De hoek van 37° en hoek α vormen Z-hoeken.

Dus $\alpha = 37^\circ$.

Voor de verticale kracht omhoog geldt:

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{\text{veer}}}{F_{\text{zw}}}$$

$$\sin(37) = \frac{15}{F_{\text{zw}}}$$

$$F_{\text{zw}} = 24,9 \text{ N}$$

$$m \cdot g = m \times 9,81 = 24,9$$

$$m = 2,53 \text{ kg}$$

Afgerond: $m = 2,5 \text{ kg}$.

Opgave 29

De grootte van de trekkracht volgt uit de component van de zwaartekracht op de werklijn van de trekkracht.

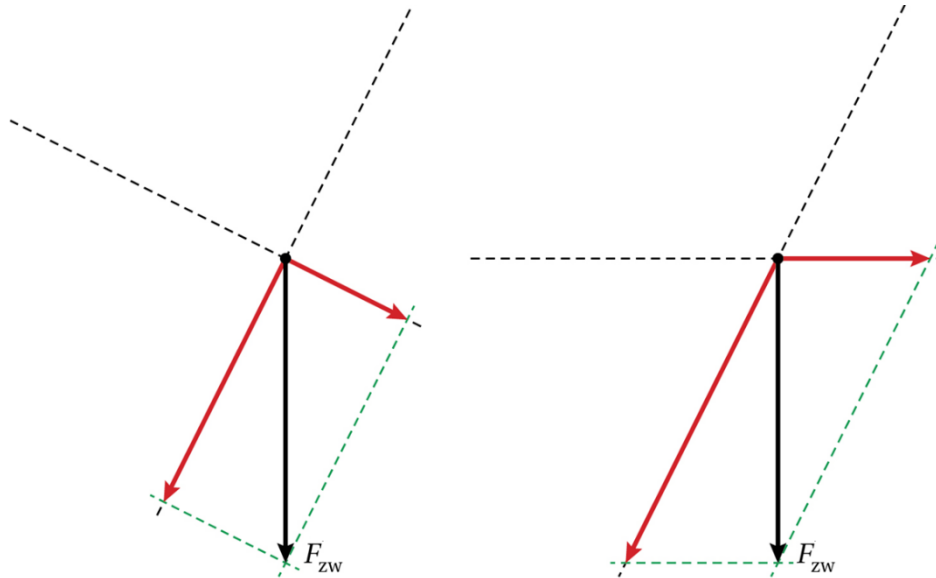
De componenten van de zwaartekracht construeer je met de 'methode bergbeklimster'.

Teken in beide figuren een even lange pijl voor de zwaartekracht in het snijpunt van de kabel en de werklijn van de trekkracht.

De componenten van de zwaartekracht construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.28.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.28**

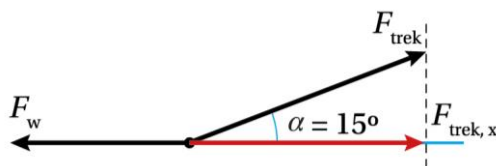
De schommel is in evenwicht. Dus de trekkracht is gelijk aan de component van de zwaartekracht. In de rechter figuur is de component tegengesteld aan de trekkracht langer. Fynn moet dus de grootste trekkracht uitoefenen.

Opgave 30

a In de opgave ontbreekt het gegeven dat de krachten in evenwicht zijn.

De tegenwerkende kracht volgt uit de component van de trekkracht in horizontale richting. De component van de trekkracht in horizontale richting bereken je met een goniometrische formule.

Zie figuur 3.29.

**Figuur 3.29**

$$\cos(\alpha) = \frac{F_{\text{trek},x}}{F_{\text{trek}}}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$F_{\text{trek}} = 2,0 \text{ kN} = 2,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\cos(15) = \frac{F_{\text{trek},x}}{2,0 \cdot 10^3}$$

$$F_{\text{trek},x} = 1,93 \cdot 10^3 \text{ N} = 1,93 \text{ kN}$$

De resulterende kracht in horizontale richting is 0 N.

Dus geldt: $F_{\text{trek},x} = F_w = 1,93 \text{ kN}$.

Afgerond: 1,9 kN.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

- b De rolweerstandskracht leg je uit met de formule voor de rolweerstandskracht.
De normaalkracht bereken je met de zwaartekracht en de component van de trekkracht in verticale richting.

De resulterende kracht in verticale richting is 0 N.

Er geldt dus: $F_{zw} = F_n + F_{trek,y}$

De zwaartekracht blijft gelijk.

De component van de trekkracht in de verticale richting wordt groter als de hoek groter wordt.

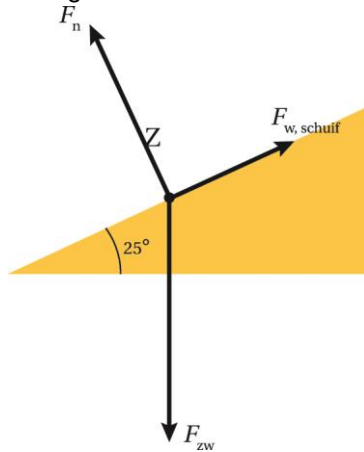
Dus wordt de normaalkracht kleiner als de hoek van de trekkracht met het horizontale vlak groter wordt.

$$F_{w,rol} = f \cdot F_n$$

Wordt de normaalkracht kleiner, dan wordt de rolweerstandskracht ook kleiner.

Opgave 31

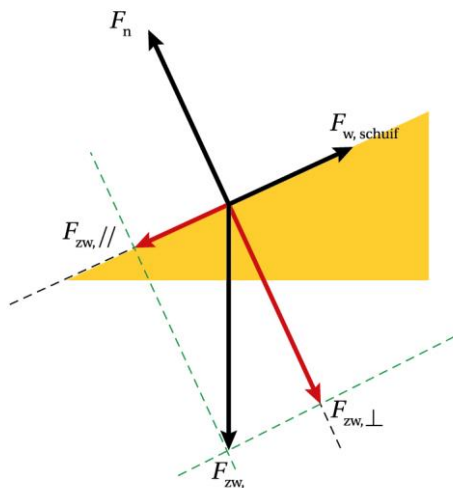
- a Zie figuur 3.30a.



Figuur 3.30a

- b Zie figuur 3.30b.
De koffer is in evenwicht. Dus de normaalkracht is gelijk aan de component van de zwaartekracht loodrecht op het vlak.
(Dat klopt niet met de tekening. Dat hoeft ook niet: het gaat om een schets van de situatie.)
De component van de zwaartekracht loodrecht op het vlak bereken je met een goniometrische formule.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.30b**

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

$$F_{zw} = 22,4 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 219,7 \text{ N}$$

Uit figuur 3.30b volgt:

$$\cos(25) = \frac{F_n}{F_{zw}}$$

$$\cos(25) = \frac{F_n}{219,7}$$

$$F_n = 199 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } 2,0 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

- c De koffer is in evenwicht. Dus de schuifwrijvingskracht is gelijk aan de component van de zwaartekracht evenwijdig aan de helling.
De component van de zwaartekracht evenwijdig aan de helling bereken je met een goniometrische formule.

Uit figuur 3.30b volgt:

$$\sin(25) = \frac{F_{w, \text{schuif}}}{F_{zw}}$$

$$\sin(25) = \frac{F_{w, \text{schuif}}}{219,7}$$

$$F_{w, \text{schuif}} = 92,8 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } 93 \text{ N.}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.5 De eerste wet van Newton

Opgave 32

Er zijn vijf gevolgen van krachtwerking. Een voorwerp kan:

- vervormen;
- op zijn plaats blijven;
- met constante snelheid voortbewegen;
- van snelheid veranderen;
- van richting veranderen.

Snelheid is een vector, een grootheid met een richting en een grootte.

- a
- I De snelheid van de fietser neemt af. De fietser verandert van snelheid.
 - II Het glas blijft op zijn plaats.
 - III Het glas valt versneld naar beneden. Het glas verandert van snelheid.
 - IV Het glas vervormt. En de snelheid neemt af, dus het glas verandert van snelheid.
 - V De richting van de snelheid verandert. De grootte van de snelheid verandert niet.
- b De eerste wet van Newton geldt als de resulterende kracht 0 N is. De resulterende kracht is 0 N als een voorwerp met constante snelheid langs een rechte lijn beweegt of in rust is.
- I De fietser verandert van snelheid, er werkt dan een resulterende kracht.
De eerste wet van Newton geldt niet.
 - II Het glas blijft op zijn plaats, dus is de resulterende kracht 0 N.
De eerste wet van Newton geldt.
 - III Het glas verandert van snelheid, er werkt dan een resulterende kracht.
De eerste wet van Newton geldt niet.
 - IV Het glas vervormt, dus werkt er een resulterende kracht.
De eerste wet van Newton geldt niet.
 - V De trein voert geen rechtlijnige beweging uit. Er werkt dan een resulterende kracht.
De eerste wet van Newton geldt niet.

Opgave 33

Of het vrachtschip eenparig rechtlijnig beweegt, bepaal je met de eerste wet van Newton.

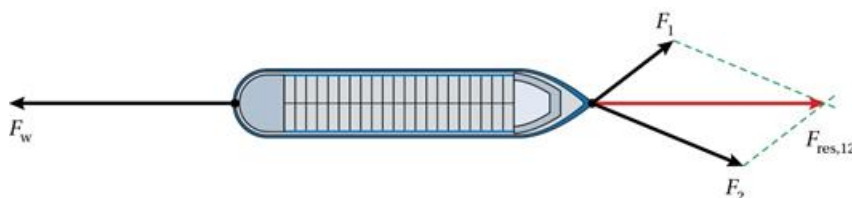
De resulterende kracht van F_1 en F_2 construeer je met de parallelogrammethode. Zie figuur 3.31.

$F_{\text{res},12}$ is tegengesteld aan F_w maar groter dan F_w .

De resulterende kracht op het vrachtschip is dus niet gelijk aan 0 N.

Volgens de eerste wet van Newton beweegt het vrachtschip eenparig rechtlijnig als de resulterende kracht 0 N is.

Het vrachtschip beweegt niet eenparig rechtlijnig.



Figuur 3.31

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

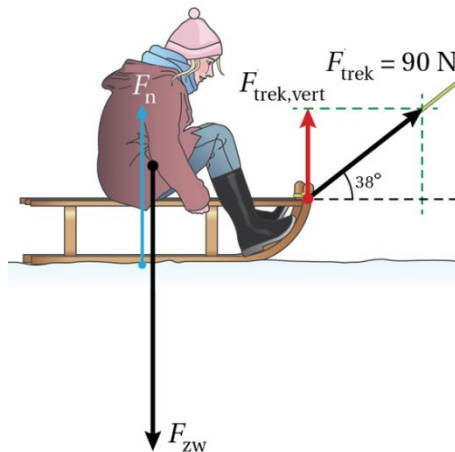
Opgave 34

- a Omdat de slee in verticale richting in rust is, bereken je de normaalkracht met de zwaartekracht en de verticale component van de trekkraft.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

De verticale component van de trekkraft bereken je met een goniometrische formule.

Zie figuur 3.32.



Figuur 3.32

$$\sin(38^\circ) = \frac{F_{\text{trek,vert}}}{F_{\text{trek}}}$$

$$F_{\text{trek}} = 90 \text{ N}$$

$$\sin(38^\circ) = \frac{F_{\text{trek,vert}}}{90}$$

$$F_{\text{trek,vert}} = 55,4 \text{ N}$$

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

$$M = 4,5 + 35,2 = 39,7 \text{ kg}$$

$$F_{\text{zw}} = 39,7 \times 9,81 = 389,5 \text{ N}$$

$$F_{\text{zw}} = F_n + F_{\text{trek,vert}}$$

$$389,5 = F_n + 55,4$$

$$F_n = 389,5 - 55,4 = 334,1 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } 3,34 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

- b Of de slee eenparig beweegt, beredeneer je met de eerste wet van Newton toegepast op de horizontale richting. Tijdens de beweging van de slee is de schuifwrijvingskracht gelijk aan de maximale schuifwrijvingskracht.

De horizontale component van de trekkraft bereken je met een goniometrische formule.

De maximale schuifwrijvingskracht bereken je met de formule voor de maximale schuifwrijvingskracht.

$$F_{\text{w,schuif,max}} = f \cdot F_n$$

$$F_n = 3,34 \cdot 10^2 \text{ N} \quad (\text{zie vraag a})$$

$$f = 0,32$$

$$F_{\text{w,schuif,max}} = 0,32 \times 3,34 \cdot 10^2$$

$$F_{\text{w,schuif,max}} = 1,07 \cdot 10^2$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

$$\cos(38^\circ) = \frac{F_{\text{trek,hor}}}{F_{\text{trek}}}$$

$$F_{\text{trek}} = 90 \text{ N}$$

$$\cos(38^\circ) = \frac{F_{\text{trek,hor}}}{90}$$

$$F_{\text{trek,hor}} = 70,92 \text{ N}$$

De horizontale component van de trekkracht is kleiner dan de maximale schuifwrijvingskracht.
Dus de resulterende kracht in de horizontale richting is niet gelijk aan 0 N.
De slee beweegt niet met constante snelheid.

Opmerking

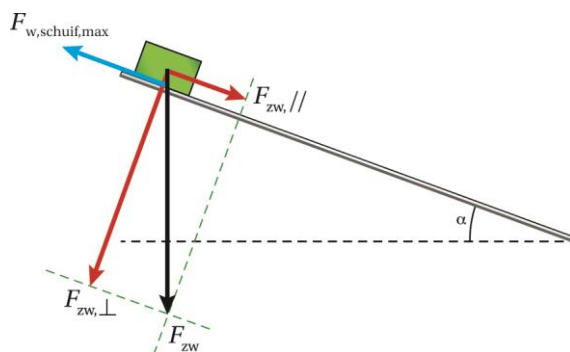
De maximale schuifwrijvingskracht is groter dan de horizontale trekkracht. De snelheid van de slee neem daardoor af totdat de slee stilstaat.

Staat de slee stil en trekt Jonas nog steeds aan de slee, dan is de schuifwrijvingskracht kleiner dan de maximale schuifwrijvingskracht, maar gelijk aan de horizontale component van de trekkracht. Dit is dan in overeenstemming met de eerste wet van Newton.

Opgave 35

- a De grootte van krachten op het moment dat het blokje begint te bewegen, bereken je met de eerste wet van Newton toegepast evenwijdig aan de helling.
Evenwijdig aan de helling werken de schuifwrijvingskracht en de component van de zwaartekracht. Als het blokje naar beneden beweegt, is de schuifwrijvingskracht gelijk aan de maximale schuifwrijvingskracht.
Op het moment dat het blokje begint te bewegen, ligt het blokje nog stil en is de horizontale component van de zwaartekracht dus (zo goed als) even groot als de maximale schuifwrijvingskracht.
- b De schuifwrijvingscoëfficiënt bereken je met de formule voor de maximale schuifwrijvingskracht. Als het blokje op het punt staat te bewegen, is volgens de eerste wet van Newton de maximale schuifwrijvingskracht gelijk aan de component van de zwaartekracht evenwijdig aan de helling. De normaalkracht is volgens de eerste wet van Newton gelijk aan de component van de zwaartekracht loodrecht op de helling.
De componenten van de zwaartekracht bereken je met een goniometrische formule.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

Zie figuur 3.33 voor een schets van de situatie.



Figuur 3.33

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

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

$$m = 125 \text{ g} = 0,125 \text{ kg}$$

$$F_{zw} = 0,125 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 1,226 \text{ N}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{zw,||}}{F_{zw}}$$

$$\sin(25^\circ) = \frac{F_{zw,||}}{1,226}$$

$$F_{zw,||} = 0,5181 \text{ N}$$

$$\cos(\alpha) = \frac{F_{zw,\perp}}{F_{zw}}$$

$$\cos(25^\circ) = \frac{F_{zw,\perp}}{1,226}$$

$$F_{zw,\perp} = 1,111 \text{ N}$$

$$F_{w,schuif,max} = f \cdot F_n$$

$$F_{w,schuif,max} = F_{zw,||} = 0,5181 \text{ N}$$

$$F_n = F_{zw,\perp} = 1,111 \text{ N}$$

$$0,5181 = f \times 1,111$$

$$f = 0,4663$$

Afgerond: 0,47.

- c De kracht die Jos afleest, beredeneer je met de eerste wet van Newton.

Als het blokje omhoog beweegt, is de richting van de trekkracht omhoog en zijn de richtingen van de maximale schuifwrijvingskracht en de component van de zwaartekracht evenwijdig aan de helling omlaag.

De maximale schuifwrijvingskracht beredeneer je met de formule voor de maximale schuifwrijvingskracht.

De normaalkracht beredeneer je met de component van de zwaartekracht loodrecht op de helling.

Zie tabel 3.1.

Hoek (°)	$F_{zw, }$	$F_{zw,\perp} = F_n$	$F_{w,schuif,max}$	$F_{trek} = F_{zw, } + F_{w,schuif,max}$
15	0,32	1,18	0,55	0,87
25	0,52	1,11	0,52	n.v.t.

Tabel 3.1

De toename van $F_{w,schuif,max}$ is kleiner dan de afname van $F_{zw,||}$.

Dus Jos leest een grotere kracht af dan de maximale schuifwrijvingskracht bij 25°.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 36

- a De spankracht bereken je met de eerste wet van Newton toegepast op de krachten evenwijdig aan de helling.
Evenwijdig aan de helling werken de schuifwrijvingskracht, de spankracht en de component van de zwaartekracht.
De spankracht in de kabel is dan even groot als de schuifwrijvingskracht en de component van de zwaartekracht langs de helling samen.
De component van de zwaartekracht op de boot bereken je met een goniometrische formule.
De zwaartekracht op de boot bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$m = 5,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{zw} = 5,5 \cdot 10^3 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 5,395 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Zie figuur 3.34 voor een schets van de situatie.

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{zw, \parallel}}{F_{zw}}$$

$$\sin 22 = \frac{F_{zw, \parallel}}{5,395 \cdot 10^3}$$

$$F_{zw, \parallel} = 2,021 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$F_{span} = F_{w, \text{schuif}} + F_{zw, \parallel}$$

$$F_{w, \text{schuif}} = 6,2 \text{ kN} = 6,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{span} = 6,2 \cdot 10^3 + 2,021 \cdot 10^4$$

$$F_{span} = 2,64 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Afgerond: 26 kN.

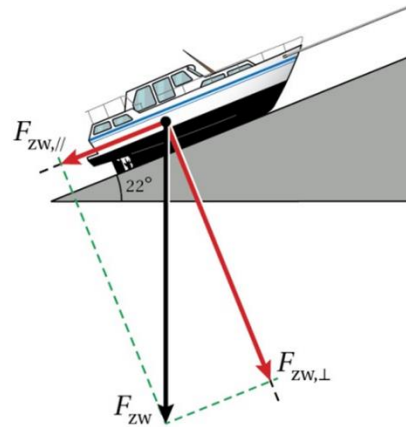
- b De grootte van de spankracht leg je uit met de eerste wet van Newton toegepast evenwijdig aan de helling.

De boot beweegt met constante snelheid de helling af. De schuifwrijvingskracht is dan langs de helling omhoog en werkt in dezelfde richting als de spankracht in de kabel.

De component van de zwaartekracht $F_{zw, \parallel}$ blijft even groot en is langs de helling omlaag gericht.

Volgens de eerste wet van Newton geldt nu: $F_{span} + F_{w, \text{schuif}} = F_{zw, \parallel}$

De spankracht in de kabel is dan kleiner dan 26 kN.



Figuur 3.34

Opgave 37

- a Tijdens het vallen werken alleen de zwaartekracht en de luchtweerstandskracht op je.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
De grootte en de richting van de luchtweerstandskracht volgen uit de eerste wet van Newton toegepast op de vrije val.

Als je snelheid constant is, is volgens de eerste wet van Newton de resulterende kracht gelijk aan 0 N.

De richting van de zwaartekracht is omlaag.

De luchtweerstandskracht is gelijk aan de zwaartekracht, maar de richting is omhoog.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

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

$$m = 75 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{zw} = 75 \times 9,81 = 735 \text{ N}$$

Afgerond: $7,4 \cdot 10^2 \text{ N}$.

De luchtweerstandskracht en de zwaartekracht zijn dus beide $7,4 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- b De eerste wet van Newton geldt alleen als de resulterende kracht gelijk is aan 0 N.

Als de parachute open gaat, wordt de luchtweerstandskracht wel groter, maar de zwaartekracht verandert niet. Dus is de resulterende kracht niet meer gelijk aan 0 N.

Er wordt niet meer voldaan aan de eerste wet van Newton.

- c Als je snelheid constant is, dan is de resulterende kracht gelijk aan 0 N.

De luchtweerstandskracht is dan gelijk aan de zwaartekracht.

Je massa blijft gelijk en dus de grootte van de zwaartekracht ook.

De luchtweerstandskracht is dus in beide gevallen even groot.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.6 De tweede wet van Newton**Opgave 38**

De versnelling van de boot bereken je met de tweede wet van Newton.

De resulterende kracht bereken je met de voorwaartse kracht en de wrijvingskracht.

$$F_{\text{res}} = F_{\text{voorwaarts}} - F_{\text{wr}}$$

$$F_{\text{voorwaarts}} = 6,01 \text{ kN} = 6,01 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{\text{wr}} = 658 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = 6,01 \cdot 10^3 - 658$$

$$F_{\text{res}} = 5352 \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$m = 1031 \text{ kg}$$

$$5352 = 1031 \times a$$

$$a = 5,191 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{Afgerond } a = 5,19 \text{ m s}^{-2}.$$

Opgave 39

De versnelling bereken je met de tweede wet van Newton: $F_{\text{res}} = m \cdot a$.

Elk sleeetje heeft dezelfde massa.

De resulterende kracht bepaal je met het verschil tussen de horizontale component van de trekkracht en de wrijvingskracht.

De horizontale componenten bij A en bij B zijn even groot. De wrijvingskracht bij B is groter dan die bij A. De resulterende kracht bij B is kleiner dan die bij A.

Bij C is de hoek van het touw met de horizontaal kleiner dan bij A en B en daardoor is de horizontale component bij C het grootst. De wrijvingskracht bij C is even groot als die bij A.

De resulterende kracht is bij C dus groter dan die bij A.

De versnelling is recht evenredig met de resulterende kracht.

De volgorde van toenemende versnelling is B, A, C.

Opgave 40

- a De component van de zwaartekracht langs de helling bereken je uit de lengte van de pijl en de krachterschaal.

De component van de zwaartekracht construeer je door het ontbinden van de zwaartekracht.

De krachterschaal bepaal je met de lengte van de pijl en de zwaartekracht.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$F_{\text{zw}} = 41 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 402 \text{ N}$$

In figuur 3.35 is een schaal van $1 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$ gekozen.

De pijl van de zwaartekracht is dan $4,0 \text{ cm}$ lang.

De component $F_{\text{zw},\parallel}$ evenwijdig aan de helling vind je door het ontbinden van de zwaartekracht.

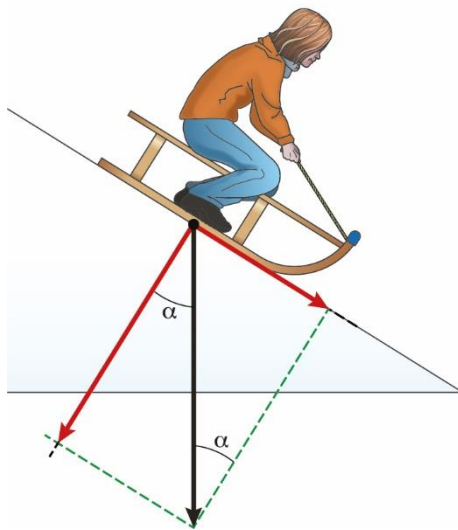
De lengte van de pijl $F_{\text{zw},\parallel}$ is $2,1 \text{ cm}$.

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$.

$$F_{\text{zw},\parallel} = 2,1 \times 100 = 210 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond } F_{\text{zw},\parallel} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ N}.$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.35**

- b De hellingshoek α bereken je met een goniometrische formule.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$F_{zw} = 52 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 510 \text{ N}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{zw,||}}{F_{zw}}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{2,1 \cdot 10^2}{402}$$

$$\alpha = 31,4^\circ$$

$$\text{Afgerond: } \alpha = 31^\circ.$$

- c De tegenwerkende kracht bereken je met de resulterende kracht en de component van de zwaartekracht evenwijdig aan de helling.
De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.

$$F_{res} = m \cdot a$$

$$F_{res} = 41 \times 3,0$$

$$F_{res} = 123 \text{ N}$$

$$F_{res} = F_{\text{voorwaarts}} - F_{\text{tegen}}$$

$$F_{res} = 123 \text{ N}$$

$$F_{\text{voorwaarts}} = F_{zw,||} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ N (antwoord vraag a)}$$

$$123 = 2,1 \cdot 10^2 - F_{\text{tegen}}$$

$$F_{\text{tegen}} = 87 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } 9,0 \cdot 10^1 \text{ N.}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 41

De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.

De vertraging van de auto bereken je met de formule voor de versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}}{t_{\text{eind}} - t_{\text{begin}}}$$

$$\Delta v = 86 - 50 = 36 \text{ km h}^{-1} = \frac{36}{3,6} \text{ m s}^{-1} = 10 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta t = 4,0 \text{ s}$$

$$a = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = 1,2 \cdot 10^3 \times 2,5 = 3000 \text{ N}$$

Afgerond: $3,0 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Opgave 42

a Dat de omhooggerichte kracht groter wordt, leg je uit met de gegeven formule.

Als gas uitzet, wordt de dichtheid van het gas kleiner. Dus ρ_2 wordt kleiner.

Het volume van de ballon verandert niet en de dichtheid van de buitenlucht en de valversnelling ook niet. Dus de opwaartse kracht wordt groter.

b Zie figuur 3.36.

Het verloop van de luchtweerstandskracht leg je uit met de formule voor de luchtweerstandskracht.

De luchtweerstandskracht beredeneer je met de wetten van Newton.

De resulterende kracht beredeneer je met de krachten in de verticale richting.

Voor de resulterende kracht in de verticale richting geldt:

$$\vec{F}_{\text{res}} = \sum_i \vec{F}_i = \vec{F}_{\text{opw}} + \vec{F}_{\text{zw}} + \vec{F}_{\text{w,lucht}}$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{opw}} - F_{\text{zw}} - F_{\text{w,lucht}}$$

$$F_{\text{res}} = 350 - F_{\text{w,lucht}}$$

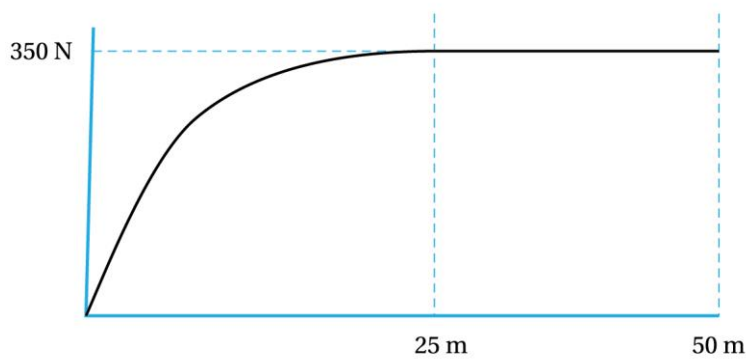
Tot 25 m is de luchtweerstandskracht kleiner dan 350 N. De resulterende kracht is dan groter dan 0 N en de ballon versnelt volgens de tweede wet van Newton.

Daardoor neemt de snelheid toe en de luchtweerstandskracht dus ook.

Na 25 m is de luchtweerstandskracht gelijk aan 350 N en is de resulterende kracht 0 N.

De snelheid blijft dan constant en de luchtweerstandskracht dus ook.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.36**

- c De verticale snelheid na 30 m leg je uit met de eerste wet van Newton.

Omdat de luchtweerstandskracht niet verandert, blijft F_{res} gelijk aan 0 N.
Volgens de eerste wet van Newton verandert de snelheid dus niet.
Na 30 m blijft de snelheid dus gelijk aan die op 25 m.

Opgave 43

- a De kracht die de blokken M en m versnelt, bereken je met de zwaartekracht op m .
De zwaartekracht op m bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

De resulterende kracht op M en m samen is de zwaartekracht op m .

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

$$m = 10,0 \text{ g} = 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 10,0 \cdot 10^{-3} \times 9,81 = 9,81 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{zw}} = 9,81 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

Opmerking

Je moet de massa's M en m als een geheel beschouwen. Dan spelen de spankrachten geen rol.
De spankracht op M is gelijk aan de spankracht op m maar werkt in tegengestelde richting.

- b De versnelling van blok M volgt uit de versnelling van de twee massa's samen.
De versnelling van de twee massa's samen bereken je met behulp van de tweede wet van Newton.

$$F_{\text{res}} = m_{\text{tot}} \cdot a_{\text{tot}}$$

$$m_{\text{tot}} = 200 + 10 = 210 \text{ g} = 210 \cdot 10^{-3} \text{ kg}.$$

$$F_{\text{res}} = 9,81 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$9,81 \cdot 10^{-2} = 210 \cdot 10^{-3} \times a$$

$$a_{\text{tot}} = 0,4671 \text{ m s}^{-2}$$

Dus de versnelling op blok M is afgerond: $0,467 \text{ m s}^{-2}$.

- c De spankracht tijdens het versnellen bereken je met de resulterende kracht op m en de zwaartekracht op m .

Voor de resulterende kracht op m geldt:

$$\vec{F}_{\text{res}} = \sum_i \vec{F}_i = \vec{F}_{\text{zw}} + \vec{F}_{\text{span}}$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{zw}} - F_{\text{span}}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Blokje m versnelt. Dus is er een resulterende kracht op m .

Dat betekent dat tijdens het versnellen de spankracht op m kleiner is dan de zwaartekracht op m .

De zwaartekracht op m blijft gelijk aan $9,81 \cdot 10^{-2}$ N.

Dus is de spankracht in het touw kleiner dan $9,81 \cdot 10^{-2}$ N.

Opgave 44

- a Dat de luchtweerstand kleiner is dan de zwaartekracht bereken je met de resulterende kracht van de zwaartekracht en de luchtweerstandskracht.

De zwaartekracht is constant.

De resulterende kracht bereken je met de versnelling.

De versnelling bereken je met de steilheid van de (v,t) -grafiek.

Op $t = 2,5$ s is de steilheid van de (v,t) -grafiek groter dan 0.

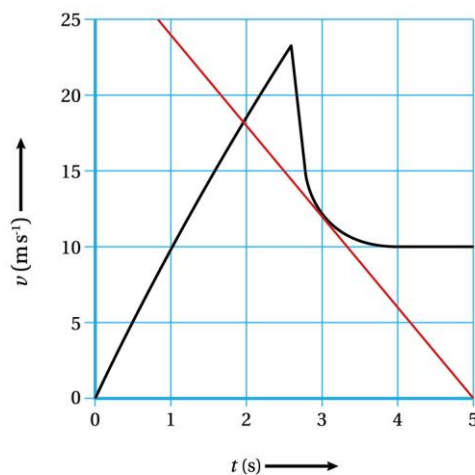
Dus is de versnelling groter dan 0 m s^{-2} . De resulterende kracht is dus groter dan 0 N.

De resulterende kracht wordt gevormd door de zwaartekracht en de luchtweerstandskracht.

Dus is de luchtweerstandskracht kleiner dan de zwaartekracht.

- b De versnelling volgt uit de steilheid van de (v,t) -grafiek.

Zie figuur 3.37.



Figuur 3.37

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{grafieklijn}}$$

$$a = \frac{0,0 - 25,0}{5,0 - 0,9}$$

$$a = -6,09 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{Afgerond: } a = -6,1 \text{ m s}^{-2}.$$

- c De grootte van de luchtweerstandskracht bereken je met de resulterende kracht en de zwaartekracht.

De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$F_{\text{zw}} = 82 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 8,04 \cdot 10^2 \text{ N}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

$$\sum_i \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$\sum_i \vec{F}_i = F_{zw} - F_{w,lucht} \quad (\text{Omdat je naar beneden beweegt, neem je de richting naar beneden positief.})$$

$$m = 82 \text{ kg}$$

$$a = -6,09 \text{ m s}^{-2}$$

$$8,04 \cdot 10^2 - F_{w,lucht} = 82 \times (-6,1)$$

$$F_{w,lucht} = 1,304 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } 1,3 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

- d De luchtweerstandscoefficiënt bereken je met de formule voor de luchtweerstandskracht.
De luchtweerstandskracht beredeneer je met de eerste van wet van Newton.
De zwaartekracht heb je al berekend bij vraag c.

$$F_{zw} = 8,04 \cdot 10^2 \text{ N}$$

Als de parachute helemaal ontvouwd is, is de snelheid constant.

Volgens de eerste wet van Newton is de luchtweerstandskracht dan gelijk aan de zwaartekracht.

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

$$\rho = 1,293 \text{ kg m}^{-3}$$

$$A = \ell \cdot b = 3,5 \times 4,5 = 15,75 \text{ m}^2$$

$$v = 10,0 \text{ ms}^{-1} \text{ (aflezen in figuur 3.78 van het leerboek)}$$

$$8,04 \cdot 10^2 = \frac{1}{2} \times 1,293 \cdot C_w \cdot 15,75 \times 10,0^2$$

$$C_w = 0,789$$

$$\text{Afgerond: } 0,79.$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.7 De derde wet van Newton

Opgave 45

- a Zwaartekracht.
- b De bovenste magneet wordt op zijn plaats gehouden.
Volgens de eerste wet van Newton zijn de zwaartekracht en de magnetische kracht in evenwicht. Dat betekent dat de twee krachten even groot zijn.
- c Op de onderste magneet werkt ook nog een magnetische kracht. De richting ervan is naar beneden. Daardoor 'drukt' die op de onderste schijf.
- d $F_n = F_{zw} + F_{magneet}$

Opgave 46

- a Het gewicht van de steen volgt uit de normaalkracht.
De normaalkracht bereken je met de resulterende kracht op de baksteen.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$F_{zw} = 1,7 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 16,67 \text{ N}$$

De baksteen is in rust. Volgens de eerste wet van Newton is de normaalkracht even groot als de zwaartekracht.

$$F_n = F_{zw}$$

Volgens de derde wet van Newton is het gewicht gelijk aan de normaalkracht.

$$F_{gew} = F_n = 16,67 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{gew} = 17 \text{ N.}$$

- b De kracht van je hand bereken je met de resulterende kracht.
De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.

$$\sum_i \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$\sum_i \vec{F}_i = F_{\text{hand}} - F_{zw} \quad (\text{omdat de steen naar boven beweegt neem je richting naar boven positief})$$

$$m = 1,7 \text{ kg}$$

$$a = 5,0 \text{ m s}^{-2}$$

$$\sum_i \vec{F}_i = 1,7 \times 5,0$$

$$\sum_i \vec{F}_i = 8,5 \text{ N}$$

$$\sum_i \vec{F}_i = F_{\text{hand}} - F_{zw}$$

$$F_{zw} = 16,67 \text{ N}$$

$$8,5 = F_{\text{hand}} - 16,67$$

$$F_{\text{hand}} = 25,3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{hand}} = 25 \text{ N.}$$

- c Het gewicht van de steen volgt uit de normaalkracht op de hand.
Volgens de derde wet van Newton is het gewicht van de baksteen even groot als de kracht die de baksteen ondervindt van zijn ondergrond, maar tegengesteld gericht.
De kracht van de ondergrond is de kracht van de hand.
Dus is $F_{gew} = 25 \text{ N}$.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

- d Het gewicht is gelijk aan de kracht die een voorwerp van zijn ondergrond ondervindt. Tijdens de beweging omhoog en omlaag is er geen ondergrond meer. Het gewicht is dus 0 N. Het gewicht verandert dus niet tijdens de beweging omhoog en omlaag.
- e De kracht die de grond op de baksteen uitoefent bereken je met de resulterende kracht.

Tijdens het contact met de grond werken op de baksteen de zwaartekracht en de kracht van de grond. De baksteen remt af. Dus er is een resulterende kracht die omhoog gericht is. Dat betekent dat de kracht die de grond uitoefent op de baksteen groter is dan de zwaartekracht op de baksteen.

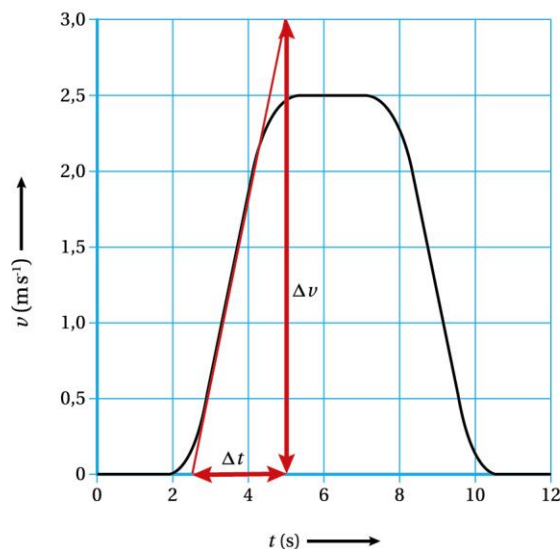
Opgave 47

- a Het gewicht van Inez volgt uit de normaalkracht op Inez.
De normaalkracht op Inez is even groot als de zwaartekracht van Inez als de resulterende kracht gelijk aan 0 N.
Volgens de eerste wet van Newton is dat het geval als de snelheid constant is.

Het gewicht van Inez is even groot als de zwaartekracht van Inez:

- tussen $t = 0,0$ en $t = 2,0$ s;
 - tussen $t = 5,0$ en $t = 7,0$ s;
 - tussen $t = 10,5$ en $t = 12,0$ s.
- b De versnelling volgt uit de steilheid van de (v,t) -grafiek als $v = 1,0 \text{ m s}^{-1}$.

Zie figuur 3.38.



Figuur 3.38

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{grafieklijn}}$$

$$a = \frac{3,0 - 0,0}{5,0 - 2,5}$$

$$a = 1,20 \text{ m s}^{-2}$$

Afgerond: $1,2 \text{ m s}^{-2}$.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

- c Het gewicht van Inez volgt uit de normaalkracht op Inez.
De normaalkracht bereken je met de resulterende kracht en de zwaartekracht.
De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$F_{zw} = 53 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 5,199 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\sum_i \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$\sum_i \vec{F}_i = F_n - F_{zw} \text{ (Omdat de lift naar boven beweegt, neem je richting naar boven positief.)}$$

$$F_n - F_{zw} = m \cdot a$$

$$F_n - 5,199 \cdot 10^2 = 53 \times 1,3$$

$$F_n = 5,88 \cdot 10^2 \text{ N}$$

Dus het gewicht van Inez is $5,88 \cdot 10^2 \text{ N}$.

Afgerond: $F_{gew} = 5,9 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- d Op het tweede tijdstip is $a = -1,3 \text{ m s}^{-2}$. De resulterende kracht heeft dan een negatieve waarde. Dat betekent dat F_n kleiner is dan F_{zw} .
Dus het gewicht van Inez is op het tweede tijdstip kleiner dan op het eerste tijdstip.

Opgave 48

- a De normaalkracht op Jurgen construeer je met de grootte van de normaalkracht en de krachterschaal.
De normaalkracht volgt uit de resulterende kracht op Jurgen.
De resulterende kracht wordt gevormd door de normaalkracht en de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$F_{zw} = 90 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 8,829 \cdot 10^2 \text{ N}$$

De auto staat stil, dus is de resulterende kracht op Jurgen is 0 N.

De normaalkracht is dus gelijk aan de zwaartekracht, maar tegengesteld gericht.

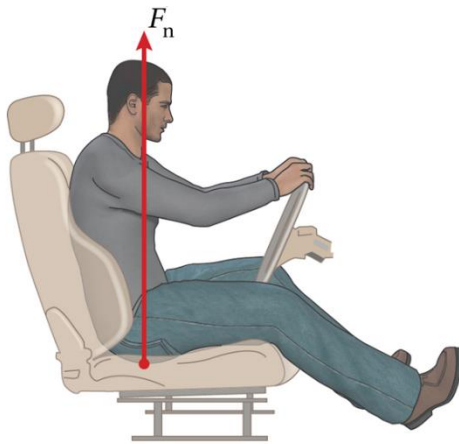
$$F_n = 8,829 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 200 \text{ N}$$

Dus $8,829 \cdot 10^2$ komt overeen met 4,4 cm.

Zie figuur 3.39.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.39**

- b De horizontale kracht van de stoelleuning op Jurgen bereken je met de tweede wet van Newton. De resulterende kracht bereken je met de versnelling. De versnelling bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta v = \frac{100}{3,6} = 27,77 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta t = 6,6 \text{ s}$$

$$a = \frac{27,7}{6,6} = 4,208 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = 90 \times 4,208 = 3,78 \cdot 10^2$$

In de horizontale richting werkt alleen de kracht van de stoelleuning op Jurgen.

$$F_{\text{leuning}} = F_{\text{res}} = 3,78 \cdot 10^2$$

Afgerond: $3,8 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- c De totale kracht die de stoel uitoefent op Jurgen, bereken je met de stelling van Pythagoras.

De kracht die de zitting uitoefent op Jurgen en de kracht die de stoelleuning uitoefent op Jurgen staan loodrecht op elkaar.

Volgens Pythagoras geldt dan:

$$F_{\text{stoel}}^2 = F_{\text{zitting}}^2 + F_{\text{leuning}}^2$$

$$F_{\text{stoel}}^2 = (8,8 \cdot 10^2)^2 + (3,8 \cdot 10^2)^2$$

$$F_{\text{stoel}} = 9,585 \cdot 10^2$$

Afgerond: $F_{\text{stoel}} = 9,6 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- d Dat de rolweerstandskracht en de luchtweerstandskracht samen gelijk zijn aan de schuifwrijvingskracht volgt uit de krachten op de auto en de eerste en derde wet van Newton. Leg uit dat de motorkracht van de auto zorgt voor een schuifweerstandskracht op de auto.

De auto rijdt met een constante snelheid, dus is de resulterende kracht gelijk aan 0 N.

De krachten in de horizontale richting heffen elkaar op.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

In figuur 3.88 van het leerboek is de richting van de luchtweerstandskracht en de rolweerstandskracht naar links. Op de auto werkt dus nog een kracht die naar rechts is gericht. Dit is de kracht die het wegdek uitoefent op de auto en dus gelijk aan de schuifwrijvingskracht.

Opmerking

Doordat de motor de wielen laat draaien, oefenen de wielen een kracht uit op het wegdek die naar links is gericht. Volgens de derde wet van Newton oefent het wegdek dan een even grote maar tegengestelde kracht uit op de wielen van de auto. Je zegt: 'De auto zet zich af tegen het wegdek.' Hierbij is de schuifwrijvingskracht van belang.

Opgave 49

- a De maximale kracht die het startblok uitoefent op de sprinter bereken je met de maximale resulterende kracht op de sprinter.

De maximale resulterende kracht op de sprinter bereken je met de maximale versnelling.

De maximale versnelling volgt uit de steilheid van de (v,t) -grafiek.

Zie figuur 3.40.

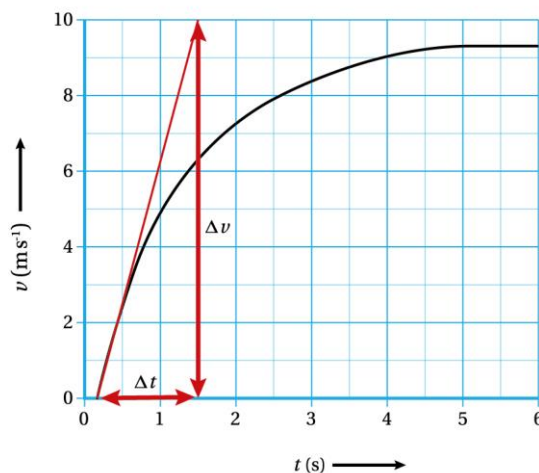
$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{grafieklijn}}$$

$$a = \frac{10,0 - 0,0}{1,5 - 0,2}$$

$$a = 7,69 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = 53 \times 7,69 = 407 \text{ N}$$



Figuur 3.40

Op het moment dat de sprinter start, oefent alleen het startblok een kracht uit de sprinter.

$$F_{\text{blok}} = F_{\text{res}} = 407 \text{ N}$$

Afgerond: $4,1 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- b De sprinter oefent met zijn benen kracht uit op de baan. Omdat de baan ruw is, oefent de schuifwrijvingskracht tussen de baan en de schoenen kracht uit op de sprinter. Tijdens het afzetten neemt de snelheid van de benen toe. Dus is de versnelling van de benen groter dan 0 m s^{-2} . Daarmee is ook de resulterende kracht op de benen groter dan 0 N . Dus is de schuifwrijvingskracht op de sprinter groter dan de tegenwerkende krachten op de sprinter.
- c De resulterende kracht hangt af van de massa en de versnelling. Een kunstbeen heeft een kleinere massa dan een normaal been. Daardoor hoeft er minder kracht geleverd te worden.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.8 Een model met krachten

Opgave 50

Zie figuur 3.41.

Als	$h < 3000$
Dan $A =$	1,1
Anders $A =$	0,9

Figuur 3.41

Opgave 51

- a Het model maak je af door de volgende opdrachten uit te voeren:
(Klik op het vraagteken om het scherm Eigenschappen... te openen.)
- Voeg in het model vier startwaarden toe.
Hierbij gebruik je de standaardeenheden.
De startwaarde voor de snelheid geef je weer met een quotiënt.
De startwaarde voor de luchtweerstand geef je weer met een formule.
 - Voeg in het model de formule toe waarmee de resulterende kracht wordt berekend.

In de eigenschappen ontbreken vier startwaarden en een formule.

$$x = 0$$

$$v = 60/3,6$$

$$F = 2,3E3 \text{ of } F = 2300$$

$$F_{\text{lucht}} = 0,90 \cdot v^2$$

$$\text{De formule voor de luchtweerstandskracht is: } F_{\text{res}} = F_{\text{motor}} - F_{\text{lucht}} - F_{\text{wrol}}$$

Opmerking

Coach 7 accepteert geen komma's (meer) in de naam van een grootheid.

- b Het model pas je aan door een conditie voor de motorkracht op te nemen.
Een conditie voor de motorkracht voeg je toe nadat je de constante motorkracht omgezet hebt in de hulpvariabele motorkracht.

Je zet eerst de constante motorkracht om naar de hulpvariabele motorkracht.

De motorkracht is afhankelijk van de snelheid, dus is er een relatiepijl van snelheid naar motorkracht nodig.

Vervolgens voeg je de conditie toe met de snelheid in de standaard eenheid:

$$120 \text{ km h}^{-1} = 120/3,6$$

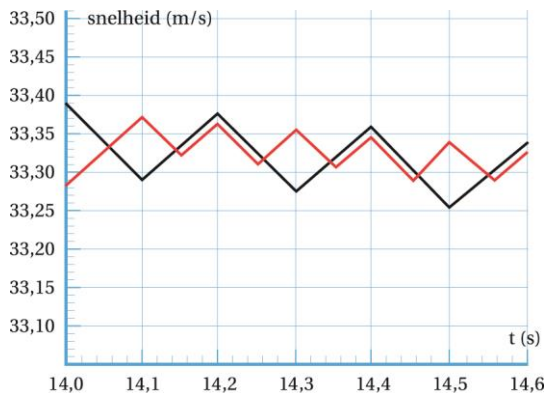
Zie figuur 3.42: er zijn twee mogelijkheden.

Definitie		Definitie	
☒ Formule ☐ Gegevens		☒ Formule ☐ Gegevens	
☒ Conditie gebruiken		☒ Conditie gebruiken	
Als	$v \leq 120/3,6$	Als	$v \geq 120/3,6$
Dan $F_{\text{mot.}} =$	2300	Dan $F_{\text{mot.}} =$	0
Anders $F_{\text{.}} =$	0	Anders $F_{\text{.}} =$	2300
Definiëren...		Definiëren...	

Figuur 3.42

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

- c Bij een twee keer zo kleine tijdstap maakt de computer twee keer zo veel berekeningen per seconde. De afwijkingen zijn dan kleiner.
Zie figuur 3.43.



Figuur 3.43

Opgave 52

- a De luchtdichtheid is een constante. Er wijzen geen relatiepijlen naar de luchtdichtheid.
b De manier waarop je valt, leid je af uit de grootte van de frontale oppervlakte.

In het model is de frontale oppervlakte gelijk aan $0,7 \text{ m}^2$.

Hieruit volgt dat de skydiver horizontaal valt.

- c frontale oppervlakte A
luchtweerstandscoefficiënt C_w

Opgave 53

- a Bij elke waarde van C_w berekent het model een andere eindsnelheid.
Door telkens andere waarden voor C_w te proberen, vind je de waarde die hoort bij een eindsnelheid van $64,8 \text{ km h}^{-1} = 18 \text{ m s}^{-1}$.
 $C_w = 2,6$
b Als de snelheid constant is, dan is volgens de eerste wet van Newton de resulterende kracht gelijk aan 0 N. De resulterende kracht wordt gevormd door de zwaartekracht en de luchtweerstandscoefficiënt.
De zwaartekracht en de luchtweerstandskracht zijn dan aan elkaar gelijk.

Opgave 54

- a Het model maak je af door de volgende opdrachten uit te voeren:
- Verander de constante luchtdichtheid in een hulpvariabele.
 - Teken een relatiepijl van de hoogte naar de luchtdichtheid.
 - Voer de formule voor de luchtdichtheid in.

Zie figuur 3.44.

Definitie

☒ Formule ☐ Gegevens

☐ Conditie gebruiken

rho =

Figuur 3.44

- b De maximale snelheid bepaal je met behulp van een (v,t) -diagram in Coach.
Het (v,t) -diagram laat je Coach maken nadat alle startwaarden zijn aangepast.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Uit het (v,t) -diagram volgt de maximale snelheid $v_{\max} = 339 \text{ m s}^{-1}$.

Afgerond: $3,4 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$.

- c Het model maak je af door de volgende opdrachten uit te voeren:
- De frontale oppervlakte en de luchtweerstandscoefficiënt verander je in hulpvariabelen.
 - Teken relatiepijlen van de hoogte naar de frontale oppervlakte en naar de luchtweerstandscoefficiënt
 - Voeg condities toe voor zowel de frontale oppervlakte als voor de luchtweerstandscoefficiënt die afhangt van de hoogte. Zie figuur 3.45.

Conditie voor frontale oppervlakte

Definitie

☒ Formule ☐ Gegevens

☒ Conditie gebruiken

Als

Dan A =

Anders A =

Conditie voor luchtweerstandscoefficiënt

Definitie

☒ Formule ☐ Gegevens

☒ Conditie gebruiken

Als

Dan C_w =

Anders C_w =

Figuur 3.45

- d Omdat Baumgartner naar beneden beweegt, neem je de richting naar beneden positief. De snelheid is maximaal als de versnelling nul wordt: tot die tijd neemt de snelheid toe, daarna neemt hij weer af. Op $t = 49 \text{ s}$ is de snelheid maximaal.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

De luchtweerstandskracht is het grootst als de versnelling het negatiefst is. De resulterende kracht is dan naar boven gericht. De richting van de luchtweerstandskracht is tegen de bewegingsrichting in.

Op $t = 251$ s is de luchtweerstandskracht maximaal.

Zodra de parachute wordt geopend, is de luchtweerstandskracht maximaal.

Op $t = 251$ s wordt de parachute geopend.

Als de daalsnelheid een constante waarde heeft bereikt, dan is de resulterende kracht gelijk aan 0 N, volgens de eerste wet van Newton. De versnelling is dan ook gelijk aan 0 m s^{-2} .

Op $t = 260$ s heeft de daalsnelheid een constante waarde bereikt.

- e De maximale grootte van de kracht volgt uit het (F_{res}, t) -diagram.

Laat Coach een (F_{res}, t) -diagram tekenen en lees de maximale kracht af bij $t = 251$ s.

- f Een belangrijk verschil is dat in werkelijkheid de parachute niet direct helemaal geopend is.

De frontale oppervlakte en de luchtweerstandscoefficiënt veranderen dus geleidelijk.

Op het moment dat de parachute geheel geopend is, is Baumgartner dus al voor een deel afgeremd. Dus is de maximale luchtweerstandskracht kleiner dan in werkelijkheid.

Opgave 55

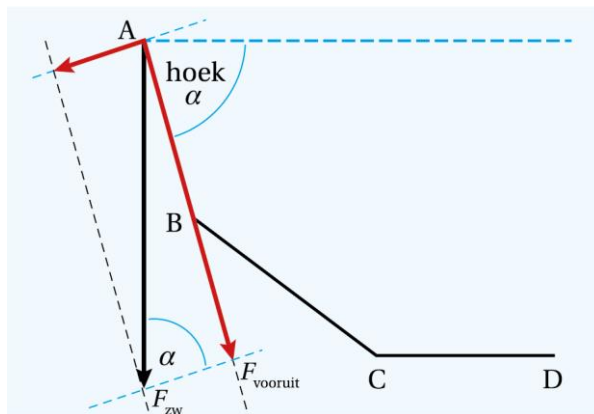
- a Zie figuur 3.46.

Je ziet dat de hoek ($= \alpha$) ook terugkomt bij het ontbinden van de zwaartekracht.

Er geldt:

$$\sin(\text{hoek}) = \frac{F_{\text{voorwaarts}}}{F_{\text{zw}}} = \frac{F_{\text{voorwaarts}}}{m \cdot g}$$

$$F_{\text{voorwaarts}} = m \cdot g \cdot \sin(\text{hoek})$$



Figuur 3.46

- b Water zorgt ervoor dat je makkelijker glijdt.

Als k groter wordt, neemt F_w toe. Dat betekent dat er dan minder water door de buis stroomt.

- c extra modelregel

$$F_{\text{extra}} = c v^2$$

aangepaste modelregel $F_{\text{res}} = F_{\text{vooruit}} - F_w - F_{\text{extra}}$

startwaarde

$$c = 17$$

conditie bij F_{extra}

Als $s \leq s_{\text{AC}}$ dan 0 anders F_{extra} eindals

of

Als $s \geq s_{\text{AC}}$ dan F_{extra} anders 0 eindals

stopconditie

$$v \leq 0$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.9 Afsluiting

Opgave 56

- a De beste manier van hijsen beredeneer je met de kleinste kracht op de kabel.
De kleinste kracht op de kabel beredeneer je met de tweede wet van Newton.
De versnelling volgt uit de steilheid van de grafiek in het (v,t) -diagram.

De steilheid van de grafiek is in het begin bij manier A het grootst. Bij manier A is er de grootste versnelling.

Bij dezelfde massa is volgens de tweede wet van Newton bij manier A dan de (resulterende) kracht het grootst.

Je moet dus manier B toepassen om te voorkomen dat de kabel breekt.

- b De spankracht in de hijskabel bereken je met de resulterende kracht op de hijskabel en de zwaartekracht.

De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$F_{zw} = 420 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 4,12 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\sum_i \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$\sum_i \vec{F}_i = F_{\text{span}} - F_{zw} \text{ (Omdat de kabel naar boven beweegt, neem je richting naar boven positief.)}$$

$$m = 420 \text{ kg}$$

$$a = 1,8 \text{ ms}^{-2}$$

$$F_{\text{span}} - 4,12 \cdot 10^3 = 420 \times 1,8$$

$$F_{\text{span}} = 4,876 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{span}} = 4,9 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- c De spankracht in kabel c bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.
De krachtschaal kies je zelf.
De spankracht construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.
De spankracht in de hijskabel is gelijk aan de zwaartekracht.

Zie figuur 3.47.

De resulterende kracht van de spankrachten in de twee kabels is gelijk aan de zwaartekracht op hijskabel a.

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 1000 \text{ N}$.

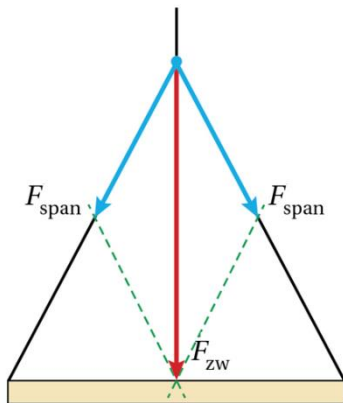
Dus $F_{zw} = 4,12 \cdot 10^3 \text{ N}$ is getekend met een lengte van 4,1 cm.

Door de zwaartekracht te ontbinden in twee componenten, vind je de lengte van de spankracht in kabel c.

De lengte van de spankracht c is gelijk aan 2,3 cm.

Dus $F_{\text{span}} = 2,3 \times 1000 = 2,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

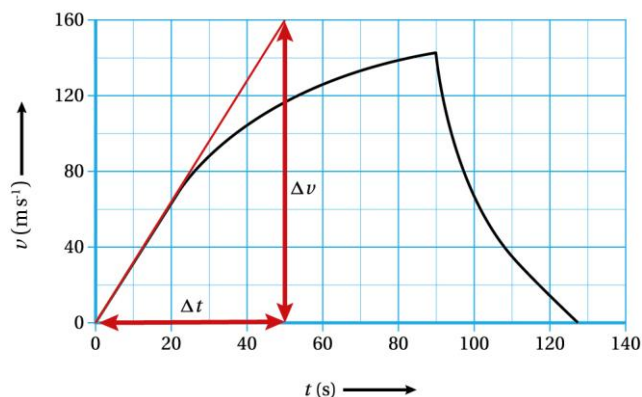


Figuur 3.47

Opgave 57

- a Of de vuistregel klopt, ga je na door de verhouding tussen F_{stuw} en F_{gewicht} te bepalen.
 Het gewicht van de auto volgt uit de normaalkracht op de auto.
 De normaalkracht volgt uit de zwaartekracht.
 De voortstuwende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.
 De versnelling volgt uit de steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek.

Zie figuur 3.48.



Figuur 3.48

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{grafieklijn}}$$

$$a = \frac{160,0 - 0,0}{50,0 - 0,0}$$

$$a = 3,2 \text{ m s}^{-2}$$

Op $t = 0 \text{ s}$ is in de horizontale richting de voortstuwende kracht gelijk aan de resulterende kracht. Dit is dus de schuifweerstandskracht, die zorgt voor grip op de zoutvlakte.

$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$m = 1740 \text{ kg}$$

$$F_{\text{res}} = 1740 \times 3,2 = 5,568 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

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

$$F_{zw} = 1740 \times 9,81$$

$$F_{zw} = 1,707 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\frac{F_{stuw}}{F_{zw}} = \frac{5,568 \cdot 10^3}{1,707 \cdot 10^4} = 0,326$$

Dit is kleiner dan $\frac{1}{3}$.

Er wordt dus aan de vuistregel voldaan.

- b De waarde van k bereken je met de gegeven formule.

De waarde van de luchtweerstandskracht en van de snelheid lees je af in figuur 3.110 en 3.111 van het leerboek bij de snelheid op $t = 90 \text{ s}$.

$$F_{lucht} = k \cdot v^2$$

$$F_{lucht} = 2,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$v = 141 \text{ m s}^{-1}$$

$$2,0 \cdot 10^3 = k \times 141^2$$

$$k = 0,1005$$

Afgerond: 0,10.

- c De maximale snelheid bereik je als de snelheid niet meer toeneemt.

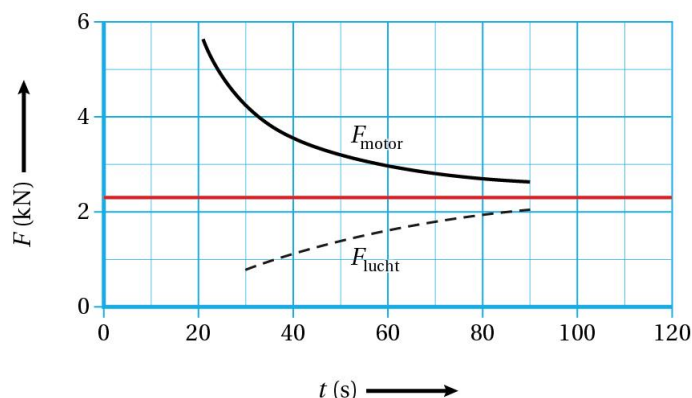
De snelheid neemt volgens de eerste wet van Newton niet meer toe als de resulterende kracht gelijk is aan 0 N.

De resulterende kracht volgt uit de motorkracht en de luchtweerstandskracht.

Als de snelheid maximaal is, dan is de snelheid constant. Dan is de resulterende kracht gelijk aan 0 N. De luchtweerstandskracht is dan gelijk aan de motorkracht.

Door extrapoleren van de grafieken in figuur 3.111 van het leerboek vallen de grafieken samen bij een kracht van $2,3 \text{ kN} = 2,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Zie figuur 3.49.



Figuur 3.49

$$F_{lucht} = F_{motor}$$

$$0,10 \times v^2 = 2,3 \cdot 10^3$$

$$v = 152 \text{ m s}^{-1}$$

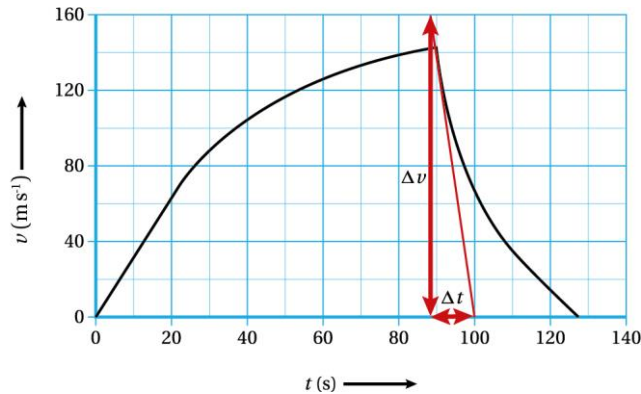
Afgerond: $v = 1,5 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$.

- d De maximale grootte van de kracht van de gordels op de bestuurder bereken je met de resulterende kracht.

Vwo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

De resulterende kracht bereken je met de tweede wet van Newton.
De vertraging volgt uit de steilheid van de raaklijn aan de (v,t) -grafiek.

Zie figuur 3.50.



Figuur 3.50

$$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{grafieklijn}}$$

$$a = \frac{0,0 - 160}{100,0 - 89,0}$$

$$a = -14,54 \text{ ms}^{-2}$$

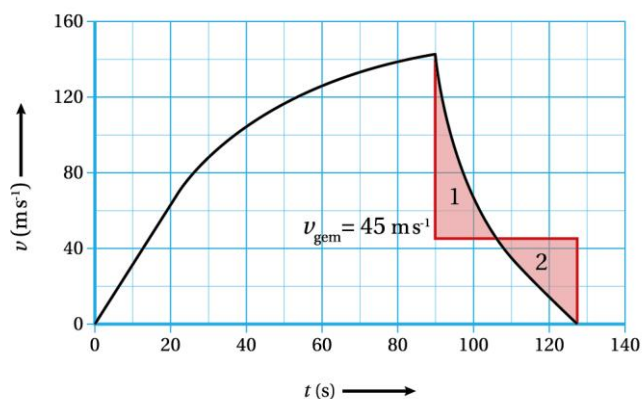
$$F_{\text{res}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{res}} = 65 \times (-14,54) = 945 \text{ N}$$

Dus de maximale kracht van de gordels is afgerond: $9,5 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- e De remstand bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een willekeurige beweging.
De gemiddelde afstand en de tijd bepaal je in het (v,t) -diagram met de oppervlaktmethode.

Zie figuur 3.51.



Figuur 3.51

$$s = v_{\text{gem}} \cdot t$$

$$v_{\text{gem}} = 45 \text{ m s}^{-1}$$

$$t = (127 - 90) = 37 \text{ s}$$

$$s = 45 \times 37 = 1665 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s = 1,7 \cdot 10^3 \text{ m.}$$