

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.1 Krachten en hun eigenschappen

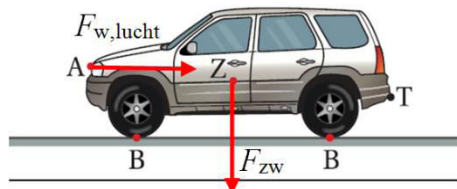
Opgave 1

a Zie tabel 3.1.

Kracht	Uitgeoefend door
Motorkracht	Motor
Zwaartekracht	Aarde
Normaalkracht	Weg/ondergrond
Luchtweerstandskracht	Lucht
Rolweerstandskracht	Weg/ondergrond

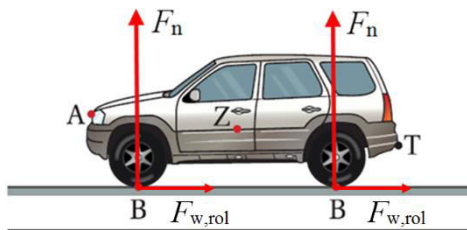
Tabel 3.1

b Zie figuur 3.1.



Figuur 3.1

c Zie figuur 3.2.



Figuur 3.2

Opgave 2

a Spankracht

b De kracht in punt T teken je met een pijl die grootte en richting heeft.

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

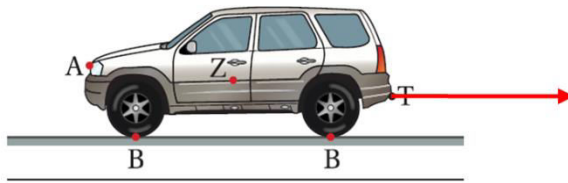
De richting van de kracht volgt uit de richting waarin de auto beweegt / gaat bewegen.

Zie figuur 3.3.

Het slepen van de auto kan alleen als de kracht naar rechts is gericht.

De kracht is $1,2 \text{ kN} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ N}$.Volgens de krachtenschaal geldt $1 \text{ cm} \triangleq 500 \text{ N}$.Dus $1,2 \cdot 10^3 \text{ N} \triangleq 2,4 \text{ cm}$.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen



Figuur 3.3

Opgave 3

- 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 $1 \text{ cm} \triangleq 500 \text{ N}$.

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

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

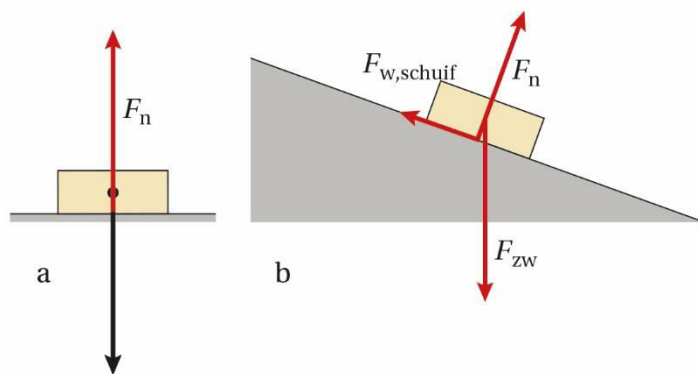
$$1,2 \cdot 10^3 = m \times 9,81$$

$$m = 1,22 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

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

- 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 3.4a.



Figuur 3.4

- 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 3.4b.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

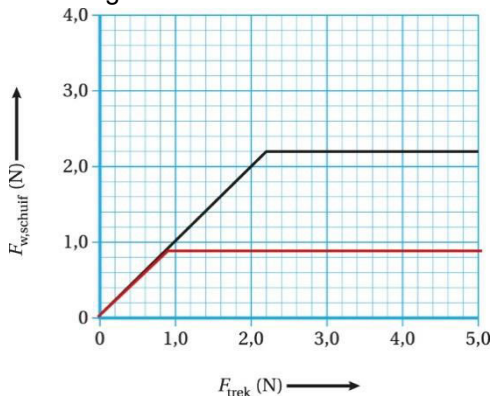
- d Een blok op een helling kan stil liggen of glijden. In beide gevallen zal er een schuifweerstandskracht $F_{w,schuif}$ zijn. Deze kracht grijpt aan in het midden van het contactoppervlak en is langs de helling omhoog gericht.

Zie figuur 3.4b.

Opgave 4

- a Tijdens een meting is de werklijn van de veerkracht in een krachtmeter gelijk aan de werklijn van de kracht die je meet. De schuifwrijvingskracht werkt in horizontale richting. Dus moet Mylo de krachtmeter ook horizontaal houden.
- b Uit figuur 3.15 lees je af dat $F_{w,schuif}$ niet groter wordt dan 2,2 N.
Dus de maximale schuifwrijvingskracht is 2,2 N.
- c De maximale schuifwrijvingskracht is 40% van 2,2 N.
Dit is $0,40 \times 2,2 = 0,88$ N.
In de grafiek is de schuifwrijvingskracht gelijk aan de trekkracht, totdat de maximale waarde van 0,88 N bereikt wordt.
Bij een grotere trekkracht blijft $F_{w,schuif}$ gelijk 0,88 N.

Zie figuur 3.5.



Figuur 3.5

- d De wrijvingskracht hangt ook af van de ruwheid van de contactoppervlakken.
Mylo kan bijvoorbeeld een stukje rubber onder het blok leggen.

Opgave 5

- a De vorm van de bal is ovaal. Dus de bal is vervormd.
Dat kan alleen als er een kracht op de bal wordt uitgeoefend door het racket.
- b De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$m = 58 \text{ g} = 58 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

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

$$F_{zw} = 58 \cdot 10^{-3} \times 9,81 = 5,689 \cdot 10^{-1} \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{zw} = 5,7 \cdot 10^{-1} \text{ N.}$$

- c De zwaartekracht volgt uit de formule voor de zwaartekracht.

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

$$\text{In BINAS tabel 31 vind je } g_{\text{aarde}} = 9,81 \text{ m s}^{-2} \text{ en } g_{\text{maan}} = 1,62 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{Hieruit volgt } \frac{g_{\text{aarde}}}{g_{\text{maan}}} = \frac{9,81}{1,62} = 6,05.$$

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

- Bij dezelfde massa m is de zwaartekracht op de maan dus zes keer zo klein als de zwaartekracht op de aarde.
- d De kleinere zwaartekracht op de maan zorgt ervoor dat de tennisbal minder snel naar beneden wordt getrokken. Dus zal de bal daardoor een grotere horizontale afstand afleggen. Op de maan is geen luchtweerstandskracht, waardoor de bal niet wordt afgeremd.

Opgave 6

- 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 3.6.

- 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.

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

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

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

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

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

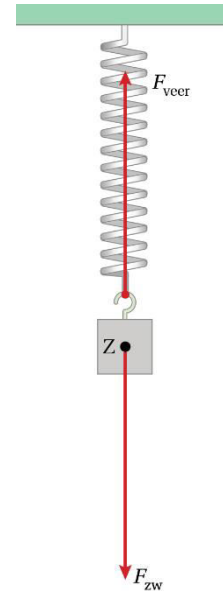
$$F_{\text{veer}} = F_{\text{zw}} = 1,393 \text{ N}$$

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

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

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

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



Figuur 3.6

Opgave 7

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 3.18 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.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.2 Krachten samenstellen

Opgave 8

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

$$F_1 = F_{\text{Alex}} + F_{\text{Berend}}$$

$$F_1 = 550 + 650$$

$$F_1 = 1200 \text{ N}$$

$$F_2 = F_{\text{Charles}} + F_{\text{Diederik}}$$

$$F_2 = 500 + 725$$

$$F_2 = 1225 \text{ N}$$

F_2 is groter, dus team 2 wint.

b $F_1 = F_{\text{Charles}} + F_{\text{Berend}}$

$$F_1 = 500 + 650$$

$$F_1 = 1150 \text{ N}$$

$$F_2 = F_{\text{Alex}} + F_{\text{Diederik}}$$

$$F_2 = 550 + 725$$

$$F_2 = 1275 \text{ N}$$

F_2 is groter, dus team 2 wint.

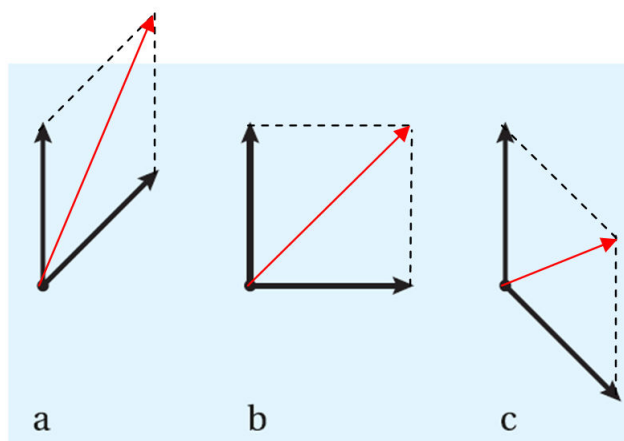
Opgave 9

- a Krachten in tegenovergestelde richting werken elkaar tegen. In situatie c staan de krachten bijna tegenover elkaar. Daardoor verwacht je in situatie c de kleinste resulterende kracht.
- b De lengte van F_{res} geeft de grootte van de resulterende kracht.
De resulterende kracht construeer je met de parallellogrammethode.

Zie figuur 3.7.

De pijl voor de resulterende kracht is in figuur 3.7c het kleinst.

Dus is de resulterende kracht in situatie c inderdaad het kleinst.



Figuur 3.7

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 10

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

De lengte van pijl F_1 is 3,8 cm. (opmeten in figuur 3.24)

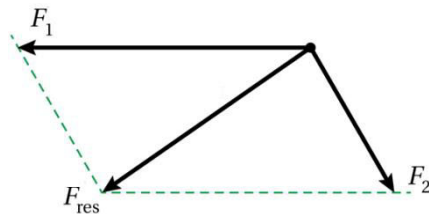
$$3,8 \text{ cm} \triangleq 35 \text{ N}$$

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

Afgerond: $1,0 \text{ cm} \triangleq 8,8 \text{ N}$.

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

Zie figuur 3.8.



Figuur 3.8

De lengte van F_{res} is 3,3 cm. (opmeten in figuur 3.8)

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 8,8 \text{ N}$. (zie vraag a)

$$F_{\text{res}} = 3,3 \times 8,8 = 29,0 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{res}} = 29 \text{ N}$.

- c 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 3.8)

Opgave 11

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

De resulterende kracht construeer je met de parallellogrammethode.

De lengte van de pijl van $F_{\text{span,A}}$ bepaal je met de waarde van 32 N en de krachtenschaal.

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

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

De lengte van de pijl van $F_{\text{span,B}}$ is 2,8 cm. Voor de schaal volgt dan

$$2,8 \text{ cm} \triangleq 25 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 8,93 \text{ N}$$

De lengte van de pijl van $F_{\text{span,A}}$ met waarde 32 N is dan $\frac{32}{8,93} = 3,583 \text{ cm}$.

Zie figuur 3.9.

F_{res} construeer je met behulp van de parallellogrammethode. Zie figuur 3.9.

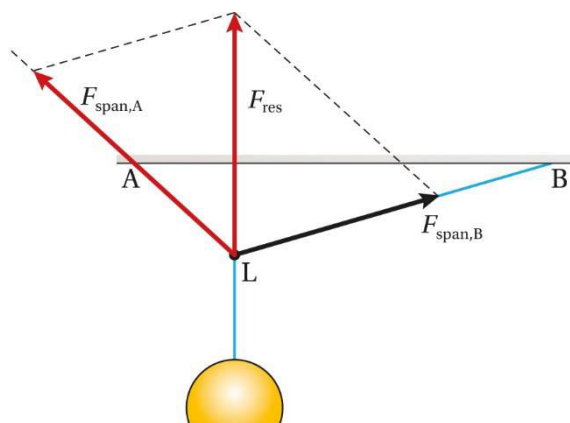
De grootte van de resulterende kracht bepaal je door de lengte van F_{res} op te meten en te vermenigvuldigen met de schaal.

De lengte van de pijl van F_{res} is 3,2 cm. (opmeten in figuur 3.9)

$$F_{\text{res}} = 3,2 \times 8,93 = 28,5 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{res}} = 29 \text{ N}$.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen



Figuur 3.9

Opgave 12

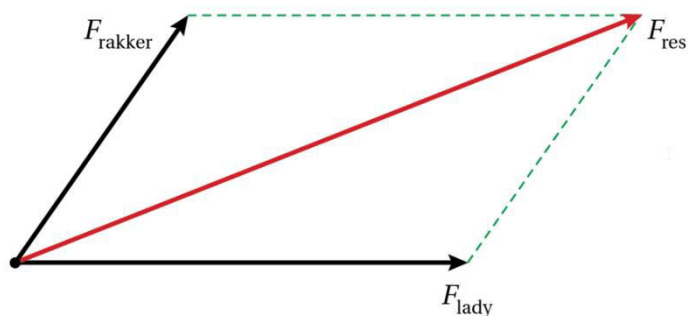
- a De schaal is de grootte van de kracht, weergegeven door een pijl met een lengte van 1,0 cm.

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

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

- b Zie figuur 3.10.

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



Figuur 3.10

De lengte van de pijl van F_{res} is 8,9 cm. (opmeten in figuur 3.10)

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

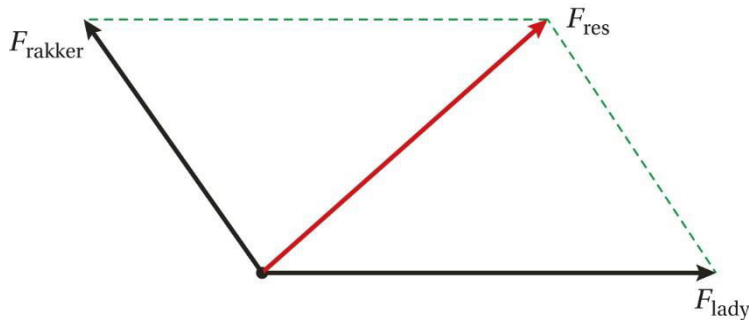
$$F_{\text{res}} = 8,9 \times 11 = 97,9 \text{ N}$$

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

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

c Zie figuur 3.11.

In figuur 3.10 trekt Rakker gedeeltelijk in dezelfde richting als Lady. In figuur 3.11 trekt Rakker gedeeltelijk in tegengestelde richting. Dus F_{res} is in figuur 3.11 kleiner dan in figuur 3.10.



Figuur 3.11

Opmerking

Figuur 3.11 is een tekening op schaal

De lengte van de pijl van F_{res} is 5,0 cm. (opmeten in figuur 3.11)

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

Dus F_{res} is inderdaad kleiner geworden.

Opgave 13

De resulterende kracht bepaal je met behulp van de parallellogrammethode.

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

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

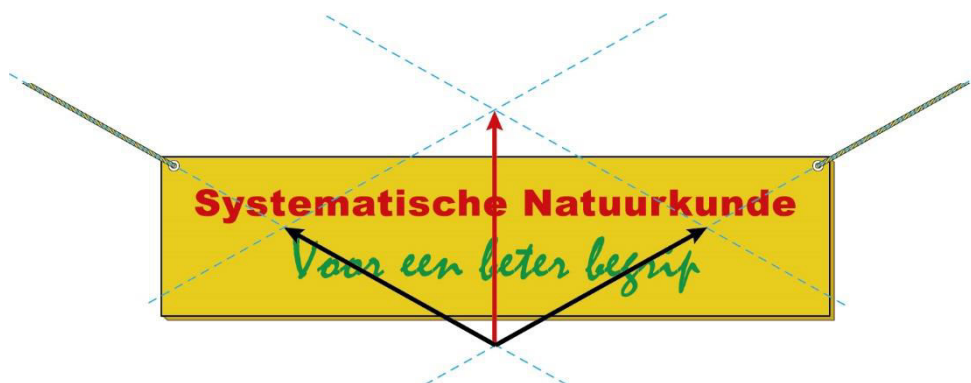
De krachtschaal bepaal je zelf.

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

Het aangrijpingspunt construeer met de werklijnen van de spankrachten.

Zie figuur 3.12.

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



Figuur 3.12

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

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

Zie figuur 3.12

De lengte van de pijl van F_{res} is 3,1 cm. (opmeten in figuur 3.12)

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

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

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

Opgave 14

- a De resulterende kracht $F_{\text{res},12}$ van F_1 en F_2 construeer je met de parallellogrammethode.

Zie figuur 3.13.

- b De resulterende kracht van $F_{\text{res},12}$ en F_3 construeer je met de parallellogrammethode.

Zie figuur 3.13.

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

De lengte van de pijl van F_{res} is 6,3 cm. (opmeten in figuur 3.13)

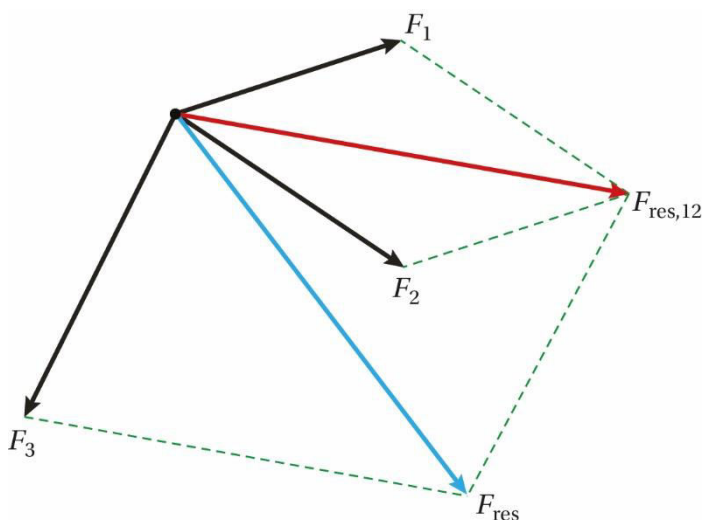
De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 80 \text{ N}$.

$$F_{\text{res}} = 6,3 \times 80 = 5,04 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

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

F_{res} maakt een hoek van 65° met F_3 . (opmeten in figuur 3.13)



Figuur 3.13

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.3 Krachten ontbinden**Opgave 15**

- a De krachtschaal bepaal je met de lengte van de krachtpijl en de grootte van de kracht.

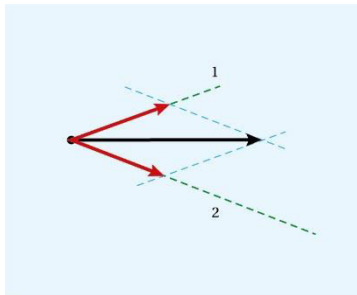
De lengte van de pijl F_{res} is 2,5 cm. (opmeten in figuur 3.33)

$$2,5 \text{ cm} \triangleq 50 \text{ N}$$

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

- b De componenten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.14.



Figuur 3.14

- c De grootte van een component bepaal je met de lengte ervan en de krachtschaal.

De lengte van F_1 in figuur 3.14 is 1,4 cm en de lengte van F_2 is 1,3 cm.

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$.

$$F_1 = 1,4 \times 20 = 28 \text{ N.}$$

$$F_2 = 1,3 \times 20 = 26 \text{ N.}$$

Opgave 16

- a De componenten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Daarvoor moet je de werklijn van F_1 eerst verlengen.

Zie figuur 3.15.

- b De grootte van een component bepaal je door de lengte ervan op te meten en te vermenigvuldigen met de schaal. De schaal is dezelfde als in figuur 3.33 in het leerboek.

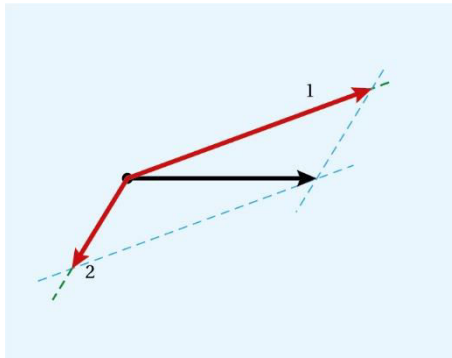
De lengte van F_1 in figuur 3.15 is 3,4 cm en de lengte van F_2 is 1,4 cm.

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$.

$$F_1 = 3,4 \times 20 = 68 \text{ N.}$$

$$F_2 = 1,4 \times 20 = 28 \text{ N.}$$

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen



Figuur 3.15

Opgave 17

- a Of de bal loskomt van de grond, leg je uit door de verticale component van de trapkracht te vergelijken met de zwaartekracht.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$m = 450 \text{ g} = 0,450 \text{ kg}$$

$$F_{zw} = m \times 9,8 = 4,41 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{zw} = 4,4 \text{ N.}$$

De zwaartekracht is omlaag gericht. De verticale component van de trapkracht is omhoog gericht.

De bal komt los van de grond als er een nettokracht groter dan 0 N omhoog gericht is. Als de verticale component van de trapkracht kleiner is dan 4,4 N, komt de bal dus niet los van de grond.

- b Een tekening op schaal maak je door de trapkracht te tekenen met een pijl onder een hoek van 23° .

De lengte van de pijl bereken je met de krachtschaal.

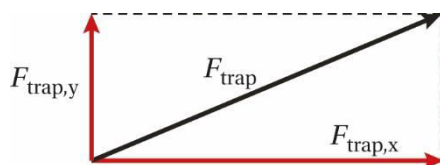
De krachtschaal mag je zelf kiezen.

Zie figuur 3.16.

Kies een krachtschaal bijv. $1,0 \text{ cm} \triangleq 5 \text{ N}$.

Een kracht van 25 N wordt dan een pijl van 5,0 cm.

Teken eerst een horizontale lijn, en plaats een pijl van 5,0 cm onder een hoek van 23° .



Figuur 3.16

- c De componenten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.16.

- d De grootte van de verticale component bepaal je met de lengte ervan en de krachtschaal. De schaal heb je gekozen bij onderdeel b.

De pijl $F_{\text{trap},y}$ in figuur 3.16 is 2,0 cm lang.

$$F_{\text{trap},x} = 2,0 \times 5,0 = 10 \text{ N}$$

10 N is inderdaad groter dan 5,0 N.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

- e De grootte van de horizontale component bepaal je met de lengte ervan en de krachtenschaal.
De schaal heb je gekozen bij onderdeel b.

De lengte van $F_{\text{trap},x}$ is 4,6 cm.

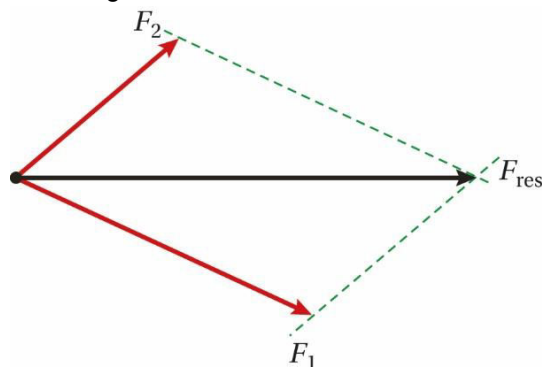
$$F_{\text{trap},x} = 4,6 \times 5,0 = 23 \text{ N.}$$

- f Alleen als de krachten op één lijn liggen, mag je ze optellen en aftrekken.
De componenten van de trapkracht staan loodrecht op elkaar.
De grootte van een component volgt dan uit de parallellogramconstructie.

Opgave 18

- a+b De richting van een werklijn bepaal je met een geodriehoek.
De spankrachten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.17.



Figuur 3.17

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

Opgave 19

- a De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

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

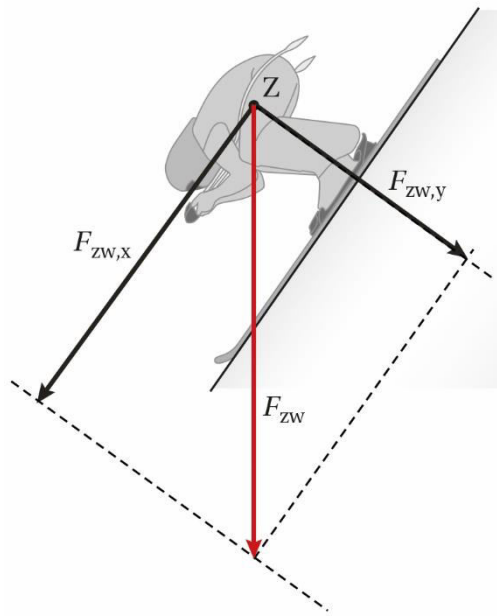
$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_{\text{zw}} = 105 \times 9,81 = 1,030 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Afgerond: $1,03 \cdot 10^3 \text{ N}$.

- b Zie figuur 3.18.
c Zie figuur 3.18.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.18**

- d De grootte van een component bepaal je met de lengte en de krachtschaal.
De krachtschaal bepaal je met de lengte van de krachtpijl en de grootte van de kracht.

De pijl van de zwaartekracht is 6,0 cm. De zwaartekracht is $1,03 \cdot 10^3$ N.

$$6,0 \text{ cm} \triangleq 1,030 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 172 \text{ N}$$

De lengte van de component $F_{ZW,x}$ langs de helling is 4,9 cm.

$$F_1 = 4,9 \times 172 = 842,8 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_1 = 8,4 \cdot 10^2 \text{ N}$$

De lengte van de component $F_{ZW,y}$ loodrecht op de helling is 3,5 cm.

$$F_2 = 3,5 \times 172 = 602,0 \text{ N}$$

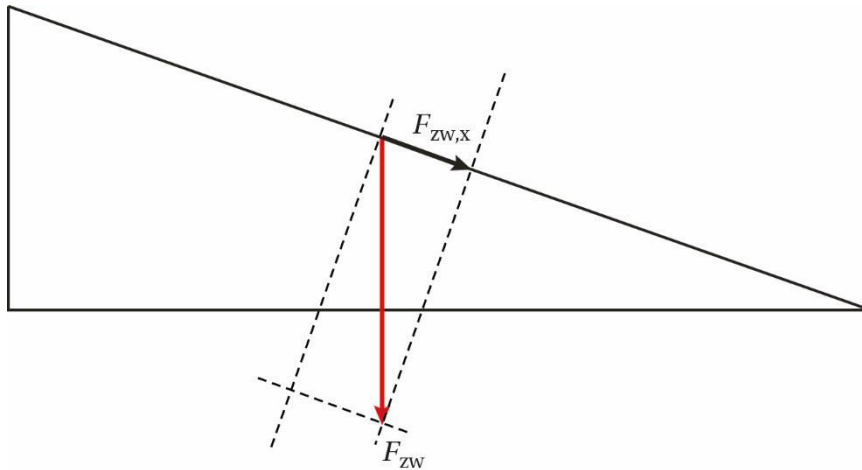
$$\text{Afgerond: } F_2 = 6,0 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

Opgave 20

- a Een tekening op schaal maak je door de volgende opdrachten uit te voeren;
- Teken een rechthoekige driehoek.
De rechthoekszijden volgen uit de gegevens over de hoogte en de horizontale verplaatsing.
 - Bereken de zwaartekracht.
 - Teken een pijl voor de zwaartekracht.
(Maak die pijl minstens 3 cm lang en neem een gemakkelijk krachtschaal.)

Zie figuur 3.19: de rechthoekige driehoek en de rode pijl voor F_{ZW} .

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.19***Toelichting*

Voor de hoogte is gekozen voor een schaal $4 \text{ cm} \triangleq 1 \text{ m}$.
 Dan is de horizontale rechthoekzijde $2,86 \times 4 = 11,4 \text{ cm}$.

Voor de zwaartekracht geldt:

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

$$m = 77 \text{ kg}$$

$$F_{ZW} = 77 \times 9,81 = 755,37 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{ZW} = 7,6 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

In figuur 3.19 is gekozen voor $1,0 \text{ cm} \triangleq 200 \text{ N}$.

De zwaartekracht F_{ZW} wordt dan een pijl van $\frac{7,6 \cdot 10^2}{200} = 3,8 \text{ cm}$.

- b De component van de kracht die de hardloper tegenwerkt construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

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

De krachtschaal heb je gekozen bij vraag a.

Zie figuur 3.19. Omdat de component langs de helling de hardloper tegenwerkt, hoeft je alleen die maar te tekenen.

De component $F_{ZW,X}$ langs de helling is $1,3 \text{ cm}$.

Dit komt overeen met een grootte van $1,3 \times 200 = 2,6 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- c De wrijvingskracht tussen de laag asfalt en de ondergrond is de schuifwrijvingskracht. De grootte ervan wordt bepaald door hoe hard het asfalt tegen de ondergrond wordt gedrukt. Het asfalt wordt tegen de helling gedrukt door de normaalkracht. Dit is de component van de zwaartekracht loodrecht op de helling. Hoe steiler de helling is, des te kleiner is de component loodrecht op de helling. Dus ondervindt asfalt op een steile helling een kleinere wrijvingskracht.

Opgave 21

- a De krachten in het sleeptouw construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.20a.

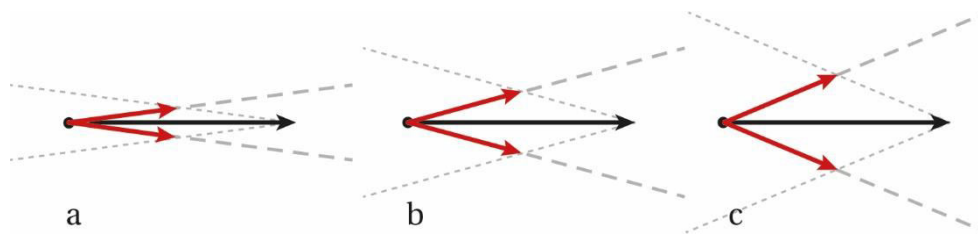
- b De krachten in het sleeptouw construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie de figuren 3.20b en 3.20c.

- c Als de hoek tussen de spankrachten groter wordt, worden de spankrachten ook groter.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

- d De afstand tussen de punten waarop het touw is vastgemaakt blijft hetzelfde.
Bij een korter sleeptouw is de hoek tussen de touwdelen groter.



Figuur 3.20

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.4 Krachten in evenwicht

Opgave 22

- a Zwaartekracht.
 b De magnetische kracht op de bovenste magneet bereken je met het evenwicht van krachten tussen de magnetische kracht en de zwaartekracht.
 De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

De bovenste magneet wordt op zijn plaats gehouden.

Dus de magnetische kracht is even groot als de zwaartekracht.

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

$$m = 120 \text{ g} = 120 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$F_{zw} = 120 \cdot 10^{-3} \times 9,81 = 1,177 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{zw} = 1,2 \text{ N.}$$

De zwaartekracht en de magnetische kracht zijn dus beide 1,2 N.

- c Zwaartekracht, normaalkracht en magnetische kracht.
 d $F_n = F_{zw} + F_{\text{magneet}}$

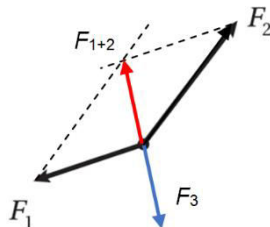
Opgave 23

- 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 parallelogrammethode.

Zie figuur 3.21.

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 3.21

- 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.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 24

Zie figuur 3.22.

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

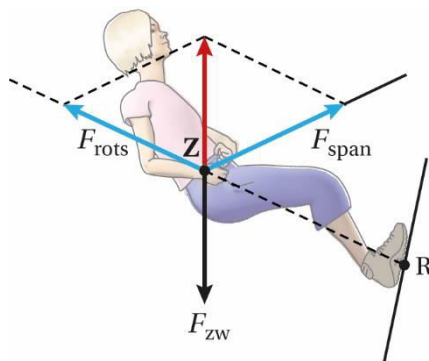
Dit is de rode pijl.

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 3.22

Opgave 25

Zie figuur 3.23.

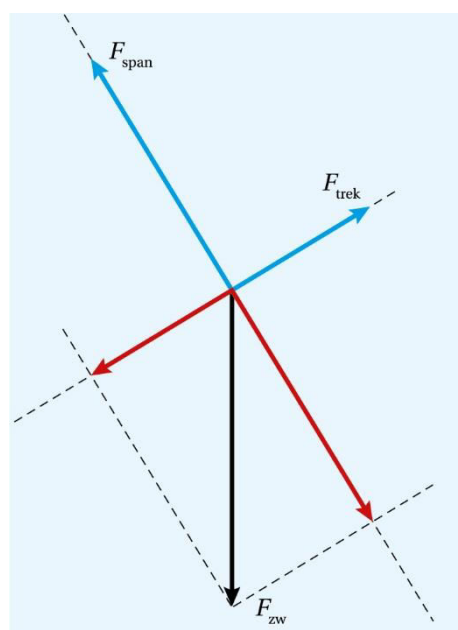
Bij de 'methode bergbeklimster' ontbind je eerst de zwaartekracht over de werklijnen van de twee onbekende krachten.

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 3.23

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

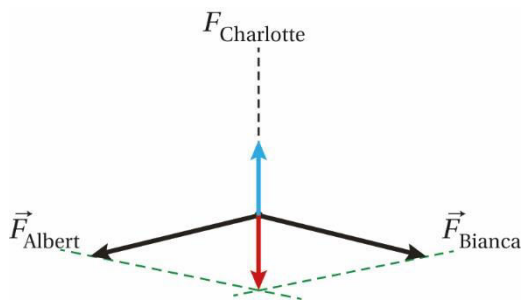
Opgave 26

- a De kracht van Charlotte construeer je met de resulterende kracht van Albert en Bianca.
De resulterende kracht van Albert en Bianca construeer je met de parallellogrammethode.

Zie figuur 3.24.

Je construeert eerst de resulterende kracht Albert en Bianca (de rode pijl).

De kracht van Charlotte is dus de pijl die even lang is als de rode pijl, maar in de tegengestelde richting.



Figuur 3.24

- b De grootte van de kracht van Charlotte bepaal je met de lengte en de krachtenschaal.
De krachtenschaal bepaal je met de lengte van een pijl en de waarde 520 N.

De lengte van de pijl van Albert is 2,30 cm.

De kracht van Albert is 520 N.

$$2,3 \text{ cm} \triangleq 520 \text{ N}$$

$$1 \text{ cm} \triangleq 226,1 \text{ N}$$

De lengte van de pijl van Charlotte is 1,0 cm.

$$F_{\text{Charlotte}} = 1,0 \times 226,1 = 2,261 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{Charlotte}} = 2,3 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

Opgave 27

- a De lengte van de resulterende kracht teken je met de grootte van de kracht en de krachtenschaal.
De resulterende kracht van de spankrachten in de touwtjes a en c volgt uit de spankracht in touwtje a.
De krachtenschaal mag je zelf kiezen.

Neem als krachtenschaal bijvoorbeeld $1,0 \text{ cm} \triangleq 1 \text{ N}$.

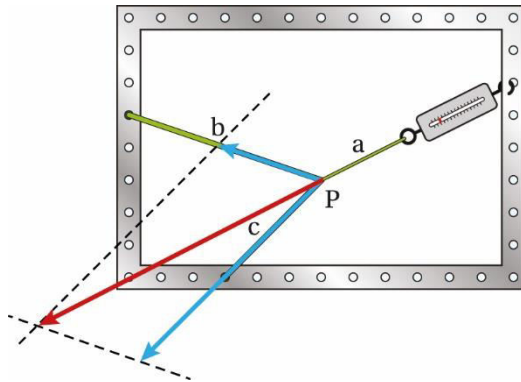
De spankracht in touwtje a is gelijk aan de resulterende kracht.

$$F_{\text{res}} = 4,2 \text{ N.}$$

Dus je tekent F_{res} met een pijl van 4,2 cm.

Zie de rode pijl in figuur 3.25.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

**Figuur 3.25**

- b De spankrachten in de touwtjes b en c construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.25.

- c Een spankracht bepaal je met de lengte van de pijl van de spankracht en de krachtenschaal. De krachtenschaal heb je bij vraag a gekozen.

De lengte van spankracht b is 1,5 cm.

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

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

De lengte van pijl c is 3,4 cm.

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

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

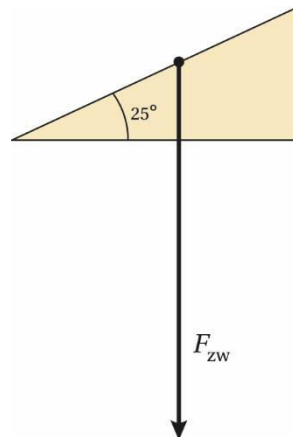
Opmerking

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

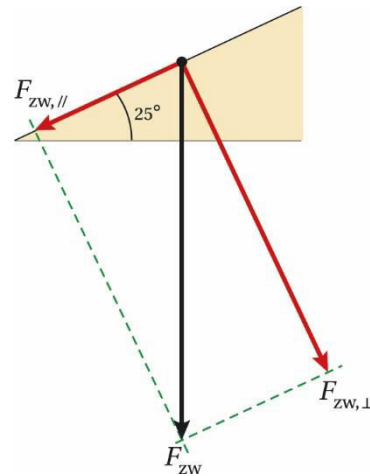
Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 28

- a Zie figuur 3.26a.
b Zie figuur 3.26b.



Figuur 3.26a



Figuur 3.26b

- c De normaalkracht volgt uit de component $F_{ZW,\perp}$.
De component $F_{ZW,\perp}$ bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.
De krachtschaal bepaal je met de lengte van de pijl en de zwaartekracht.
De lengte van de pijl mag je zelf kiezen.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$m = 22,4 \text{ kg}$$

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

$$F_{ZW} = 22,4 \times 9,81 = 219,7 \text{ N}$$

In figuur 3.26 is voor de pijl F_{ZW} een lengte van 5,0 cm gekozen.

De kracht F_{ZW} is 219,7 N.

$$5,0 \text{ cm} \triangleq 219,7 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 43,9 \text{ N}$$

De lengte van pijl $F_{ZW,\perp}$ is 4,5 cm.

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 43,9 \text{ N}$.

$$F_{ZW,\perp} = 4,5 \times 43,9$$

$$F_{ZW,\perp} = 197 \text{ N}$$

De koffer is in evenwicht. Dus is de normaalkracht gelijk aan $F_{ZW,\perp}$.

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

Dus de normaalkracht is gelijk aan $2,0 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- d De schuifwrijvingskracht volgt uit de component $F_{ZW,\parallel}$.
De component $F_{ZW,\parallel}$ bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.

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

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 43,9 \text{ N}$.

$$F_{ZW,\parallel} = 2,1 \times 43,9$$

$$F_{ZW,\parallel} = 92,1 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{ZW,\parallel} = 92 \text{ N.}$$

De koffer is in evenwicht. Dus is de schuifwrijvingskracht gelijk aan 92 N.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 29

a De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

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

$$m = 45 \text{ kg}$$

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

$$F_{zw} = 45 \times 9,81 = 441$$

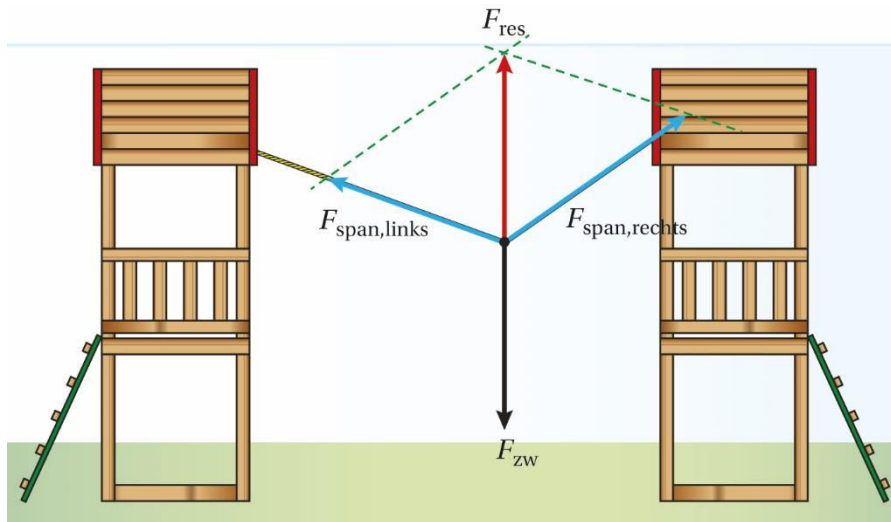
$$\text{Afgerond: } F_{zw} = 4,4 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

b Een spankracht bepaal je met de lengte van de pijl voor een spankracht en de krachtenschaal. De krachtenschaal bepaal je met de lengte van de pijl voor de zwaartekracht en de zwaartekracht.

De spankrachten construeer je met de 'methode schommel':

- Construeer eerst de tegengestelde kracht van de gegeven kracht F_{zw} .
- Daarna gebruik je de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie figuur 3.27.



Figuur 3.27

De lengte van de pijl F_{zw} is 2,5 cm.

De kracht F_{zw} is $4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$.

$$2,5 \text{ cm} \triangleq 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$1 \text{ cm} \triangleq 176 \text{ N}$$

De pijl van $F_{\text{span,links}}$ is 2,5 cm lang.

$$F_{\text{span,links}} = 2,5 \times 176 = 440 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{span,links}} = 4,4 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

De pijl van $F_{\text{span,rechts}}$ is 2,9 cm lang.

$$F_{\text{span,links}} = 2,9 \times 176 = 510 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{span,rechts}} = 5,1 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

Opgave 30

- a Een tekening op schaal maak je met twee krachtpijlen loodrecht op elkaar.
De lengte van een pijl bereken je met de grootte van de kracht en de krachtenschaal.
De krachtenschaal mag je zelf kiezen.

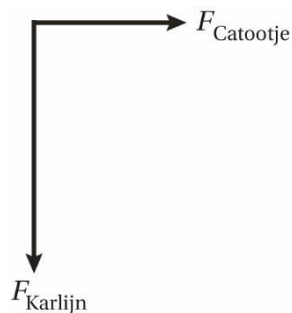
Zie figuur 3.28a.

In figuur 3.28a is gekozen om de pijl van Catootje gelijk aan 2 cm te maken.

2,0 cm 58 N

1 cm $\triangleq$ 29 N

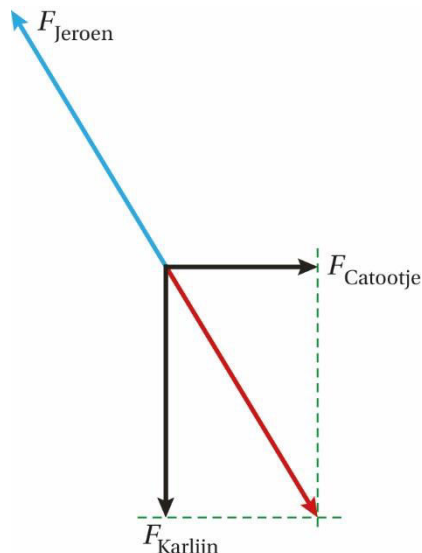
De pijl van Karlijn wordt dan $\frac{97}{29} = 3,34$ cm.



Figuur 3.28a

- b De kracht van Jeroen construeer je met de resulterende kracht van Karlijn en Catootje.
De resulterende kracht van Karlijn en Catootje construeer je met de parallelogrammethode.

Zie figuur 3.28b



Figuur 3.28b

- c De grootte van kracht van Jeroen bepaal je met de lengte en de krachtenschaal.
De schaal is de grootte van de kracht, weergegeven door een pijl met een lengte van 1,0 cm.

De lengte van de pijl van Catootje is 2,0 cm.

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

De kracht van Catootje is 58 N.

$2,0 \text{ cm} \triangleq 58 \text{ N}$

$1 \text{ cm} \triangleq 29 \text{ N}$

De lengte van de pijl van Jeroen is 3,9 cm.

De schaal is $1 \text{ cm} \triangleq 29 \text{ N}$.

$F_{\text{Jeroen}} = 3,9 \times 29 = 113 \text{ N}$

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

- d De hoek tussen de kracht van Jeroen en Karlijn meet je op in figuur 3.28b.
De hoek is 149° .

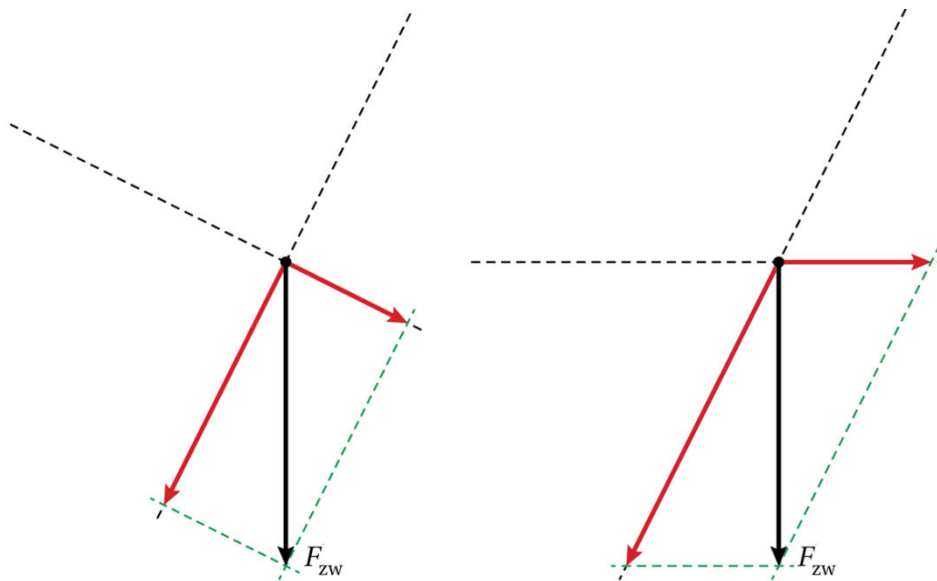
Opgave 31

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 3.29.



Figuur 3.29

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.

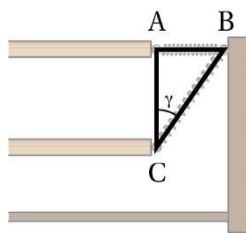
Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

3.5 Afsluiting

Opgave 32

- a Zwaartekracht en veerkracht.
- b De kracht die één veer uitoefent, bereken je met de formule voor de veerkracht.
De uitrekking bereken je met de lengte van de uitgerekte veer en de lengte van de niet-uitgerekte veer.
De lengte van de uitgerekte veer bereken je met de stelling van Pythagoras.

De niet-uitgerekte veer, de uitgerekte veer en de verticaal vormen de rechthoekige driehoek ABC. Zie figuur 3.30.



$$BC^2 = AB^2 + AC^2$$

$$BC^2 = 8,0^2 + 9,0^2$$

$$BC = 12,0 \text{ cm}$$

u is uitgerekte veer BC – niet-uitgerekte veer AB .

$$u = 12,0 - 8,0 = 4,0 \text{ cm} = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Figuur 3.30

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

$$C = 4,9 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$$

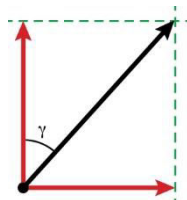
$$F_{\text{veer}} = 4,9 \cdot 10^3 \times 4,0 \cdot 10^{-2}$$

$$F_{\text{veer}} = 1,96 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

- c Alle veerkrachten zijn even groot zijn. De horizontale component is bij alle veren dan even groot.
Bij de veren aan de linkerkant is de horizontale component naar links gericht. Aan de rechterkant is de richting naar rechts.
De componenten heffen elkaar dan op.
- d De verticale component van de veerkracht bepaal je met de lengte van de pijl van de spankracht en de krachtschaal.
De krachtschaal bereken je met de grootte van de kracht en de lengte van de pijl.
De verticale component construeer je met behulp van de omgekeerde parallelogrammethode.

Zie figuur 3.31.



De lengte van de pijl van de veerkracht is 3,0 cm.

De veerkracht is $2,0 \cdot 10^2 \text{ N}$.

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

$$1 \text{ cm} \triangleq 66,6 \text{ N}$$

$$\text{De schaal is } 1,0 \text{ cm} \triangleq 66,6 \text{ N}$$

Figuur 3.31

De lengte van de pijl van de verticale component is 2,2 cm.

De schaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 66,6 \text{ N}$.

$$F_{\text{veer,ver}} = 2,2 \times 66,6 = 146 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{veer,ver}} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

Havo 4 Hoofdstuk 3 Uitwerkingen

- e De massa van Tom bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de som van de verticale componenten van de veerkracht.

Er zijn vier veren. Dus voor de verticale component van alle veerkrachten geldt

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

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

$$F_{\text{zw}} = F_{\text{veer,vert}} = 4 \times 1,5 \cdot 10^2 = 6,0 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

$$6,0 \cdot 10^2 = m \times 9,81$$

$$m = 61,1 \text{ kg}$$

$$\text{Afgerond: } m = 61 \text{ kg.}$$

Opgave 33

- a De resulterende kracht van alle krachten op Jeri is 0 N.
b De kracht F_{rots} volgt uit de component van de zwaartekracht over de werklijn van F_{rots} .
De component van de zwaartekracht construeer je met de 'methode bergbeklimster'.

Zie figuur 3.32.

De kracht F_{rots} bepaal je met de lengte en de krachtschaal.

De krachtschaal bereken je met de lengte van de pijl voor de zwaartekracht en de grootte van de zwaartekracht.

De lengte van de pijl kies je zelf.

De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

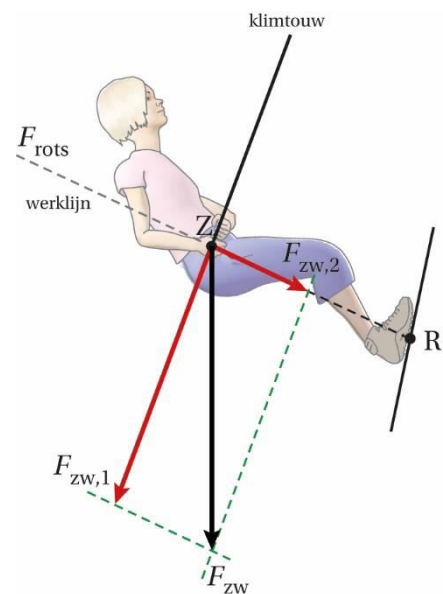
$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$m = 76 \text{ kg}$$

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

$$F_{\text{zw}} = 76 \times 9,81$$

$$F_{\text{zw}} = 745 \text{ N}$$



Figuur 3.32

De lengte van de pijl van de zwaartekracht is in figuur 3.32 gelijk aan 4,0 cm.

De zwaartekracht is 745 N.

$$4,0 \text{ cm} \triangleq 745 \text{ N}$$

$$1 \text{ cm} \triangleq 186 \text{ N}$$

De lengte van de pijl van $F_{\text{zw},2}$ is 1,4 cm.

$$F_{\text{zw},2} = 1,4 \times 186 = 2,60 \cdot 10^2 \text{ N}$$

De kracht van de rots F_{rots} is gelijk aan de kracht $F_{\text{zw},2}$.

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

- c Normaalkracht en schuifwrijvingskracht.
d In figuur 3.55 van het leerboek zie je dat het klimtouw meer horizontaal loopt. De werklijn van de component in het verlengde van het klimtouw gaat dan ook meer horizontaal lopen. De component $F_{\text{zw},1}$ in het verlengde van het touw wordt dan groter.
De spankracht in het touw wordt dus ook groter.