

Hoofdstuk 3 Kracht en beweging

3.1 Krachten

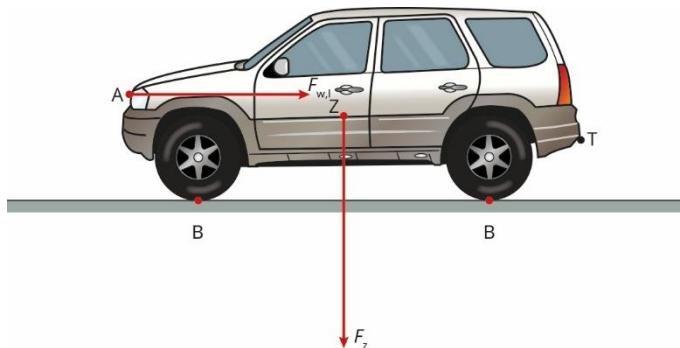
Opgave 1

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

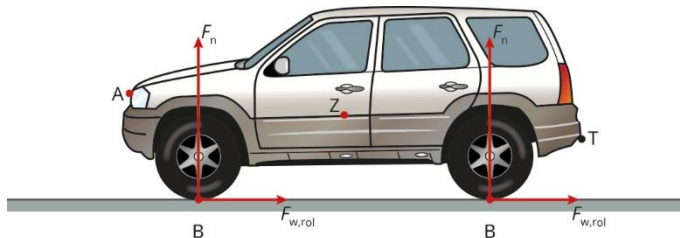
Tabel 3.1

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.



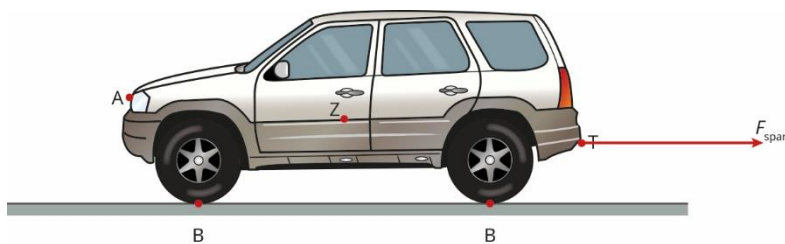
Figuur 3.2

d ► 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.



Figuur 3.3

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

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

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 2

- 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.

$$F_z = m \cdot g$$

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

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

$$\text{Invullen levert: } F_z = 0,058 \times 9,81 = 0,5690 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_z = 0,57 \text{ N}.$$

- c ► De verhouding tussen de zwaartekracht op de maan en de zwaartekracht op de aarde bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_z = m \cdot g$$

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

$$g_{\text{maan}} = 1,62 \text{ m s}^{-2} \text{ (zie Binas tabel 31)}$$

Manier 1

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

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

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.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

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 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 $F_z = m \cdot g$:

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

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

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

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

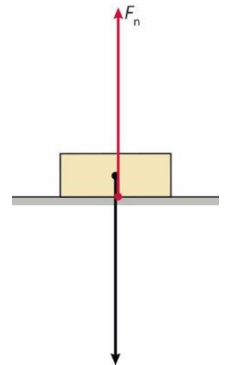
Het aangrijpingspunt van de normaalkracht is het midden van het contactoppervlak.

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 cm lang vanaf het ondersteunende vlak, loodrecht omhoog.

Zie de uitwerking in figuur 3.4.



Figuur 3.4

- 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.

- 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 $F_{w,s}$.

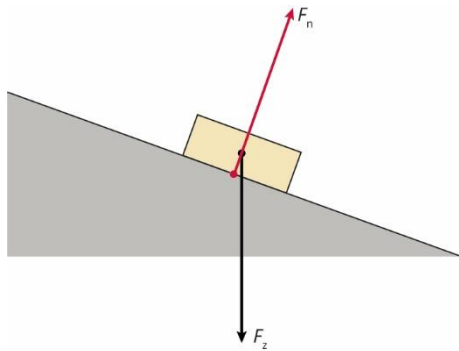
- De pijl van de schuifwrijvingskracht teken je op het aangrijpingspunt in de juiste richting en met de juiste lengte.

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

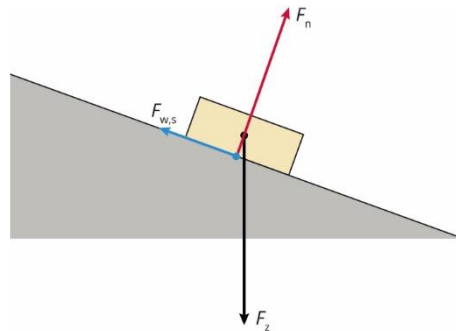
De richting van de schuifwrijvingskracht is tegengesteld aan de (mogelijke) bewegingsrichting. Het blok heeft de neiging om naar beneden te schuiven. Dus de richting van de schuifwrijvingskracht is langs de helling omhoog. De lengte is niet van belang.

Zie de uitwerking in figuur 3.6.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen



Figuur 3.5



Figuur 3.6

Opgave 4

- 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.

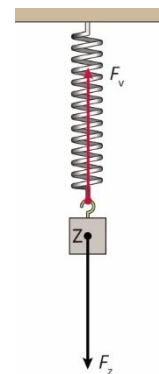
Het aangrijpingspunt is het contactpunt tussen de veer en het blokje.

- 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 3.7.



Figuur 3.7

- 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 $F_v = C \cdot u$:

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

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

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

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 5

- 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) $= C \cdot (u_b \text{ is het grootst})$ en ($F_{v,a}$ is gelijk) $= C \cdot (u_a \text{ is het kleinst})$
 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.

Opgave 6

- a Vanaf $u = 8,0$ cm rek je twee veren tegelijkertijd uit.
 Je hebt daardoor een grotere kracht nodig om een veer een centimeter extra uit te rekken.

- b ► De veerconstante van veer A bereken je met de formule voor de veerkracht.

$$F_{v,A} = C_A \cdot u_A$$

- De veerkracht $F_{v,A}$ en de uitrekking u bepaal je met het eerste gedeelte van de grafiek in het (F, u) -diagram van figuur 18b.

$$F_{v,A} = 3,0 \text{ N bij } u_A = 8,0 \text{ cm} = 0,080 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert: } 3,0 = C_A \cdot 0,080$$

$$C_A = \frac{3,0}{0,080} = 37,50 \text{ N m}^{-1}$$

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

- c ► De veerconstante van veer B bereken je met de formule voor de veerkracht.

$$F_{v,B} = C_B \cdot u_B$$

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

- De veerkracht $F_{v,B}$ bereken je met de totale kracht en de veerkracht van A bij $u = 16$ cm.

$$F_{v,\text{tot}} = F_{v,A} + F_{v,B}$$

$$F_{v,\text{tot}} = 8,0 \text{ N (aflezen uit het diagram in figuur 18b)}$$

- De veerkracht van veer A bij $u = 16$ cm bereken je met de formule voor de veerkracht.

$$F_{v,A} = C_A \cdot u_A$$

De veerconstante C_A blijft hetzelfde en de uitrekking is nu twee keer zo groot.

Dus is de veerkracht $F_{v,A}$ ook twee keer zo groot.

$$F_{v,A} = 2 \times 3,0 = 6,00 \text{ N}$$

- Invullen van $F_{v,\text{tot}}$ en $F_{v,A}$ in de formule $F_{v,\text{tot}} = F_{v,A} + F_{v,B}$:

$$8,0 = 6,00 + F_{v,B}$$

$$F_{v,B} = 2,00 \text{ N}$$

- Invullen van $F_{v,B}$ en u_B in de formule $F_{v,B} = C_B \cdot u_B$:

$$2,00 = C \cdot 0,080$$

$$C_B = \frac{2,00}{0,080} = 25,00 \text{ N m}^{-1}$$

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

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 7

- a Twee manieren waarop de mecaniciën de rolweerstandskracht op de fiets zo klein mogelijk kan maken zijn:
- Banden hard oppompen.
 - Lichte materialen gebruiken.

- b ► De eenheid van C_w leid je af met de andere eenheden in de formule voor de luchtweerstandskracht.

$$[F_{w,l}] = \left[\frac{1}{2}\right] \cdot [\rho] \cdot [C_w] \cdot [A] \cdot [v]^2$$

$$[F_{w,l}] = \text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \text{ (zie Binas tabel 4)}$$

$$\left[\frac{1}{2}\right] = 1, \text{ want getallen hebben geen eenheid.}$$

$$[\rho] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$[A] = \text{m}^2$$

$$[v] = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

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

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

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

$$[C_w] = 1$$

C_w heeft dus geen eenheid.

- c Een gebogen houding zorgt voor een kleinere frontale oppervlakte A en een kleinere luchtweerstandskoefficient C_w . Als je ervan uitgaat dat de fietskracht hetzelfde blijft, zal de snelheid van de wielrenner toenemen.
Dus een gebogen houding heeft invloed op de frontale oppervlakte A , op de luchtweerstandskoefficient C_w en op de snelheid v .

Opgave 8

- a ► De schuifwrijvingskoefficient f bereken je met de formule voor de maximale schuifwrijvingskracht.

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

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

- De normaalkracht volgt uit de zwaartekracht.

De normaalkracht F_n is gelijk aan de zwaartekracht, want de auto remt op een horizontaal liggend wegdek.

$$F_z = m \cdot g = 7,2 \cdot 10^2 \times 9,81 = 7,06 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_n = 7,06 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Invullen van $F_{w,s,\max}$ en F_n in de formule $F_{w,s,\max} = f \cdot F_n$:

$$6,0 \cdot 10^3 = f \cdot 7,06 \cdot 10^3$$

$$f = \frac{6,0 \cdot 10^3}{7,06 \cdot 10^3} = 0,8499$$

Afgerond: $f = 0,85$.

- b ► De snelheid waarmee de automobilist bij hevige regen rijdt bepaal je uit het diagram van figuur 19 met de remafstand van 30 m en een grafiek van de remkracht.
► De grafiek van de remkracht bepaal je met de oorspronkelijke remkracht en het percentage dat de remkracht lager is.

De schuifwrijvingskoefficient is bij hevige regen 33% lager dan bij een droog wegdek, dus ook de remkracht is dan 33% lager.

Deze was 6,0 kN. De nieuwe remkracht is 33% kleiner. 33% van 6,0 kN is 2,0 kN.

Dus de remkracht is $6,0 - 2,0 = 4,0 \text{ kN}$.

Aflezen uit figuur 19 bij remafstand 30 m op de grafiek van 4 kN levert een snelheid op van 66 km h^{-1} .

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 9

- a Als het blokje niet in beweging komt, weet je dat er een even grote kracht in tegengestelde richting is. Dit is dus de schuifwrijvingskracht. De schuifwrijvingskracht is dan steeds gelijk aan de trekkracht, als F_{trek} kleiner is dan 2,0 N. Dan is de grafiek die het verband tussen de schuifwrijvingskracht en de trekkracht aangeeft een rechte lijn met steilheid 1,0.
- b Op het moment dat het blokje gaat bewegen is de maximale schuifwrijvingskracht bereikt. Op het moment dat het blokje begint te bewegen leest Mylo de veerunster af.
- c ► De schuifwrijvingscoëfficiënt tussen het blokje en de plaat bereken je met de formule voor de maximale schuifwrijvingskracht.
- $$F_{w,s,\max} = f \cdot F_n$$
- $$F_{w,s,\max} = 2,2 \text{ N}$$
- De normaalkracht F_n volgt uit de zwaartekracht.
- De normaalkracht is gelijk aan de zwaartekracht, want de plaat ligt horizontaal.
- $$F_n = F_z = m \cdot g$$
- $$m = 250 \text{ g} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$
- $$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$
- Invullen levert: $F_n = F_z = 250 \cdot 10^{-3} \times 9,81 = 2,453 \text{ N}$
- Invullen van $F_{w,s,\max}$ en F_n in de formule $F_{w,s,\max} = f \cdot F_n$:
- $$2,2 = f \cdot 2,453$$
- $$f = \frac{2,2}{2,453} = 0,8969$$
- Afgerond: $f = 0,90$.
- d ► Of de meetresultaten bij proef 2 hetzelfde zijn als bij proef 1 beredeneer je met de formule van de maximale schuifwrijvingskracht.
- $$F_{w,s,\max} = f \cdot F_n$$
- De maximale schuifwrijvingskracht hangt alleen af van de schuifwrijvingscoëfficiënt f en F_n .
- De grootte van de oppervlakte tussen het blokje en de plaat is dus niet van belang.
- De schuifwrijvingscoëfficiënt f hangt af van de ruwheid van de materialen. De materialen zijn hetzelfde. Dus is f hetzelfde.
- F_n verandert ook niet, omdat hetzelfde blokje wordt gebruikt.
- Dus $F_{w,s,\max}$ is nog steeds 2,0 N.
- Als F_{trek} kleiner is dan 2,0 N, is de schuifwrijvingskracht steeds gelijk aan de trekkracht.
- Dus de schuifwrijvingskracht verandert bij proef 2 niet en de meetresultaten zijn bij proef 2 hetzelfde als bij proef 1.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

3.2 Krachten samenstellen**Opgave 10**

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

$$F_{\text{res}} = F_{\text{Pluto}} + F_{\text{Loebas}}$$

$$F_{\text{res}} = 50 + 80$$

$$F_{\text{res}} = 130 \text{ N}$$

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

$$F_{\text{res}} = F_{\text{Loebas}} - F_{\text{Pluto}}$$

$$F_{\text{res}} = 80 - 50$$

$$F_{\text{res}} = 30 \text{ N}$$

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

$$F_{\text{res}}^2 = F_{\text{Pluto}}^2 + F_{\text{Loebas}}^2$$

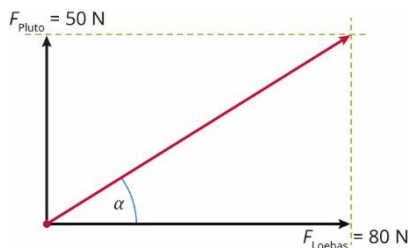
$$F_{\text{res}}^2 = 50^2 + 80^2 = 8,90 \cdot 10^3$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{res}} = \sqrt{8,90 \cdot 10^3} = 94,34 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{res}} = 94 \text{ N.}$$

- d ► De hoek tussen de resulterende kracht en de kracht in de riem van Loebas bereken je met een goniometrische verhouding.

Zie de schets in figuur 3.8.



Figuur 3.8

$$\tan(\alpha) = \frac{F_{\text{Pluto}}}{F_{\text{Loebas}}} = \frac{50}{80} = 0,625 \quad (\text{zie figuur 3.8})$$

$$\alpha = 32,01^\circ$$

$$\text{Afgerond: } \alpha = 32^\circ.$$

Opgave 11

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

Zie de uitwerking in figuur 3.9.



Figuur 3.9

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

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

In figuur 3.9 meet je dat de lengte van de pijl van F_{res} gelijk is aan 3,3 cm.

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

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

In figuur 3.9 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: $F_{\text{res}} = 30 \text{ N}$.

- b ► De hoek tussen F_1 en F_{res} meet je met een geodriehoek.
In figuur 3.9 meet je dat de hoek tussen F_1 en F_{res} gelijk is aan 35° .

Opgave 12

- a – Zie de pijl van F_{Rakker} in figuur 3.10.
- De lengte ℓ_{Lady} van de pijl van F_{Lady} bepaal je met de grootte van F_{Lady} en de krachterschaal.

$$F_{\text{Lady}} = 66 \text{ N}$$

- De krachterschaal 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.

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

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

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

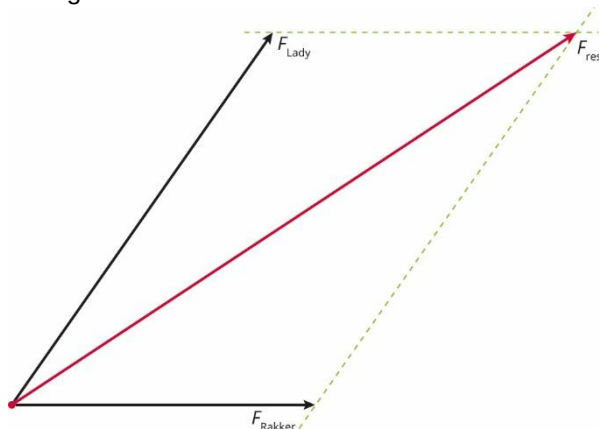
Afgerond: $\ell_{\text{Lady}} = 6,0 \text{ cm}$.

In figuur 3.10 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 krachterschaal.
- $$4,0 \text{ cm} \triangleq 44 \text{ N}$$

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

Zie figuur 3.10.



Figuur 3.10

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

In figuur 3.10 meet je dat de lengte van de pijl van F_{res} gelijk is aan 8,9 cm.

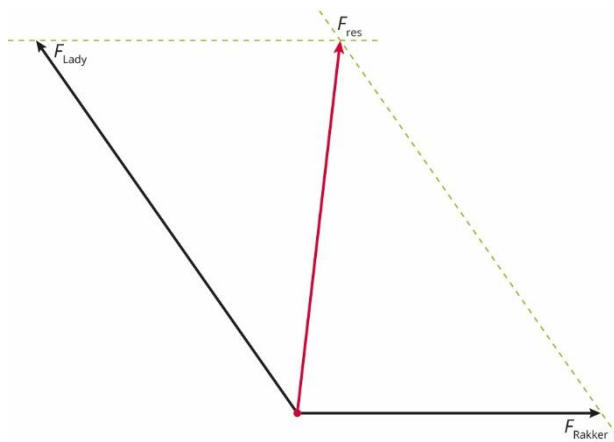
$$4,0 \text{ cm} \triangleq 44 \text{ N}$$

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

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

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

- b ► Een schets maak je zonder een geodriehoek te gebruiken. Dus de hoek van 125° schat je ook. Zie de uitwerking in figuur 3.11.



Figuur 3.11

Een hoek van 125° is groter dan een hoek van 90° . De pijl van F_{Lady} wijst dus naar linksboven.

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

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 3.11 is gedaan.

In figuur 3.11 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

- a ► De grootte van de resulterende kracht bepaal je met de lengte van de pijl van $F_{\text{res,ABC}}$ en de krachtschaal.

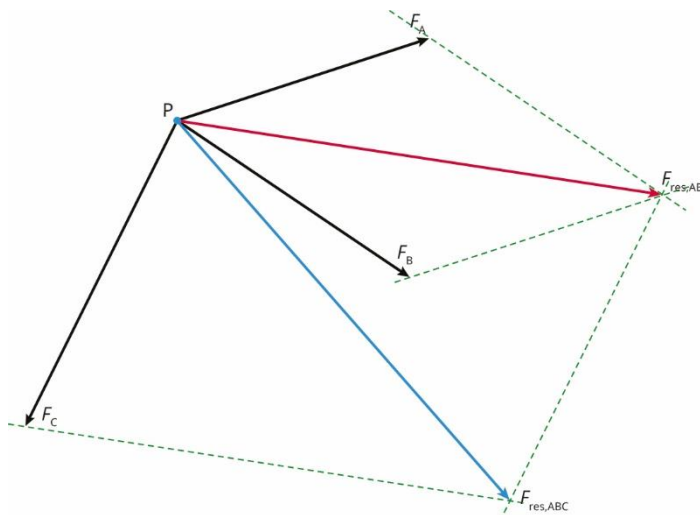
- De lengte van $F_{\text{res,ABC}}$ construeer je in twee stappen.

Zie de uitwerking in figuur 3.12.

Eerst is de resulterende kracht $F_{\text{res,AB}}$ van F_A en F_B geconstrueerd met de parallellogrammethode.

Vervolgens is $F_{\text{res,ABC}}$ geconstrueerd door de parallellogrammethode toe te passen op $F_{\text{res,AB}}$ en F_C .

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.12**

- De krachtschaal bepaal je met de grootte van F_A en de lengte van de pijl.
In figuur 3.12 meet je dat de pijl van $F_{\text{res},ABC}$ gelijk is aan 6,6 cm.

$$3,5 \text{ cm} \triangleq 280 \text{ N}$$

$$6,6 \text{ cm} \triangleq F_{\text{res},ABC}$$

$$F_{\text{res},ABC} = \frac{6,6 \times 280}{3,5} = 528,0 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{res},ABC} = 5,3 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

- d ► De hoek die de resulterende kracht $F_{\text{res},ABC}$ maakt met F_C meet je met een geodriehoek in figuur 3.12.
In figuur 3.12 meet je dat de hoek tussen $F_{\text{res},ABC}$ en F_C gelijk is aan 65° .

Opgave 14

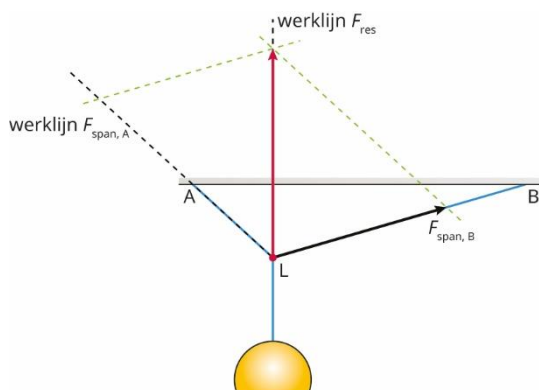
- De resulterende kracht F_{res} bepaal je met de lengte van de pijl van F_{res} en de krachtschaal.
► De krachtschaal bepaal je met de lengte van de pijl van $F_{\text{span},B}$ en de waarde ervan.

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

In de tekening van figuur 28 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.
Zie de uitwerking in figuur 3.13.

**Figuur 3.13**

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Toelichting

De resulterende kracht is de diagonaal van het parallellogram waarvan de pijl $F_{\text{span},B}$ een zijde is. F_{res} ligt op de werklijn van de zwaartekracht van de lamp, dus is verticaal omhoog gericht.

De richting van de werklijn van $F_{\text{span},A}$ valt samen met de richting van draad AL.

De streeplijn evenwijdig aan de werklijn van $F_{\text{span},A}$, getekend vanuit de pijlpunt van $F_{\text{span},B}$, snijdt de werklijn van F_{res} in een punt. De afstand tussen het snijpunt en het aangrijpingspunt L bepaalt de grootte van F_{res} .

De groene streeplijnen vanuit de pijlpunt van F_{res} laten zien hoe het parallellogram van de spankrachten F_A en F_B eruitziet.

In figuur 3.13 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: $F_{\text{res}} = 29 \text{ N}$.

Opgave 15

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

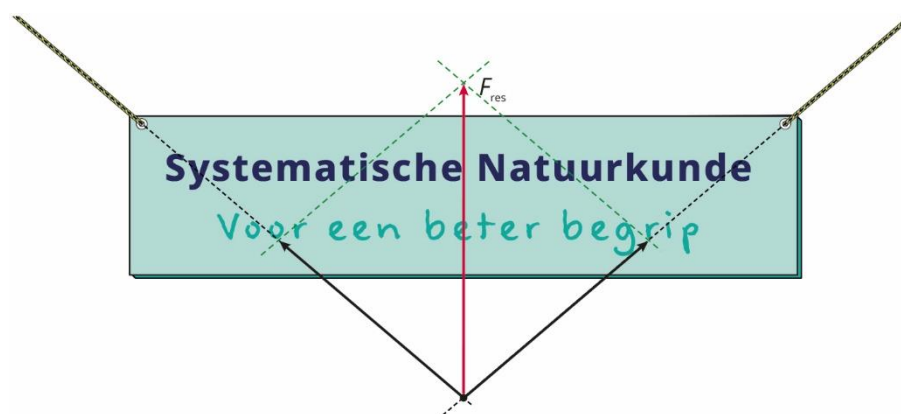
De spankrachten vormen de twee zijden van het parallellogram.

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.

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

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

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

Opgave 16

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

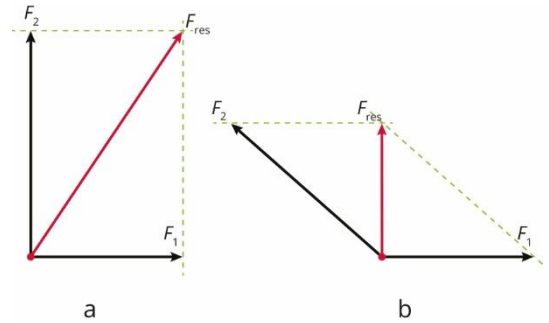
Zie de schets in figuur 3.15a.

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

$$F_{\text{res}}^2 = 30^2 + 40^2 = 2,50 \cdot 10^3$$

$$F_{\text{res}} = \sqrt{2,50 \cdot 10^3} = 50,00 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{\text{res}} = 50 \text{ N}$.

**Figuur 3.15**

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

Zie de schets in figuur 3.15b.

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

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

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

$$F_{\text{res}} = \sqrt{700} = 26,46 \text{ N}$$

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

- c ► De resulterende kracht AC bereken je met behulp van AE.

Zie de schets in figuur 3.16.

$$AC = 2AE$$

- AE bereken je met de stelling van Pythagoras.

$$AB^2 + BE^2 = AE^2 \quad (\text{zie figuur 3.16})$$

$$AB = F_1 = 30 \text{ N}$$

- BE bereken je met behulp van BD.

$$BD = 2BE$$

$$BD = 26,46 \text{ N} \quad (\text{zie uitwerking vraag b})$$

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

- Invullen van AB en BE in de formule $AB^2 + BE^2 = AE^2$:

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

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

$$AE = \sqrt{1075} = 32,787$$

$$F_{\text{res}} = AC = 2AE = 2 \times 32,787 = 65,57 \text{ N}$$

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

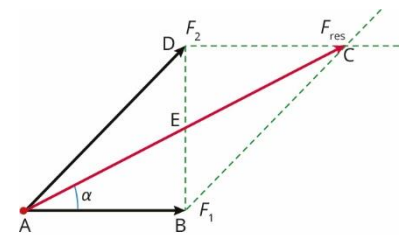
- d ► Hoek α tussen F_{res} en F_1 bereken je met een goniometrische verhouding.

Zo geldt in figuur 3.16 voor de tangens van hoek α :

$$\tan(\alpha) = \frac{BE}{AB} = \frac{13,23}{30} = 0,441$$

$$\alpha = 23,80^\circ$$

Afgerond: $\alpha = 24^\circ$.

**Figuur 3.16**

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

3.3 Krachten ontbinden**Opgave 17**

- a ► De component van F_{duw} en van F_{trek} langs streeplijn 1 bepaal je met de lengte van de pijl van de component en de krachterschaal.
- De krachterschaal bepaal je met de lengte van de pijl van F_{duw} (of F_{trek}) en de grootte van de kracht.

$$F_{\text{duw}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

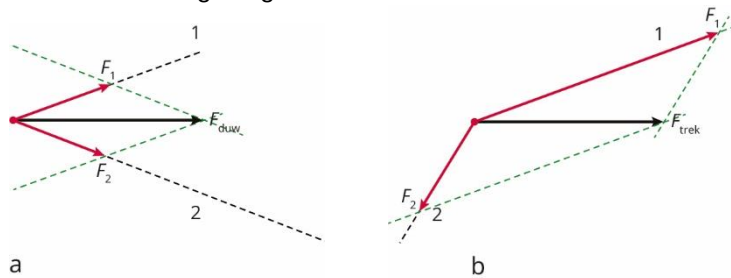
In de tekening in figuur 37a meet je dat de lengte van de pijl van F_{duw} gelijk is aan 2,5 cm.

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

- De componenten van F_{duw} en F_{trek} construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

In de tekening van figuur 37b verleng je eerst de werklijn van F_1 . Daarna gebruik je pas de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie de uitwerking in figuur 3.17.



Figuur 3.17

In figuur 3.17a meet je dat de lengte van F_1 gelijk is aan 1,4 cm.

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

$$1,4 \text{ cm} \triangleq F_1$$

$$F_1 = \frac{1,4 \times 1,0 \cdot 10^3}{2,5} = 5,600 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

In figuur 3.17b meet je dat de lengte van F_1 gelijk is aan 3,4 cm.

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

$$3,4 \text{ cm} \triangleq F_1$$

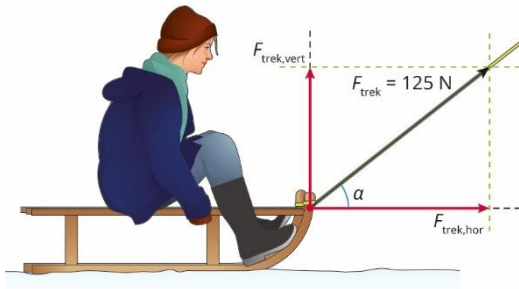
$$F_1 = \frac{3,4 \times 1,0 \cdot 10^3}{2,5} = 1,36 \cdot 10^3 \text{ N}$$

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

Opgave 18

- a De zwaartekracht, de normaalkracht en de verticale component van de trekkracht ($F_{\text{trek,vert}}$).
- b Het gevolg van de horizontale component van de trekkracht is dat de slee in beweging kan komen wanneer $F_{\text{trek,hor}}$ groter is dan $F_{\text{w,s,max}}$.
- c ► De componenten van F_{trek} construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de uitwerking in figuur 3.18.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.18**

- De hoek α tussen F_{trek} en $F_{\text{trek,hor}}$ bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\cos(\alpha) = \frac{F_{\text{trek,hor}}}{F_{\text{trek}}} \quad (\text{zie figuur 3.18})$$

In figuur 3.18 meet je dat de lengte van de pijl van F_{trek} gelijk is aan 3,0 cm, en dat de lengte van de pijl van $F_{\text{trek,hor}}$ gelijk is aan 2,4 cm.

Invullen levert: $\cos(\alpha) = \frac{2,4}{3,0} = 0,800$

$$\alpha = 36,87^\circ$$

Afgerond: $\alpha = 37^\circ$.

Opgave 19

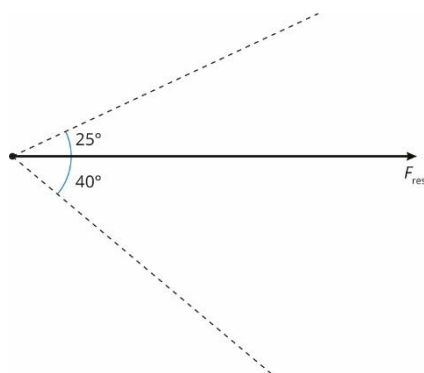
- a ► De spankrachten F_B en F_T in de riemen van Balto en Togo construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

- De richting van een werklijn teken je met behulp van een geodriehoek.

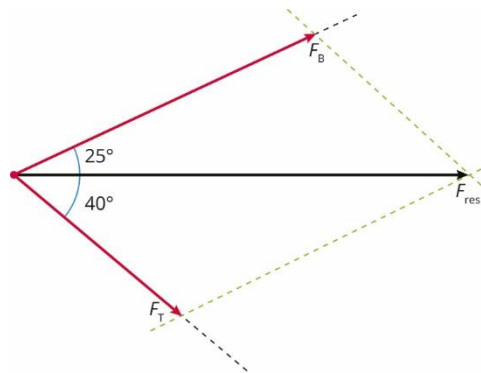
De riem van Balto maakt een hoek van 25° met de resulterende kracht en de riem van Togo maakt een hoek van 40° met de resulterende kracht. Zie de uitwerking in figuur 3.19a.

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.

De constructie van de spankrachten F_B en F_T zie je in figuur 3.19b.



a

Figuur 3.19

b

- b ► De grootte van de spankracht in de riem van Balto F_B bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.

In figuur 3.19b meet je dat de pijl van F_B gelijk is aan 4,3 cm.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

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

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

In figuur 3.19b meet je dat de lengte van de pijl van F_{res} gelijk is aan 6,0 cm.

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

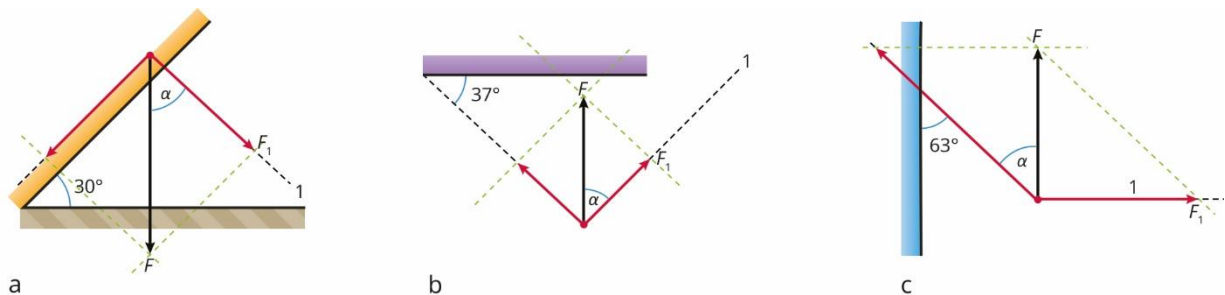
$$4,3 \text{ cm} \triangleq F_B$$

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

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

Opgave 20

- a ► De componenten van de gegeven kracht schets je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de uitwerking in figuur 3.20. Schetsen betekent dat je geen geodriehoek hoeft te gebruiken.



Figuur 3.20

- b De grootte van de component langs werklijn 1 bereken je met een goniometrische verhouding. In figuur 3.20a staat kracht F verticaal, loodrecht op de horizontale bruine balk. De twee componenten van kracht F staan loodrecht op elkaar. Dus hoek α tussen de kracht F en de component F_1 is gelijk aan de hellingshoek van 30° .

$$\cos(\alpha) = \frac{F_1}{F}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$F = 40 \text{ N}$$

$$\text{Invullen levert: } \cos(\alpha) = \frac{F_1}{40}$$

$$F_1 = 40 \times \cos(30^\circ) = 34,64 \text{ N}$$

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

In figuur 3.20b staat kracht F verticaal, loodrecht op de horizontale paarse balk. De twee componenten van kracht F staan loodrecht op elkaar.

Dus hoek α tussen de kracht F en de component F_1 is gelijk aan de hellingshoek van 37° .

$$\cos(\alpha) = \frac{F_1}{F}$$

$$\alpha = 37^\circ$$

$$F = 40 \text{ N}$$

$$\text{Invullen levert: } \cos(37^\circ) = \frac{F_1}{40}$$

$$F_1 = 40 \times \cos(37^\circ) = 31,95 \text{ N}$$

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

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

In figuur 3.20c zie je Z-hoeken tussen de hoek van 63° en hoek α . Dus $\alpha = 63^\circ$.

$$\tan(\alpha) = \frac{F_1}{F}$$

$$\alpha = 63^\circ$$

$$F = 40 \text{ N}$$

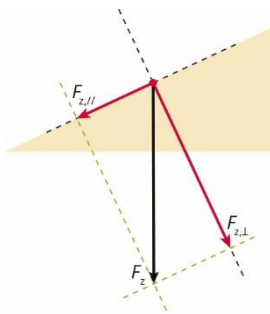
$$\text{Invullen levert: } \tan(63^\circ) = \frac{F_1}{40}$$

$$F_1 = 40 \times \tan(63^\circ) = 78,50 \text{ N}$$

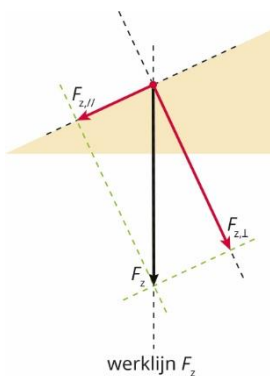
$$\text{Afgerond: } F_1 = 79 \text{ N.}$$

Opgave 21

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

**Figuur 3.21**

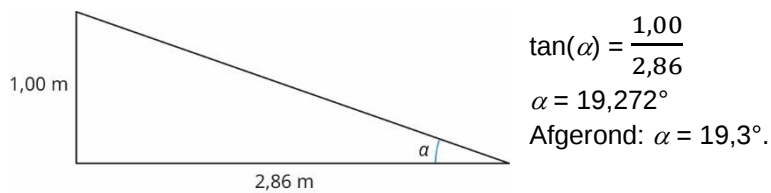
- b ► De werklijn van de zwaartekracht teken je verticaal door het aangrijpingspunt van $F_{z,||}$.
Zie de uitwerking in figuur 3.22.
- De zwaartekracht construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.
Teken door de pijlpunt van $F_{z,||}$ een streeplijn evenwijdig aan de werklijn die loodrecht 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 3.22.

**Figuur 3.22**

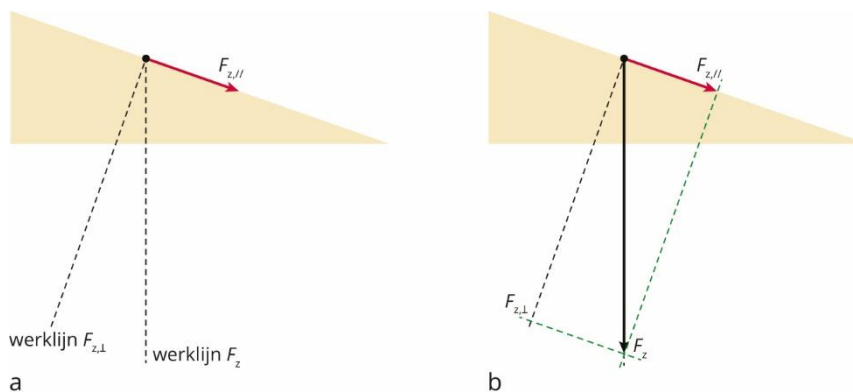
4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 22

- a ► De hellingshoek α bereken je met een goniometrische verhouding.
Zie de uitwerking in figuur 3.23.

**Figuur 3.23**

- b ► De zwaartekracht F_z schets je met de omgekeerde parallellogrammethode.
Zie de schets in figuur 3.24.

**Figuur 3.24**

- 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 bereken je met een goniometrische verhouding.
De hellingshoek α van $19,3^\circ$ is gelijk aan de hoek tussen F_z en $F_{z,\perp}$.

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

$$\alpha = 19,3^\circ$$

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

$$\text{Invullen levert: } \sin(19,3^\circ) = \frac{2,6 \cdot 10^2}{F_z}$$

$$F_z = \frac{2,6 \cdot 10^2}{\sin(19,3^\circ)} = 786,7 \text{ N}$$

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

$$786,7 = m \times 9,81$$

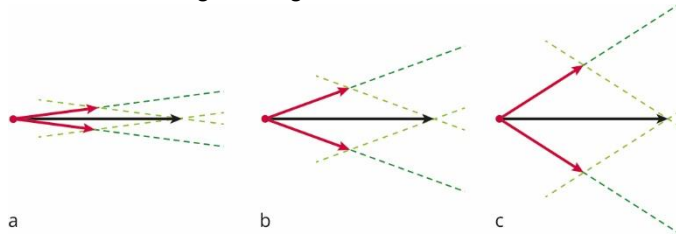
$$m = \frac{786,7}{9,81} = 80,19 \text{ kg}$$

Afgerond: $m = 80 \text{ kg}$.

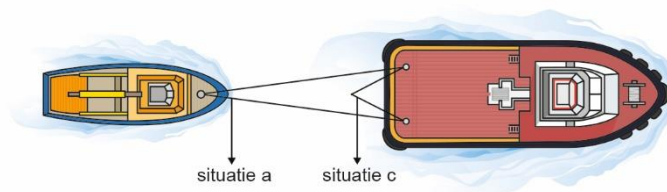
4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 23

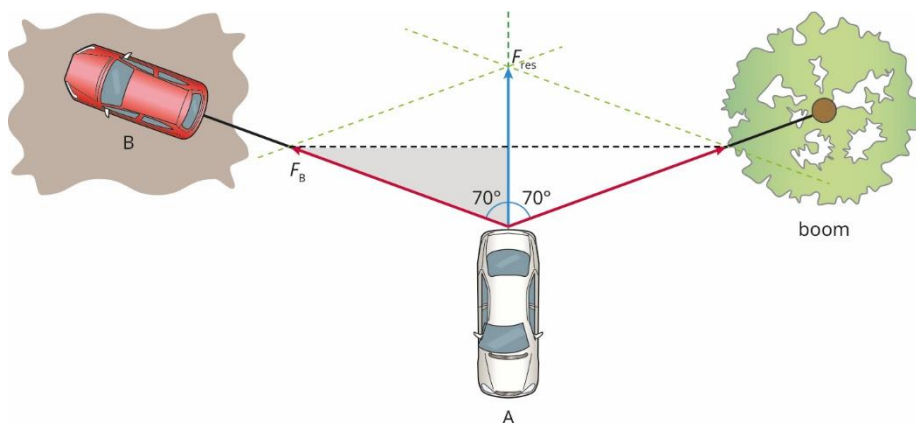
- a ► De spankrachten in de sleeptouwen construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de uitwerking in figuur 3.25a.
- b ► De krachten in de sleeptouwen construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode. Zie de uitwerkingen in figuren 3.25b en 3.25c.

**Figuur 3.25**

- c ► Het verband tussen de grootte van de spankrachten en de hoek tussen de spankrachten leid je af uit figuur 3.26. 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 44c langer of korter is dan in figuur 44a leg je uit met een schets. Zie de uitwerking in figuur 3.26. 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 44c langer dan in figuur 44a.

**Figuur 3.26****Opgave 24**

- a ► Een schets van de situatie maak je met een krachtentekening van de resulterende kracht van de twee spankrachten in de touwdelen. Zie de uitwerking in figuur 3.27.

**Figuur 3.27**

► De formule leid je af met een goniometrische verhouding.

De horizontale diagonaal van het parallellogram deelt F_{res} in twee gelijke delen.

In de grijs gearceerde driehoek geldt:

$$\cos(70^\circ) = \frac{\frac{1}{2}F_{\text{res}}}{F_B}$$

In de tekst staat $F_{\text{res}} = F_A$.

$$\text{Dus geldt } \cos(70^\circ) = \frac{\frac{1}{2}F_A}{F_B}.$$

b Voor kracht F_B geldt dus $F_B = \frac{\frac{1}{2}F_A}{\cos(\alpha)}$

Als auto B een stukje opschuift in de richting van auto A, is auto A 'naar beneden gegaan' en is hoek α tussen F_B en F_{res} kleiner.

De cosinus van die hoek krijgt dan een grotere waarde.

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

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

Dus de methode werkt dan minder goed.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

3.4 De eerste wet van Newton

Opgave 25

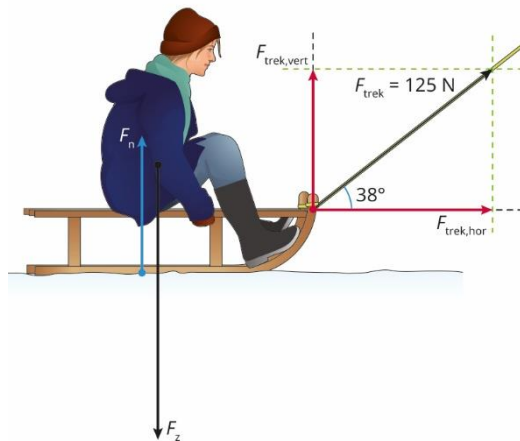
- Of de eerste wet van Newton van toepassing is, leid je af uit de beweging van het voorwerp. Is het voorwerp in rust of beweegt het rechtlijnig met constante snelheid, dan geldt $F_{\text{res}} = 0 \text{ N}$.
- 1 De snelheid van de fietser verandert (neemt af), dus de eerste wet van Newton is niet van toepassing.
- 2 Het glas blijft op zijn plaats, dus het glas is in rust en de eerste wet van Newton is van toepassing.
- 3 De snelheid van het glas verandert (neemt toe), dus de eerste wet van Newton is niet van toepassing.
- 4 De trein voert geen rechtlijnige beweging uit, dus de eerste wet van Newton is niet van toepassing.

Opgave 26

- a ► De normaalkracht bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_z + \vec{F}_n + \vec{F}_{\text{trek,vert}}$$

De zwaartekracht is omlaag gericht. De normaalkracht en de verticale component van de trekkracht zijn omhoog gericht. Zie de schets in figuur 3.28.



Figuur 3.28

Het verband tussen de drie krachten is dus $F_n + F_{\text{trek,vert}} - F_z = 0 \text{ N}$

$$F_z = m \cdot g = (4,5 + 35,2) \times 9,81 = 389,5 \text{ N}$$

- De verticale component van de trekkracht bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\sin(38^\circ) = \frac{F_{\text{trek,vert}}}{125} \quad (\text{zie figuur 3.27})$$

$$F_{\text{trek,vert}} = 125 \times \sin(38^\circ) = 76,96 \text{ N}$$

- Invullen van F_z en $F_{\text{trek,vert}}$ in de formule $F_n + F_{\text{trek,vert}} - F_z = 0 \text{ N}$:

$$F_n + 76,96 - 389,5 = 0$$

$$F_n = 312,5 \text{ N}$$

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

- b ► Of de slee met constante snelheid beweegt, beredeneer je met de eerste wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

$$\text{Als de slee met constante snelheid beweegt geldt: } F_{\text{res,hor}} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res,hor}} = \vec{F}_{\text{w,s}} + \vec{F}_{\text{trek,hor}}$$

De richting van $F_{\text{w,s}}$ is tegengesteld aan de bewegingsrichting en dus tegengesteld aan de richting van $F_{\text{trek,hor}}$.

Dus als de slee met constante snelheid beweegt is $F_{\text{w,s}}$ gelijk aan $F_{\text{trek,hor}}$.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- Bij beweging bereken je de schuifwrijvingskracht F_w met de formule voor de maximale schuifwrijvingskracht.

$$F_w = F_{w,s,max} \text{ bij beweging}$$

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

$$F_n = 3,1 \cdot 10^2 \text{ N (zie vraag a)}$$

$$f = 0,30$$

$$\text{Invullen levert: } F_{w,s,max} = 0,30 \times 3,1 \cdot 10^2 = 93 \text{ N}$$

$$\text{Dus } F_{w,s} = 93 \text{ N.}$$

- De horizontale component van de trekkracht bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\cos(38^\circ) = \frac{F_{\text{trek,hor}}}{125} \quad (\text{zie figuur 3.28})$$

$$F_{\text{trek,hor}} = 125 \times \cos(38^\circ) = 98,5 \text{ N}$$

$F_{w,s}$ is niet gelijk aan $F_{\text{trek,hor}}$. Dus de slee beweegt niet met constante snelheid.

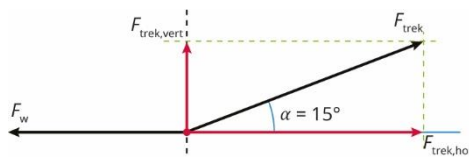
Opgave 27

- a ► De tegenwerkende kracht F_w bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

$$F_{\text{res,hor}} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res,hor}} = \vec{F}_w + \vec{F}_{\text{trek,hor}}$$

F_w en $F_{\text{trek,hor}}$ zijn tegengesteld gericht, dus $F_w = F_{\text{trek,hor}}$.

Zie de uitwerking in figuur 3.29.



Figuur 3.29

- De component $F_{\text{trek,hor}}$ bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\cos(\alpha) = \frac{F_{\text{trek,hor}}}{F_{\text{trek}}} \quad (\text{zie figuur 3.28})$$

$$\alpha = 15^\circ$$

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

$$\text{Invullen levert: } \cos(15^\circ) = \frac{F_{\text{trek,hor}}}{2,0 \cdot 10^3}$$

$$F_{\text{trek,hor}} = 2,0 \cdot 10^3 \times \cos(15^\circ) = 1931 \text{ N} = 1,93 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Dus: } F_w = F_{\text{trek,hor}} = 1,93 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_w = 1,9 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- b ► Of de rolweerstandskracht verandert, leg je uit met de grootheden waarvan de rolweerstandskracht afhangt.

De rolweerstandskracht hangt af van de kracht waarmee de vrachtwagen tegen de ondergrond wordt gedrukt en de vervormbaarheid van de banden en de ondergrond.

Het banden en de ondergrond veranderen niet.

De kracht waarmee de vrachtwagen tegen de ondergrond wordt gedrukt hangt af van de normaalkracht.

- Of de normaalkracht verandert beredeneer je met de eerste wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_z + \vec{F}_n + \vec{F}_{\text{trek,vert}}$$

De zwaartekracht is omlaag gericht. De normaalkracht en de verticale component van de trekkracht zijn omhoog gericht.

Het verband tussen de drie krachten is dus $F_n + F_{\text{trek,vert}} - F_z = 0 \text{ N}$.

De zwaartekracht blijft gelijk.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

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

Invullen in de formule $F_n + F_{\text{trek,vert}} - F_z = 0 \text{ N}$:

$$F_n + F_{\text{trek,vert}} (\text{wordt groter}) - F_z (\text{blijft gelijk}) = 0 \text{ N}$$

Dus wordt de normaalkracht kleiner als de hoek van de trekkracht met het horizontale vlak groter wordt. Wordt de normaalkracht kleiner, dan wordt kracht waarmee de vrachtwagen tegen de ondergrond wordt gedrukt kleiner. Dus de rolweerstandskracht wordt kleiner als de hoek tussen de trekkracht en het horizontale vlak groter wordt.

Opgave 28

- a ► De grootte en de richting van de krachten bepaal je met de eerste wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_z + \vec{F}_{w,l}$$

De zwaartekracht is omlaag gericht, naar het middelpunt van de aarde. De luchtweerstandskracht is omhoog gericht, tegengesteld aan de bewegingsrichting.

Dus $F_z = F_{w,l}$.

$$F_z = m \cdot g = 75 \times 9,81 = 736 \text{ N}$$

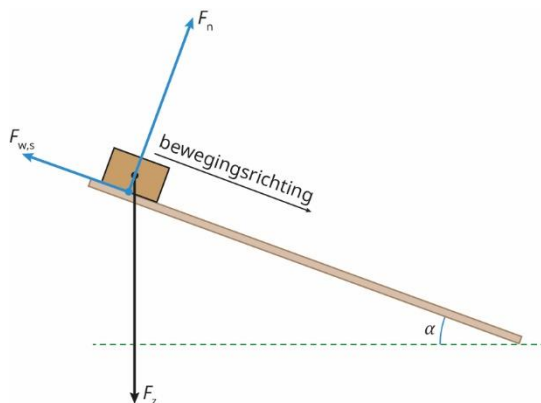
Afgerond: $F_z = 7,4 \cdot 10^2 \text{ N}$.

De grootte van de luchtweerstandskracht $F_{w,l}$ is dus ook $7,4 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- b De eerste wet van Newton geldt alleen als de resulterende kracht gelijk is aan 0 N. Als de parachute opengaat, wordt de luchtweerstandskracht wel groter, maar de zwaartekracht verandert niet. Dus is de resulterende kracht niet meer gelijk aan 0 N. Er wordt niet meer voldaan aan de eerste wet van Newton.
- c Als je snelheid constant is, dan is de resulterende kracht gelijk aan 0 N. De luchtweerstandskracht is dan gelijk aan de zwaartekracht. Je massa blijft gelijk en dus de grootte van de zwaartekracht ook. De luchtweerstandskracht is dus in beide gevallen even groot, $F_{w,\text{open}} = F_{w,\text{dicht}} = F_z$.

Opgave 29

- a ► De krachten op het blokje schets je met de juiste richting en het juiste aangrijpingspunt. Op het blokje werken de zwaartekracht, de normaalkracht en de schuifwrijvingskracht. De zwaartekracht is verticaal omlaag gericht. De normaalkracht is loodrecht op de helling omhoog gericht. De schuifwrijvingskracht is langs de helling omhoog gericht, omdat het blokje langs de helling omlaag beweegt. Zie de uitwerking in figuur 3.30.



Figuur 3.30

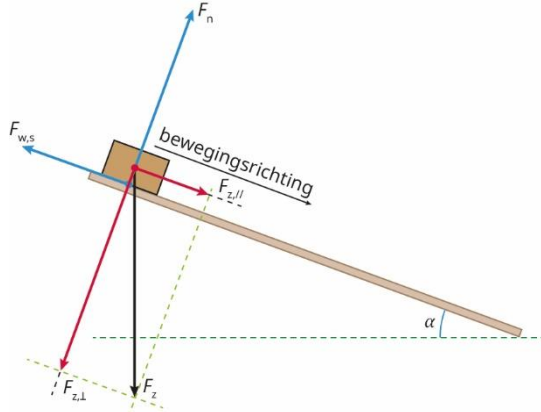
4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- b ► Dat de component van de zwaartekracht langs de helling gelijk is aan de maximale schuifwrijvingskracht bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten langs de helling.

$$F_{\text{res},//} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res},//} = \vec{F}_{z,//} + \vec{F}_{w,s}$$

Beweegt het blokje met constante snelheid, dan geldt dus $F_{z,//} = F_{w,s}$. En tijdens een beweging is de schuifwrijvingskracht altijd gelijk aan de maximale schuifwrijvingskracht.

Dus $F_{w,s,\text{max}} = F_{z,//}$. Zie de schets in figuur 3.31.



Figuur 3.31

- c ► De formule $F_{z,//} = f \cdot F_{z,\perp}$ leid je af met de formule voor de maximale schuifwrijvingskracht.

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

$$F_{w,s,\text{max}} = F_{z,//} \quad (\text{zie vraag b})$$

De normaalkracht is volgens de eerste wet van Newton gelijk aan de component van de zwaartekracht loodrecht op de helling. Zie de schets in figuur 3.31.

$$F_n = F_{z,\perp}$$

- Combineren van $F_{w,s,\text{max}} = F_{z,//}$ en $F_n = F_{z,\perp}$ met de formule $F_{w,s,\text{max}} = f \cdot F_n$:

$$F_{z,//} = f \cdot F_{z,\perp}$$

- $F_{z,//}$ en $F_{z,\perp}$ bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{z,//}}{F_z} \text{ en } \cos(\alpha) = \frac{F_{z,\perp}}{F_z} \quad (\text{zie figuur 3.31})$$

$$\alpha = 25^\circ$$

$$F_z = m \cdot g = 0,125 \times 9,81 = 1,226 \text{ N}$$

$$\text{Invullen levert: } \sin(25^\circ) = \frac{F_{z,//}}{1,226} \text{ en } \cos(25^\circ) = \frac{F_{z,\perp}}{1,226}$$

$$F_{z,//} = 1,226 \times \sin(25^\circ) = 0,518 \text{ N en } F_{z,\perp} = 1,226 \times \cos(25^\circ) = 1,11 \text{ N}$$

Invullen van $F_{z,//}$ en $F_{z,\perp}$ in de formule $F_{z,//} = f \cdot F_{z,\perp}$:

$$0,518 = f \cdot 1,11$$

$$f = \frac{0,518}{1,11} = 0,4667$$

$$\text{Afgerond: } f = 0,47.$$

- d ► Waarom het blokje op de plank blijft liggen bereken je met de grootte van de component van de zwaartekracht langs de helling ten opzichte van de maximale schuifwrijvingskracht.

$$F_{w,s,\text{max}} = f \cdot F_n = f \cdot F_{z,\perp} \text{ met } \cos(\alpha) = \frac{F_{z,\perp}}{F_z} \quad (\text{zie vraag c})$$

f blijft gelijk. De schuifwrijvingscoëfficiënt hangt af van de ruwheid van de contactoppervlakken.

De oppervlakken zijn niet veranderd.

F_z blijft gelijk.

Als de hellingshoek α kleiner wordt, wordt $\cos(\alpha)$ groter.

Dus $F_{z,\perp}$ wordt groter en dus wordt $F_{w,s,\text{max}}$ ook groter.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{z,\parallel}}{F_z} \quad (\text{zie vraag c})$$

F_z blijft gelijk.

Als de hellingshoek α kleiner wordt, wordt $\sin(\alpha)$ kleiner.

Dus wordt $F_{z,\parallel}$ kleiner.

Dus bij hellingshoek α kleiner dan 25° is $F_{z,\parallel}$ kleiner dan $F_{w,s,\max}$.

Dan is de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$ gelijk aan $F_{z,\parallel}$ en blijft het blokje liggen omdat de resulterende kracht langs de helling gelijk is aan 0 N.

Opgave 30

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

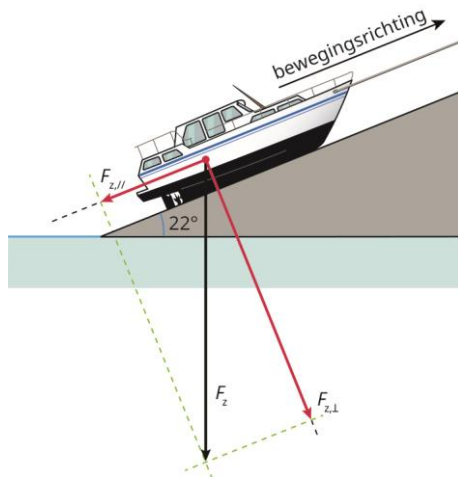
$$F_{\text{res},\parallel} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res},\parallel} = \vec{F}_w + \vec{F}_{z,\parallel} + \vec{F}_{\text{span}}$$

De spankracht F_{span} is evenwijdig aan de helling omhoog. Omdat de boot langs de helling omhoog beweegt, is de spankracht positief.

De wrijvingskracht F_w is langs de helling omlaag, want de boot gaat langs de helling omhoog.

De component van de zwaartekracht $F_{z,\parallel}$ is evenwijdig aan de helling omlaag.

Zie de uitwerking in figuur 3.32.



Figuur 3.32

Het verband tussen de drie krachten is dus $F_{\text{span}} - F_w - F_{z,\parallel} = 0 \text{ N}$. Hieruit volgt:

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

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

- De component van de zwaartekracht $F_{z,\parallel}$ bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{z,\parallel}}{F_z} \quad (\text{zie figuur 3.32})$$

$$\alpha = 22^\circ$$

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

$$\text{Invullen levert: } \sin(22^\circ) = \frac{F_{z,\parallel}}{5,40 \cdot 10^4}$$

$$F_{z,\parallel} = 5,40 \cdot 10^4 \times \sin(22^\circ) = 2,02 \cdot 10^4 \text{ N}$$

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

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

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

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

Afgerond: $F_{\text{span}} = 2,6 \cdot 10^4 \text{ N} = 26 \text{ kN}$.

- 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 $F_{\text{res},//} = 0 \text{ N}$.

Er werken weer drie krachten evenwijdig aan de helling en er geldt $\vec{F}_{\text{res},//} = \vec{F}_w + \vec{F}_{z,//} + \vec{F}_{\text{span}}$.

De wrijvingskracht F_w werkt langs de helling omhoog, want de boot glijdt langs de helling naar beneden.

De component van de zwaartekracht $F_{z,//}$ werkt evenwijdig aan de helling omlaag.

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

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

Bij vraag a was $F_{\text{span}} = F_w + F_{z,//} = 26 \text{ kN}$.

$F_{z,//} = 2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$, want $F_{z,//}$ 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 kN.

Aanvulling:

$F_w = 6,2 \cdot 10^3 \text{ N}$, want F_w hangt niet af van de richting waarin de boot beweegt.

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

Dus $F_{\text{span}} = F_{z,//} - F_w = 2,0 \cdot 10^4 - 6,2 \cdot 10^3 = 1,4 \cdot 10^4 = 14 \text{ kN}$.

De spankracht F_{span} in de kabel is dus kleiner dan 26 kN als de boot met een constante snelheid langs de helling naar beneden glijdt.

Opgave 31

- a ► Een schets maak je met twee pijlen loodrecht op elkaar.

Zie de uitwerking in figuur 3.33.



Figuur 3.33

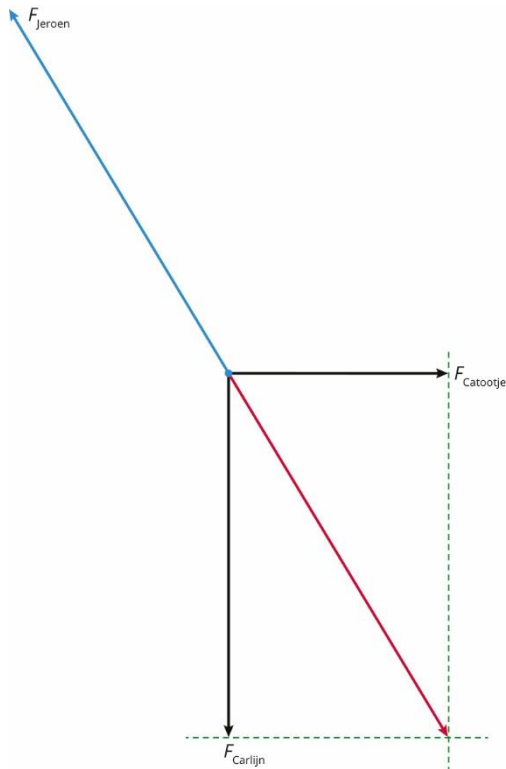
- De kracht van Jeroen construeer je met de eerste wet van Newton en de krachten op de pop.

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 Carlijn is gelijk aan de kracht van Jeroen maar tegengesteld gericht. De kracht F_{Jeroen} schets je dus met samenstellen en omklappen.

Zie de uitwerking in figuur 3.34.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.34**

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

$$F_{\text{Jeroen}}^2 = F_{\text{Catootje}}^2 + F_{\text{Karlijn}}^2 \quad (\text{zie figuur 3.34})$$

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

$$F_{\text{Karlijn}} = 96 \text{ N}$$

$$\text{Invullen levert: } F_{\text{Jeroen}}^2 = 58^2 + 96^2 = 1,26 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$F_{\text{Jeroen}} = \sqrt{1,26 \cdot 10^4} = 112,25 \text{ N}$$

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

- c ► De hoek die F_{Jeroen} maakt met F_{Karlijn} bereken je met een goniometrische verhouding.

De hoek tussen F_{Jeroen} en F_{Karlijn} is $90 + \alpha$.

Zie de uitwerking in figuur 3.35.

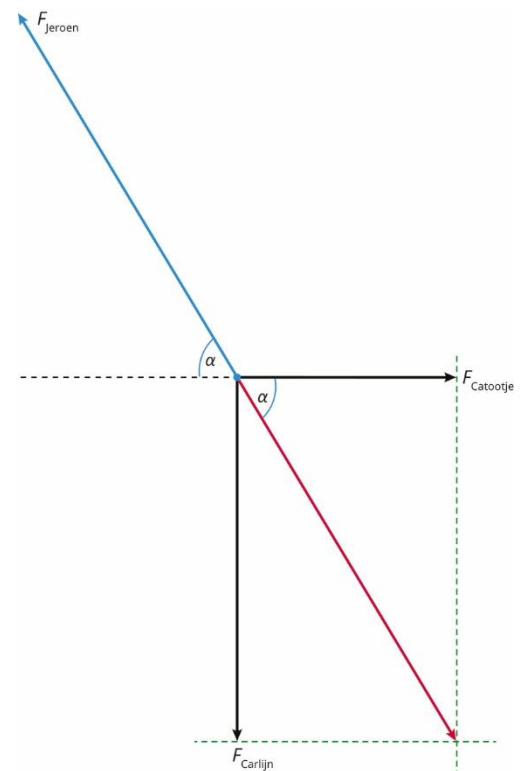
Hoek α bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\tan(\alpha) = \frac{F_{\text{Karlijn}}}{F_{\text{Catootje}}} = \frac{96}{58} = 1,66 \quad (\text{zie figuur 3.35})$$

$$\alpha = 58,93^\circ$$

De hoek tussen Jeroen en Karlijn is dan $90 + 58,93 = 148,93^\circ$.

Afgerond: 149° .

**Figuur 3.35**

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 32

- a ► De grootte van een spankracht bepaal je met de lengte van de pijl en de krachtschaal.
 ► De krachtschaal bepaal je met de lengte van de pijl voor de zwaartekracht en de zwaartekracht.

$$F_z = m \cdot g = 45 \times 9,81 = 4,42 \cdot 10^2 \text{ N}$$

In de tekening van figuur 61 meet je dat de pijl van F_z gelijk is aan 3,0 cm.

$$3,0 \text{ cm} \triangleq 4,42 \cdot 10^2 \text{ N}$$

- 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 $F_{\text{res, Paulien}} = 0 \text{ N}$.

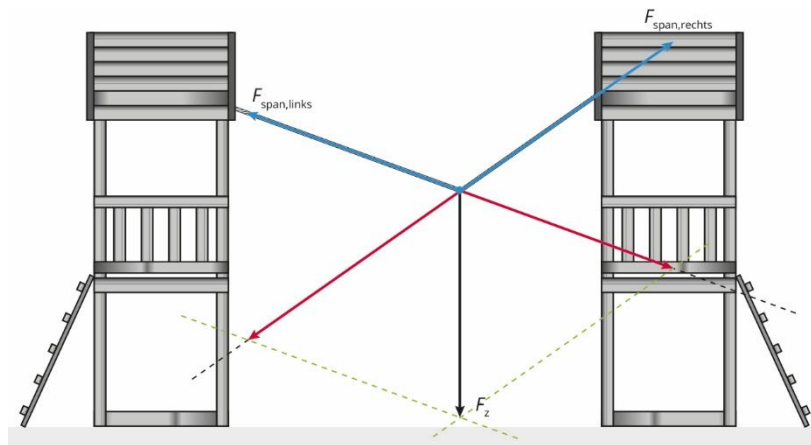
Er werken drie krachten op Paulien: spankracht $F_{\text{span, links}}$, spankracht $F_{\text{span, rechts}}$ en de zwaartekracht F_z .

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.

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.

$$3,0 \text{ cm} \triangleq 4,42 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

$$\text{Dus } F_{\text{span, links}} = 4,42 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

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

$$3,0 \text{ cm} \triangleq 4,42 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

$$F_{\text{span, rechts}} = \frac{3,4 \times 4,42 \cdot 10^2}{3,0} = 500,9 \text{ N}$$

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

Opgave 33

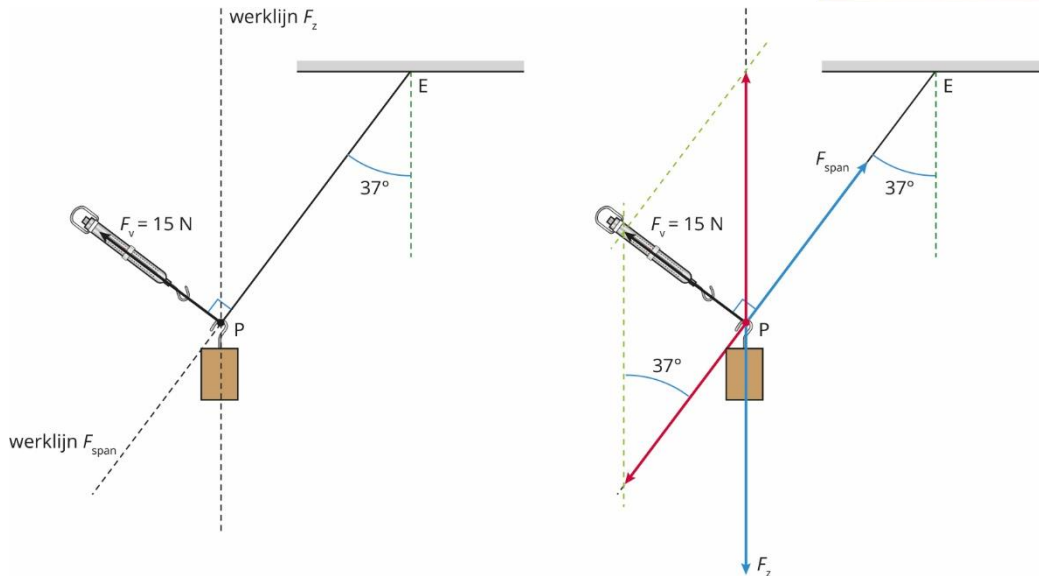
- De krachten op het blokje schets je met de juiste richting en het juiste aangrijpingspunt.

De zwaartekracht is verticaal omlaag gericht. De richting van de veerkracht valt samen met de richting van de uitgetrokken veer in de krachtmeter en is (schuin) omhoog gericht. De richting van de spankracht valt samen met de richting van het touw en is omhoog gericht.

Punt P is in rust. Je schetst de constructie dus met ontbinden en omklappen.

Zie de schets in figuur 3.37.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.37**

► Welke hoek 37° is leid je af met behulp van Z-hoeken.
Zie de schets in figuur 3.37.

► De massa van het blokje bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_z = m \cdot g$$

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

► De zwaartekracht bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\sin(37^\circ) = \frac{15}{F_z} \quad (\text{zie figuur 3.37})$$

$$F_z = \frac{15}{\sin(37^\circ)} = 24,9 \text{ N}$$

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

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

$$m = \frac{24,9}{9,81} = 2,538 \text{ kg}$$

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

Opgave 34

► 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 $F_{\text{res, kind}} = 0 \text{ N}$.

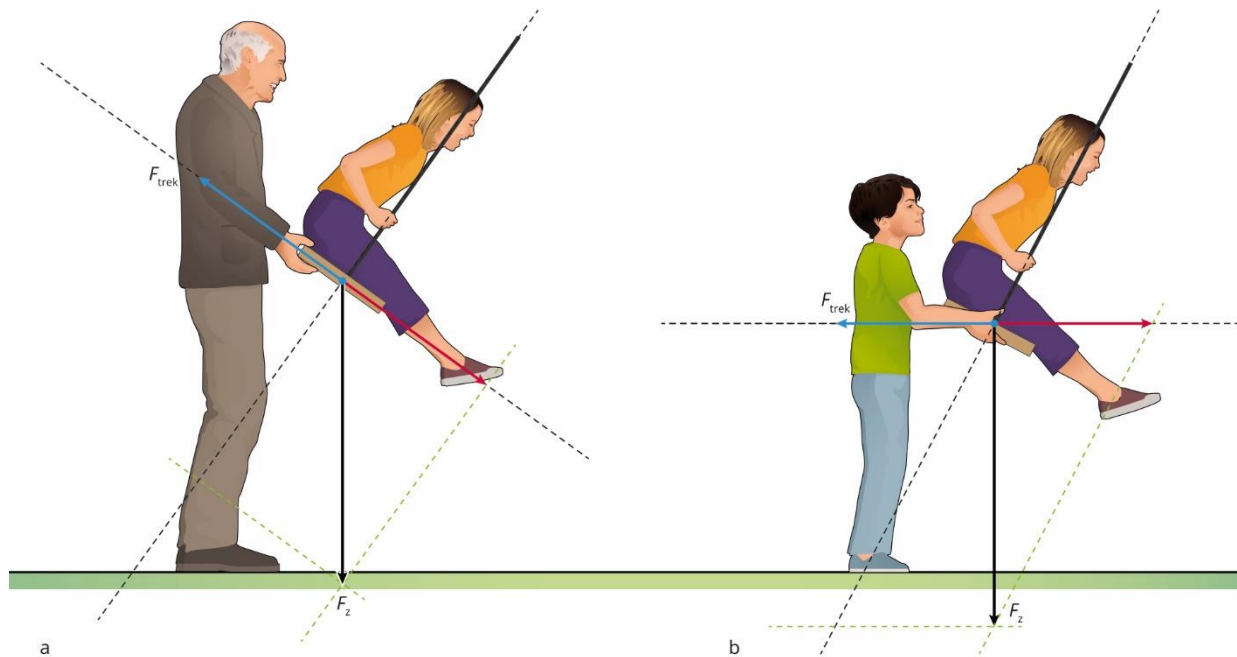
Op het kind werken drie krachten: de trekkracht F_{trek} , de spankracht F_{span} en de zwaartekracht F_z .

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 3.38.

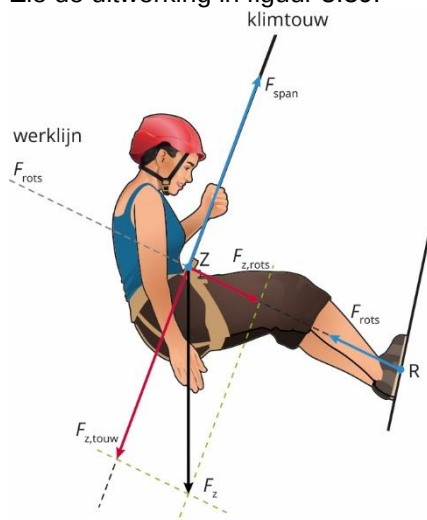


Figuur 3.38

In figuur 3.38a is de pijl van F_{trek} langer dan in figuur 3.38b. Opa moet dus de grootste trekkracht uitoefenen.

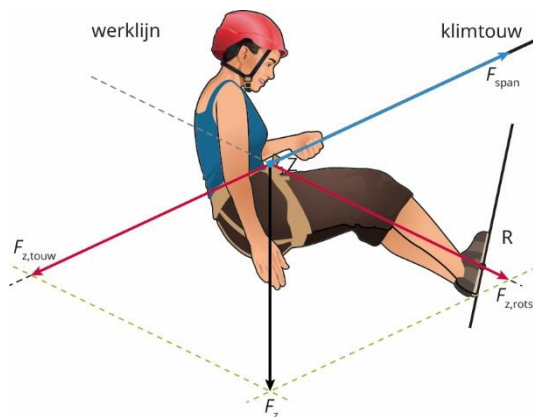
Opgave 35

- a ► 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 $F_{\text{res, Jeri}} = 0 \text{ N}$.
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 3.39.



Figuur 3.39

- b 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).
- c In de tekening van figuur 65 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 3.39. Daardoor is de spankracht in het klimtouw groter als Jeri verder omhoog klimt.
Zie de uitwerking in figuur 3.40.



Figuur 3.40

Opgave 36

- a ► De beweging van de auto leg je uit met het begrip traagheid en de bewegingsrichting van de auto. Traagheid: 'een voorwerp heeft de neiging zich te verzetten tegen een snelheidsverandering'. In de tekening van figuur 66 zie je aan het stuur en de handen dat de auto horizontaal naar links rijdt en dat het poppetje naar rechts slingert. Het poppetje kan dus de snelheidsverandering van de auto niet volgen. Dus de auto trekt snel op.
- b Bij snel optrekken kan je lichaam de snelheidsverandering niet volgen. Je wordt dus snel tegen de leuning van je stoel aan geduwd. Om te voorkomen dat je hoofd naar achter 'slaat', is een hoofdsteen nodig.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

3.5 De tweede wet van Newton

Opgave 37

- De versnelling a van de boot bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

$$F_{\text{res,hor}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,hor}} = \vec{F}_w + \vec{F}_{\text{voorwaarts}}$$

$F_{\text{voorwaarts}}$ en F_w zijn tegengesteld gericht.

$$F_{\text{voorwaarts}} - F_w = m \cdot a$$

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

$$F_w = 658 \text{ N}$$

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

$$\text{Invullen levert: } 6,01 \cdot 10^3 - 658 = 1031 \cdot a$$

$$a = \frac{6,01 \cdot 10^3 - 658}{1031} = 5,191 \text{ m s}^{-2}$$

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

Opgave 38

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

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

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

- De versnelling van de auto bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

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

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

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

$$\text{Invullen levert: } a = \frac{-10}{4,0} = -2,5 \text{ m s}^{-2}$$

- Invullen van m en a in de formule $F_{\text{res}} = m \cdot a$:

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

De auto remt, dus de richting van F_{res} is tegengesteld aan de bewegingsrichting.

Dus de resulterende kracht op de auto tijdens het remmen is afgerond: $F_{\text{res}} = 3,0 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Opgave 39

- a ► Dat de omhooggerichte kracht groter wordt als de brander wordt aangezet, leg je uit met de gegeven formule.

$$F_{\text{op}} = (\rho_1 - \rho_2) \cdot V_{\text{ballon}} \cdot g$$

ρ_1 blijft gelijk, want de dichtheid van de buitenlucht verandert niet.

V_{ballon} blijft gelijk.

g blijft gelijk.

- Of ρ_2 verandert, beredeneer je met de formule voor de dichtheid.

$$\rho_2 = \frac{m_{\text{lucht}}}{V_{\text{ballon}}}$$

m_{lucht} wordt kleiner, want de lucht zet uit en ontsnapt gedeeltelijk uit de ballon.

V_{ballon} blijft gelijk.

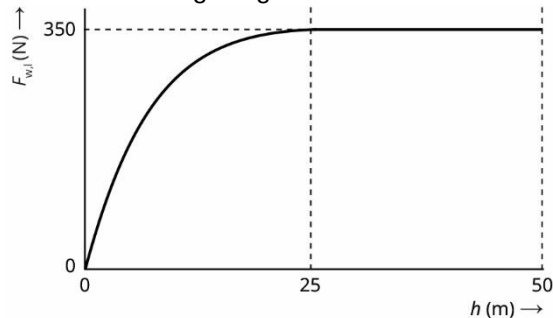
$$\text{Invullen levert: } \rho_2 = \frac{(m_{\text{lucht}} \text{ wordt kleiner})}{(V_{\text{ballon}} \text{ blijft gelijk})}$$

Dus ρ_2 wordt kleiner.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

► Invullen van de veranderingen van ρ_1 , ρ_2 , V_{ballon} en g in de formule $F_{\text{op}} = (\rho_1 - \rho_2) \cdot V_{\text{ballon}} \cdot g$:
 $F_{\text{op}} = ((\rho_1 \text{ blijft gelijk}) - (\rho_2 \text{ wordt kleiner})) \cdot (V_{\text{ballon}} \text{ blijft gelijk}) \cdot (g \text{ blijft gelijk})$
 Dus als de brander wordt aangezet, wordt F_{op} groter.

b Zie de uitwerking in figuur 3.41.



Figuur 3.41

Toelichting

Tijdens het opstijgen van de ballon hangt de luchtweerstandskracht alleen nog af van de snelheid van de ballon.

► Het verloop van de luchtweerstandskracht schets je met het verloop tot 25 m en het verloop na 25 m. Na 25 m is $F_{w,l}$ gelijk aan 350 N.

► Het verloop van de luchtweerstandskracht tot 25 m bereken je met de formule voor de luchtweerstandskracht, de tweede wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho \cdot C_w \cdot A \cdot v^2 = k \cdot v^2 \text{ met } k = \frac{1}{2} \rho \cdot C_w \cdot A = \text{constant}$$

Als de ballon nog niet opstijgt, is de snelheid 0 m s^{-1} en is er dus nog geen luchtweerstandskracht, $F_{w,l} = 0 \text{ N}$.

Tijdens het opstijgen neemt de snelheid toe, en volgens $F_{w,l} = k \cdot v^2$ de luchtweerstandskracht dus ook.

$$F_{\text{res,vert}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_{\text{op}} + \vec{F}_z + \vec{F}_{w,l}$$

$$F_{\text{op}} - F_z - F_{w,l} = m \cdot a$$

$$F_{\text{op}} - F_z = 350$$

$$\text{Dus } 350 - F_{w,l} = m \cdot a.$$

Tot 25 m neemt de snelheid van de ballon toe, daardoor is $350 - F_{w,l}$ groter dan 0 N en versnelt de ballon.

Tussen $0 - 25 \text{ m}$ is $F_{w,l}$ dus kleiner dan 350 N .

Na 25 m is de luchtweerstandskracht gelijk aan 350 N .

c ► Of de verticale snelheid na 30 m toeneemt, afneemt, gelijk blijft of gelijk is aan 0 m s^{-1} leg je uit met de eerste wet van Newton.

Omdat na 25 m de luchtweerstandskracht niet verandert, blijft $F_{\text{res,vert}}$ gelijk aan 0 N .

Volgens de eerste wet van Newton verandert de snelheid dus niet.

Na 30 m blijft de snelheid van de heteluchtballon dus gelijk aan die op 25 m .

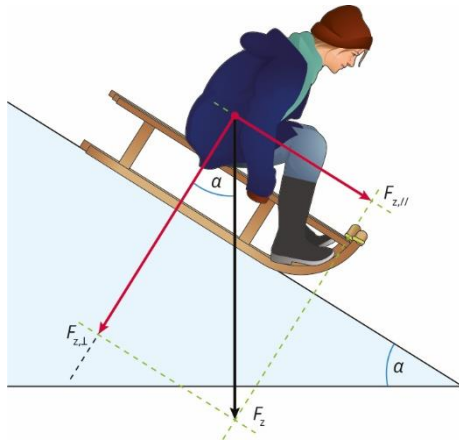
Opgave 40

a ► De component van de zwaartekracht $F_{z,\parallel}$ langs de helling bepaal je uit de lengte van de pijl van $F_{z,\parallel}$ en de krachtschaal.

► De component van de zwaartekracht $F_{z,\parallel}$ construeer je door het ontbinden van de zwaartekracht.

Zie de uitwerking in figuur 3.42

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.42**

► De krachtschaal bepaal je met de lengte van de pijl van F_z en de grootte van de zwaartekracht.
 $F_z = m \cdot g = 41 \times 9,81 = 402 \text{ N}$

De krachtschaal mag je zelf kiezen. In figuur 3.42 is een krachtschaal van $1,0 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$ gekozen. Omdat F_z gelijk is aan 402 N , is de lengte van de pijl van de zwaartekracht gelijk aan $4,0 \text{ cm}$.

In figuur 3.42 meet je dat de lengte van pijl $F_{z,||}$ gelijk is aan $2,1 \text{ cm}$.

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

$$F_{z,||} = 2,1 \times 100 = 210,0 \text{ N}$$

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

b ► De hellingshoek α bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{z,||}}{F_z} \quad (\text{zie figuur 3.42})$$

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

$$\alpha = 31,49^\circ$$

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

c ► De tegenwerkende kracht F_{tegen} die Margreet met haar slee ondervindt, bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten evenwijdig aan de helling.

$$F_{\text{res},||} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res},||} = \vec{F}_{z,||} + \vec{F}_{\text{tegen}}$$

$F_{z,||}$ is langs de helling naar beneden gericht, in de bewegingsrichting.

F_{tegen} is tegen de bewegingsrichting en dus evenwijdig aan de helling omhoog gericht.

$$F_{z,||} - F_{\text{tegen}} = m \cdot a$$

$$F_{z,||} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ N (zie antwoord bij a)}$$

$$m = 41 \text{ kg}$$

$$a = 3,0 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{Invullen levert: } 2,1 \cdot 10^2 - F_{\text{tegen}} = 41 \times 3,0$$

$$F_{\text{tegen}} = 2,1 \cdot 10^2 - 1,23 \cdot 10^2 = 0,87 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{\text{tegen}} = 9 \cdot 10^1 \text{ N.}$$

(uitkomst in één significant cijfer, volgens de regel bij optellen)

Opgave 41

► De versnelling a van een sleetje bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

$$F_{\text{res},\text{hor}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res},\text{hor}} = \vec{F}_{\text{trek},\text{hor}} + \vec{F}_w$$

In de horizontale richting werken twee krachten: $F_{\text{trek},\text{hor}}$ en F_w .

$F_{\text{trek},\text{hor}}$ is gericht in de bewegingsrichting.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

F_w is gericht tegen de bewegingsrichting in.

$$F_{\text{trek,hor}} - F_w = m \cdot a$$

m is voor elk sleetje gelijk.

Vergelijken van de situatie in figuur 83a met die in figuur 83b.

De horizontale componenten $F_{\text{trek,hor}}$ van de trekkracht zijn in beide figuren even groot. De wrijvingskracht is in figuur 83b groter.

Dus is $F_{\text{res,hor}}$ in figuur 83a groter dan in figuur 83b.

► Invullen van de veranderingen van $F_{\text{res,hor}}$ en m in de formule $F_{\text{res,hor}} = m \cdot a$:

($F_{\text{res,hor}}$ wordt groter) = (m blijft gelijk) $\cdot a$

De versnelling is in figuur 83a dus groter dan in figuur 83b: $a_b < a_a$.

Vergelijken van de situatie in figuur 83a met die in figuur 83c.

In figuur 83c is de hoek van het touw met de horizontaal kleiner dan in figuur 83a. Daardoor is de horizontale component $F_{\text{trek,hor}}$ in figuur 83c groter dan in figuur 83a. De wrijvingskracht is in beide figuren even groot.

Dus is $F_{\text{res,hor}}$ in figuur 83c groter dan in figuur 83a.

► Invullen van de veranderingen van $F_{\text{res,hor}}$ en m in de formule $F_{\text{res,hor}} = m \cdot a$:

($F_{\text{res,hor}}$ wordt groter) = (m blijft gelijk) $\cdot a$

De versnelling is dus in figuur 83c groter dan in figuur 83a: $a_a < a_c$.

Dus $a_b < a_a < a_c$.

De volgorde van de sleetjes met toenemende versnelling is figuur b, a, c.

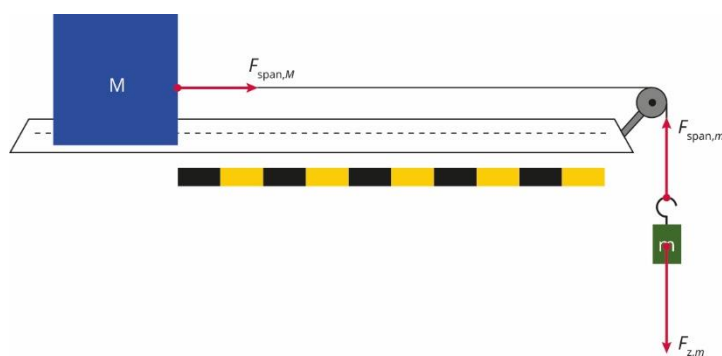
Opgave 42

- a ► De resulterende kracht $F_{\text{res,koord}}$ die de blokken M en m versnelt, bereken je met de krachten langs het koord die op blok M en blok m werken.

$$\vec{F}_{\text{res,koord}} = \vec{F}_{\text{span},M} + \vec{F}_{\text{span},m} + \vec{F}_{z,m}$$

Het touw oefent een spankracht uit op blok M en op blok m . De spankracht op blok M is gelijk aan de spankracht op blok m , maar is tegengesteld gericht.

Zie de uitwerking in figuur 3.43.



Figuur 3.43

$$\text{Dus } F_{\text{res,koord}} = F_{\text{span},M} - F_{\text{span},m} + F_{z,m} = F_{z,m}$$

$$F_{z,m} = m \cdot g$$

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

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

$$\text{Invullen levert: } F_{z,m} = 10,0 \cdot 10^{-3} \times 9,81 = 9,8100 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{z,m} = 9,81 \cdot 10^{-2} \text{ N.}$$

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

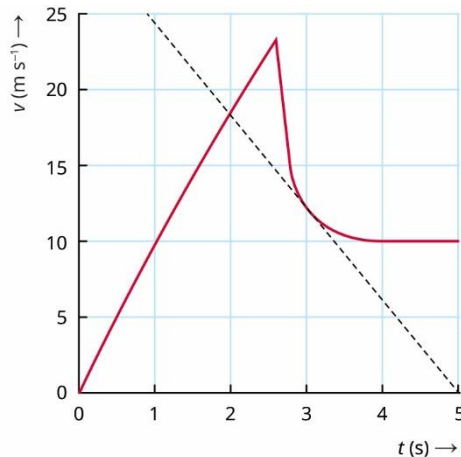
4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- b ► De versnelling die blok M krijgt, bereken je met de tweede wet van Newton op beide blokken. Je moet de massa's M en m als een geheel beschouwen. De blokken bewegen tegelijkertijd, dus ze krijgen dezelfde versnelling $a_M = a_m = a_{\text{tot}}$.
- $$F_{\text{res,koord}} = m_{\text{tot}} \cdot a_{\text{tot}}$$
- $$F_{\text{res,koord}} = 9,81 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$
- $$m_{\text{tot}} = 200 + 10 = 210 \text{ g} = 0,210 \text{ kg}$$
- Invullen levert: $9,81 \cdot 10^{-2} = 0,210 \cdot a_{\text{tot}}$
- $$a_{\text{tot}} = \frac{9,81 \cdot 10^{-2}}{0,210} = 0,46714 \text{ m s}^{-2}$$
- Afgerond: $a_{\text{tot}} = 0,467 \text{ m s}^{-2}$.
- Dus $a_M = 0,467 \text{ m s}^{-2}$.
- c ► De spankracht tijdens het versnellen beredeneer je met de tweede wet van Newton en de krachten op blok m .
- $$F_{\text{res},m} = m_m \cdot a_m \text{ en } \vec{F}_{\text{res},m} = \vec{F}_{z,m} + \vec{F}_{\text{span},m}$$
- De spankracht en de zwaartekracht zijn tegengesteld gericht. De zwaartekracht is in de bewegingsrichting en dus positief.
- $$\text{Dus } F_{z,m} - F_{\text{span},m} = m_m \cdot a_m.$$
- Blokje m versnelt, dus $m_m \cdot a_m$ is groter dan 0 N.
- $$\text{Dus } F_{z,m} - F_{\text{span},m} > 0 \text{ en } F_{\text{span},m} < F_{z,m}.$$
- Dus tijdens het versnellen is $F_{\text{span},m}$ kleiner dan $9,81 \cdot 10^{-2} \text{ N}$.

Opgave 43

- a ► Dat de luchtweerstand $F_{w,l}$ kleiner is dan de zwaartekracht F_z beredeneer je met de tweede wet van Newton en de krachten in de verticale richting.
- $$F_{\text{res,vert}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_z + \vec{F}_{w,l}$$
- De luchtweerstandskracht en de zwaartekracht zijn verticaal en tegengesteld gericht. De zwaartekracht is in de bewegingsrichting en dus positief.
- $$\text{Dus } F_z - F_{w,l} = m \cdot a.$$
- F_z blijft hetzelfde, want m blijft hetzelfde.
- De versnelling a beredeneer je met de steilheid van de raaklijn aan de grafiek in het (v,t) -diagram vlak voordat de basejumper zijn parachute opent.
- $$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$
- In het diagram van figuur 86 is de steilheid van de raaklijn aan de grafiek in het (v,t) -diagram op $t = 2,5 \text{ s}$, vlak voordat de basejumper zijn parachute opent, groter dan 0. De versnelling a is dus groter dan 0 m s^{-2} .
- Invullen van de veranderingen van m , a en F_z in de formule $F_z - F_{w,l} = m \cdot a$:
 $(F_z \text{ blijft gelijk}) - F_{w,l} = (m \text{ blijft gelijk}) \cdot (a \text{ groter dan } 0)$
 Dus $F_z - F_{w,l}$ is groter dan 0 en daardoor is $F_{w,l}$ kleiner dan F_z .
- b ► De versnelling op $t = 3,0 \text{ s}$ bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de grafiek in het (v,t) -diagram op $t = 3,0 \text{ s}$.
- $$a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$
- In figuur 3.44 is op $t = 3,0 \text{ s}$ de raaklijn aan de grafiek getekend.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.44**

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 3.44 de punten bij $v = 25 \text{ m s}^{-1}$ en 0 m s^{-1} .

$$\text{Invullen levert: } a = \frac{0,0 - 25,0}{5,0 - 0,9} = -6,09 \text{ m s}^{-2}$$

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

- c ► De luchtweerstandskracht $F_{w,l}$ op $t = 3,0 \text{ s}$ bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_z - F_{w,l} = m \cdot a \text{ (zie vraag a)}$$

$$F_z = m \cdot g = 82 \times 9,81 = 8,04 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

$$a = -6,1 \text{ m s}^{-2} \text{ (zie vraag b)}$$

$$\text{Invullen levert: } 8,04 \cdot 10^2 - F_{w,l} = 82 \times (-6,1)$$

$$F_{w,l} = 8,04 \cdot 10^2 + 5,00 \cdot 10^2 = 1,304 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Afgerond: } F_{w,l} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- d ► De luchtweerstandscoefficiënt C_w bereken je met de formule voor de luchtweerstandskracht.

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

$$\rho = 1,293 \text{ kg m}^{-3} \text{ (zie Binas tabel 12)}$$

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

$$v = 10,0 \text{ m s}^{-1} \text{ (aflezen in het diagram van figuur 86)}$$

- De luchtweerstandskracht $F_{w,l}$ beredeneer je met de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = F_z - F_{w,l}$$

Als de basejumper met constante snelheid beweegt, dan is volgens de eerste wet van Newton $F_{\text{res,vert}} = 0 \text{ N}$ en dan is luchtweerstandskracht $F_{w,l}$ dus gelijk aan F_z .

$$F_{w,l} = F_z = 8,04 \cdot 10^2 \text{ N (zie vraag c)}$$

$$\text{Invullen van } F_{w,l}, \rho, A \text{ en } v \text{ in de formule } F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho \cdot C_w \cdot A \cdot v^2 = k \cdot v^2:$$

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

$$C_w = \frac{2 \times 8,04 \cdot 10^2}{1,293 \times 15,75 \times 10,0^2} = 0,78960$$

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

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

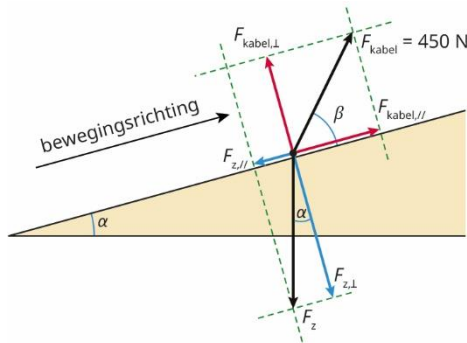
Opgave 44

- a ► De schuifwrijvingskracht bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten evenwijdig aan de helling (in de bewegingsrichting).

$$F_{\text{res},//} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res},//} = \vec{F}_{\text{kabel},//} + \vec{F}_{z,//} + \vec{F}_{w,s}$$

- De krachten $F_{\text{kabel},//}$ en $F_{z,//}$ in de bewegingsrichting construeer je met de omgekeerde parallellogrammethode.

Zie de uitwerking in figuur 3.45.



Figuur 3.45

Mike beweegt omhoog dus is $F_{\text{kabel},//}$ positief en $F_{z,//}$ negatief.

Omdat Mike omhoog beweegt, is de richting van de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$ omlaag en ook negatief.

Er geldt dus: $F_{\text{kabel},//} - F_{z,//} - F_{w,s} = 0 \text{ N}$

- $F_{\text{kabel},//}$ bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\cos(\beta) = \frac{F_{\text{kabel},//}}{F_{\text{kabel}}} \quad (\text{zie figuur 3.45})$$

$$\beta = 40^\circ$$

$$F_{\text{kabel}} = 450 \text{ N}$$

$$\text{Invullen levert: } \cos(40^\circ) = \frac{F_{\text{kabel},//}}{450}$$

$$F_{\text{kabel},//} = 450 \times \cos(40^\circ) = 345 \text{ N}$$

- $F_{z,//}$ bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\sin(\alpha) = \frac{F_{z,//}}{F_z} \quad (\text{zie figuur 3.45})$$

$$\alpha = 25^\circ$$

$$F_z = m \cdot g = 65 \times 9,81 = 638 \text{ N}$$

$$\text{Invullen levert: } \sin(25^\circ) = \frac{F_{z,//}}{638}$$

$$F_{z,//} = 638 \times \sin(25^\circ) = 270 \text{ N}$$

- Invullen van $F_{\text{kabel},//}$ en $F_{z,//}$ in de formule $F_{\text{kabel},//} - F_{z,//} - F_{w,s} = 0 \text{ N}$:

$$345 - 270 - F_{w,s} = 0 \text{ N}$$

$$F_{w,s} = 75,00 \text{ N}$$

Afgerond: $F_{w,s} = 75 \text{ N}$.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- b ► De schuifwrijvingscoëfficiënt f tussen de ski's en de helling bereken je met de formule voor de schuifwrijvingskracht.

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

$$F_{w,s} = 75 \text{ N}$$

- De normaalkracht F_n bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten loodrecht op de helling.

$$F_{\text{res},\perp} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res},\perp} = \vec{F}_n + \vec{F}_{\text{kabel},\perp} + \vec{F}_{z,\perp}$$

In de richting loodrecht op de helling omhoog werken F_n en $F_{\text{kabel},\perp}$.

In de richting loodrecht op de helling omlaag werkt $F_{z,\perp}$.

$$\text{Er geldt dus: } F_n + F_{\text{kabel},\perp} = F_{z,\perp}$$

- $F_{z,\perp}$ bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\cos(\alpha) = \frac{F_{z,\perp}}{F_z} \quad (\text{zie figuur 3.45})$$

$$\alpha = 25^\circ$$

$$F_z = 638 \text{ N (zie vraag a)}$$

$$\text{Invullen levert: } \cos(25^\circ) = \frac{F_{z,\perp}}{638}$$

$$F_{z,\perp} = 638 \times \cos(25^\circ) = 578 \text{ N}$$

- $F_{\text{kabel},\perp}$ bereken je met een goniometrische verhouding.

$$\sin(\beta) = \frac{F_{\text{kabel},\perp}}{F_{\text{kabel}}} \quad (\text{zie figuur 3.45})$$

$$\beta = 40^\circ$$

$$F_{\text{kabel}} = 450 \text{ N}$$

$$\text{Invullen levert: } \sin(40^\circ) = \frac{F_{\text{kabel},\perp}}{450}$$

$$F_{\text{kabel},\perp} = 450 \times \sin(40^\circ) = 289 \text{ N}$$

- Invullen van $F_{z,\perp}$ en $F_{\text{kabel},\perp}$ in de formule $F_n + F_{\text{kabel},\perp} = F_{z,\perp}$:

$$F_n + 289 = 578$$

$$F_n = 289 \text{ N}$$

- Invullen van $F_{w,s}$ en F_n in de formule $F_{w,s} = f \cdot F_n$:

$$75 = f \cdot 289$$

$$f = \frac{75}{289} = 0,2595$$

$$\text{Afgerond: } f = 0,26.$$

- c ► De versnelling van Mike bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de bewegingsrichting.

$$F_{\text{res},\parallel} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res},\parallel} = \vec{F}_{z,\parallel} + \vec{F}_{w,s}$$

$$m = 65 \text{ kg}$$

$$F_{z,\parallel} = 270 \text{ N (zie vraag a)}$$

$$F_{w,s} = 139 \text{ N}$$

Mike glijdt langs de glijbaan omlaag. Deze richting is positief.

De richting van $F_{w,s}$ is evenwijdig aan de glijbaan omhoog.

$$F_{z,\parallel} - F_{w,s} = m \cdot a$$

$$\text{Invullen levert: } 270 - 139 = 65 \times a$$

$$a = \frac{270 - 139}{65} = 2,015 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{Afgerond: } a = 2,0 \text{ m s}^{-2}.$$

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- d ► Dat de schuifwrijvingskracht bij het naar beneden glijden groter is dan bij naar boven gaan, beredeneer je met de formule voor de schuifwrijvingskracht.

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

f verandert niet.

- Of F_n verandert beredeneer je door de krachten loodrecht op de helling bij naar boven gaan te vergelijken met die bij naar beneden glijden.

Bij naar boven gaan geldt: $F_n + F_{\text{kabel},\perp} = F_{z,\perp}$ en dus $F_n = F_{z,\perp} - F_{\text{kabel},\perp}$.

Bij naar beneden glijden geldt: $F_n = F_{z,\perp}$

F_n is dus bij het naar beneden glijden groter dan bij naar boven gaan.

- Invullen van de veranderingen van f en F_n in de formule $F_{w,s} = f \cdot F_n$:

$F_{w,s} = (f \text{ blijft gelijk}) \cdot (F_{n,\text{beneden}} \text{ is groter})$

Dus $F_{w,s}$ is bij naar beneden glijden groter dan bij naar boven gaan.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

3.6 De derde wet van Newton

Opgave 45

- Je voelt dat de potloodpunt ook tegen je duim drukt.
- Je ziet dat de huid van je duim wordt vervormd door de punt van het potlood.

Opgave 46

- a ► De grootte en richting van de twee krachten beschrijf je met behulp van de eerste wet van Newton. Op de bovenste magneet (1) werken de zwaartekracht en de magnetische kracht. De bovenste magneet 'zweeft' los van de onderste magneet. Als de snelheid constant is, dan is volgens de eerste wet van Newton de resulterende kracht gelijk aan 0 N. Op de magneet werkt de zwaartekracht $F_{z,1}$, verticaal naar beneden gericht. De afstotende magnetische kracht $F_{\text{magneet},1}$ is dus even groot en tegengesteld gericht, dus verticaal naar boven gericht.
- b ► Dat de normaalkracht $F_{n,2}$ op de onderste magneet (2) groter is dan de zwaartekracht beredeneer je met de eerste wet van Newton en de krachten op de onderste magneet.
 $F_{\text{res},2} = 0 \text{ N}$ en $\vec{F}_{\text{res},2} = \vec{F}_{z,2} + \vec{F}_{\text{magneet},2} + \vec{F}_{n,2}$
 De zwaartekracht $F_{z,2}$ op de onderste magneet is verticaal naar beneden gericht.
 De magnetische krachten vormen een krachtenpaar. Als de magnetische kracht $F_{\text{magneet},1}$ op de bovenste magneet verticaal omhoog is gericht, is de magnetische kracht $F_{\text{magneet},2}$ op de onderste magneet verticaal omlaag gericht.
 De normaalkracht $F_{n,2}$ op de onderste magneet is omhoog gericht.
 $F_{n,2} = F_{z,2} + F_{\text{magneet},2}$
 Dus de normaalkracht op de onderste magneet is groter dan de zwaartekracht op de onderste magneet.
- c ► De formule leid je af met de eerste en derde wet van Newton op de onderste magneet. Uit de redenering bij vraag b volgt $F_{n,2} = F_{z,2} + F_{\text{magneet},2}$. Volgens de derde wet van Newton is $F_{\text{gew},2}$ gelijk aan $F_{n,2}$ en tegengesteld gericht. Dus $F_{\text{gew},2} = F_{z,2} + F_{\text{magneet},2}$
 $F_{z,2} = m_2 \cdot g$
- Dat $F_{\text{magneet},2} = m_1 \cdot g$ beredeneer je met de eerste en derde wet van Newton op de bovenste magneet. Op de bovenste magneet werken de zwaartekracht $F_{z,1}$ en de magnetische kracht $F_{\text{magneet},1}$. Omdat de magneet niet beweegt geldt volgens de eerste wet van Newton $F_{z,1} = F_{\text{magneet},1}$. De twee magneten oefenen magnetische krachten op elkaar uit. Volgens de derde wet van Newton zijn deze krachten even groot en tegengesteld gericht:
 $F_{\text{magneet},1} = F_{\text{magneet},2}$
 Hieruit volgt: $F_{\text{magneet},2} = F_{\text{magneet},1} = F_{z,1} = m_1 \cdot g$
- Invullen van $F_{z,2}$ en $F_{\text{magneet},2}$ in de formule $F_{\text{gew},2} = F_{z,2} + F_{\text{magneet},2}$:
 $F_{\text{gew},2} = m_2 \cdot g + m_1 \cdot g$
 Dus $F_{\text{gew},2} = (m_1 + m_2) \cdot g$.

Opgave 47

- a ► Het gewicht F_{gew} van de baksteen bereken je met de derde wet van Newton en de normaalkracht F_n . $F_{\text{gew}} = F_n$ volgens de derde wet van Newton.
- De normaalkracht F_n bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten op de baksteen in verticale richting.
 $F_{\text{res,vert}} = 0 \text{ N}$ en $\vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_z + \vec{F}_n$
 De baksteen is in rust. Volgens de eerste wet van Newton is de normaalkracht even groot als de zwaartekracht.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

$$F_n = F_z$$

$$F_z = m \cdot g = 1,7 \times 9,81 = 16,67 \text{ N}$$

Dus $F_n = 16,67 \text{ N}$ en het gewicht dus ook.

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

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

- b ► Het gewicht F_{gew} van de baksteen bereken je met de derde wet van Newton en de normaalkracht F_n .
 $F_{\text{gew}} = F_n$ volgens de derde wet van Newton.

- De normaalkracht F_n bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_z + \vec{F}_n$$

De zwaartekracht is verticaal naar beneden gericht.

De hand met baksteen beweegt naar boven. Dus F_n is positief.

$$F_n - F_z = m \cdot a$$

$$F_z = 16,67 \text{ N} \quad (\text{zie vraag a})$$

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

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

$$\text{Invullen levert: } F_n - 16,67 = 1,7 \times 5,0$$

$$F_n = 25,17 \text{ N en het gewicht dus ook.}$$

$$\text{Dus } F_{\text{gew}} = 25,17 \text{ N.}$$

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

- c ► Het gewicht F_{gew} van de baksteen bereken je met de derde wet van Newton en de normaalkracht F_n .
 $F_{\text{gew}} = F_n$ volgens de derde wet van Newton.

Tijdens de beweging omhoog en omlaag is er geen ondergrond meer, dus er werkt dan geen normaalkracht meer op de baksteen. Het gewicht is dus 0 N.

Het gewicht van de baksteen verandert dus niet tijdens de beweging omhoog en omlaag.

- d ► Of de kracht die de grond uitoefent op de baksteen groter dan, kleiner dan of gelijk is aan de zwaartekracht, beredeneer je met de tweede wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_z + \vec{F}_{\text{grond}}$$

De baksteen wordt afgeremd, dus er is een resulterende kracht nodig die omhoog gericht is.

Tijdens het contact met de grond werken op de baksteen de zwaartekracht en de normaalkracht. De normaalkracht is de kracht die de grond uitoefent op de baksteen en omhoog gericht.

De richting van de zwaartekracht is verticaal naar beneden en dus tegengesteld aan die van de normaalkracht.

$$F_{\text{res,vert}} = F_n - F_z$$

De baksteen beweegt omlaag en remt af tijdens de landing. Dus de resulterende kracht $F_{\text{res,vert}}$ die op de baksteen werkt is omhoog gericht.

Dat betekent dat F_n en dus de kracht die de grond uitoefent op de baksteen groter is dan de zwaartekracht op de baksteen.

Opgave 48

- a ► Het gewicht $F_{\text{gew,Inez}}$ van Inez bereken je met de derde wet van Newton en de normaalkracht F_n .
 $F_{\text{gew,Inez}} = F_n$ volgens de derde wet van Newton.

- De normaalkracht $F_{n,\text{Inez}}$ op Inez bereken je met de eerste of de tweede wet van Newton en de krachten op de baksteen in de verticale richting.

Op Inez werken de normaalkracht en de zwaartekracht, die tegengesteld zijn gericht.

Als $F_{\text{gew,Inez}} = F_{z,\text{Inez}}$ dan is $F_{n,\text{Inez}}$ gelijk aan $F_{z,\text{Inez}}$.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Volgens de eerste wet van Newton is de normaalkracht dan even groot als de zwaartekracht, als de snelheid constant is.

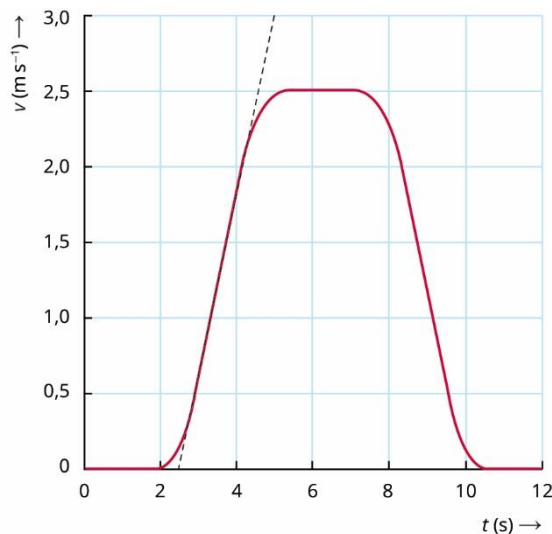
Dat is het geval in de intervallen:

- tussen $t = 0,0$ s en $t = 2,0$ s
- tussen $t = 5,0$ s en $t = 7,0$ s
- tussen $t = 10,5$ s en $t = 12,0$ s

- b ► De versnelling a op het eerste tijdstip waarop de lift met $v = 1,0 \text{ m s}^{-1}$ omhoog gaat, bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de grafiek in het (v,t) -diagram.

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

In figuur 3.46 is op $t = 3,3$ s de raaklijn aan de grafiek getekend.



Figuur 3.46

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 3.46 de punten bij $v = 0,0 \text{ m s}^{-1}$ en $v = 3,0 \text{ m s}^{-1}$.

$$\text{Invullen levert: } a = \frac{3,0 - 0,0}{4,9 - 2,3} = 1,154 \text{ m s}^{-2}$$

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

- c ► Het gewicht $F_{\text{gew,Inez}}$ van Inez bereken je met de derde wet van Newton en de normaalkracht $F_{\text{n,Inez}}$. $F_{\text{gew,Inez}} = F_{\text{n,Inez}}$ volgens de derde wet van Newton.

- De normaalkracht $F_{\text{n,Inez}}$ bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_{\text{z,Inez}} + \vec{F}_{\text{n,Inez}}$$

Inez beweegt omhoog. Dus $F_{\text{n,Inez}}$ is positief en $F_{\text{z,Inez}}$ is verticaal omlaag gericht en dus negatief.

$$F_{\text{n,Inez}} - F_{\text{z,Inez}} = m \cdot a$$

$$F_{\text{z,Inez}} = m \cdot g = 53 \times 9,81 = 5,20 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

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

$$\text{Invullen levert: } F_{\text{n}} - 5,20 \cdot 10^2 = 53 \times 1,2$$

$$F_{\text{n}} = 5,836 \cdot 10^2 \text{ N en het gewicht dus ook.}$$

$$\text{Dus } F_{\text{gew}} = 5,836 \cdot 10^2 \text{ N.}$$

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

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- d Op het tweede tijdstip dat $v = 1,0 \text{ m s}^{-1}$ heeft de versnelling een negatieve waarde: $a = -1,2 \text{ m s}^{-2}$, omdat de lift dan vertraagt. In het diagram van figuur 97 zie je dat de snelheid dan afneemt. De resulterende kracht $F_{\text{res,vert}}$ heeft dan een negatieve waarde. Dat betekent dat $F_{\text{n,Inez}}$ kleiner is dan $F_{\text{z,Inez}}$. Dus het gewicht van Inez is op het tweede tijdstip kleiner dan op het eerste tijdstip.

Opgave 49

- a ► De normaalkracht op Jurgen construeer je met de grootte van de normaalkracht en de krachtschaal. De krachtschaal is $1,0 \text{ cm} \triangleq 200 \text{ N}$.

- De normaalkracht $F_{\text{n,Jurgen}}$ bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_{\text{z,Jurgen}} + \vec{F}_{\text{n,Jurgen}}$$

$$\text{Dus } F_{\text{n,Jurgen}} = F_{\text{z,Jurgen}}.$$

$$F_{\text{z,Jurgen}} = m \cdot g = 90 \times 9,81 = 8,83 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$F_{\text{n,Jurgen}} \triangleq 8,83 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

$$\text{Dus } 8,83 \cdot 10^2 \text{ N komt overeen met } \frac{8,83 \cdot 10^2}{200} = 4,415 \text{ cm.}$$

Dus teken je de pijl van $F_{\text{n,Jurgen}}$ met een lengte van 4,4 cm.
Zie de uitwerking in figuur 3.47.

**Figuur 3.47**

- b ► De horizontale kracht F_{leuning} van de stoelleuning op Jurgen bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

$$F_{\text{res,hor}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,hor}} = \vec{F}_{\text{leuning}}$$

$$\text{Dus } F_{\text{leuning}} = m \cdot a.$$

$$m = 90 \text{ kg}$$

- De versnelling bereken je met de formule voor de (gemiddelde) versnelling.

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

$$\Delta v = 100 - 0 = 100 \text{ km h}^{-1} = \frac{100}{3,6} = 27,78 \text{ m s}^{-1}$$

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

$$\text{Invullen levert: } a = \frac{27,78}{6,6} = 4,21 \text{ m s}^{-1}$$

- Invullen van m en a in de formule $F_{\text{leuning}} = m \cdot a$:

$$F_{\text{leuning}} = 90 \times 4,21 = 3,789 \cdot 10^2 \text{ N}$$

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

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- c ► De totale kracht die de stoel op Jurgén uitoefent bereken je met de stelling van Pythagoras. Zie de schets in figuur 3.48.



Figuur 3.48

De kracht die de zitting uitoefent op Jurgén $F_{n,Jurgén}$ en de kracht die de stoelleuning $F_{leuning}$ uitoefent op Jurgén staan loodrecht op elkaar.

$$F_{stoel}^2 = F_{n,Jurgén}^2 + F_{leuning}^2$$

$$F_{stoel}^2 = (8,83 \cdot 10^2)^2 + (3,8 \cdot 10^2)^2 = 9,24 \cdot 10^5$$

$$F_{stoel} = \sqrt{9,24 \cdot 10^5} = 9,612 \cdot 10^2$$

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

- d ► Dat de rolweerstandskracht en de luchtweerstandskracht samen gelijk zijn aan de schuifwrijvingskracht van de banden op de weg, beredeneer je met de eerste en de derde wet van Newton en de krachten op de auto in de horizontale richting.

$$\vec{F}_{res,hor} = \vec{F}_{w,rol} + \vec{F}_{w,l} + \vec{F}_{voorwaarts}$$

$F_{res,hor} = 0 \text{ N}$, want Jurgén rijdt met constante snelheid. Dus de krachten in de horizontale richting heffen elkaar op.

In de tekening van figuur 98 is de richting van de luchtweerstandskracht $F_{w,l}$ en de rolweerstandskracht $F_{w,rol}$ naar links. Dus de motor van de auto zorgt voor een voorwaartse kracht $F_{voorwaarts}$ die naar rechts is gericht.

$$F_{w,rol} + F_{w,l} = F_{voorwaarts}$$

Doordat de motor de wielen laat draaien, oefenen de wielen een kracht uit op het wegdek die naar links is gericht. Volgens de derde wet van Newton oefent het wegdek dan een even grote maar tegengestelde kracht uit op de wielen van de auto. Dit is de kracht die het wegdek uitoefent op de auto en die is dus gelijk aan de schuifwrijvingskracht $F_{w,s}$. Dus $F_{voorwaarts} = F_{w,s}$.

Dus de rolweerstandskracht en de luchtweerstandskracht zijn samen gelijk aan de schuifwrijvingskracht van de banden op de weg.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Opgave 50

- a ► De maximale kracht $F_{\text{startblok}}$ die het startblok uitoefent op de sprinter bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

$$F_{\text{res,hor}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,hor}} = \vec{F}_{\text{startblok}}$$

Omdat bij de start de snelheid 0 m s^{-1} is, is de luchtweerstandskracht 0 N .

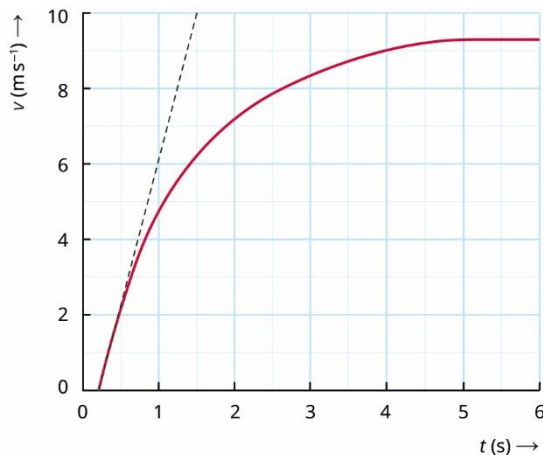
Dus $F_{\text{startblok}} = m \cdot a$.

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

- De maximale versnelling bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de grafiek in het (v,t) -diagram op $t = 0,2 \text{ s}$.

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

In figuur 3.49 is op $t = 0,2 \text{ s}$ de raaklijn aan de grafiek getekend.



Figuur 3.49

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 3.49 de punten bij $v = 0,0 \text{ m s}^{-1}$ en $v = 10,0 \text{ m s}^{-1}$.

$$\text{Invullen levert: } a = \frac{10,0 - 0,0}{1,5 - 0,2} = 7,69 \text{ m s}^{-2}$$

- Invullen van m en a in de formule $F_{\text{startblok}} = m \cdot a$:

$$F_{\text{startblok}} = 53 \times 7,69 = 407,6 \text{ N}$$

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

- b ► Dat de tegenwerkende krachten vanaf $t = 5,0 \text{ s}$ kleiner zijn dan de schuifwrijvingskracht beredeneer je met de tweede en derde wet van Newton en de krachten op de sprinter in de horizontale richting.

$$F_{\text{res,hor}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,hor}} = \vec{F}_{\text{tegen}} + \vec{F}_{\text{voorwaarts}}$$

Tijdens het afzetten op de ondergrond neemt de snelheid van de benen toe. Dus is de versnelling van de benen groter dan 0 m s^{-2} . Daarmee is ook de resulterende kracht op de benen groter dan 0 N . Dus

$$F_{\text{voorwaarts}} - F_{\text{w,s}} = m \cdot a.$$

De sprinter oefent met zijn benen kracht uit op de baan. Omdat de baan ruw is, oefent volgens de derde wet van Newton de schuifwrijvingskracht tussen de baan en de schoenen kracht uit op de sprinter. Dus

$$F_{\text{voorwaarts}} = F_{\text{w,s}}.$$

Dus is de schuifwrijvingskracht op de sprinter groter dan de tegenwerkende krachten op de sprinter.

- c De resulterende kracht hangt af van de massa en de versnelling. Een kunstbeen heeft een kleinere massa dan een normaal been. Daardoor hoeft er minder kracht geleverd te worden.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

3.7 Afsluiting

Opgave 51

- a ► Welke manier je moet toepassen om te voorkomen dat de kabel breekt bereken je met de kleinste spankracht op de kabel.
 ► De kleinste spankracht op de kabel bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_z + \vec{F}_{\text{span}}$$

De ijzeren balk beweegt omhoog. Dus F_{span} is positief en F_z negatief.

$$F_{\text{span}} - F_z = m \cdot a$$

F_z is gelijk.

m is gelijk.

- De versnelling a bepaal je uit de maximale steilheid van de raaklijn aan de grafiek in het (v,t) -diagram.

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

De steilheid van de grafiek is in het begin bij manier B het kleinst. Bij manier B is er dus de kleinste versnelling.

- Invullen van de veranderingen van F_z , m en a in de formule $F_{\text{span}} - F_z = m \cdot a$:

$$F_{\text{span}} - (F_z \text{ blijft gelijk}) = (m \text{ blijft gelijk}) \cdot (a \text{ kleiner bij manier B})$$

Dus bij manier B is dan de spankracht het kleinst.

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

- b ► De spankracht in hijskabel a bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{span,a}} - F_z = m \cdot a$$

$$F_z = m \cdot g = 420 \times 9,81 = 4,120 \cdot 10^3 \text{ N}$$

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

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

$$\text{Invullen levert: } F_{\text{span,a}} - 4,120 \cdot 10^3 = 420 \times 1,8$$

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

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

- c ► De spankracht in kabel c bepaal je met de lengte van de pijl van de spankracht en de krachterschaal. De krachterschaal kies je zo dat de pijl van de bekende kracht minstens 3 cm is.
 $F_z = 4,12 \cdot 10^3 \text{ N}$. Dan is een goede schaal $1,0 \text{ cm} \triangleq 1000 \text{ N}$.
 De lengte van de pijl van F_z is dan 4,1 cm.

- De grootte van de spankrachten construeer je met de omgekeerde parallelogrammethode.

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

Er werken drie krachten op de balk: de spankracht $F_{\text{span,b}}$, de spankracht $F_{\text{span,c}}$ en de zwaartekracht F_z . Het zwaartepunt van de balk is in het midden van de balk. De richting van de zwaartekracht is verticaal naar beneden.

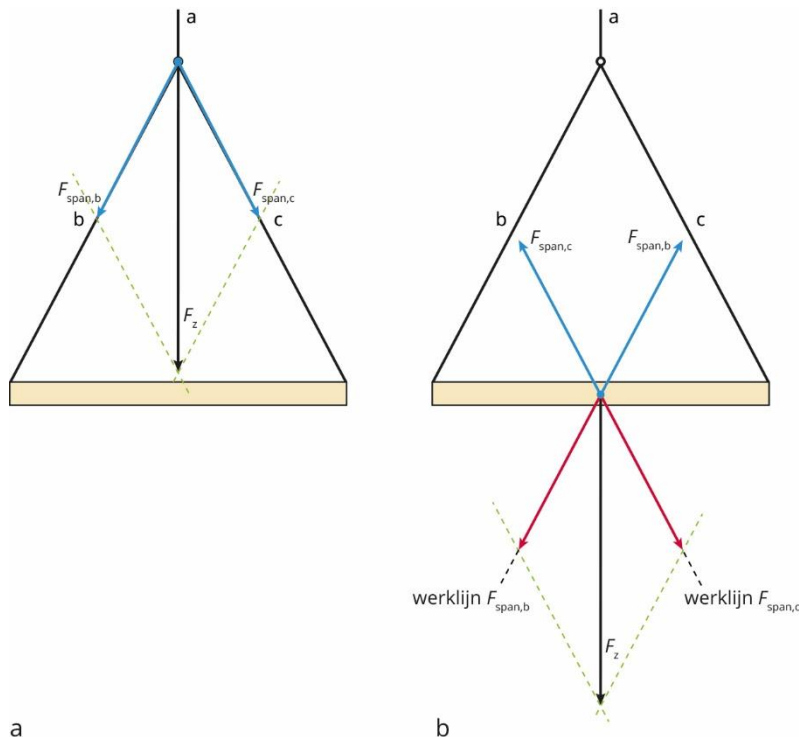
De richting van de werklijnen van de spankrachten valt samen met de richting van de kabels.

De werklijnen van de spankrachten lopen dus niet door het zwaartepunt van de balk.

De werklijn van de zwaartekracht en de werklijnen van de spankrachten snijden elkaar in het punt waar de drie kabels bij elkaar komen. Als het snijpunt in rust is, is $F_{\text{span,a}}$ gelijk aan de zwaartekracht maar de richting is tegengesteld. Dus is de resulterende kracht van $F_{\text{span,b}}$ en $F_{\text{span,c}}$ gelijk aan de zwaartekracht. Zie de uitwerking in figuur 3.50a.

Je tekent dus een pijl voor de zwaartekracht in het punt waar de drie kabels samenkomen. Vervolgens ontbind je de zwaartekracht in de richting van de kabels b en c.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

**Figuur 3.50**

In figuur 3.50a meet je dat de lengte van de pijl van spankracht c gelijk is aan 2,3 cm.
Dus $F_{\text{span}} = 2,3 \times 1000 = 2,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Opmerking

Je kunt ook de werklijnen van de spankrachten verschuiven naar het zwaartepunt van de balk.

Vervolgens construeer je $F_{\text{span},b}$ en $F_{\text{span},c}$ met ontbinden en omklappen.

Zie de uitwerking in figuur 3.50b.

Je tekent dus een pijl voor de zwaartekracht in het zwaartepunt van de balk. Vervolgens ontbind je de zwaartekracht en klap je de componenten om in de richting van de kabels b en c.

In werkelijkheid zijn de aangrijpingspunten van $F_{\text{span},b}$ en $F_{\text{span},c}$ de punten van de balk waaraan de kabels b en c vastzitten.

Opgave 52

- a ► Of de vuistregel klopt, ga je na door de verhouding tussen F_{stuw} en F_{gew} te bepalen.

Is $\frac{F_{\text{stuw}}}{F_{\text{gew}}}$ kleiner dan $\frac{1}{3}$?

- Het gewicht F_{gew} , van de auto bereken je met de derde wet van Newton en de normaalkracht F_n .
 $F_{\text{gew}} = F_n$ volgens de derde wet van Newton.

- De normaalkracht F_n bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten in de verticale richting.

$$F_{\text{res,vert}} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res,vert}} = \vec{F}_z + \vec{F}_n$$

De auto beweegt niet in de verticale richting.

$$\text{Dus } F_n = F_z = m \cdot g = 1740 \times 9,81 = 1,707 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

$$\text{Dus } F_{\text{gew}} = 1,707 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- De voortstuwende kracht F_{stuw} bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

$$F_{\text{res,hor}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,hor}} = \vec{F}_{\text{stuw}} + \vec{F}_{\text{w,rol}} + \vec{F}_{\text{w,l}}$$

In de tekst staat dat op de zoutvlakte de banden minder grip hebben dan op een gewone weg.

$F_{\text{w,rol}}$ is dus te verwaarlozen en omdat bij de start de snelheid 0 m s^{-1} is, is de luchtweerstandskracht 0 N .

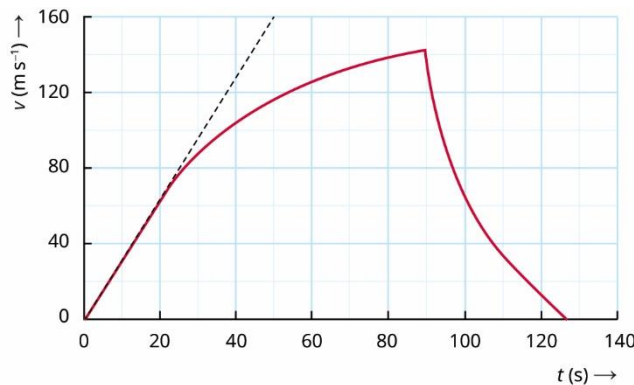
Dus $F_{\text{stuw}} = m \cdot a$.

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

- De maximale versnelling bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de grafiek in het (v,t) -diagram op $t = 0,0 \text{ s}$.

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

In figuur 3.51 is op $t = 0,0 \text{ s}$ de raaklijn aan de grafiek getekend.



Figuur 3.51

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 3.51 de punten bij $v = 0,0 \text{ m s}^{-1}$ en $v = 160,0 \text{ m s}^{-1}$.

$$\text{Invullen levert: } a = \frac{160,0 - 0,0}{50,0 - 0,0} = 3,200 \text{ m s}^{-2}$$

- Invullen van m en a in de formule $F_{\text{stuw}} = m \cdot a$:

$$F_{\text{startblok}} = 1740 \times 3,200 = 5,568 \cdot 10^3 \text{ N}$$

- Invullen van F_{stuw} en F_{gew} in de formule $\frac{F_{\text{stuw}}}{F_{\text{gew}}}$:

$$\frac{F_{\text{stuw}}}{F_{\text{gew}}} = \frac{5,568 \cdot 10^3}{1,707 \cdot 10^4} = 0,3262$$

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

Er wordt dus aan de vuistregel voldaan.

- b ► De waarde van k bereken je met de gegeven formule en de waarden bij $t = 90 \text{ s}$.

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

$$F_{\text{lucht}} = 2,0 \cdot 10^3 \text{ N} \quad (\text{aflezen uit diagram van figuur 106 bij } t = 90 \text{ s})$$

$$v = 141 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{aflezen uit diagram van figuur 105 bij } t = 90 \text{ s})$$

$$\text{Invullen levert: } 2,0 \cdot 10^3 = k \times 141^2$$

$$k = \frac{2,0 \cdot 10^3}{141^2} = 1,006 \cdot 10^{-1}$$

Afgerond: $k = 0,10$.

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

- c ► De maximale snelheid bereken je met de vereenvoudigde formule voor de luchtweerstandskracht.

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

- F_{lucht} bereken je met de eerste wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

$$F_{\text{res,hor}} = 0 \text{ N en } \vec{F}_{\text{res,hor}} = \vec{F}_{\text{stuw}} + \vec{F}_{\text{lucht}}$$

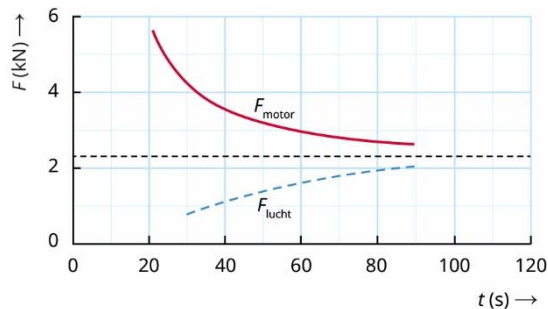
Als de snelheid maximaal is, dan is de snelheid constant. Dan is de resulterende kracht gelijk aan 0 N.

De luchtweerstandskracht F_{lucht} is dan gelijk aan de motorkracht F_{motor} .

- De waarde van F_{lucht} en de motorkracht F_{motor} bepaal je door de grafieken in het diagram van figuur 106 te extrapoleren totdat de grafieken samenvallen.

De grafieken vallen bij extrapoleren samen bij een kracht van $2,3 \text{ kN} = 2,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Zie de uitwerking in figuur 3.52.



Figuur 3.52

- Invullen van F_{lucht} en k in de formule $F_{\text{lucht}} = k \cdot v^2$:

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

$$v = \sqrt{\frac{2,3 \cdot 10^3}{0,10}} = 1,517 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1} (= 546 \text{ km h}^{-1})$$

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

- d ► De maximale grootte van de kracht waarmee de gordels de bestuurder tegenhouden bereken je met de tweede wet van Newton en de krachten in de horizontale richting.

$$F_{\text{res,hor}} = m \cdot a \text{ en } \vec{F}_{\text{res,hor}} = \vec{F}_{\text{gordel}}$$

$F_{\text{w,rol}}$ is te verwaarlozen en omdat bij de start de snelheid 0 m s^{-1} is, is de luchtweerstandskracht 0 N.

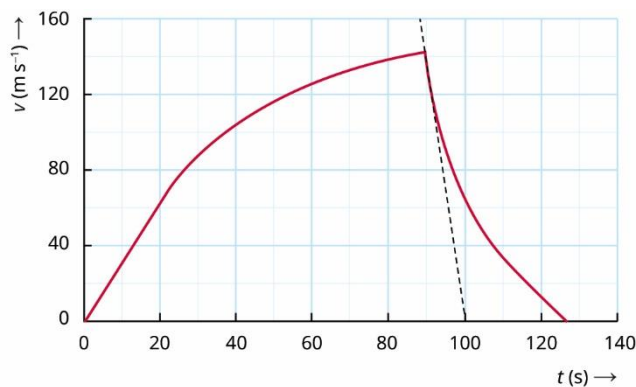
$$\text{Dus } F_{\text{gordel}} = m \cdot a.$$

$$m = 65 \text{ kg}$$

- De vertraging a bepaal je uit de steilheid van de raaklijn aan de grafiek in het (v,t) -diagram op $t = 90 \text{ s}$.

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

In figuur 3.53 is op $t = 90 \text{ s}$ de raaklijn aan de grafiek getekend.



Figuur 3.53

4 vwo hoofdstuk 3 uitwerkingen

Je gebruikt de coördinaten van twee punten op de raaklijn die ver uit elkaar liggen en gemakkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld in figuur 3.53 de punten bij $v = 0,0 \text{ m s}^{-1}$ en $v = 160,0 \text{ m s}^{-1}$.

Invullen levert: $a = \frac{0,0 - 160,0}{100,0 - 89,0} = -14,55 \text{ m s}^{-2}$

► Invullen van m en a in de formule $F_{\text{gordel}} = m \cdot a$:

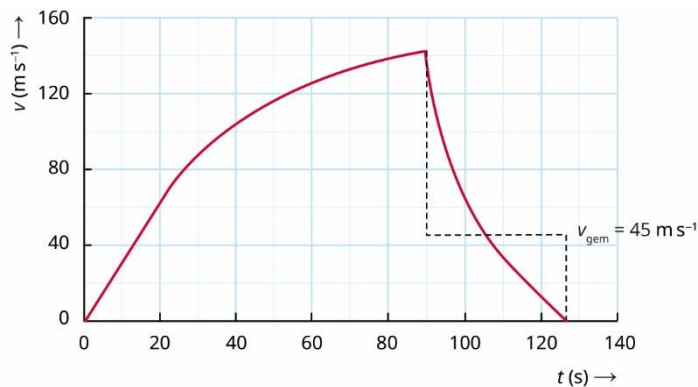
$$F_{\text{gordel}} = 65 \times (-14,55) = -945,8 \text{ N}$$

De auto remt, dus de richting van F_{gordel} is tegengesteld aan de bewegingsrichting. Dus de maximale kracht waarmee de gordels de bestuurder tegenhouden is afgerond: $F_{\text{gordel}} = 9,5 \cdot 10^2 \text{ N}$.

- e ► De remafstand Δx van de Buckeye Bullet bereken je met de formule voor de verplaatsing bij een willekeurige beweging.

$$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

► De gemiddelde snelheid v_{gem} en de tijd Δt bepaal je in het (v,t) -diagram met de oppervlaktmethode. Zie de uitwerking in figuur 3.54.



Figuur 3.54

In figuur 3.54 lees je af: $v_{\text{gem}} = 45 \text{ m s}^{-1}$ en $\Delta t = (127 - 90) = 37 \text{ s}$

► Invullen van v_{gem} en Δt in de formule $v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$:

$$45 = \frac{\Delta x}{37}$$

$$\Delta x = 45 \times 37 = 1665 \text{ m}$$

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