

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

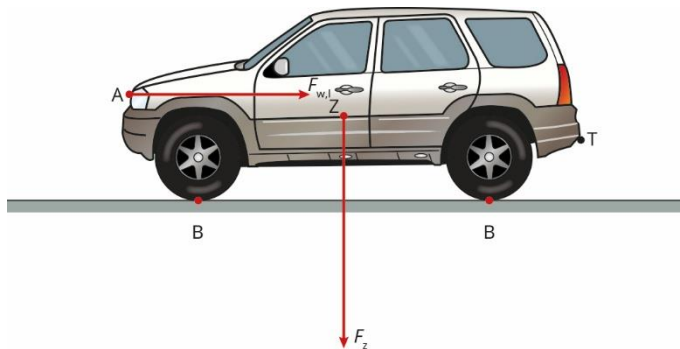
Hoofdstuk 3 Krachten**3.1 Krachten en hun eigenschappen****Opgave 1**

- a Zie tabel 3.1.

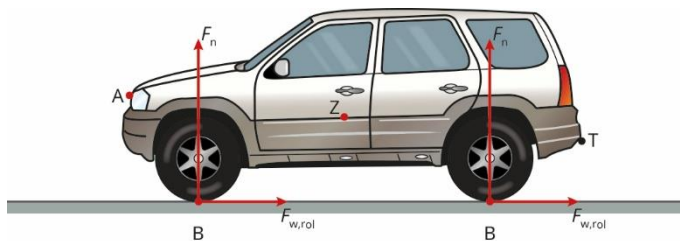
Kracht	Uitgeoefend door	Gevolg voor de auto
Motorkracht	motor	voortstuwing
Zwaartekracht	aarde	aantrekking door de aarde
Normaalkracht	weg/ondergrond	auto zakt niet door de weg
Luchtweerstandskracht	lucht	tegenwerking van de beweging
Rolweerstandskracht	weg/ondergrond	tegenwerking van de beweging

Tabel 3.1

- b Zie de rode pijl in punt A en in punt Z in figuur 3.1.

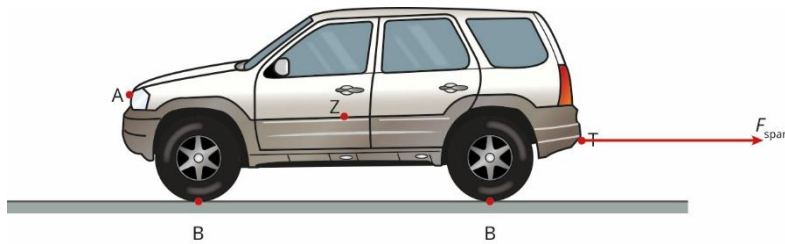
**Figuur 3.1**

- c Zie de twee rode pijlen in elk punt B in figuur 3.2.

**Figuur 3.2****Opgave 2**

- a Spankracht
- b ► De pijl van de kracht die de sleepkabel uitoefent op de slepende auto teken je op het aangrijpingspunt in de juiste richting en met de juiste lengte.
 Het aangrijpingspunt van de trekkracht van de kabel is punt T.
 De auto beweegt naar links en rekt daardoor de kabel uit. Daardoor oefent de kabel een trekkracht (spankracht) uit op de auto die naar rechts is gericht.
 Zie de rode pijl in punt T in figuur 3.3.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.3**

- De lengte ℓ van de pijl van de spankracht bereken je met de grootte van de kracht en de krachtschaal.

De grootte van de spankracht is $1,2 \text{ kN} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ N}$.

$1,0 \text{ cm} \triangleq 500 \text{ N}$

$\ell \triangleq 1,2 \cdot 10^3 \text{ N}$

$$\ell = \frac{1,2 \cdot 10^3 \times 1,0}{500} = 2,400 \text{ cm}$$

Afgerond: $\ell = 2,4 \text{ cm}$.

Opgave 3

- a ► De massa m van het blok bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_z = m \cdot g$$

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

- De zwaartekracht F_z bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.

In de tekening van figuur 13a meet je dat de pijl van F_z gelijk is aan $2,5 \text{ cm}$.

De krachtschaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 500 \text{ N}$.

$$F_z = 2,5 \times 500 = 1,25 \cdot 10^3 \text{ N}$$

- Invullen van F_z en g in de formule $F_z = m \cdot g$:

$$1,25 \cdot 10^3 = m \times 9,81$$

$$m = \frac{1,25 \cdot 10^3}{9,81} = 1,2742 \cdot 10^2 \text{ kg}$$

Afgerond: $m = 1,3 \cdot 10^2 \text{ kg}$.

- b ► De pijl van de normaalkracht teken je op het aangrijpingspunt in de juiste richting en met de juiste lengte.

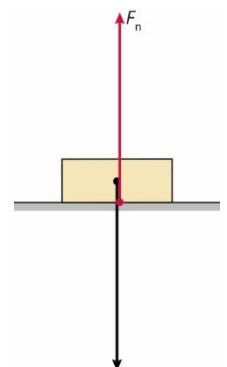
Het aangrijpingspunt van de normaalkracht is het midden van het contactoppervlak.

De richting van de normaalkracht is altijd loodrecht op het ondersteunende vlak.

Op een horizontaal vlak is de normaalkracht even groot als de zwaartekracht.

Dus is de pijl $2,5 \text{ cm}$ lang vanaf het ondersteunende vlak, loodrecht omhoog.

Zie de uitwerking in figuur 3.4.

**Figuur 3.4**

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- c ► De pijl van de zwaartekracht teken je op het aangrijpingspunt in de juiste richting en met de juiste lengte.

Het aangrijpingspunt van de zwaartekracht is het midden van het blokje.

De richting van de zwaartekracht is altijd verticaal naar beneden.

- De lengte van de pijl van de zwaartekracht volgt uit de massa van het blok.

De massa van het blok is niet veranderd. De zwaartekracht blijft dus hetzelfde en dus blijft de pijl van de zwaartekracht 2,5 cm lang en verticaal naar beneden.

- De pijl van de normaalkracht teken je op het aangrijpingspunt in de juiste richting en met de juiste lengte.

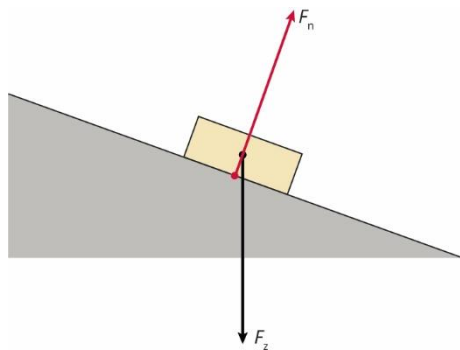
Het aangrijpingspunt van de normaalkracht is het midden van het contactoppervlak.

De richting van de normaalkracht is altijd loodrecht op het ondersteunende vlak.

Op een helling is de normaalkracht kleiner dan op een horizontaal vlak.

Dus is de pijl van F_n kleiner dan 2,5 cm en loodrecht op het ondersteunende vlak.

Zie de uitwerking in figuur 3.5.



Figuur 3.5

- d ► De derde kracht op het blok op de helling beredeneer je met het verschijnsel dat het blok kan gaan schuiven.

Een blok dat op de helling ligt heeft de neiging om naar beneden te schuiven. Omdat het blok blijft liggen, is de derde kracht de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$.

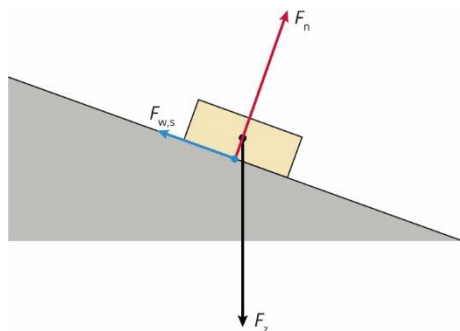
- De pijl van de schuifwrijvingskracht teken je op het aangrijpingspunt in de juiste richting en met de juiste lengte.

Het aangrijpingspunt van de schuifwrijvingskracht is het midden van het contactoppervlak.

De richting van de schuifwrijvingskracht is tegengesteld aan de (mogelijke) bewegingsrichting. Het blok heeft de neiging om naar beneden te schuiven. Dus de richting van de schuifwrijvingskracht is langs de helling omhoog.

De lengte is niet van belang.

Zie de uitwerking in figuur 3.6.

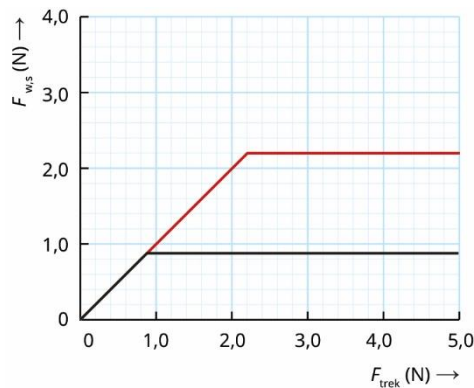


Figuur 3.6

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

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 met de veerunster ook horizontaal houden.
- b In het diagram van figuur 14 lees je af dat $F_{w,s}$ niet groter wordt dan 2,2 N. Dus de maximale schuifwrijvingskracht is 2,2 N.
- c ► De grafiek voor proef 2 teken je gelijk aan die van proef 1 tot de maximale schuifwrijvingskracht bij proef 2 is bereikt.
De maximale schuifwrijvingskracht is 40% van 2,2 N.
 $F_{w,s,max} = 0,40 \times 2,2 = 0,88 \text{ N}$
Zie de uitwerking in figuur 3.7.

**Figuur 3.7**

- d De wrijvingskracht hangt ook af van de ruwheid van de contactoppervlakken. Mylo kan bijvoorbeeld een stukje rubber of schuurpapier onder het blok leggen om de maximale schuifwrijvingskracht te vergroten.

Opgave 5

- a De vorm van de bal is niet rond, dus de bal is vervormd.
Dat kan alleen als er een kracht op de bal wordt uitgeoefend door het racket.
- b ► De zwaartekracht F_z bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
 $F_z = m \cdot g$
 $m = 58 \text{ g} = 0,058 \text{ kg}$
 $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$
Invullen levert: $F_z = 0,058 \times 9,81 = 0,5690 \text{ N}$
Afgerond: $F_z = 0,57 \text{ N}$.
- c ► De verhouding tussen de zwaartekracht op de maan en de zwaartekracht op de aarde bereken je met de formule voor de zwaartekracht.
 $F_z = m \cdot g$
 $g_{aarde} = 9,81 \text{ m s}^{-2}$
 $g_{maan} = 1,62 \text{ m s}^{-2}$ (zie Binas tabel 31)

Manier 1

$$\frac{F_{z,aarde}}{F_{z,maan}} = \frac{m \cdot g_{aarde}}{m \cdot g_{maan}} = \frac{g_{aarde}}{g_{maan}} = \frac{9,81}{1,62} = 6,05$$

Bij dezelfde massa m is de zwaartekracht op de bal op de maan dus ongeveer zes keer zo klein als op aarde.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Manier 2

$$m = 58 \text{ g} = 0,058 \text{ kg}$$

$$\text{Invullen levert: } F_{z,\text{maan}} = m \cdot g = 0,058 \times 1,62 = 0,09396 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_z = 0,094 \text{ N.}$$

$$\frac{F_{z,\text{aarde}}}{F_{z,\text{maan}}} = \frac{0,57}{0,094} = 6,06$$

Bij dezelfde massa m is de zwaartekracht op de bal op de maan dus ongeveer zes keer zo klein als op aarde.

- d
- 1 De kleinere zwaartekracht op de maan zorgt ervoor dat de tennisbal minder snel naar beneden wordt getrokken. Daardoor zal de bal een grotere horizontale afstand afleggen.
 - 2 Op de maan wordt de bal niet afgeremd door een luchtweerstandskracht.

Opgave 6

- a
- De pijl van de zwaartekracht teken je op het aangrijpingspunt in de juiste richting en met de juiste lengte.

Het aangrijpingspunt van de zwaartekracht is het midden van het blokje: punt Z.

De richting van de zwaartekracht is verticaal naar beneden gericht.

De lengte van de pijl van de zwaartekracht mag je zelf kiezen.

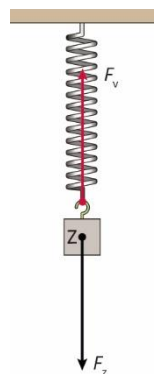
- De pijl van de veerkracht teken je op het aangrijpingspunt in de juiste richting en met de juiste lengte. Het aangrijpingspunt is het contactpunt tussen de veer en het blokje.

- De richting van de veerkracht leid je af uit het gegeven dat de veer is uitgerekt. De veer is uitgerekt. Dus de twee veerkrachten die op elk uiteinde van de veer werken, wijzen naar het midden van de veer. In het onderste contactpunt is de veerkracht verticaal naar boven gericht.

- De lengte van de pijl van de veerkracht leid je af uit de lengte van de pijl van de zwaartekracht.

De lengte van de pijl van de veerkracht is gelijk aan die van de zwaartekracht, omdat F_v en F_z gelijk zijn aan elkaar.

Zie de pijlen F_z en F_v in figuur 3.8.



Figuur 3.8

- b
- De veerconstante C bereken je met behulp van de formule voor de veerkracht.

$$F_v = C \cdot u$$

$$F_v = F_z$$

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

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

$$F_z = m \cdot g$$

$$m = 142 \text{ g} = 0,142 \text{ kg}$$

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

$$\text{Invullen levert: } F_z = 0,142 \times 9,81 = 1,393 \text{ N}$$

- Invullen van $F_v = F_z$ en u in de formule $F_v = C \cdot u$:

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

$$C = \frac{1,393}{0,113} = 12,327 \text{ N m}^{-1}$$

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

Opgave 7

- De veerconstante bepaal je met de formule voor de veerkracht.

$$F_v = C \cdot u$$

- Om de veerconstante te vergelijken, bespreek je de veerkracht en de uitrekking. Daarbij hou je een van deze twee grootheden constant.

In de tekening van figuur 17 zie je dat bij een gelijke veerkracht van 0,1 N de uitrekking van de veer in veerunster b het grootst is en de uitrekking van de veer in veerunster a het kleinst.

- Invullen van de verandering van F_v en u in de formule $F_v = C \cdot u$:
($F_{v,b}$ is gelijk) = $C \cdot (u_b$ is het grootst) en ($F_{v,a}$ is gelijk) = $C \cdot (u_a$ is het kleinst)
Dus de veerconstante C_b van de veer in veerunster b is het kleinst.
Dus is de veerconstante C_a van de veer in veerunster a het grootst.
De volgorde van oplopende veerconstante is b, c, a.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

3.2 Krachten samenstellen**Opgave 8**

- a ► Welk team wint, bepaal je door de resulterende krachten van de teams met elkaar te vergelijken.

$$F_{\text{res,team1}} = F_{\text{Alex}} + F_{\text{Berend}} = 550 + 650 = 1200 \text{ N}$$

$$F_{\text{res,team2}} = F_{\text{Charles}} + F_{\text{Diederik}} = 500 + 725 = 1225 \text{ N}$$

$F_{\text{res,team2}}$ is groter dan $F_{\text{res,team1}}$, dus team 2 wint.

- b ► Welk team wint, bepaal je door de resulterende krachten van de teams met elkaar te vergelijken.

$$F_{\text{res,team1}} = F_{\text{Charles}} + F_{\text{Berend}} = 500 + 650 = 1150 \text{ N}$$

$$F_{\text{res,team2}} = F_{\text{Alex}} + F_{\text{Diederik}} = 550 + 725 = 1275 \text{ N}$$

$F_{\text{res,team2}}$ is groter dan $F_{\text{res,team1}}$, dus team 2 wint.

Opgave 9

- a ► Dat in figuur a de resulterende kracht het grootst is, beredeneer je met de richtingen waarin de twee krachten werken.

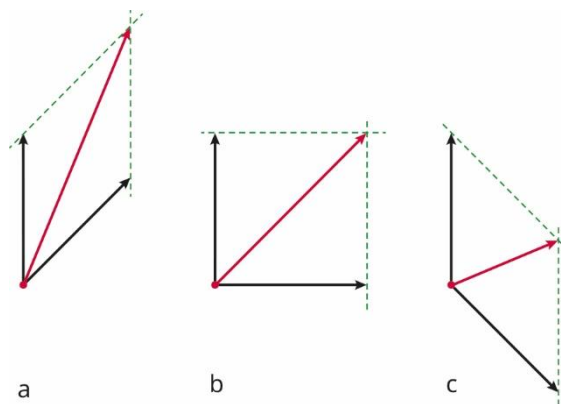
In situatie a werken de krachten bijna in dezelfde richting. Daardoor verwacht je in situatie a dat de krachten elkaar versterken en dat daardoor de resulterende kracht het grootst is.

- b ► In welke situatie de resulterende kracht het kleinst is, beredeneer je met de richtingen waarin de twee krachten werken.

In situatie c werken de krachten bijna in tegengestelde richting. Daardoor verwacht je in situatie c dat de krachten elkaar tegenwerken en dat daardoor de resulterende kracht het kleinst is.

- c ► De resulterende kracht construeer je met de parallellogrammethode.

Zie de uitwerking in figuur 3.9.



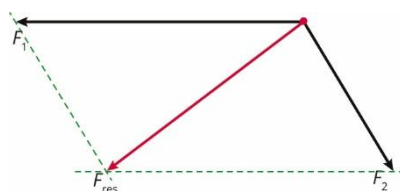
Figuur 3.9

De pijl voor de resulterende kracht is in figuur 3.9c het kleinst. Dus is de resulterende kracht inderdaad in situatie c het kleinst.

Opgave 10

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

Zie de uitwerking in figuur 3.10.



Figuur 3.10

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

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

In figuur 3.10 meet je dat de lengte van de pijl van F_{res} gelijk is aan 3,3 cm.

- De krachtschaal bepaal je met de grootte van F_1 en de lengte van de pijl van F_1 .

$$F_1 = 35 \text{ N}$$

In figuur 3.10 meet je dat de lengte van de pijl van F_1 gelijk is aan 3,8 cm.

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

$$3,3 \text{ cm} \triangleq F_{\text{res}}$$

$$F_{\text{res}} = \frac{3,3 \times 35}{3,8} = 30,39 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{res}} = 30 \text{ N}$.

- c ► De hoek tussen F_1 en F_{res} meet je met een geodriehoek.

In figuur 3.10 meet je dat de hoek tussen F_1 en F_{res} gelijk is aan 35° .

Opgave 11

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

- De krachtschaal bepaal je met de lengte van de pijl van $F_{\text{span},B}$ en de waarde ervan.

$$F_{\text{span},B} = 25 \text{ N}$$

In de tekening van figuur 24 meet je dat de lengte van pijl van $F_{\text{span},B}$ gelijk is aan 2,8 cm.

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

- De lengte van de pijl van F_{res} construeer je met de parallellogrammethode.

De pijlen voor $F_{\text{span},A}$ en $F_{\text{span},B}$ vormen de zijden van het parallellogram.

In figuur 24 is de pijl voor $F_{\text{span},B}$ al getekend.

- De lengte $\ell_{\text{span},A}$ van de pijl van $F_{\text{span},A}$ bereken je met de grootte van $F_{\text{span},A}$ en de krachtschaal.

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

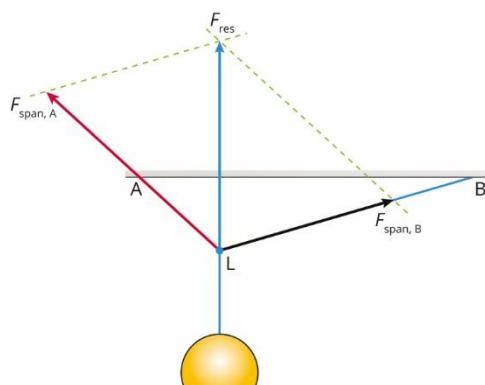
$$\ell_{\text{span},A} \triangleq 32 \text{ N}$$

$$\ell_{\text{span},A} = \frac{32 \times 2,8}{25} = 3,584 \text{ cm}$$

Afgerond: $\ell_{\text{span},A} = 3,5 \text{ cm}$.

Zie de uitwerking in figuur 3.11.

Je tekent dus eerst de rode pijl $F_{\text{span},A}$ met een lengte van 3,5 cm en vervolgens construeer je de blauwe pijl van F_{res} met de parallellogrammethode.



In figuur 3.11 meet je dat de lengte van de pijl van F_{res} gelijk is aan 3,2 cm.

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

$$3,2 \text{ cm} \triangleq F_{\text{res}}$$

$$F_{\text{res}} = \frac{3,2 \times 25}{2,8} = 28,57 \text{ N}$$

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

Figuur 3.11

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 12

- a – Zie de pijl van F_{Rakker} in figuur 3.12.
- ► De lengte ℓ_{Lady} van de pijl van F_{Lady} bepaal je met de grootte van F_{Lady} en de krachtenschaal.
 $F_{\text{Lady}} = 66 \text{ N}$

- De krachtenschaal bepaal je met de grootte van F_{Rakker} en de lengte van de pijl.

$F_{\text{Rakker}} = 44 \text{ N}$ en de lengte van de pijl van F_{Rakker} is gelijk aan 4,0 cm.

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

$$\ell_{\text{Lady}} \triangleq 66 \text{ N}$$

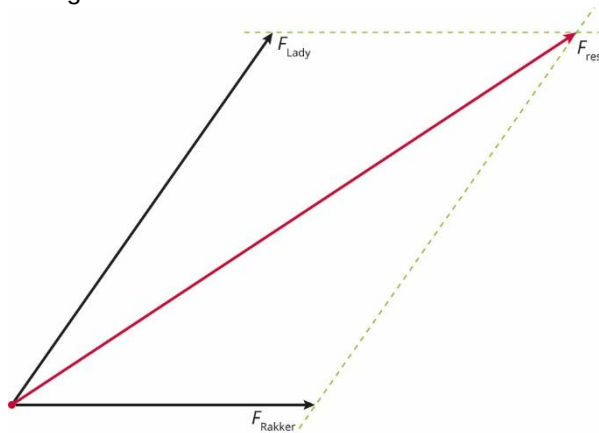
$$\ell_{\text{Lady}} = \frac{66 \times 4,0}{44} = 6,000 \text{ cm}$$

Afgerond: $\ell_{\text{Lady}} = 6,0 \text{ cm}$.

In figuur 3.12 is F_{Lady} getekend met een pijl van 6,0 cm en daarbij is de hoek tussen F_{Lady} en F_{Rakker} gelijk aan 55° .

- ► De resulterende kracht F_{res} bepaal je met de lengte van de pijl van F_{res} en de krachtenschaal.
 $4,0 \text{ cm} \triangleq 44 \text{ N}$

- De lengte van de pijl van F_{res} construeer je met behulp van de parallellogrammethode.
 Zie figuur 3.12.



Figuur 3.12

In figuur 3.12 meet je dat de lengte van de pijl van F_{res} gelijk is aan 8,9 cm.

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

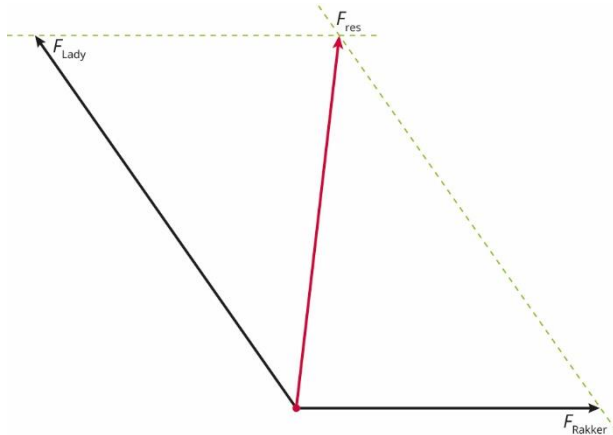
$$8,9 \text{ cm} \triangleq F_{\text{res}}$$

$$F_{\text{res}} = \frac{8,9 \times 44}{4,0} = 97,90 \text{ N}$$

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

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- b ► Een schets maak je zonder een geodriehoek te gebruiken. Dus de hoek van 125° schat je ook. Zie de uitwerking in figuur 3.13.

**Figuur 3.13**

Een hoek van 125° is groter dan een hoek van 90° . De pijl van F_{Lady} wijst dus naar linksboven. In figuur 3.12 trekt Rakker gedeeltelijk in dezelfde richting als Lady. In figuur 3.13 trekt Rakker gedeeltelijk in tegengestelde richting. F_{res} is in figuur 3.13 kleiner dan in figuur 3.12. Dus als de hoek tussen de riemen 125° wordt, is de resulterende kracht kleiner dan bij vraag a.

Opmerking

Je kunt de grootte van de resulterende kracht F_{res} bepalen als je een constructie op schaal maakt, zoals in figuur 3.13 is gedaan.

In figuur 3.13 meet je dat de pijl van F_{res} gelijk is aan 5,0 cm.

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

$$5,0 \text{ cm} \triangleq F_{\text{res}}$$

$$F_{\text{res}} = \frac{5,0 \times 44}{4,0} = 55,00 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{res}} = 55 \text{ N}$.

Dus als de hoek tussen de riemen 125° wordt, is F_{res} inderdaad kleiner dan bij vraag a.

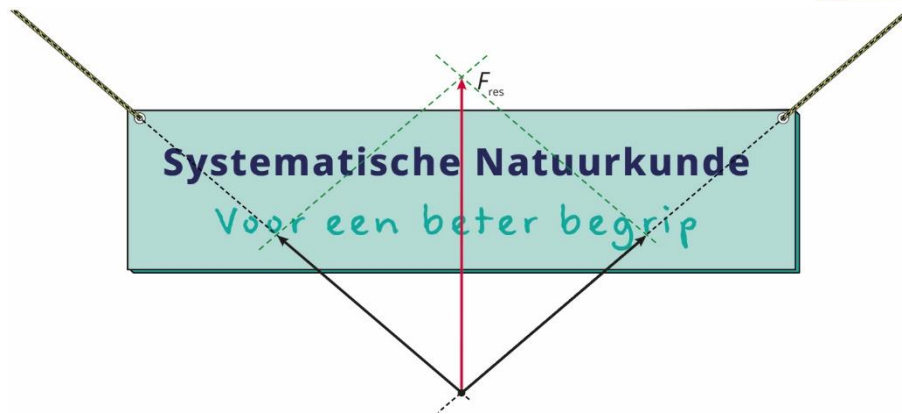
Opgave 13

► De resulterende kracht F_{res} bepaal je met de lengte van de pijl van F_{res} en de krachtschaal. De krachtschaal mag je zelf bepalen. Kies daarbij een schaal waardoor de lengte van de spankrachten minstens 3 cm is.

$$1,0 \text{ cm} \triangleq 0,50 \text{ N} \quad (\text{De lengte van een spankracht van } 1,6 \text{ N is dan } 3,2 \text{ cm.})$$

► De lengte l_{res} van de pijl van F_{res} construeer je met behulp van de parallellogrammethode. De spankrachten vormen de twee zijden van het parallellogram. Het aangrijpingspunt van de twee spankrachten mag je zelf kiezen.

► Het aangrijpingspunt construeer je met de werklijnen van de spankrachten. Je mag een kracht verschuiven langs zijn werklijn. Dan kun je het snijpunt van de werklijnen van de spankrachten gebruiken als aangrijpingspunt. Zie de uitwerking in figuur 3.14.

**Figuur 3.14**

In figuur 3.14 meet je dat l_{res} van de pijl van F_{res} gelijk is aan 4,2 cm.

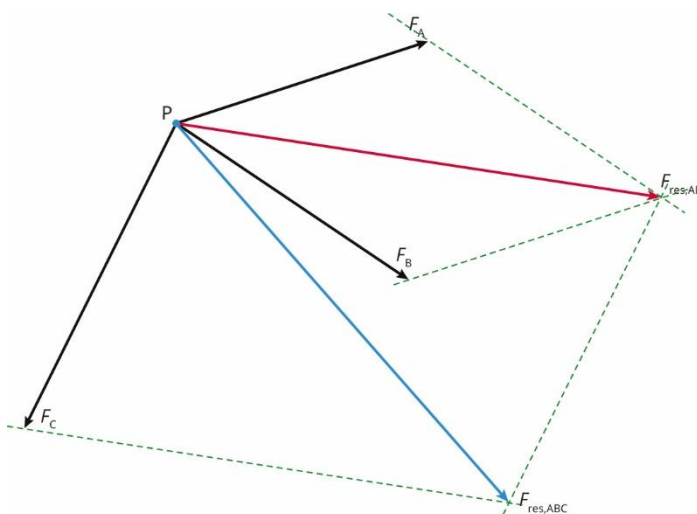
$$1,0 \text{ cm} \triangleq 0,50 \text{ N}$$

$$\text{Dus } F_{\text{res}} = 4,2 \times 0,50 = 2,100 \text{ N.}$$

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

Opgave 14

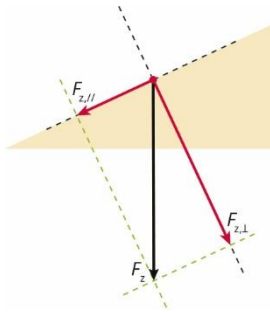
- a ► De resulterende kracht $F_{\text{res,AB}}$ van F_A en F_B construeer je met de parallellogrammethode. Zie de uitwerking in figuur 3.15.
- b ► De resulterende kracht van $F_{\text{res,AB}}$ en F_C construeer je met de parallellogrammethode. Zie figuur 3.15.
- c ► De grootte van de resulterende kracht bepaal je met de lengte van de pijl van $F_{\text{res,ABC}}$ en de krachtschaal.
 $1,0 \text{ cm} \triangleq 80 \text{ N}$
 In figuur 3.15 meet je dat de pijl van $F_{\text{res,ABC}}$ gelijk is aan 6,6 cm.
 $F_{\text{res,ABC}} = 6,6 \times 80 = 528,0 \text{ N}$
 Afgerond: $F_{\text{res,ABC}} = 5,3 \cdot 10^2 \text{ N}.$
- d ► De hoek die de resulterende kracht $F_{\text{res,ABC}}$ maakt met F_C meet je met een geodriehoek in figuur 3.15. In figuur 3.15 meet je dat de hoek tussen $F_{\text{res,ABC}}$ en F_C gelijk is aan 65° .

**Figuur 3.15**

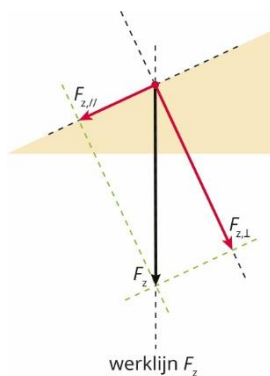
4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

3.3 Krachten ontbinden**Opgave 15**

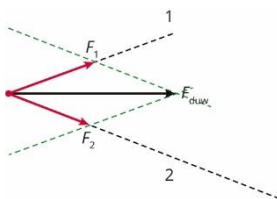
- a ► De componenten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.
Zie de uitwerking in figuur 3.16.

**Figuur 3.16**

- b ► De werklijn van de zwaartekracht teken je verticaal door het aangrijpingspunt van $F_{z,||}$.
Zie de uitwerking in figuur 3.17.
- De zwaartekracht construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.
Teken door de pijlpunt van $F_{z,||}$ een streeplijn evenwijdig aan de werklijn die loodrecht staat op de helling. Het snijpunt van de streeplijn met de werklijn van F_z bepaalt de lengte van F_z .
- De component van de zwaartekracht loodrecht op de helling construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.
Teken door de pijlpunt van F_z een streeplijn evenwijdig aan de werklijn van $F_{z,||}$. Het snijpunt van de streeplijn met de werklijn van $F_{z,⊥}$ bepaalt de lengte van $F_{z,⊥}$.
Zie de uitwerking in figuur 3.17.

**Figuur 3.17****Opgave 16**

- a ► De componenten van F_{duw} construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.
Zie de uitwerking in figuur 3.18.

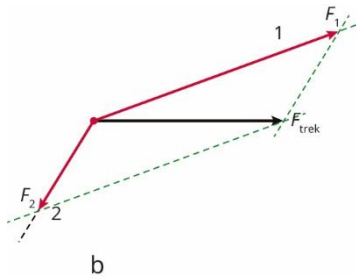


a

Figuur 3.18

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- b ► De componenten van F_{trek} construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. In de tekening van figuur 30b verleng je eerst de werklijn van F_1 . Daarna gebruik je pas de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de uitwerking in figuur 3.19.



Figuur 3.19

Opgave 17

- a ► Een tekening van de trapkracht op schaal maak je door de pijl met de juiste lengte en richting te tekenen.

De richting van de pijl van de trapkracht is onder een hoek van 23° met de horizontaal.

- De lengte van de pijl van de trapkracht bereken je met een krachtschaal.

De krachtschaal mag je zelf kiezen. Zorg ervoor dat de pijl minstens 3 cm lang is.

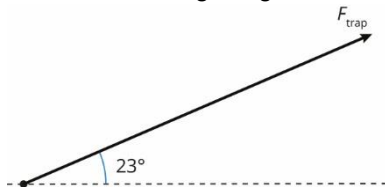
$$1,0 \text{ cm} \triangleq 5,0 \text{ N}$$

Bij deze krachtschaal komt een trapkracht van 25 N overeen met een pijl van 5,0 cm.

Teken dus eerst een horizontale lijn,

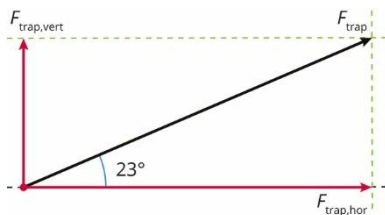
en teken een pijl van 5,0 cm onder een hoek van 23° .

Zie de uitwerking in figuur 3.20.



Figuur 3.20

- b ► De componenten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de uitwerking in figuur 3.21.



Figuur 3.21

- c ► De grootte van de verticale component $F_{\text{trap,vert}}$ bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.

In figuur 3.21 meet je dat de lengte van de pijl van $F_{\text{trap,vert}}$ gelijk is aan 2,0 cm.

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

$$F_{\text{trap,vert}} = 2,0 \times 5,0 = 10,00 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{trap,hor}} = 10 \text{ N.}$$

De verticale component van de trapkracht $F_{\text{trap,vert}}$ is 10 N. Dit is inderdaad groter dan 5,0 N.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- d ► De grootte van de horizontale component $F_{\text{trap,hor}}$ bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.

In figuur 3.21 meet je dat de lengte van de pijl van $F_{\text{trap,hor}}$ gelijk is aan 4,6 cm.

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

$$F_{\text{trap,hor}} = 4,6 \times 5,0 = 23,00 \text{ N}$$

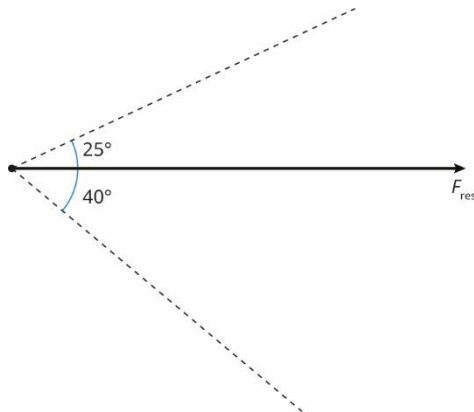
$$\text{Afgerond: } F_{\text{trap,hor}} = 23 \text{ N.}$$

- e ► Alleen als de krachten op één lijn liggen, mag je de groottes bij elkaar optellen en van elkaar aftrekken.

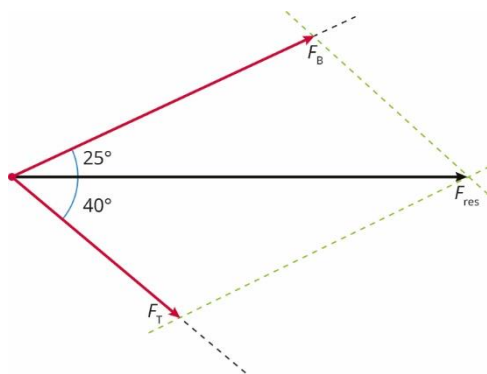
De componenten van de trapkracht liggen niet op één lijn, maar staan loodrecht op elkaar. De grootte van een component volgt dan uit de parallellogramconstructie.

Opgave 18

- a ► De richting van een werklijn teken je met behulp van een geodriehoek.
De riem van Balto maakt een hoek van 25° met de resulterende kracht en de riem van Togo maakt een hoek van 40° met de resulterende kracht. Zie de uitwerking in figuur 3.22.
De lengte van een werklijn is niet van belang, als hij maar voldoende lang is om de constructie van de componenten van F_{res} uit te kunnen voeren.

**Figuur 3.22**

- b ► De spankrachten construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de uitwerking in figuur 3.23.

**Figuur 3.23**

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- c ► De grootte van een spankracht bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.
In figuur 3.23 meet je dat de pijl van F_B gelijk is aan 4,3 cm en de pijl van F_T aan 2,8 cm.

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

$$F_{\text{res}} = 120 \text{ N}$$

In figuur 3.23 meet je dat de lengte van de pijl van F_{res} gelijk is aan 6,0 cm.

$$6,0 \text{ cm} \triangleq 120 \text{ N}$$

$$4,3 \text{ cm} \triangleq F_B$$

$$F_B = \frac{4,3 \times 120}{6,0} = 86,00 \text{ N}$$

Afgerond: $F_B = 86 \text{ N}$.

$$6,0 \text{ cm} \triangleq 120 \text{ N}$$

$$2,8 \text{ cm} \triangleq F_T$$

$$F_T = \frac{2,8 \times 120}{6,0} = 56,00 \text{ N}$$

Afgerond: $F_T = 56 \text{ N}$.

Opgave 19

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

$$F_z = m \cdot g = 105 \times 9,81 = 1,0301 \cdot 10^3 \text{ N}$$

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

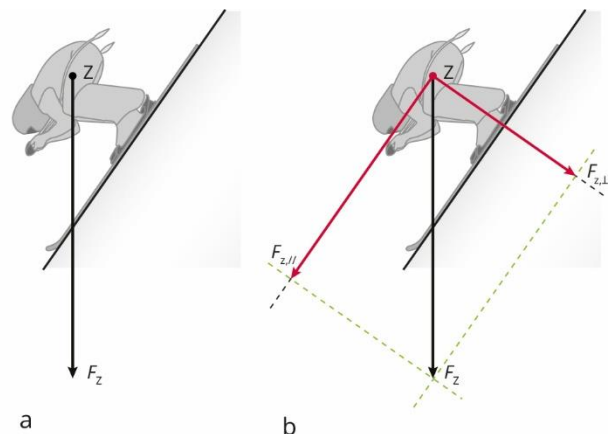
- b Zie de uitwerking in figuur 3.24a.

- c ► De componenten van de zwaartekracht construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie de uitwerking in figuur 3.24b.

- d ► De grootte van een component bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.

In figuur 3.24 meet je dat de pijl van $F_{z,\parallel}$ gelijk is aan 3,3 cm en de pijl van $F_{z,\perp}$ aan 2,3 cm.



Figuur 3.24

- De krachtschaal bepaal je met de grootte van F_z en de lengte van de pijl.

$$F_z = 1,03 \cdot 10^3 \text{ N} \quad (\text{zie vraag a})$$

De lengte van de pijl van F_z is gelijk aan 4,0 cm. (zie vraag b)

$$4,0 \text{ cm} \triangleq 1,03 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$3,3 \text{ cm} \triangleq F_{z,\parallel}$$

$$F_{z,\parallel} = \frac{3,3 \times 1,03 \cdot 10^3}{4,0} = 849,8 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{z,\parallel} = 8,5 \cdot 10^2 \text{ N}$.

$$4,0 \text{ cm} \triangleq 1,03 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$2,3 \text{ cm} \triangleq F_{z,\perp}$$

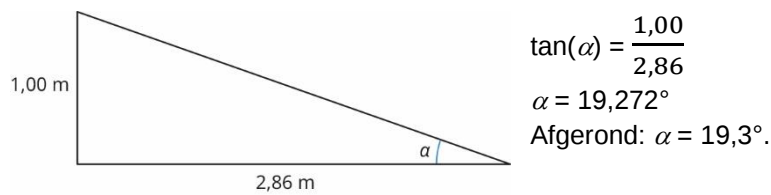
$$F_{z,\perp} = \frac{2,3 \times 1,03 \cdot 10^3}{4,0} = 592,3 \text{ N}$$

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

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 20

- a ► De hellingshoek α bereken je met een goniometrische verhouding.
Zie de uitwerking in figuur 3.25.

**Figuur 3.25**

- b ► De massa m bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_z = m \cdot g$$

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

- De zwaartekracht F_z bepaal je met de lengte van de pijl van F_z en de krachtschaal.

- De zwaartekracht F_z construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Teken vanuit het aangrijpingspunt de werklijn van F_z loodrecht naar beneden.

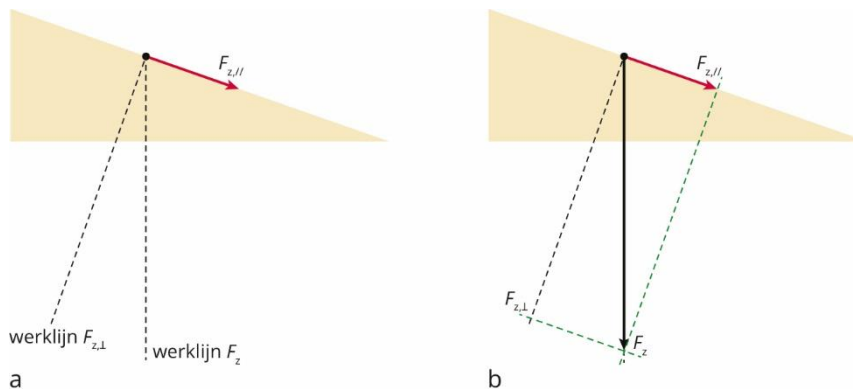
Teken vanuit het aangrijpingspunt de werklijn van $F_{z,\perp}$ loodrecht op de helling.

Teken door de pijlpunt van $F_{z,\parallel}$ een streeplijn evenwijdig aan de werklijn van $F_{z,\perp}$.

Het snijpunt met de werklijn van F_z bepaalt de lengte van de pijl van F_z .

(De streeplijn door de pijlpunt van F_z maakt het parallellogram af, maar die hoeft je niet te tekenen.)

Zie de uitwerking in figuur 3.26.

**Figuur 3.26**

In figuur 3.26 meet je dat de pijl van F_z gelijk is aan 3,8 cm.

- De krachtschaal bepaal je met de grootte van $F_{z,\parallel}$ en de lengte van de pijl.

$$F_{z,\parallel} = 2,6 \cdot 10^2 \text{ N}$$

In de tekening van figuur 33 meet je dat de lengte van de pijl van $F_{z,\parallel}$ gelijk is aan 1,3 cm.

$$1,3 \text{ cm} \triangleq 2,6 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$3,8 \text{ cm} \triangleq F_z$$

$$F_z = \frac{3,8 \times 2,6 \cdot 10^2}{1,3} = 760 \text{ N}$$

- Invullen van F_z en g in de formule $F_z = m \cdot g$:

$$760 = m \times 9,81$$

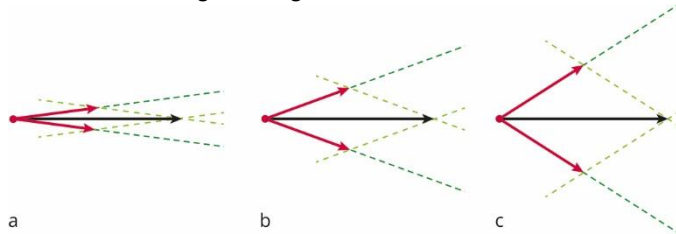
$$m = \frac{760}{9,81} = 77,472 \text{ kg}$$

Afgerond: $m = 77 \text{ kg}$.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

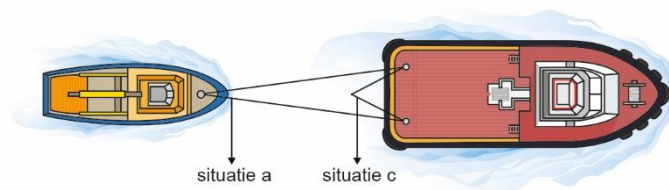
Opgave 21

- a ► De spankrachten in de sleeptouwen construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de uitwerking in figuur 3.27a.
- b ► De krachten in de sleeptouwen construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de uitwerkingen in figuren 3.27b en 3.27c.



Figuur 3.27

- c ► Het verband tussen de grootte van de spankrachten en de hoek tussen de spankrachten leid je af uit figuur 3.27.
De lengte van de pijl is een maat voor de spankracht in het sleeptouw.
Het verband tussen de grootte van de spankrachten en de hoek tussen de spankrachten is:
Als de hoek tussen de spankrachten groter wordt, worden de spankrachten ook groter.
- d ► Of het sleeptouw in figuur 35c langer of korter is dan in figuur 35a leg je uit met een schets. Zie de uitwerking in figuur 3.28.
De afstand tussen de punten waarop het touw is vastgemaakt op de boot, blijft hetzelfde.
Als de hoek tussen de touwdelen groter is, is het sleeptouw korter.
Dus het sleeptouw is in figuur 35c langer dan in figuur 35a.



Figuur 3.28

3.4 De eerste wet van Newton

Opgave 22

- a
- I De snelheid van de fietser verandert. / De snelheid neemt af.
 - II Het glas blijft op zijn plaats. / De snelheid verandert niet. / De snelheid is constant.
 - III Het glas valt versneld naar beneden. / De snelheid van het glas verandert. / De snelheid neemt toe.
 - IV De richting van de snelheid verandert. (De grootte van de snelheid verandert niet.)
- b
- Of de eerste wet van Newton van toepassing is, leid je af uit de beweging van het voorwerp. Is het voorwerp in rust of beweegt het rechtlijnig met constante snelheid, dan geldt $F_{\text{res}} = 0 \text{ N}$.
 - I De snelheid van de fietser verandert, dus de eerste wet van Newton is niet van toepassing.
 - II Het glas blijft op zijn plaats, dus het glas is in rust en de eerste wet van Newton is van toepassing.
 - III De snelheid van het glas verandert, dus de eerste wet van Newton is niet van toepassing.
 - IV De trein voert geen rechtlijnige beweging uit, dus de eerste wet van Newton is niet van toepassing.

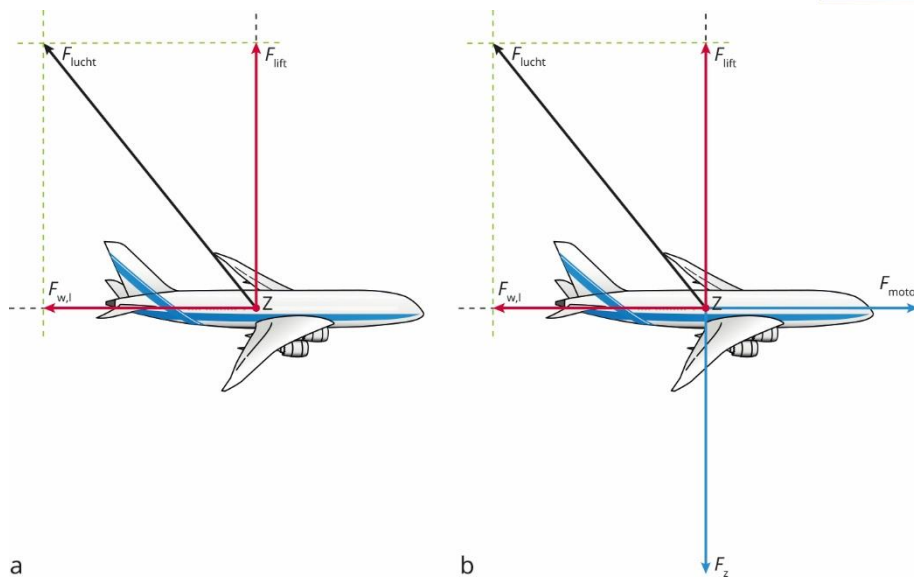
Opgave 23

- a
- De grootte en richting van de kracht van Moad leid je af met de eerste wet van Newton en de krachten in horizontale richting.
- Het touw is in rust. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res,hor}} = 0 \text{ N}$.
 Er werken twee trekkrachten op het touw.
 De trekkracht van Hadassa is 192 N naar links. Dus de trekkracht van Moad is 192 N naar rechts.
- b
- De kracht van Moad bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.
- Het touw beweegt eenparig. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res,hor}} = 0 \text{ N}$.
 Er werken drie trekkrachten op het touw.
 De trekkracht van Farah en de trekkracht van Hadassa zijn naar links en de trekkracht van Moad is naar rechts.
- $$F_{\text{Farah+Hadassa}} = F_{\text{Moad}}$$
- $$F_{\text{links}} = F_{\text{Farah}} + F_{\text{Hadassa}} = 237 + 192 = 429 \text{ N}$$
- Moad oefent dus een kracht uit van 429 N naar rechts.
- c
- Dat de resulterende kracht in de verticale richting 0 N is, beredeneer je met de eerste wet van Newton. De touwtrekkers blijven op dezelfde hoogte en hebben dus geen snelheid in verticale richting. Dan geldt volgens de eerste wet van Newton in verticale richting $F_{\text{res,vert}} = 0 \text{ N}$.

Opgave 24

- a
- Dat de liftkracht gelijk is aan de zwaartekracht leg je uit met de eerste wet van Newton en de krachten in de verticale richting.
- Het vliegtuig vliegt horizontaal en heeft dus geen snelheid in verticale richting. Dan geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res,vert}} = 0 \text{ N}$.
 In de verticale richting werken op het vliegtuig F_{lift} en F_z . Deze krachten zijn dus even groot en tegengesteld gericht.
- b
- De motorkracht construeer je met de eerste wet van Newton en de krachten in de horizontale richting. Het vliegtuig beweegt met constante snelheid. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res,hor}} = 0 \text{ N}$. De kracht F_{lucht} valt niet samen met de horizontale of de verticale richting.
- In de horizontale richting werken de motorkracht en de horizontale component van F_{lucht} . Dit is de luchtweerstandskracht $F_{\text{w,l}}$. Deze twee krachten zijn volgens de eerste wet van Newton aan elkaar gelijk en tegengesteld gericht.
 Dus de motorkracht (en de zwaartekracht) construeer je met ontbinden en omklappen.
 Zie de uitwerking in figuur 3.29.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.29**

► De grootte van de motorkracht bepaal je met de lengte van de pijl van F_{motor} en de krachtenschaal. In figuur 3.29b meet je dat de pijl van F_{motor} gelijk is aan 2,8 cm.

► De krachtenschaal bepaal je met de grootte van F_z en de lengte van de pijl van F_z . In figuur 3.29b meet je dat de lengte van de pijl van F_z gelijk is aan 3,5 cm.

► De zwaartekracht op het vliegtuig bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_z = m \cdot g = 730 \times 9,81 = 7,161 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$3,5 \text{ cm} \triangleq 7,161 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$2,8 \text{ cm} \triangleq F_{\text{motor}}$$

$$F_{\text{motor}} = \frac{2,8 \times 7,161 \cdot 10^3}{3,5} = 5729 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{motor}} = 5,7 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

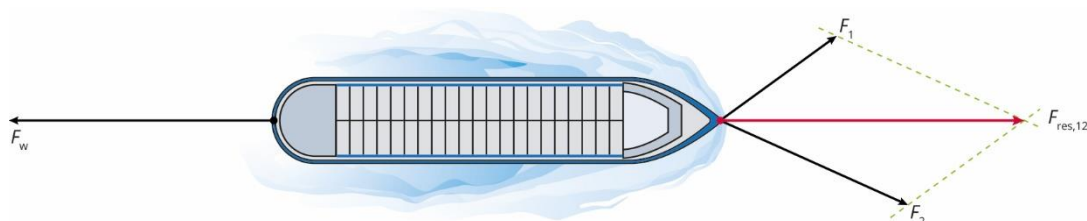
Opgave 25

► Of het vrachtschip eenparig rechtlijnig beweegt, bepaal je met de eerste wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

Als het schip eenparig rechtlijnig beweegt, dan geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res,hor}} = 0 \text{ N}$. In de horizontale richting werken de wrijvingskracht en de resulterende kracht $F_{\text{res,12}}$ van F_1 en F_2 .

► De resulterende kracht $F_{\text{res,12}}$ construeer je met de parallellogrammethode. Zie de uitwerking in figuur 3.30.

$F_{\text{res,12}}$ is tegengesteld aan F_w maar groter dan F_w . De resulterende kracht op het vrachtschip is dus niet gelijk aan 0 N. Het vrachtschip beweegt dus niet eenparig rechtlijnig.

**Figuur 3.30**

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 26

- a ► Een tekening op schaal maak je met twee pijlen loodrecht op elkaar. De krachtschaal mag je zelf kiezen. Zorg er dan voor dat de lengte van de pijlen minstens 3 cm is. $1,0 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$

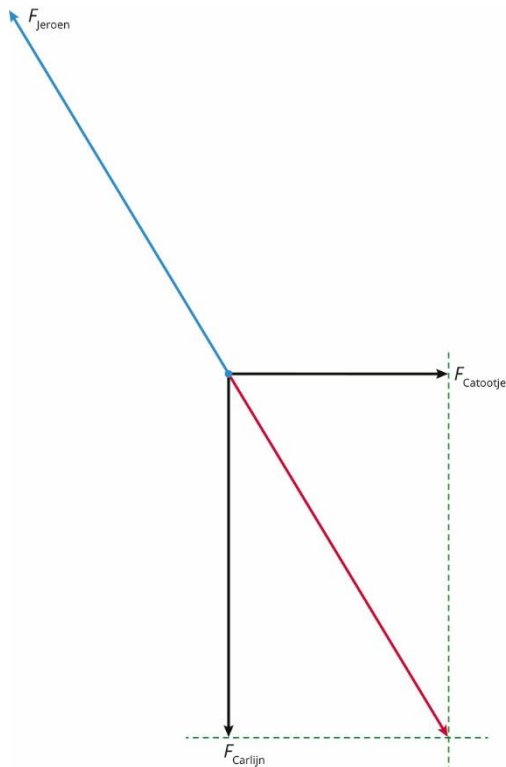
De lengte van de pijl van Karlijn is dan $\frac{96}{20} = 4,8 \text{ cm}$.

De lengte van de pijl van Catootje is dan $\frac{58}{20} = 2,9 \text{ cm}$.

Zie de uitwerking in figuur 3.31.

**Figuur 3.31**

- b ► De kracht van Jeroen construeer je met de eerste wet van Newton en de krachten op de pop. De pop beweegt niet. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res, pop}} = 0 \text{ N}$. De resulterende kracht van Catootje en Karlijn is gelijk aan de kracht van Jeroen maar tegengesteld gericht. De kracht F_{Jeroen} construeer je dus met samenstellen en omklappen. Zie de uitwerking in figuur 3.32.

**Figuur 3.32**

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- c ► De grootte van de kracht van Jeroen bepaal je met de lengte van de pijl en de krachterschaal.
In figuur 3.32 meet je dat de pijl van de kracht van Jeroen gelijk is aan 5,6 cm.
 $1,0 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$
 $F_{\text{Jeroen}} = 5,6 \times 20 = 112,0 \text{ N}$
Afgerond: $F_{\text{Jeroen}} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ N}$.
- d ► De hoek die F_{Jeroen} maakt met F_{Karlijn} meet je met je geodriehoek in figuur 3.32.
De hoek is 149° .

Opgave 27

- De trekkracht F_{trek} en de spankracht F_{span} construeer je met de eerste wet van Newton en de krachten op Vera.

Vera beweegt niet. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res, Vera}} = 0 \text{ N}$.

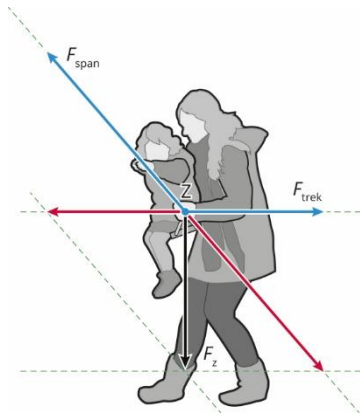
Op Vera werken drie krachten: de trekkracht F_{trek} , de spankracht F_{span} en de zwaartekracht F_z .

De werklijn van F_{trek} heeft dezelfde richting als de stand van de hand.

De werklijn van F_{span} heeft dezelfde richting als de stand van het touw.

De grootte en richting van F_z is gegeven. Dus construeer je F_{trek} en F_{span} met ontbinden en omklappen.

Zie de uitwerking in figuur 3.33.

**Figuur 3.33****Opgave 28**

- a ► De spankracht in touwtje a teken je op het aangrijpingspunt in de juiste richting en met de juiste lengte.

Het aangrijpingspunt van de spankracht is punt P.

De spankracht is naar de krachtmeter gericht.

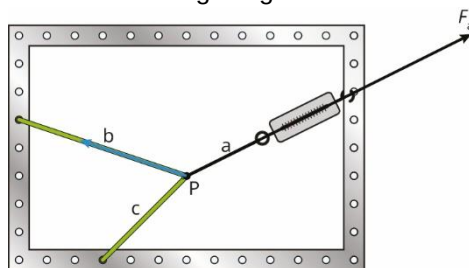
De lengte van de pijl van de spankracht bereken je met de grootte van de kracht en de krachterschaal.

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

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

Dus je tekent F_a met een pijl van 4,2 cm vanuit punt P in de richting van de krachtmeter.

Zie de uitwerking in figuur 3.34.

**Figuur 3.34**

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- b ► De spankrachten F_b en F_c in de touwtjes b en c construeer je met de eerste wet van Newton en de krachten op het knooppunt P.

Knooppunt P beweegt niet. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res},P} = 0 \text{ N}$.

Er werken drie krachten op P: de spankracht F_a , de spankracht F_b en de spankracht F_c .

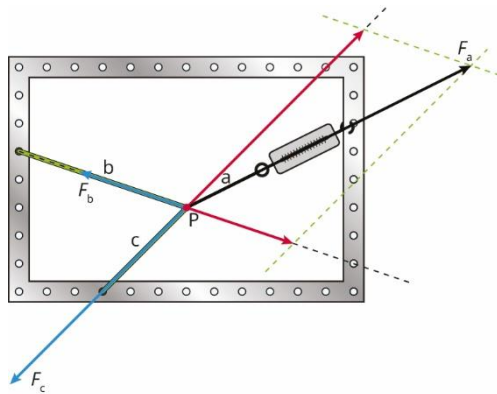
De werklijn van F_a heeft dezelfde richting als de stand van touwtje a.

De werklijn van F_b heeft dezelfde richting als de stand van touwtje b.

De werklijn van F_c heeft dezelfde richting als de stand van touwtje c.

De grootte van F_a is gegeven. Dus construeer je F_b en F_c met ontbinden en omklappen.

Zie de uitwerking in figuur 3.35.



Figuur 3.35

- c ► De grootte van een spankracht bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtenschaal. In figuur 3.35 meet je dat de lengte van de pijl van F_b gelijk is aan 1,5 cm.

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

$$F_b = 1,5 \times 1,0 = 1,500 \text{ N}$$

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

In figuur 3.35 meet je dat de lengte van de pijl van F_c gelijk is aan 3,4 cm.

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

$$F_c = 3,4 \times 1,0 = 3,400 \text{ N}$$

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

Opgave 29

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

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

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

- b ► De grootte van een spankracht bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtenschaal.

- De krachtenschaal bepaal je met de lengte van de pijl voor de zwaartekracht en de zwaartekracht.

$$F_z = 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$$

In de tekening van figuur 50 meet je dat de pijl van F_z gelijk is aan 3,0 cm.

$$3,0 \text{ cm} \triangleq 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$$

- De grootte van de spankrachten construeer je met de eerste wet van Newton en de krachten op Paulien.

Paulien hangt stil. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res},\text{Paulien}} = 0 \text{ N}$.

Er werken drie krachten op Paulien: spankracht $F_{\text{span,links}}$, spankracht $F_{\text{span,rechts}}$ en de zwaartekracht F_z .

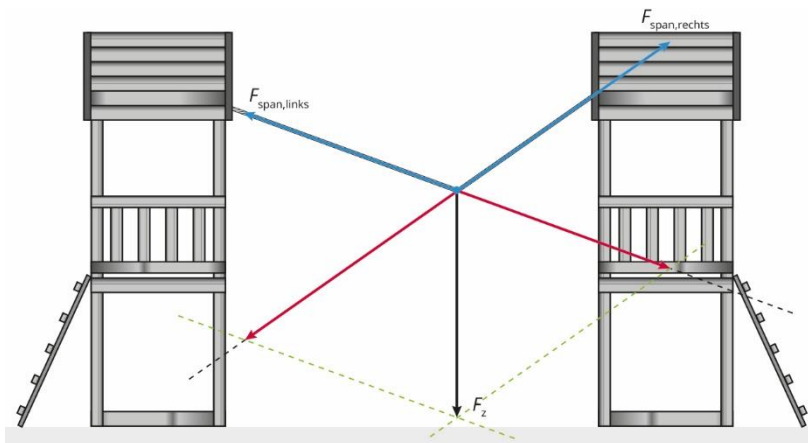
De werklijn van $F_{\text{span,links}}$ heeft dezelfde richting als de stand van het touwdeel naar links.

De werklijn van $F_{\text{span,rechts}}$ heeft dezelfde richting als de stand van het touwdeel naar rechts.

De grootte en richting van F_z is gegeven. Dus construeer je $F_{\text{span,links}}$ en $F_{\text{span,rechts}}$ met ontbinden en omklappen.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Zie de uitwerking in figuur 3.36.



Figuur 3.36

In figuur 3.36 meet je dat de pijl van $F_{\text{span,links}}$ gelijk is aan 3,0 cm.

In figuur 3.36 meet je dat de pijl van $F_{\text{span,rechts}}$ gelijk is aan 3,4 cm.

$$3,0 \text{ cm} \triangleq 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$3,0 \text{ cm} \triangleq F_{\text{span,links}}$$

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

$$3,0 \text{ cm} \triangleq 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$3,4 \text{ cm} \triangleq F_{\text{span,rechts}}$$

$$F_{\text{span,rechts}} = \frac{3,4 \times 4,4 \cdot 10^2}{3,0} = 498,7 \text{ N}$$

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

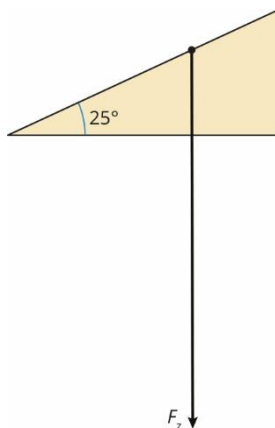
Opgave 30

- a ► Een tekening van de situatie maak je met een tekening op schaal met een hellingshoek van 25° en de pijl voor de zwaartekracht in de juiste richting.

De pijl voor de zwaartekracht F_z teken je verticaal naar beneden. De lengte van de pijl van F_z mag je zelf kiezen. Kies daarbij voor een lengte van minstens 3 cm.

Zie de uitwerking in figuur 3.37.

In figuur 3.37 is gekozen voor de lengte van de pijl van 5,0 cm.



Figuur 3.37

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- b ► De grootte van de normaalkracht F_n bepaal je met de lengte van de pijl van F_n en de krachtenschaal.
 ► De krachtenschaal bepaal je met de lengte van de pijl voor de zwaartekracht en de zwaartekracht.
 $F_z = m \cdot g = 22,4 \times 9,81 = 219,7 \text{ N}$
 $5,0 \text{ cm} \triangleq 219,7 \text{ N}$

► De grootte van de normaalkracht construeer je de eerste wet van Newton en de krachten op koffer.
 De koffer staat stil. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res}} = 0 \text{ N}$.
 Er werken drie krachten op de koffer: de zwaartekracht F_z , de normaalkracht F_n en de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$.

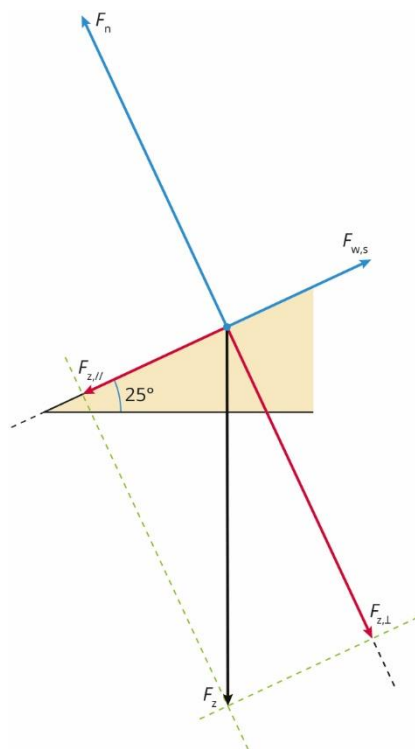
De werklijn van F_n staat loodrecht op de helling.

De werklijn van $F_{w,s}$ is langs de helling.

De grootte en richting van F_z is gegeven.

Dus construeer je F_n en $F_{w,s}$ met ontbinden en omklappen.

Zie de uitwerking in figuur 3.38.



Figuur 3.38

- De grootte van de normaalkracht F_n bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtenschaal.
 In figuur 3.38 meet je dat de pijl van F_n gelijk is aan 4,5 cm.

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

$$4,5 \text{ cm} \triangleq F_n$$

$$F_n = \frac{4,5 \times 219,7}{5,0} = 197,7 \text{ N}$$

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

- c ► De grootte van de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$ bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtenschaal.
 In figuur 3.38 meet je dat de pijl van $F_{w,s}$ gelijk is aan 2,1 cm.

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

$$2,1 \text{ cm} \triangleq F_{w,s}$$

$$F_{w,s} = \frac{2,1 \times 219,7}{5,0} = 92,27 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{w,s} = 92 \text{ N.}$$

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 31

- a ► De spankracht F_{span} in de kabel bepaal je met de lengte van de pijl van F_{span} en de krachterschaal.
 ► De krachterschaal bepaal je met de lengte van de pijl voor de zwaartekracht en de zwaartekracht.

$$F_z = m \cdot g = 5,5 \cdot 10^3 \times 9,81 = 5,40 \cdot 10^4 \text{ N}$$

De lengte van de pijl mag je zelf kiezen. In deze opgave is gekozen voor 4,0 cm.

$$4,0 \text{ cm} \triangleq 5,40 \cdot 10^4 \text{ N}$$

- De spankracht in de kabel bepaal je met de eerste wet van Newton en de krachten op de boot evenwijdig aan de helling.

De boot beweegt met constante snelheid. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res},//} = 0 \text{ N}$.

Er werken drie krachten evenwijdig aan de helling:

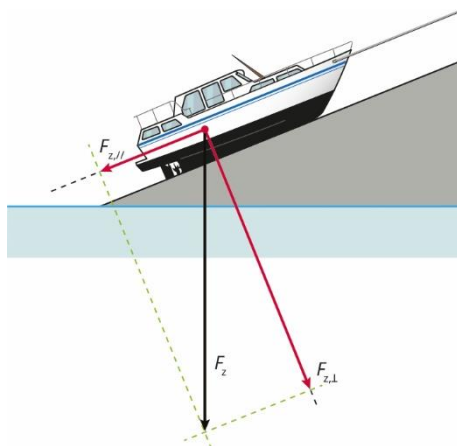
- De spankracht F_{span} is evenwijdig aan de helling omhoog.
- De wrijvingskracht F_w is langs de helling omlaag, want de boot gaat langs de helling omhoog.
- De component van de zwaartekracht $F_{z,||}$ is evenwijdig aan de helling omlaag.

$$F_{\text{span}} = F_w + F_{z,||}$$

$$F_w = 6,2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

- De component van de zwaartekracht $F_{z,||}$ bepaal je met de lengte van de pijl en de krachterschaal.
 $4,0 \text{ cm} \triangleq 5,40 \cdot 10^4 \text{ N}$

- De component van de zwaartekracht $F_{z,||}$ construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Het zwaartepunt mag je zelf kiezen. Zie de uitwerking in figuur 3.39.



Figuur 3.39

In figuur 3.39 meet je dat de pijl van $F_{z,||}$ gelijk is aan 1,5 cm.

$$4,0 \text{ cm} \triangleq 5,40 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$1,5 \text{ cm} \triangleq F_{z,||}$$

$$F_{z,||} = \frac{1,5 \times 5,40 \cdot 10^4}{4,0} = 2,02 \cdot 10^4 \text{ N}$$

- Invullen van $F_w + F_{z,||}$ in de formule $F_{\text{span}} = F_w + F_{z,||}$:

$$F_{\text{span}} = 6,2 \cdot 10^3 + 2,02 \cdot 10^4$$

$$F_{\text{span}} = 2,640 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{span}} = 2,6 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- b ► Of de spankracht verandert, bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten op de boot evenwijdig aan de helling.

De boot beweegt met constante snelheid langs de helling omlaag. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res},\parallel} = 0 \text{ N}$.

Er werken weer drie krachten evenwijdig aan de helling:

- De spankracht F_{span} evenwijdig aan de helling omhoog.
- De wrijvingskracht F_w werkt langs de helling omhoog, want de boot glijdt langs de helling naar beneden.
- De component van de zwaartekracht $F_{z,\parallel}$ werkt evenwijdig aan de helling omlaag.

Het verband tussen de drie krachten is dan $F_{\text{span}} + F_w - F_{z,\parallel} = 0 \text{ N}$.

Dus als de boot met constante snelheid langs de helling naar beneden glijdt geldt: $F_{\text{span}} = F_{z,\parallel} - F_w$.

Bij vraag a was $F_{\text{span}} = F_w + F_{z,\parallel} = 26 \cdot 10^3 \text{ N}$.

$F_{z,\parallel} = 2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$, want $F_{z,\parallel}$ hangt af van de massa en de hellingshoek, en die zijn niet veranderd.

De spankracht F_{span} in de kabel is dus kleiner dan $26 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Opgave 32

- a ► De schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$ bepaal je met de lengte van de pijl van $F_{w,s}$ en de krachterschaal.
► De krachterschaal bepaal je met de lengte van de pijl F_{trek} en de krachterschaal.

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

In de tekening van figuur 52 meet je dat de pijl van F_{trek} gelijk is aan 3,0 cm.

$3,0 \text{ cm} \triangleq 90 \text{ N}$

- De grootte van $F_{w,s}$ construeer je met de eerste wet van Newton en de krachten in horizontale richting.

De slee beweegt met constante snelheid. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res},\text{hor}} = 0 \text{ N}$.

Er werken twee krachten op de slee in horizontale richting: de component van de trekkracht $F_{\text{trek},\text{hor}}$ en de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$.

Deze twee krachten zijn dus even groot en tegengesteld gericht.

Dus construeer je $F_{w,s}$ met ontbinden en omklappen.

Zie de uitwerking in figuur 3.40

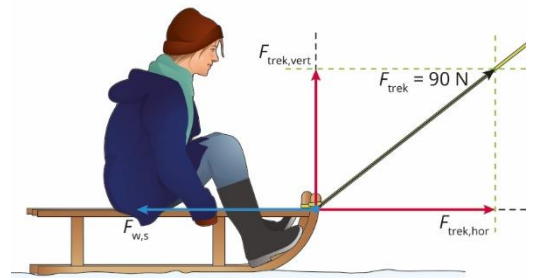
In figuur 3.40 meet je dat de pijl van $F_{w,s}$ gelijk is aan 2,3 cm.

$3,0 \text{ cm} \triangleq 90 \text{ N}$

$2,3 \text{ cm} \triangleq F_{w,s}$

$$F_{w,s} = \frac{2,3 \times 90}{3,0} = 69,00 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{w,s} = 69 \text{ N}$.



Figuur 3.40

- b ► Of de normaalkracht groter dan, kleiner dan of gelijk is aan de zwaartekracht bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten in verticale richting.

De slee beweegt niet in verticale richting. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res},\text{vert}} = 0 \text{ N}$.

Er werken drie krachten op de slee in verticale richting:

- De normaalkracht F_n , loodrecht omhoog.
- De component van de trekkracht $F_{\text{trek},\text{vert}}$ loodrecht omhoog.
- De zwaartekracht F_z loodrecht naar beneden.

Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_n + F_{\text{trek},\text{vert}} = F_z$.

Hieruit volgt dat de normaalkracht kleiner is dan de zwaartekracht.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 33

- De trekkracht F_{trek} construeer je met de eerste wet van Newton en de krachten op het kind op de schommel.

Het kind op de schommel beweegt niet. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res, kind}} = 0 \text{ N}$.

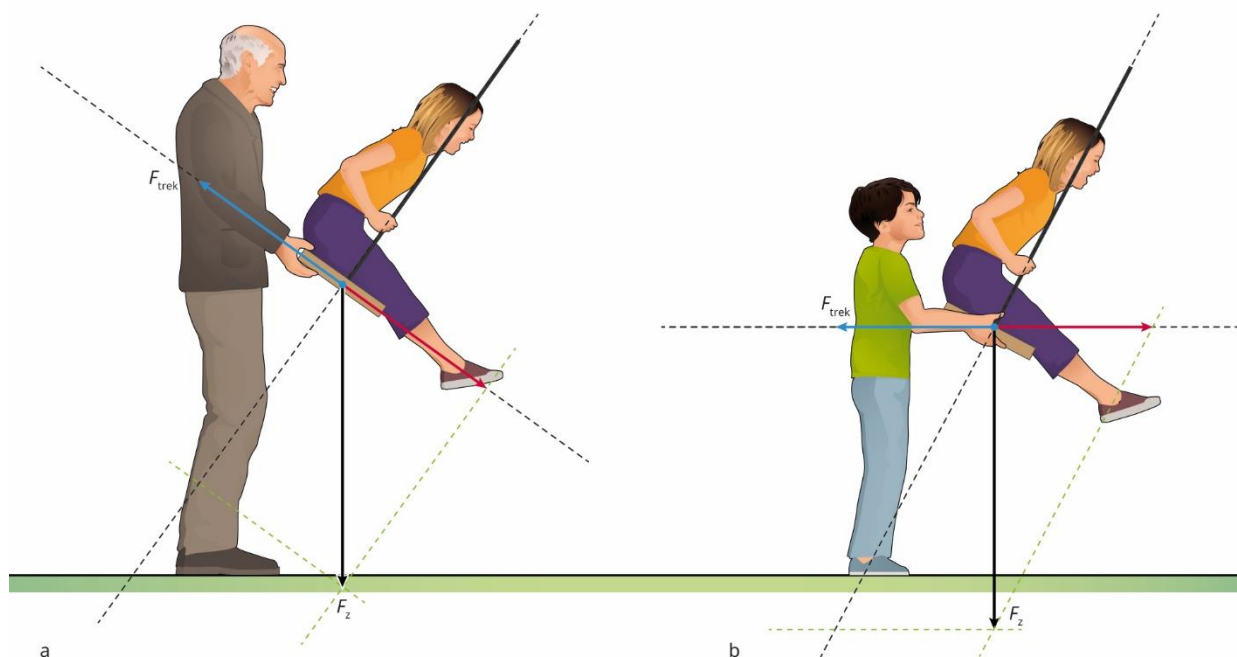
Op het kind werken drie krachten: de trekkracht F_{trek} , de spankracht F_{span} en de zwaartekracht F_z .

De werklijn van F_{trek} is gegeven.

De werklijn van F_{span} heeft dezelfde richting als de stand van het touw.

De richting van F_z is loodrecht naar beneden. De lengte van de pijl voor F_z mag je zelf kiezen en moet in beide tekeningen hetzelfde zijn. Ook het aangrijpingspunt van de krachten mag je zelf kiezen. Dus construeer je F_{trek} met ontbinden en omklappen.

Zie de uitwerking in figuur 3.41.



Figuur 3.41

In figuur 3.41a is de pijl van F_{trek} langer dan in figuur 3.41b. Opa moet dus de grootste trekkracht uitoefenen.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

3.5 Afsluiting

Opgave 34

a Op de plank werken de zwaartekracht en de veerkracht.

b ► De kracht die één veer uitoefent, bereken je met de formule voor de veerkracht.

$$F_v = C \cdot u$$

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

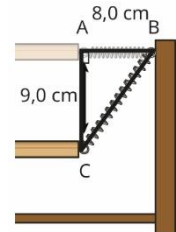
► De uitrekking u bereken je met de lengte $\ell_{\text{uitgerekt}}$ van de uitgerekte veer en de lengte $\ell_{\text{niet-uitgerekt}}$ van de niet-uitgerekte veer.

$$u = \ell_{\text{niet-uitgerekt}} - \ell_{\text{niet-uitgerekt}}$$

$$\ell_{\text{niet-uitgerekt}} = AB = 8,0 \text{ cm}$$

► De lengte $\ell_{\text{uitgerekt}}$ bereken je met de stelling van Pythagoras.

Zie de uitwerking in figuur 3.42.



Figuur 3.42

In figuur 3.42 is driehoek ABC een rechthoekige driehoek.

De lengte $\ell_{\text{uitgerekt}}$ is de afstand BC.

Toepassen van de stelling van Pythagoras levert:

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

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

$$BC = \sqrt{64,0 + 81,0} = 12,0 \text{ cm}$$

$$\text{Dus lengte } \ell_{\text{uitgerekt}} = 12,0 \text{ cm.}$$

► Invullen van $\ell_{\text{uitgerekt}}$ en $\ell_{\text{niet-uitgerekt}}$ in de formule $u = \ell_{\text{uitgerekt}} - \ell_{\text{niet-uitgerekt}}$:

$$u = 12,0 - 8,0 = 4,0 \text{ cm} = 0,040 \text{ m}$$

► Invullen van C en u in de formule $F_v = C \cdot u$:

$$F_v = 4,9 \cdot 10^3 \times 0,040$$

$$F_v = 196,0 \text{ N}$$

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

c Alle veerkrachten zijn even groot. De horizontale component is bij elke veer dan ook even groot. Bij de veren aan de linkerkant is de horizontale component naar links gericht. Aan de rechterkant is die richting naar rechts. De componenten naar links heffen dan de componenten naar rechts op.

d ► De rechthoekige driehoek ABC teken je op schaal met de rechthoekszijden in de juiste verhouding tot elkaar.

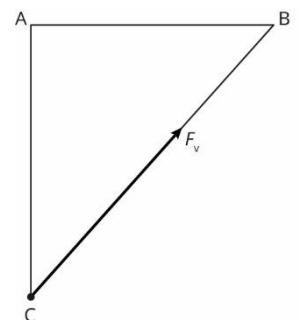
De verhouding van de rechthoekszijden is 8 : 9. Maak de tekening niet klein om de invloed van meetonzekerheid te verkleinen. Bijvoorbeeld 3,2 cm en 3,6 cm. Zie de uitwerking in figuur 3.43.

► De verticale component van de veerkracht $F_{v,\text{vert}}$ bepaal je met de lengte van de pijl van $F_{v,\text{vert}}$ en de krachtschaal.

$$F_v = 2,0 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\text{De lengte van de pijl van } F_v \text{ is } 3,0 \text{ cm.}$$

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

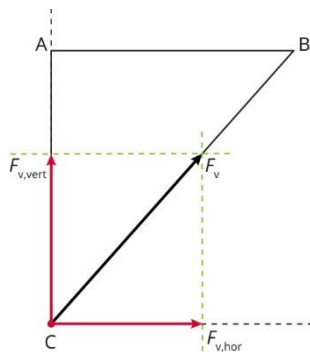


Figuur 3.43

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- De verticale component van de veerkracht $F_{v,vert}$ construeer je met behulp van de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie de uitwerking in figuur 3.44.



Figuur 3.44

In figuur 3.44 meet je dat de lengte van de pijl van $F_{v,vert}$ gelijk is aan 2,2 cm.

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

$$2,2 \text{ cm} \triangleq F_{v,vert}$$

$$F_{v,vert} = \frac{2,2 \times 2,0 \cdot 10^2}{3,0} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ N}$$

- e ► De massa m van Tom bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_z = m \cdot g$$

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

- De zwaartekracht F_z bereken je met de verticale component van de veerkracht.

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

Invullen van F_z en g in de formule $F_z = m \cdot g$:

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

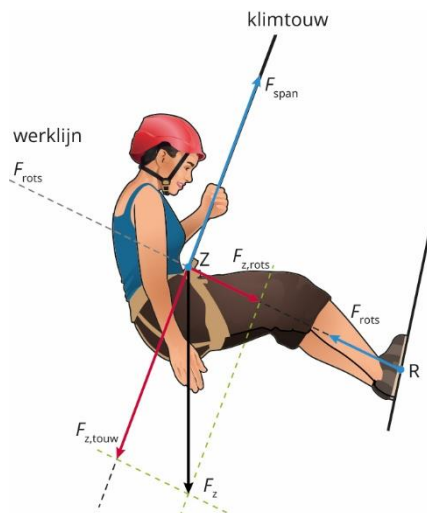
$$m = \frac{6,0 \cdot 10^2}{9,81} = 61,16 \text{ kg}$$

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

Opgave 35

- a Jeri hangt in een rustpauze aan haar klimtouw tegen de klimwand. Ze beweegt niet en dus geldt de eerste wet van Newton. Daardoor is de resulterende kracht van alle krachten op Jeri gelijk aan 0 N.
- b ► De kracht F_{rots} construeer je met de eerste wet van Newton en de krachten langs de werklijn van F_{rots} . Jeri hangt in rust. Dus geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{res,Jeri} = 0 \text{ N}$. Op Jeri werken drie krachten: de zwaartekracht F_z , de spankracht F_{span} en de kracht F_{rots} . De werklijn van F_{rots} is gegeven. De werklijn van F_{span} heeft dezelfde richting als de stand van het klimtouw. De richting van F_z is verticaal naar beneden. De lengte van de pijl voor F_z mag je zelf kiezen, bijvoorbeeld 3,0 cm. Dus je construeert F_{rots} met ontbinden en omklappen. Het aangrijpingspunt van F_{rots} is niet punt Z maar punt R. Daarom verschuif je de pijl naar punt R. Zie de uitwerking in figuur 3.45.

4 havo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.45**

► De grootte van de kracht F_{rots} bepaal je met de lengte van de pijl van F_{rots} en de krachtenschaal. In figuur 3.45 meet je dat de lengte van de pijl van F_{rots} gelijk is aan 1,0 cm.

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

In figuur 3.45 is de zwaartekracht getekend met een lengte van 3,0 cm.

$$F_z = 76 \times 9,81 = 746 \text{ N}$$

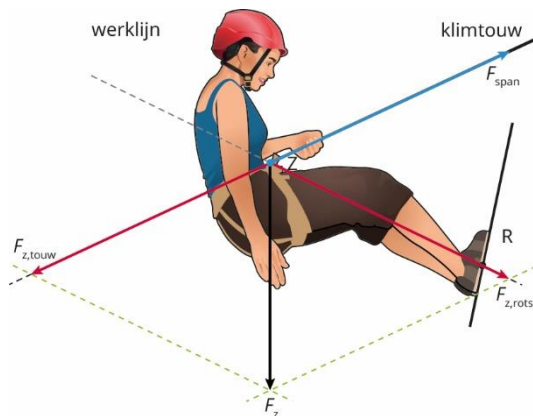
$$3,0 \text{ cm} \triangleq 746 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \triangleq F_{rots}$$

$$F_{rots} = \frac{1,0 \times 746}{3,0} = 248,7 \text{ N}$$

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

- c De twee componenten van F_{rots} zijn de normaalkracht F_n (loodrecht op de rots) en de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$ (evenwijdig aan de rots).
- d In de tekening van figuur 57 zie je dat de hoek tussen de werklijnen van F_{span} en F_{rots} groter is. De pijl voor de zwaartekracht blijft even lang. Bij ontbinden van de zwaartekracht zijn de componenten van F_z groter dan in de situatie van figuur 3.45. Daardoor is de spankracht in het klimtouw groter als Jeri verder omhoog klimt. Zie de uitwerking in figuur 3.46.

**Figuur 3.46**