

3 Kracht

havo

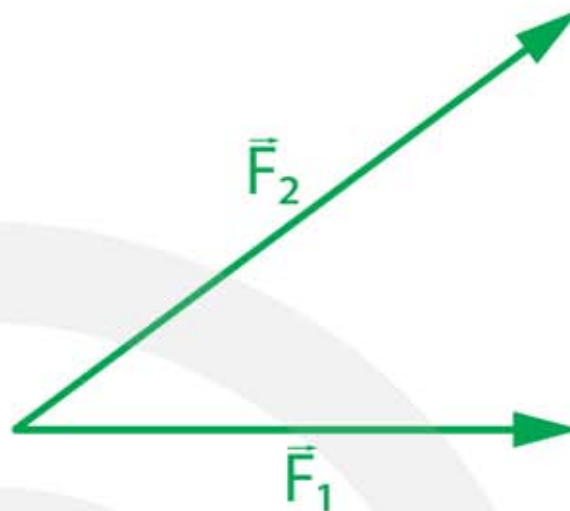
3.1 Wat is een kracht?

- 1*** Als er een kracht werkt kan een voorwerp vervormen.
a Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- Als er een kracht werkt kan een voorwerp versnellen.
b Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- Als er een kracht werkt kan een voorwerp vertragen.
c Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- Als er een kracht werkt kan de richting van de snelheid veranderen.
d Geef een voorbeeld uit de praktijk.
- 2*** **a** Leg uit op welke twee manieren een voorwerp kan vervormen.
b Geef van iedere manier een voorbeeld uit de praktijk.
- 3*** **a** Wat is de betekenis van de hoofdletter F?
b Wat is de betekenis van de hoofdletter N?
c Leg uit wat een vector is.
d Leg uit waarom kracht een vector is.
- 4*** Een kracht kun je aangeven met een pijl.
a Hoe heet de plaats waar de pijl begint?
b Wat geeft de plaats waar de pijl begint aan?
c Wat geeft de lengte van de pijl aan?
d Wat geeft de richting van de pijl aan?
- 5**** De krachtschaal is 5 cm $\leftrightarrow$ 40 N
a Teken een horizontale krachtpijl van 56 N

6** In de figuur zie je twee krachtpijlen F_1 en F_2 .

De krachtschaal is: 2 cm $\leftrightarrow$ 5 N

- a Bereken de grootte van F_1 .
- b Bereken de grootte van F_2 .
- c Meet de hoek tussen F_1 en F_2 .

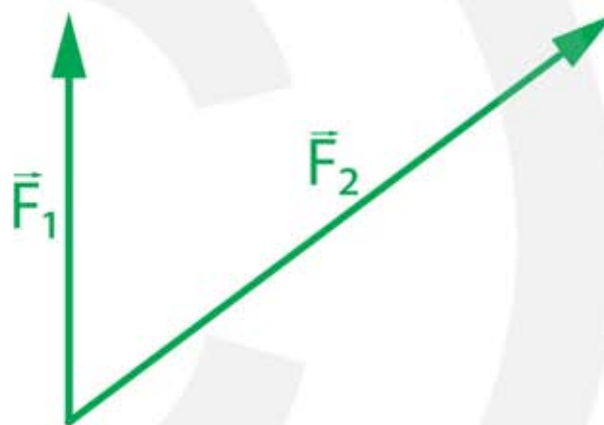


7*** In de figuur zie je twee krachtpijlen F_1 en F_2 . Kracht $F_2 = 15$ N

- a Bereken de krachtschaal.
- b Bereken F_1 .

Met de verhouding tussen ℓ_1 en ℓ_2 bedoel je de lengte ℓ_1 gedeeld door lengte ℓ_2 .

- c Bepaal de verhouding tussen ℓ_1 en ℓ_2 .
- d Beredeneer wat de verhouding is tussen F_1 en F_2 .



3.2 Optellen en splitsen van krachten

Krachten optellen – tekenen

1** a Wat is de resulterende kracht?

b Wat is het symbool voor de resulterende kracht?

Bij twee krachten mag je niet altijd het aantal newton bij elkaar optellen om de resulterende kracht te vinden.

c Leg uit waarom dit niet altijd mag en wanneer dit wél is toegestaan.

Twee krachten F_1 en F_2 werken in dezelfde richting. $F_1 = 15\text{ N}$ en $F_2 = 12\text{ N}$

d Bereken de grootte van de resulterende kracht.

Twee krachten F_1 en F_2 werken in tegenovergestelde richting. $F_1 = 15\text{ N}$ en $F_2 = 12\text{ N}$

e Bereken de grootte van de resulterende kracht.

2** Een koets wordt door twee paarden voortbewogen. Het grijze paard is maar half zo sterk als het bruine paard. Samen oefenen ze een kracht uit van 810 N.

a Met hoeveel kracht trekt het bruine paard?

Het grijze paard wordt moe en kan nog maar 35% van de kracht van het bruine paard uitoefenen.

b Hoeveel kracht moet het bruine paard uitoefenen, zodat de totale kracht op de koets 810 N blijft?



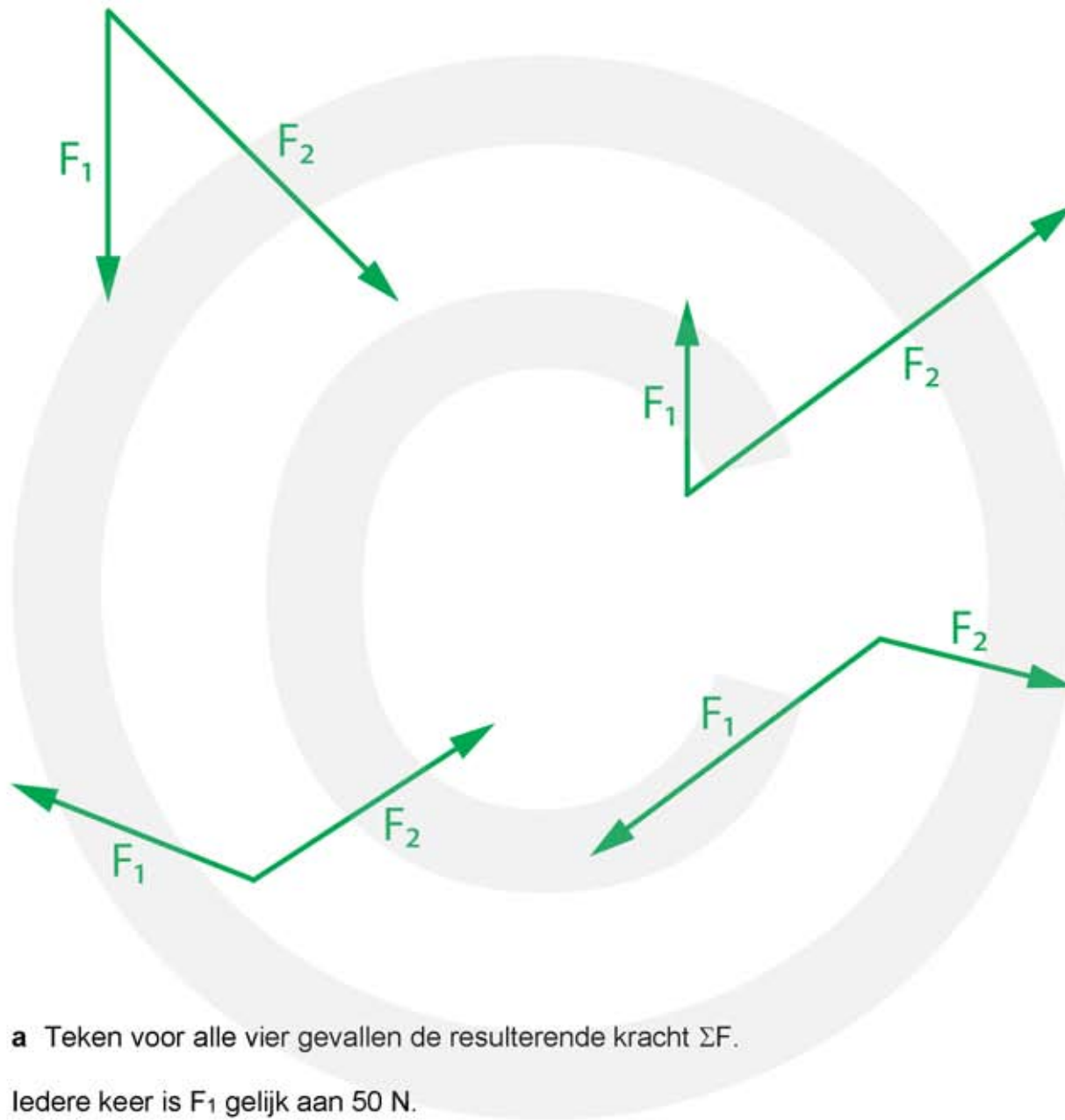
3** Vier jongens zijn aan het touwtrekken.
– Tim (gele shirt) trekt met 480 N
– Tom (roze shirt) trekt met 620 N
– Jim (oranje broek) trekt met 540 N
De jongens staan stil.

a Met hoeveel kracht trekt Jan (groene broek)?

b Wat gebeurt er als Jan het touw loslaat?



- 4*** In de figuur zie je vier keer de krachten F_1 en F_2 met steeds een andere grootte en richting.



a Teken voor alle vier gevallen de resulterende kracht ΣF .

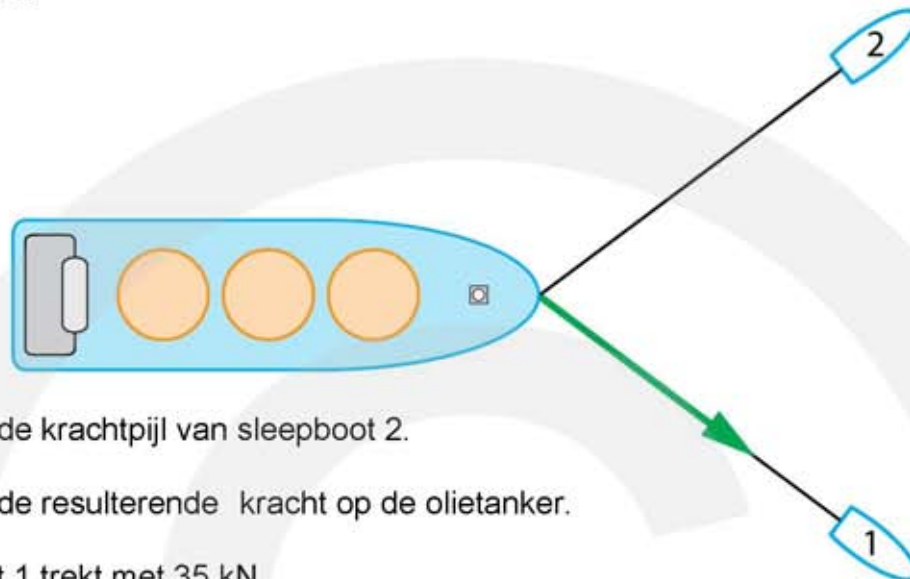
Iedere keer is F_1 gelijk aan 50 N.

b Bepaal voor alle vier gevallen F_2 .

c Bepaal voor alle vier gevallen ΣF .

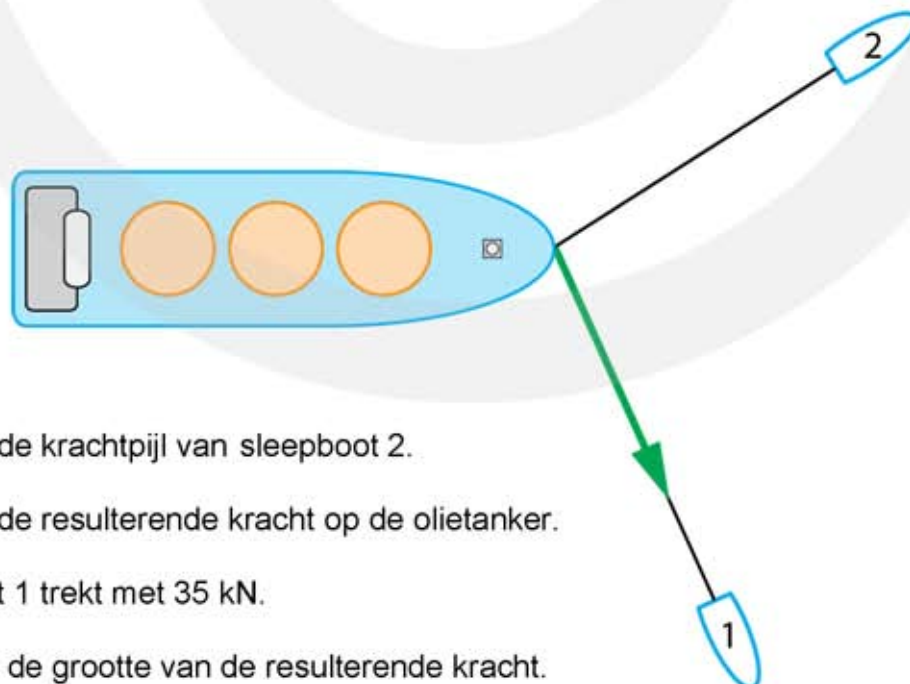
5* Olietanker**

In de figuur zie je twee sleepboten 1 en 2 die een olietanker slepen. De trekkracht van sleepboot 1 is getekend. De trekkracht van sleepboot 2 is even groot als die van sleepboot 1.



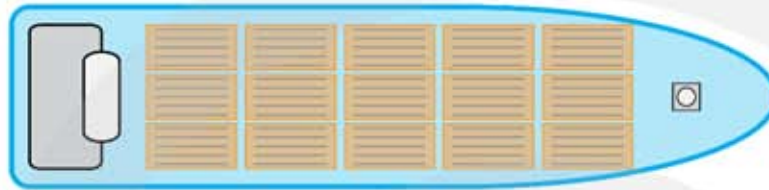
- a Teken de krachtpijl van sleepboot 2.
- b Teken de resulterende kracht op de olietanker.
Sleepboot 1 trekt met 35 kN.
- c Bepaal de grootte van de resulterende kracht.
- d Leg uit in welke richting de olietanker gaat varen.

Na een tijdje gaat sleepboot 1 onder een andere hoek trekken met dezelfde trekkracht. Sleepboot 2 heeft ook nu dezelfde trekkracht als sleepboot 1.



- e Teken de krachtpijl van sleepboot 2.
- f Teken de resulterende kracht op de olietanker.
Sleepboot 1 trekt met 35 kN.
- g Bepaal de grootte van de resulterende kracht.
- h Leg uit in welke richting de olietanker gaat varen.
- i Leg uit in welke richting de sleepboten gaan varen.

- 6*** Twee sleepboten trekken een containerschip vooruit.
De kracht in de kabels is 50 kN.



Volgens Daniel is de resulterende kracht op het containerschip twee keer 50 kN is 100 kN

Volgens Femke is de resulterende kracht op het containerschip in ieder geval meer dan 50 kN

Volgens Jikke is de resulterende kracht op het containerschip minder dan 50 kN.

- Wie heeft er volgens jou gelijk? Leg uit waarom je dat vindt.
- Bepaal de resulterende kracht op het containerschip.

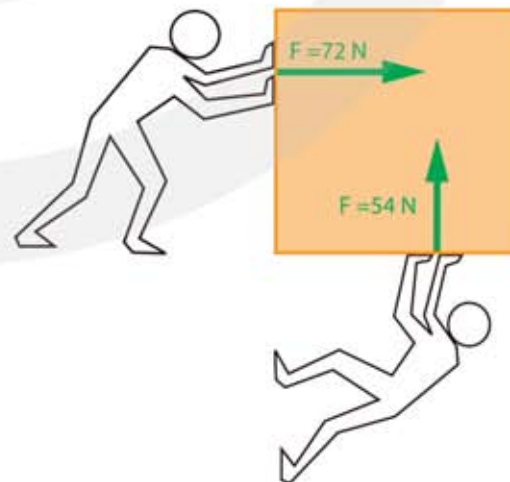
- 7*** Sterre en David duwen tegen een kist. David duwt met 72 N naar rechts en Sterre duwt met 54 N naar boven.

- Gebruik krachtschaal 1 cm $\leftrightarrow$ 10 N en teken de twee krachten op schaal. Laat de krachten in hetzelfde aangrijpingspunt beginnen.

- Bepaal de resulterende kracht.

David gaat twee keer zo hard duwen.

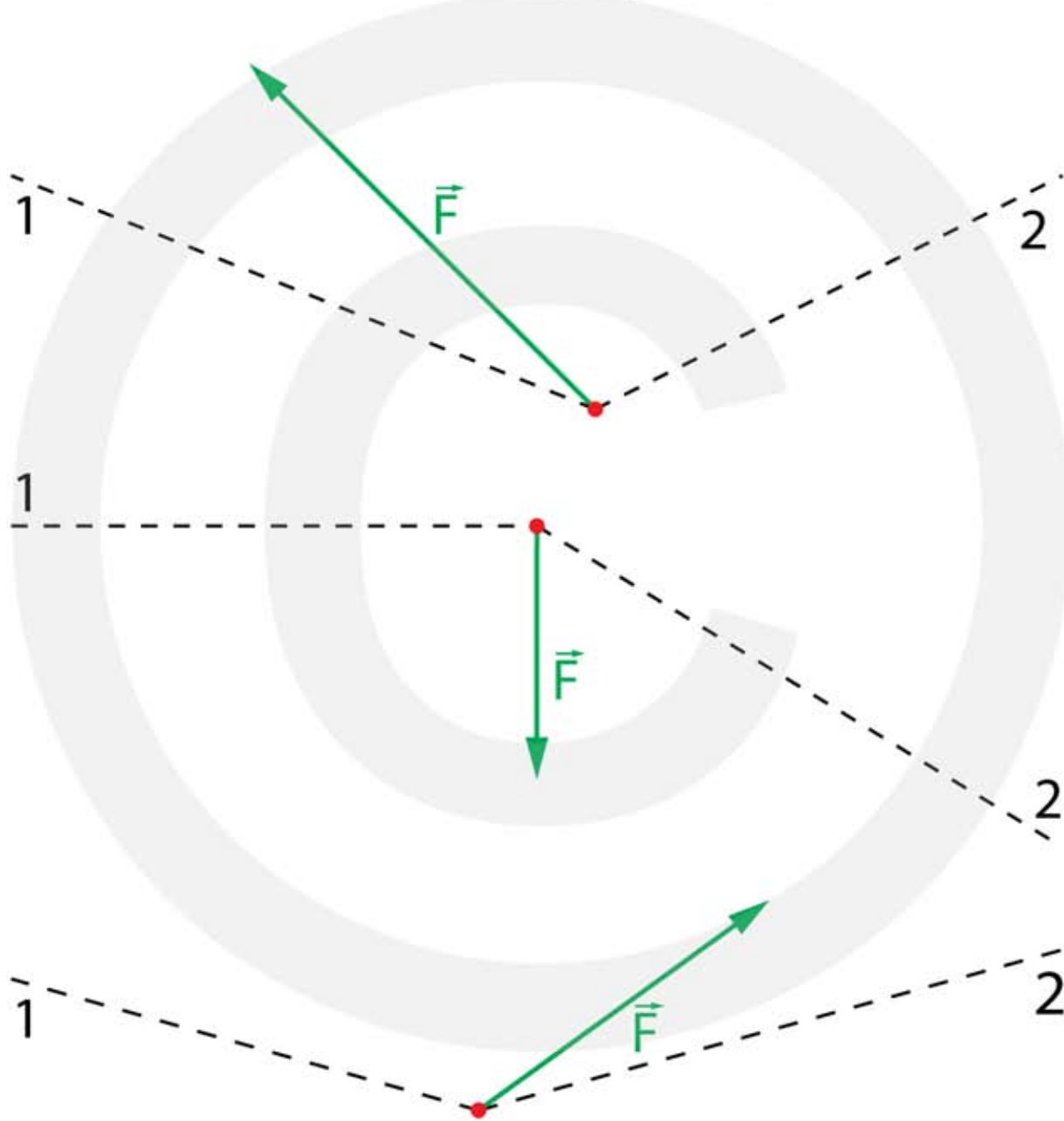
- Bepaal opnieuw de resulterende kracht en leg uit of de resulterende kracht nu ook twee keer zo groot is geworden.



Krachten splitsen – tekenen

8** In de figuur zie je steeds een kracht $\vec{F}$.

a Splits steeds kracht $\vec{F}$ in twee krachten $\vec{F}_1$ en $\vec{F}_2$ langs de gegeven werklijnen.

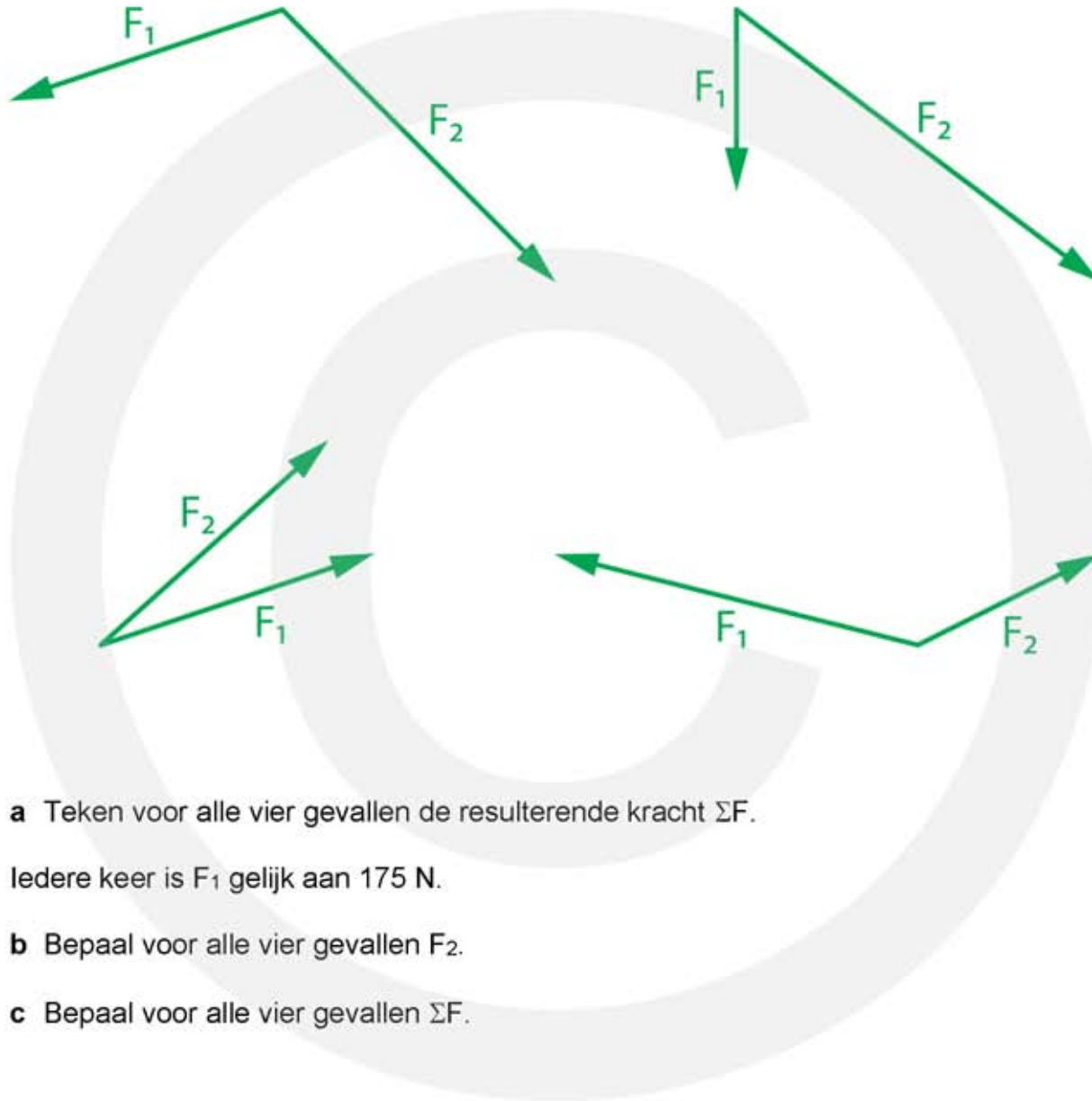


Kracht $\vec{F}$ heeft een grootte van 300 N.

b Bepaal de grootte van $\vec{F}_1$ en $\vec{F}_2$ in deze drie situaties.

HERHALING

- 1*** In de figuur zie je vier keer de krachten F_1 en F_2 met steeds een andere grootte en richting.



a Teken voor alle vier gevallen de resulterende kracht ΣF .

Iedere keer is F_1 gelijk aan 175 N.

b Bepaal voor alle vier gevallen F_2 .

c Bepaal voor alle vier gevallen ΣF .

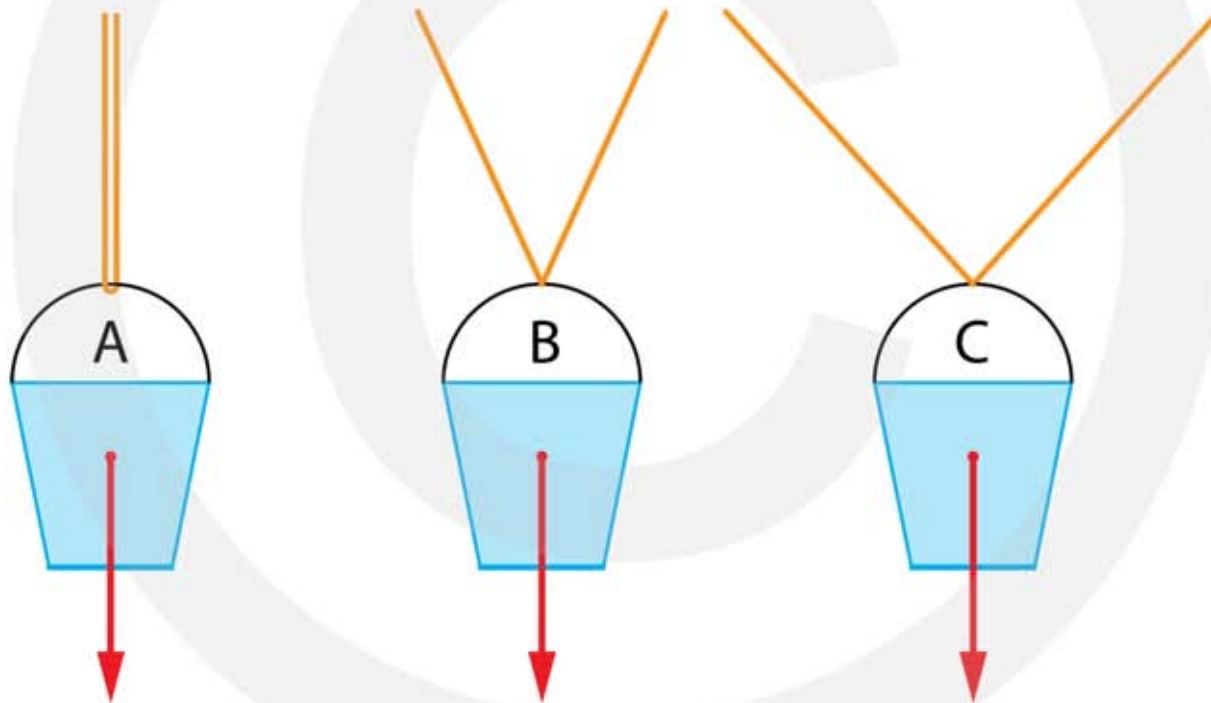
3.3 Krachten in evenwicht

- 1*
- a Leg uit wanneer twee krachten met elkaar in evenwicht zijn.
 - b Leg uit wanneer vijf krachten met elkaar in evenwicht zijn.
 - c Leg uit hoe je kunt zien dat krachten in evenwicht zijn.

Op een voorwerp werken drie krachten die niet met elkaar in evenwicht zijn.

- d Leg uit wat er met het voorwerp gaat gebeuren.

- 2*** Een emmer hangt aan een touw. De zwaartekracht op de emmer is 100 N.



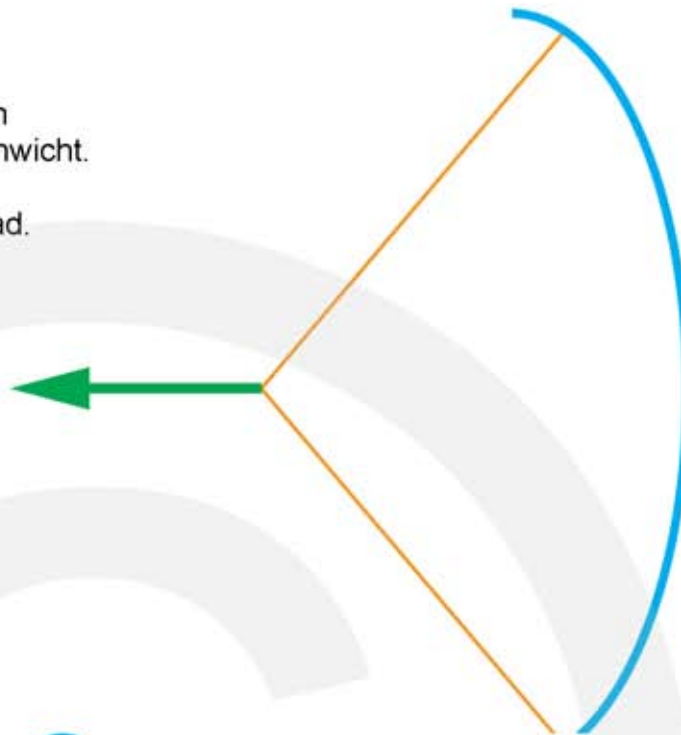
- a Bepaal de spankracht in het touw voor situatie A.
- b Bepaal de spankracht in het touw voor situatie B.
- c Bepaal de spankracht in het touw voor situatie C.

3*** Bij het spannen van een boog wordt een spierkracht uitgeoefend van 165 N. De twee spankrachten en de spierkracht zijn met elkaar in evenwicht.

a Teken de spankrachten in de draad.

b Bepaal de krachtschaal.

c Bepaal de krachten in de draad.
Meet de lengte van de getekende krachtpijlen.



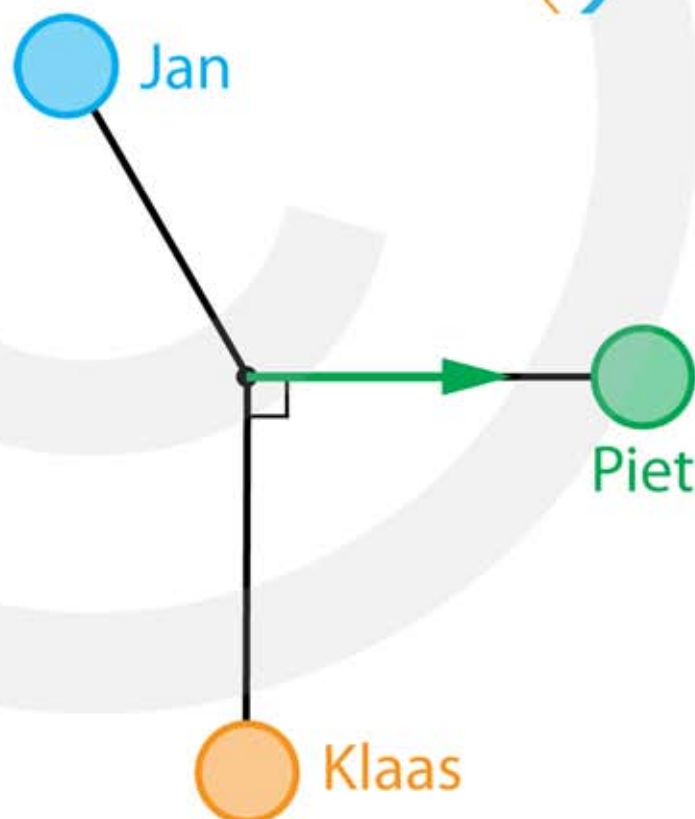
4*** Jan, Piet en Klaas zijn aan het touwtrekken met een gesplitst touw. De drie krachten zijn in evenwicht.

a Beredeneer wie van hen het minst hard trekt.

Piet trekt met 250 N. De krachtpijl waarmee Piet trekt is weergegeven.

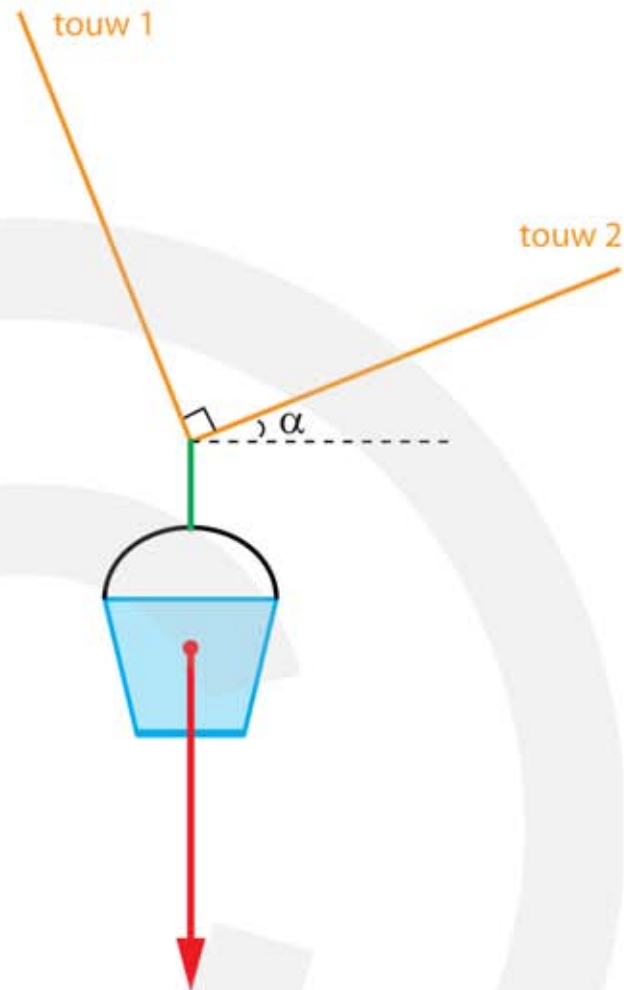
b Bepaal hoe hard Jan trekt.

c Bepaal hoe hard Klaas trekt.



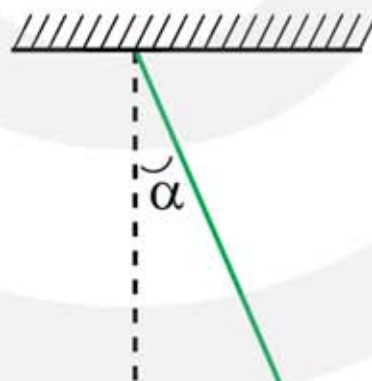
5*** Een emmer hangt aan twee touwen die loodrecht op elkaar staan. De zwaartekracht op de emmer is 140 N.

- Teken de spankrachten in de touwen 1 en 2.
- Bepaal de spankracht in touw 1.
- Bepaal de spankracht in touw 2.



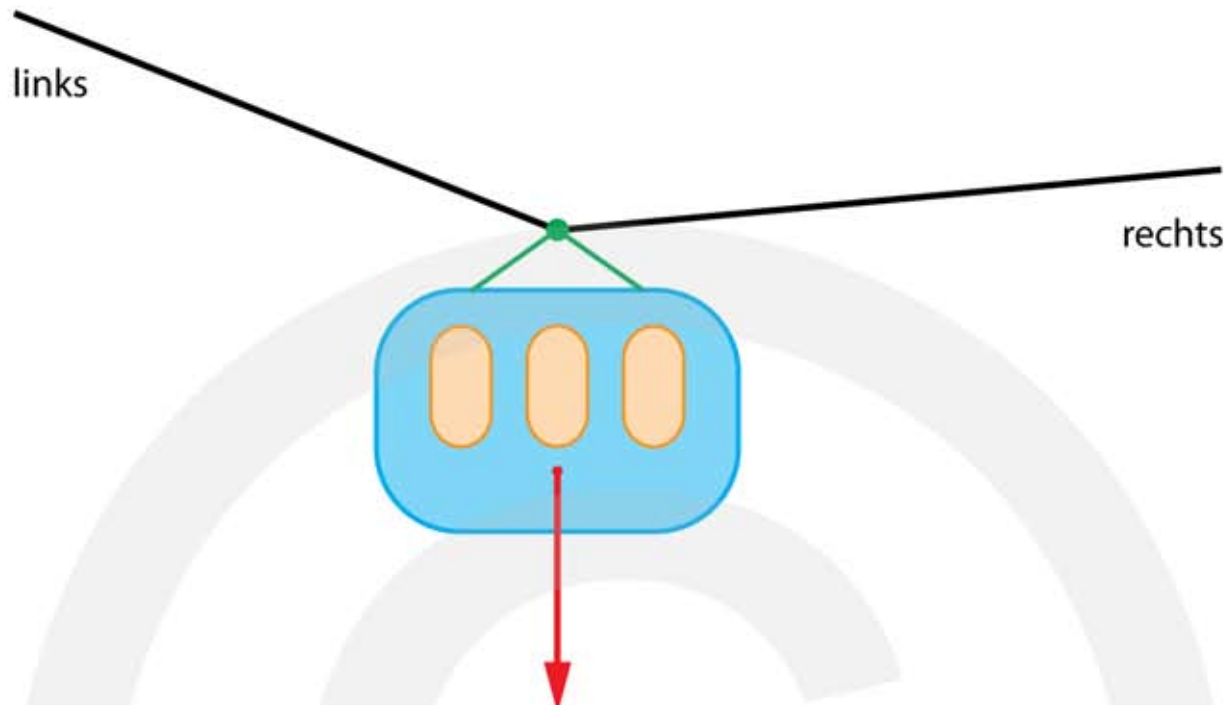
6*** Een blok hangt aan een scheefgetrokken touw. De krachtmeter (blauw) geeft een kracht aan van 40 N.

- Bepaal de spankracht in het touw. Gebruik als krachtschaal 1,0 cm $\leftrightarrow$ 20 N.
- Bepaal de zwaartekracht.



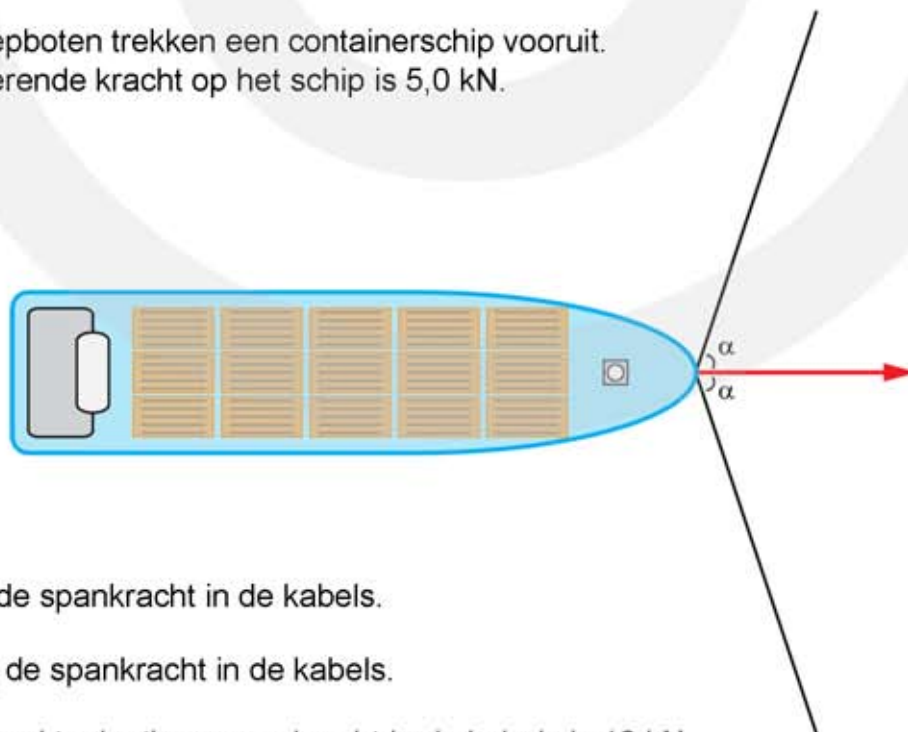
7*** De gondel van een kabelbaan hangt aan een staalkabel. De zwaartekracht op de cabine van een kabelbaan is $2,5 \cdot 10^4$ N. Zie figuur.





- Bereken welke van de twee spankrachten F_{links} of F_{rechts} het grootst is.
- Bepaal de spankracht in de linker kabel.
- Bepaal de spankracht in de rechter kabel.

8*** Twee sleepboten trekken een containerschip vooruit. De resulterende kracht op het schip is 5,0 kN.



- Teken de spankracht in de kabels.
- Bepaal de spankracht in de kabels.

De maximaal toelaatbare spankracht in de kabels is 12 kN.

- Bepaal de maximale resulterende kracht op het schip.

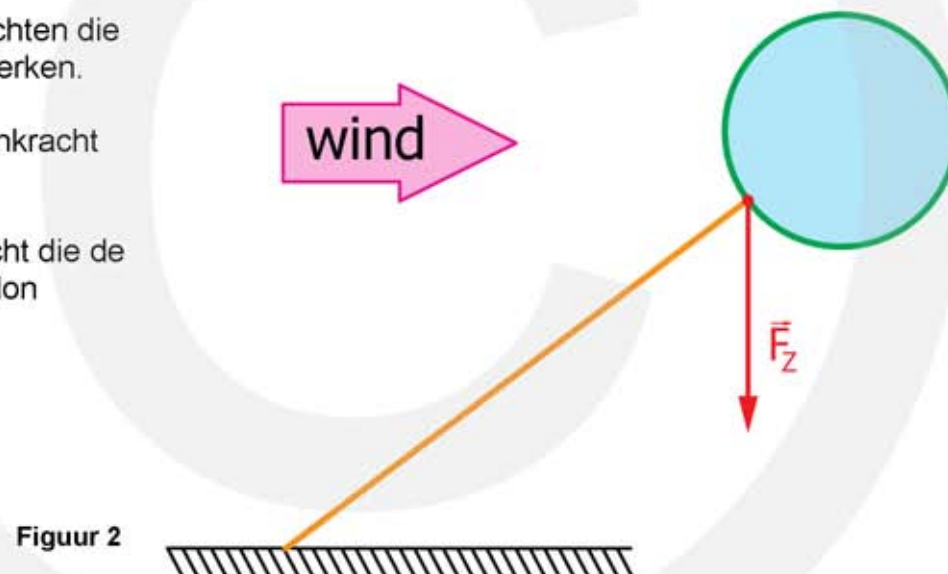
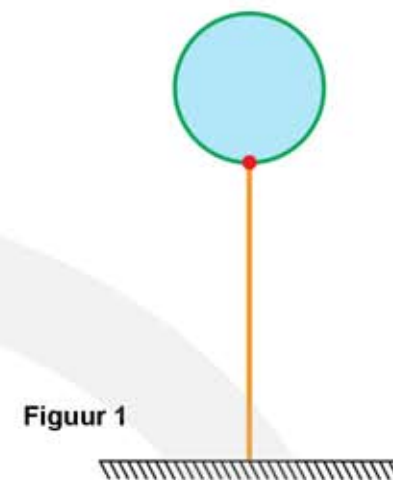
- 9**** Een ballon zit met een touw vast aan een punt op de grond. De zwaartekracht op de ballon is 0,40 N. De opwaartse kracht op de ballon is 0,64 N. De ballon hangt stil. Zie figuur 1.

- a Teken in figuur 1 de krachten die op de ballon werken. Gebruik als schaal 1 cm $\leftrightarrow$ 0,2 N. Laat de krachten in de rode stip aangrijpen
- b Bereken de spankracht in het touw.

Op zeker moment te waaien waardoor de ballon opzij wordt geduwd. Zie figuur 2. De ballon hangt ook nu stil.

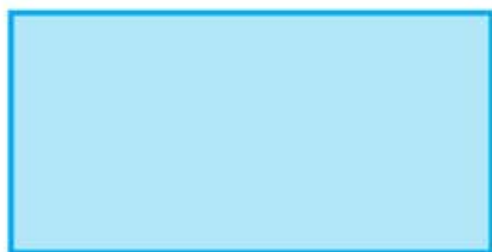
Om de krachten op de ballon en op het touw te bepalen laten we alle krachten aangrijpen in de rode stip. De zwaartekracht op de ballon is aangegeven.

- c Teken alle krachten die op de ballon werken.
- d Bepaal de spankracht in het touw.
- e Bepaal de kracht die de wind op de ballon uitoefent.



3.4 Zwaartekracht, gewicht en normaalkracht

- 1***
- a Leg uit wat "massa" is.
 - b Geef de eenheid van massa.
 - c Leg uit wat zwaartekracht en massa met elkaar te maken hebben.
 - d Leg uit of je massa verandert als je in de ruimte bent.
- 2****
- a Wat bepaalt hoeveel zwaartekracht een voorwerp op aarde ondervindt?
 - b Bereken de zwaartekracht op een persoon van 54 kg.
 - c Leg uit of de zwaartekracht op een voorwerp op aarde groter of kleiner kan worden gemaakt.
- 3****
- De valversnelling op de planeet Mars is $3,7 \text{ m/s}^2$. Dit is veel kleiner dan de valversnelling op aarde. Op te weten hoe zwaar je bent ga je op aarde op een weegschaal staan. De weegschaal geeft aan dat je 54 kg weegt.
- a Stel dat je naar Mars gaat en daar opnieuw op deze weegschaal gaat staan, wat geeft de weegschaal dan aan?
- De valversnelling op de planeet Jupiter is $24,9 \text{ m/s}^2$.
- b Stel dat je naar Jupiter gaat en daar opnieuw op deze weegschaal gaat staan, wat geeft de weegschaal dan aan?
- 4***
- In de figuur zie je een rechthoek en een gelijkzijdige driehoek.



- a Bepaal het zwaartepunt van de rechthoek en van de gelijkzijdige driehoek.

5** In de figuur zie je een parallellogram en een driehoek.



a Bepaal het zwaartepunt van het parallellogram en van de driehoek.

6* **a** Wat betekent "normaal" in het woord normaalkracht?

Op dit ogenblik werkt er een normaalkracht op je lichaam.

b Waaraan kun je dit merken?

c Wat gebeurt er als er geen normaalkracht op je lichaam werkt ?

7** Een boek van 800 g ligt stil op een tafel.



a Hoe groot is de resulterende kracht op het boek?

b Hoe heet de kracht die het boek op de tafel uitoefent?

c Hoe heet de kracht die de tafel op het boek uitoefent?

d Hoe groot zijn de krachten die op het boek werken?

Gebruik een krachtschaal van 1 cm $\leftrightarrow$ 2 N

e Teken alle krachten op het boek en geef de naam van deze krachten.

f Welke krachten werken er op de tafel?

8*** Een astronaut neemt een maansteen van 5,0 kg mee naar de aarde. De valversnelling op de maan is $1,62 \text{ m/s}^2$.

a Hoe groot is de massa van deze steen op aarde?

b Hoe groot is het gewicht van deze steen op de maan?

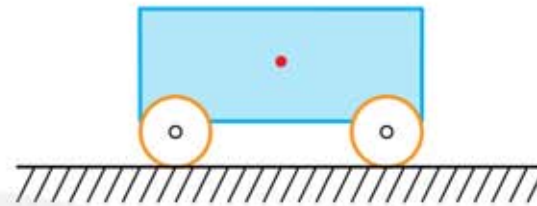
c Hoe groot is het gewicht van deze steen op aarde?

- 9**** In de figuur zie je een kar. De massa van de kar is 25,0 kg. De stip is het zwaartepunt van de kar.

a Teken de zwaartekracht op de kar.

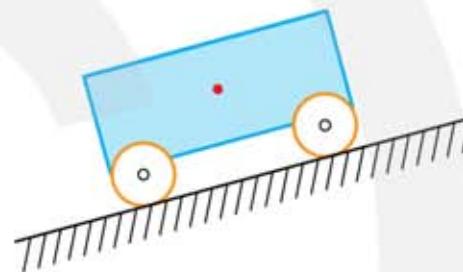
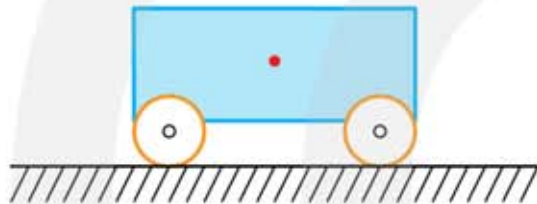
Krachtschaal: 1 cm $\leftrightarrow$ 50 N.

b Teken de normaalkrachten op de wielen van de kar.



- 10*** In de figuur zie je een kar.

a Teken het steunvlak van de kar.



Dezelfde kar staat op een schuine helling, zie figuur.

b Teken het steunvlak van de kar op de helling.

- 11**** In de figuur zie je een takelwagen die een auto optilt.

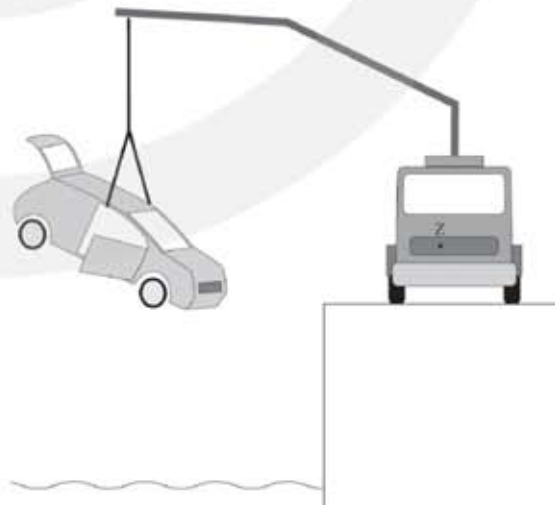
a Teken het steunvlak van de takelwagen.

Als de auto te zwaar is kantelt de takelwagen.

b Geef het punt aan waar de takelwagen gaat kantelen.

De chauffeur is bang dat de takelwagen omvalt.

c Leg uit wat hij kan doen om dat te voorkomen.

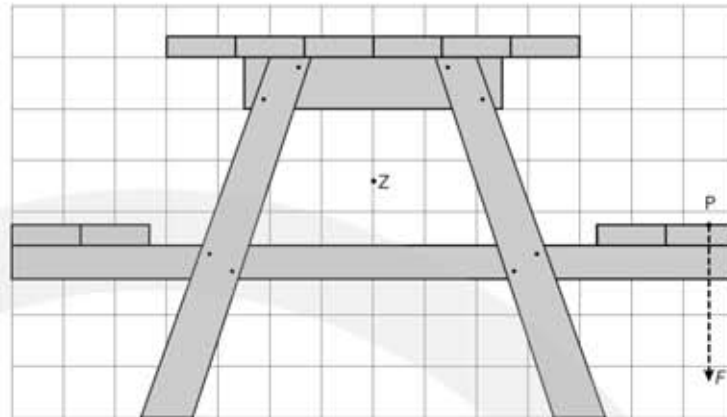


12** In de figuur zie je een picknicktafel.

- a** Teken het steunvlak van de picknicktafel.

Als er te veel mensen bij punt P gaan zitten kantelt de picknicktafel.

- b** Geef het punt aan waar de picknicktafel gaat draaien.



Je bent bang dat de picknicktafel omvalt.

- c** Leg uit wat je kunt doen om dat te voorkomen.

13*** In de figuur zie je de scheve toren van Pisa.

- a** Teken het steunvlak.

De toren is een belangrijke toeristische attractie en mag niet omvallen.

- b** Geef het gebied aan waarin zich het zwaartepunt moet bevinden.

Vroeger mochten grote groepen toeristen de toren beklimmen. Dit kan gevaarlijk zijn.

- c** Leg uit wanneer dit gevaarlijk is.



14*** In de figuur zie je een boek op een tafel. Het boek is in evenwicht.



a Leg uit waaraan je kunt zien dat in beide situaties het boek in evenwicht is.

In de ene situatie is het boek labiel en in de andere stabiel.

b Leg uit wanneer het boek labiel is en wanneer stabiel.

c Teken het steunvlak van de tafel.

15**** Twee flessen staan op een tafel. De ene is leeg en de andere helemaal vol. Zie figuur.

Stan beweert dat de volle fles stabiel is dan de lege. Amber beweert dat de lege fles stabiel is dan de volle.

a Wie denk je dat er gelijk heeft, Stan, Amber of geen van beiden.

Sophie wil onderzoeken wanneer de flessen gaan omvallen en zet de tafel een beetje scheef. Zie figuur.

b Gaat er een fles omvallen?

c Welke fles gaat als eerste omvallen als de tafel steeds schever komt te staan?

d Wat kun je doen om ervoor te zorgen dat de volle fles niet zo snel omvalt?



3.5 Kracht en vervorming

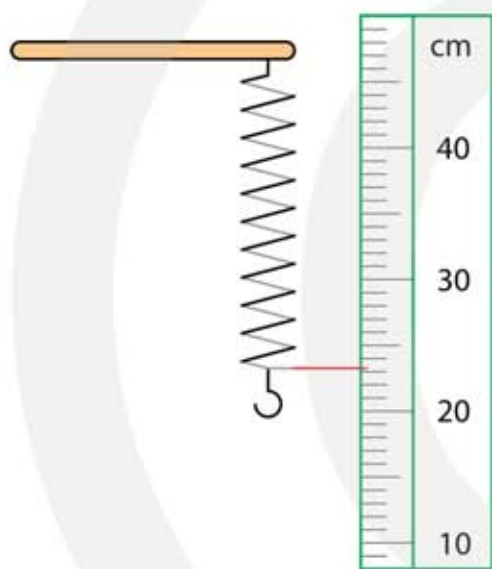
- 1* a Leg uit wat met de vervorming wordt bedoeld.
b Wat is het symbool voor de vervorming.
c Wat is de eenheid van de vervorming.
- 2* Een balpenveertje is 3,5 cm lang. Als je er aan trekt wordt hij 4,8 cm lang. Als je hem in elkaar drukt wordt hij 1,8 cm lang.
a Bereken de vervorming als je aan het veertje trekt.
b Bereken de vervorming als je het veertje in elkaar drukt.
- 3* a Leg uit wat de veerconstante van een spiraalveer is.
b Wat is het symbool voor de "veerconstant"
c Wat is de eenheid van de veerconstante.
- 4** Een veer heeft een veerconstante van 32 N/m.
a Hoeveel kracht heb je nodig om de veer 1,0 meter uit te rekken?
b Hoeveel kracht heb je nodig om deze veer 25 cm uit te rekken?
- 5** Veer A heeft een veerconstante van 54 N/m en veer B heeft een veerconstante van 45 N/m.
a Leg uit welke veer het makkelijkst is te vervormen.
b Hoeveel kracht heb je nodig om veer A 7 cm langer te maken?
Op veer B oefen je een kracht van 9 N uit.
c Bereken de vervorming van veer B.



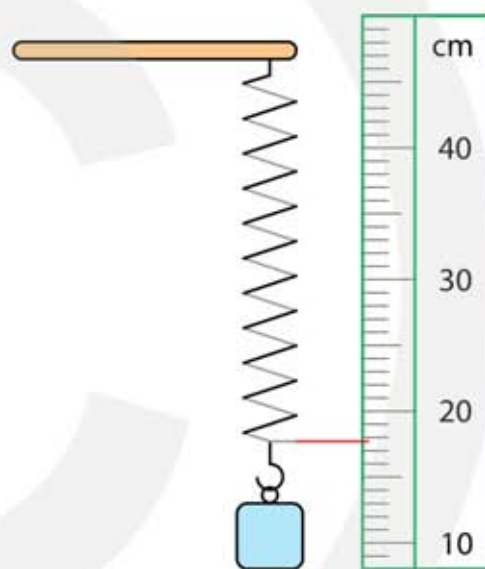
6*** Een veer is 15 cm lang. Als je een kracht 30 N op de veer uitoefent wordt de veer 12 cm langer.

- a Bereken de veerconstante.
- b Bereken hoeveel langer deze veer wordt als je een kracht van 50 N uitoefent.
- c Bereken de lengte van deze veer als je een kracht van 40 N uitoefent.

7*** Je hangt een veer aan een statief (zie figuur 1). Vervolgens hangt je er een blokje van 15 gram aan waardoor de veer wordt uitgerekt (zie figuur 2).



Figuur 1

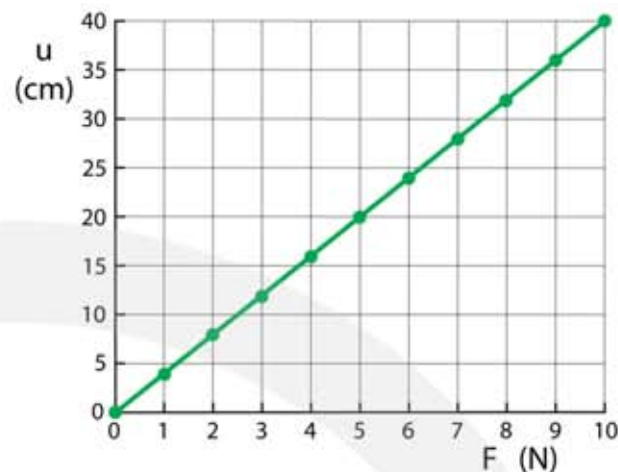


Figuur 2

- a Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de uitrekking van de veer.
- b Bepaal de veerconstante.
- c Bereken de uitrekking van de veer als je er een blokje van 40 gram aan hangt.
- d Bepaal welk getal de wijzer dan aangeeft op de liniaal.

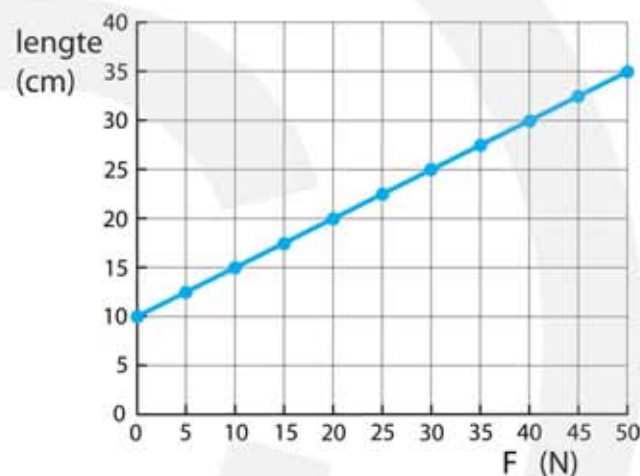
8** De figuur is het (u, F)-diagram van een veer.

- Bepaal de veerconstante.
- Bereken de kracht die nodig is om deze veer 1,5 cm uit te rekken.
- Bereken de uitrekking als er een kracht van 18 N wordt uitgeoefend.



9** De figuur is het (lengte, F)-diagram van een veer.

- Bepaal de veerconstante.
- Bepaal de kracht die nodig is om deze veer 50 cm lang te maken.
- Wat is de lengte van de veer bij een kracht van 125 N?



10*** In de figuur staat op de horizontale as de uitrekking en op de verticale as de kracht. De meetpunten zijn het resultaat van een slordig uitgevoerd experiment.

- Leg uit waaraan je kunt zien dat het experiment slordig is uitgevoerd

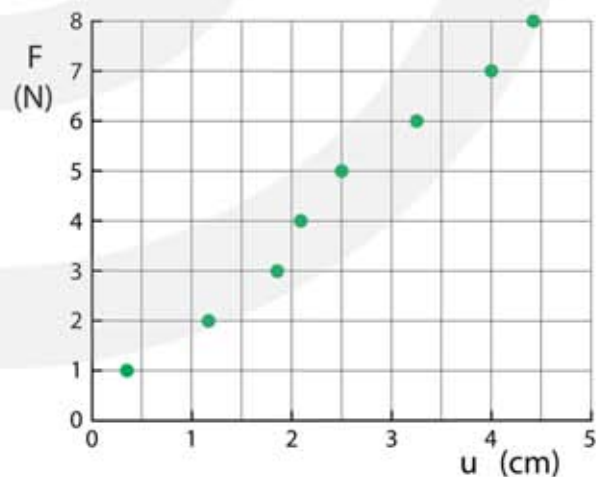
Het punt (0, 0) is niet aangegeven maar hoort toch bij de meetserie.

- Leg uit waarom dit het geval is.

- Trek met een liniaal de best mogelijke rechte lijn door de meetpunten. Zorg ervoor dat de lijn in ieder geval door (0, 0) gaat.

- Bepaal de veerconstante uit de helling van de getekende lijn.

- Bereken de kracht die nodig is om de veer 14 cm uit te rekken.



11**** Een expander gebruik je bij fitness om je armspieren te trainen. Zie figuur.



Jip en Janneke trekken om de beurt aan een expander, waarin twee of drie veren van gelijke sterkte (dezelfde veerconstante) naast elkaar zijn bevestigd. Zie figuur.

- Jip kan 2 veren, 35 cm uitrekken.
- Janneke kan 3 veren, 25 cm uitrekken.

a Leg uit wie er sterker is, Jip of Janneke.

Er wordt een vierde veer met dezelfde veerconstante aan de expander toegevoegd.

b Bereken hoever Jip de expander met 4 veren kan uitrekken.

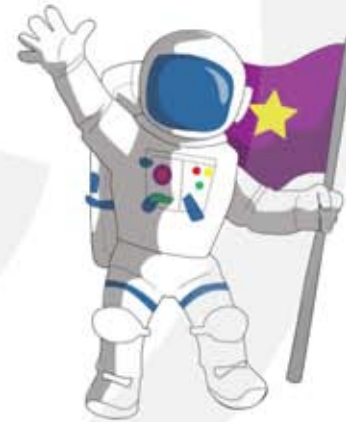
c Bereken hoever Janneke de expander met 4 veren kan uitrekken.

12**** Een astronaut neemt een spiraalveer mee naar de maan en hangt er een steen van 5,0 kg aan. De veer rekt 20 cm uit. De valversnelling op de maan is $1,62 \text{ m/s}^2$.

a Bereken de veerconstante van de veer.

Terug op aarde hangt de astronaut dezelfde steen aan dezelfde veer.

b Bereken de uitrekking van de veer op aarde.



13**** Je hangt een blokje van 200 gram aan een spiraalveer en meet daarna dat de uitgerekte veer een lengte heeft van 25 cm. Je verwijdt het blokje en hangt een nieuw blokje van 500 gram aan de veer. Die krijgt dan een lengte van 40 cm.

a Welke lengte krijgt de veer als je er een blokje van 800 gram aan hangt?

b Bij welke massa krijgt de veer een lengte van 70 cm?

14**** Je hangt een blokje van 90 g aan een veer die hierdoor een lengte krijgt van 22,5 cm. Daarna voeg je een blokje van 60 g toe, waardoor de veer 27,5 cm lang wordt.

a Bereken de veerconstante.

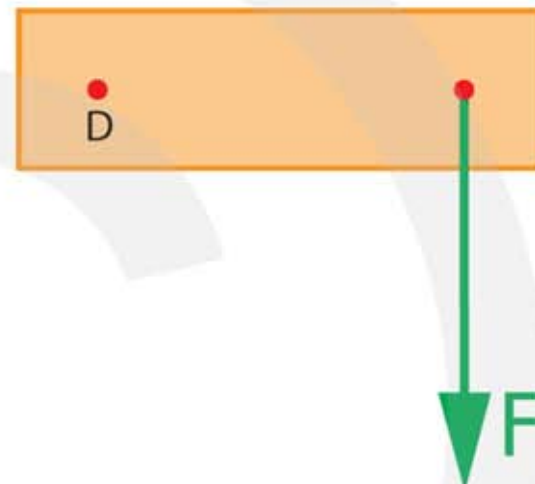
b Bereken de lengte van de veer als er geen blokje aan hangt.

c Bereken de lengte van de veer als er in totaal 240 g aan hangt.

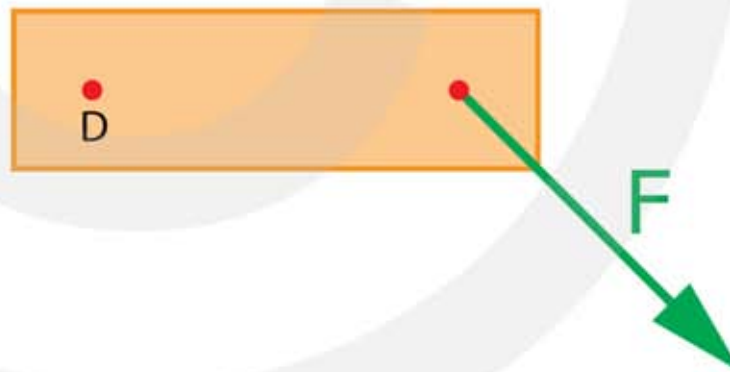
3.6 De momentenwet (hefboomwet)

- 1*
- a Wat wordt er bedoeld met de arm van een kracht?
 - b Wat is de eenheid van de arm van een kracht ?
 - c Wat is het moment van een kracht?
 - d Wat is de eenheid van het moment van een kracht ?

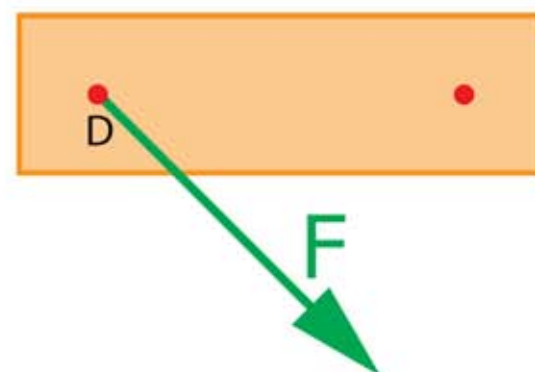
- 2*
- In de figuur zie je een balk. De balk kan draaien om punt D. Op de balk werkt een kracht van 50 N. De figuur is op schaal getekend.
- a Bepaal de arm van de kracht.
[Hint opmeten](#)
 - b Bereken het moment van de kracht.



- 3**
- In de figuur zie je een balk. De balk kan draaien om punt D. Op de balk werkt een kracht van 50 N. De figuur is op schaal getekend.
- a Bepaal de arm van de kracht.
 - b Bereken het moment van de kracht.

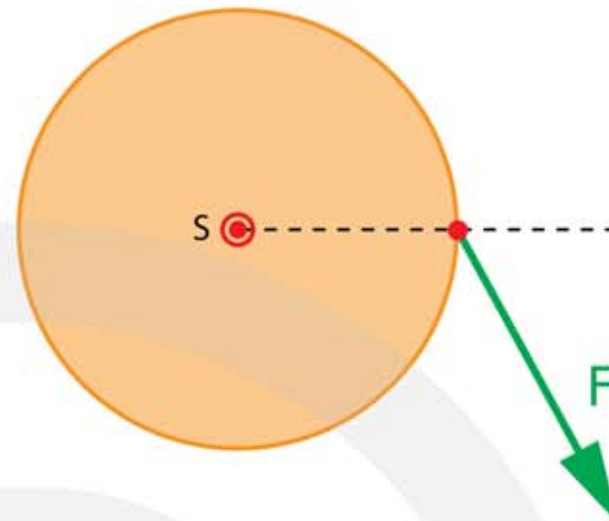


- 4*
- In de figuur zie je een balk met een lengte van 1,5 m. De balk kan draaien om punt S. Op de balk werkt een kracht van 50 N. De figuur is op schaal getekend.
- a Bepaal de arm van de kracht.
 - b Bereken het moment van de kracht.



- 5**** In de figuur zie je een draaischijf. Op de draaischijf werkt een kracht van 8,0 N.

- Bepaal de arm van de kracht.
- Bereken het moment van de kracht.

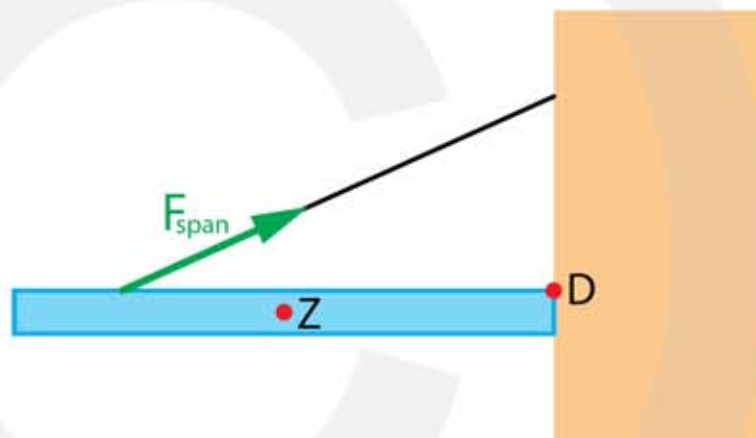


- 6**** In de figuur zie je een luifel die met een kabel aan een muur is bevestigd. De spankracht in de kabel is 5,0 kN. Punt D is het draaipunt. De figuur is 40 keer verkleind.

- Bepaal de arm van de spankracht.
- Bereken het moment van de spankracht.

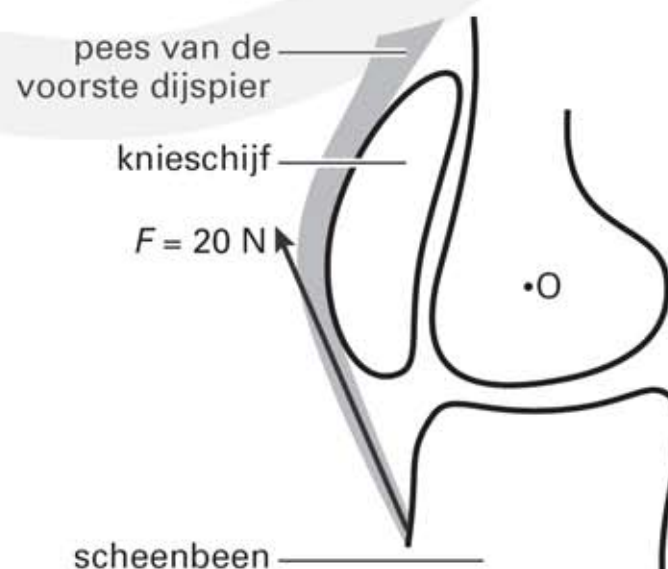
De zwaartekracht grijpt aan in het zwaartepunt Z.

- Bepaal de arm van de zwaartekracht.

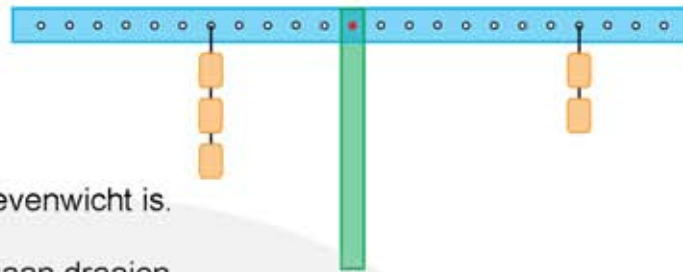


- 7**** Figuur 1 is een schematische tekening van een knie op ware grootte. Punt O in de figuur is het draaipunt van het kniegewricht.

- Bepaal met behulp van de figuur de arm van kracht F.
- Bereken het moment van de kracht ten opzichte van het draaipunt O.



- 8**** In de figuur zie je een balans.
De gaatjes zitten allemaal op
dezelfde afstand. De gewichtjes
hebben dezelfde massa.



- a** Leg uit waarom de balans niet in evenwicht is.
b Leg uit welke kant de balans zal gaan draaien.

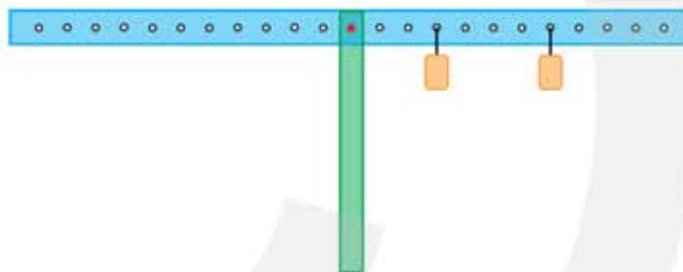
Door één gewichtje toe te voegen kun je de balans in evenwicht brengen.

- c** Aan welk gaatje moet dat gewichtje hangen?

Door twee gewichtjes toe te voegen kun je de balans ook in evenwicht brengen.

- d** Aan welke gaatjes moeten de twee extra gewichtjes hangen?

- 9**** In de figuur zie je een balans.
De gaatjes zitten allemaal op
dezelfde afstand. De gewichtjes
hebben dezelfde massa.



Je moet de balans in evenwicht
brengen door aan de linkerkant
één gewichtje toe te voegen.

- a** Aan welk gaatje moet dat gewichtje hangen?

Je kunt de balans ook in evenwicht brengen door twee gewichtjes toe te voegen. Je hangt het eerste gewichtje aan het gaatje helemaal aan de linkerkant.

- b** Aan welk gaatje moet je het tweede gewichtje hangen?

- 10***** Marika en Timo zitten op een wipwap. Aan de
kant van Marika raakt de wipwap de grond. Zie
figuur.

Marika denkt dat dit komt omdat ze zwaarder is
dan Timo.

- a** Kan zij daarin gelijk hebben?

Timo beweert dat dit komt omdat Marika dicht
bij het draaipunt zit.

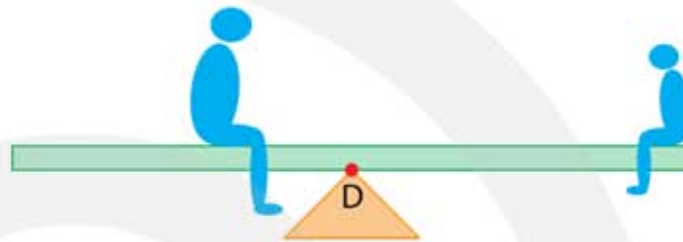


b Kan hij daarin gelijk hebben?

Marika weegt 32 kg en zit op 1,5 m van het draaipunt. Als Timo op 1,7 m van het draaipunt gaat zitten is de wipwap in evenwicht.

c Hoeveel weegt Timo?

- 11***** Opa Piet zit met zijn kleindochter Yara op een wipwap. Opa weegt 80 kg en Yara weegt 35 kg. Omdat opa zwaarder is gaat hij dichterbij het draaipunt zitten dan Yara. De afstand van Yara tot het draaipunt is 2,0 m.

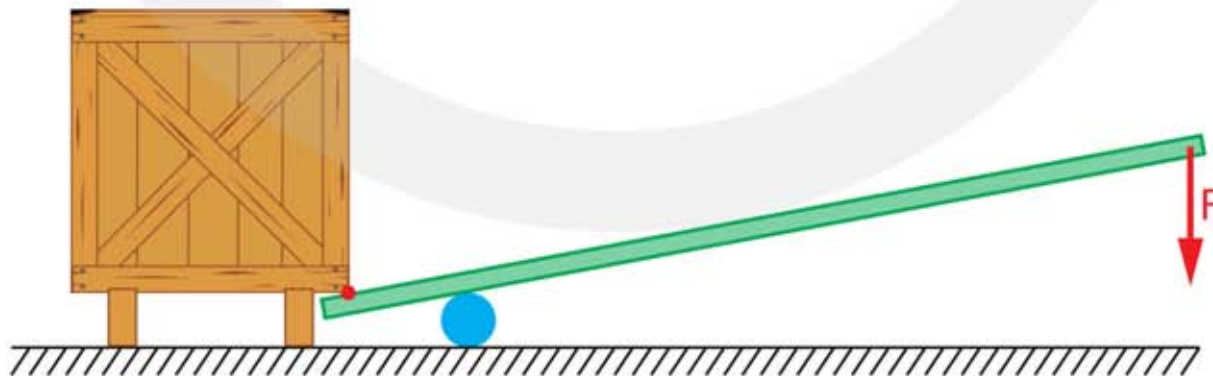


a Hoever van het draaipunt moet opa gaan zitten om de wipwap in evenwicht te houden?

Broer Alwin wil ook meedoen en gaat 30 cm voor Yara zitten. Alwin weegt 40 kg.

- + **b** Hoever van het draaipunt moet opa Piet nu gaan zitten om de wipwap in evenwicht te houden?

- 12***** Om een kist aan één kant op te tillen gebruik je een hefboom. Zie figuur. De figuur is 20 keer zo klein als de werkelijkheid. Je oefent een kracht van 240 N naar beneden uit. Het aangrijpingspunt van de kracht op de kist is met een rode stip aangegeven. De kist heeft een massa van 300 kg.



a Waar ligt het draaipunt van de hefboom? **HINT** dat is niet het draaipunt van de kist

b Hoe groot is de kracht op de kist?

c Hoeveel kracht moet je minimaal gebruiken om de kist aan één kant op te tillen?

13*** Flesopener 1

In de figuren 1 en 2 zie je twee flessenopeners waarmee je de kroonkurk van een fles kunt halen. Je schuift de rand van de flessenopener onder de kroonkurk en wipt daarna de dop van de fles met een omhoog gerichte kracht.



Figuur 1



Figuur 2

a Leg uit met welke van de twee flessenopeners je de minste kracht hoeft te zetten.

Bij de opener van figuur 1 heb je een kracht van 20 N nodig om een fles te openen.

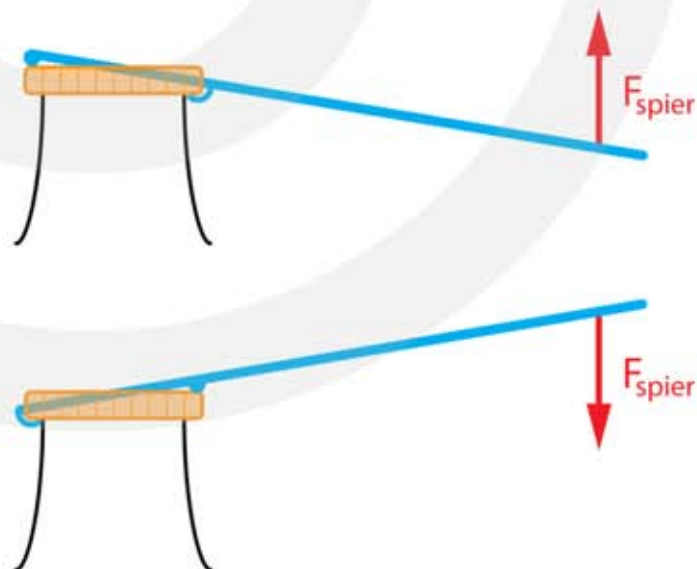
b Bepaal hoeveel kracht je bij de flessenopener van figuur 2 nodig hebt.

HINT bepaal eerst de armen

14*** Flesopener 2

In de figuur zie je schematisch twee verschillende soorten flessenopeners. Bij de bovenste flessenopener moet je een kracht omhoog zetten om de fles te openen en bij de onderste opener een kracht omlaag, zie figuur.

Bij de onderste opener moet je meer kracht gebruiken om een fles te openen dan bij de bovenste.



a Leg uit waarom dit het geval is. Teken hiertoe eerst het draaipunt in beide figuren.

Bij de bovenste opener heb je een kracht van 15 N nodig om de fles te openen.

b Bepaal hoeveel kracht je bij de onderste flesopener nodig hebt.

HINT bepaal eerst de armen

15*** Steeksleutel

In de figuur zie je een verstelbare steeksleutel, een zeskantige moer (blauw) en het uiteinde van een schroef (oranje). De groene stip in het midden van de schroef is het draaipunt. In de figuur is de werkelijkheid 1,5 keer verkleind weergegeven.



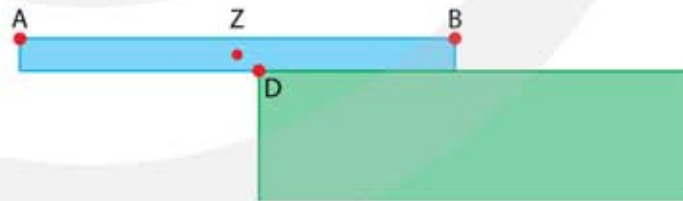
Op de steeksleutel oefen je een kracht van 120 N recht naar beneden uit. De moer komt dan nog niet in beweging.

- a Draai je met deze kracht de moer los of vast?
- b Hoe groot is het moment van deze kracht?

De rode stippen zijn de aangrijpingspunten van de krachten die de moer op de steeksleutel uitoefent. Deze krachten staan loodrecht op het contactoppervlak.

- c Hoe groot is de kracht die de moer bij een rode stip op de steeksleutel uitoefent?

- ### 16****
- Een balk met een lengte van 1,6 m en een massa van 5,0 kg wordt alleen aan de rechterkant ondersteund. Het draaipunt D is aangegeven. Het zwaartepunt Z ligt in het midden van de balk.



- a Bereken of deze balk in evenwicht is.

De afstand van A tot D is 90 cm. Je kunt de balk in evenwicht houden door in B een kracht uit te oefenen.

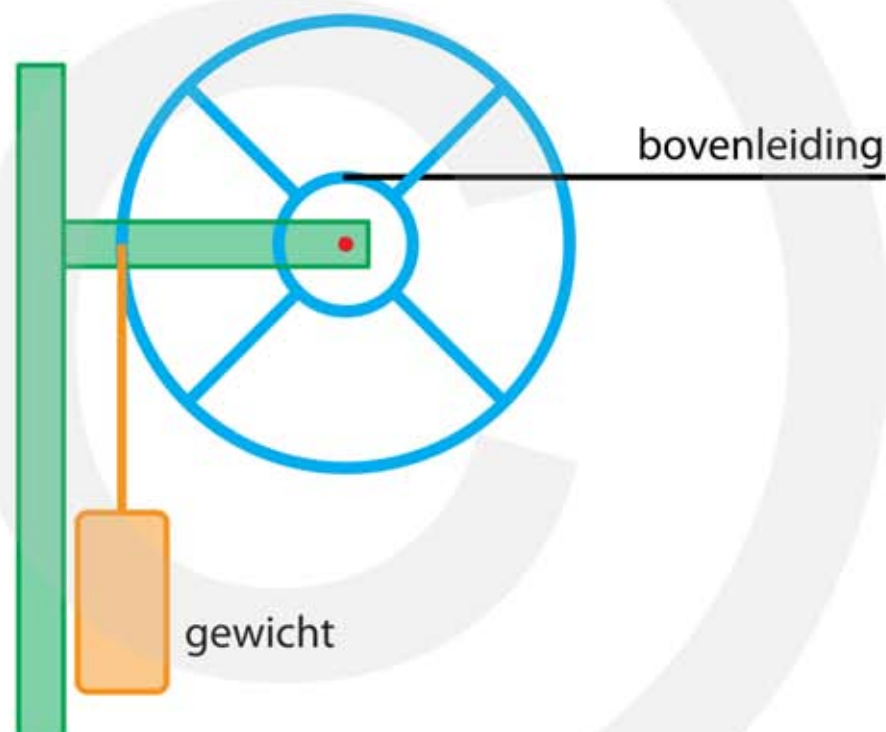
- b Leg uit of deze kracht in B naar boven of naar beneden moet zijn gericht.
- c Bereken de kracht die in B moet worden uitgeoefend om de balk in evenwicht te houden.

Je kunt de balk ook in evenwicht houden door een kracht in A uit te oefenen.

- d Leg uit of deze kracht in A naar boven of naar beneden moet zijn gericht.
- e Bereken de kracht die in A moet worden uitgeoefend om de balk in evenwicht te houden.

17*** Bovenleiding

Om bij een spoorlijn de bovenleiding te spannen wordt een gewicht opgehangen aan een constructie met twee aan elkaar vastgemaakte wielen. Door de zwaartekracht op het gewicht ontstaat er een spankracht in de bovenleiding. Zie figuur 1.



Figuur 1

- a Leg uit op de spankracht groter, kleiner of gelijk is aan de zwaartekracht op het gewicht.

Het betonnen gewicht heeft een massa van 500 kg.

- b Bereken de spankracht in de bovenleiding.

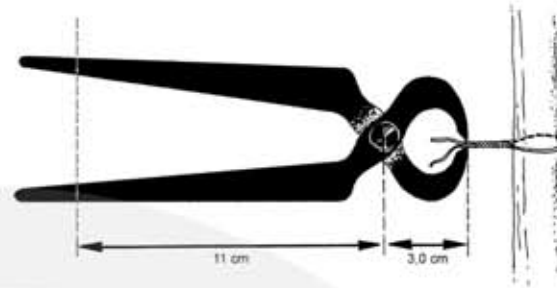
Er is een nieuw model spantoestel. De schijf waar het gewicht aan gemonteerd zit, is groter. Het kleine wiel is even groot, de rest van de constructie is hetzelfde.

- c Wat gebeurt er door deze verandering met de kracht in de bovenleiding?
 - A De kracht in de bovenleiding blijft gelijk.
 - B De kracht in de bovenleiding wordt groter.
 - C De kracht in de bovenleiding wordt kleiner.

18*** Nijptang

Met een nijptang kan ijzerdraad in elkaar gedraaid worden en vervolgens afgeknipt. Van deze situatie staat in figuur 1 een schematische tekening.

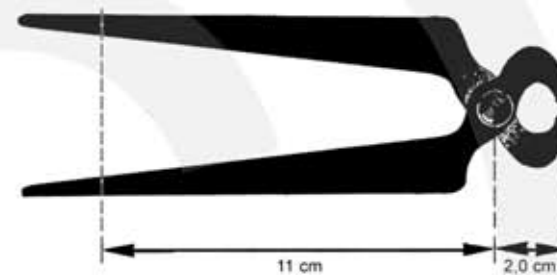
De hand oefent bij de linker stippellijn een kracht van 40 N uit maar dat is niet genoeg om het ijzerdraad door te knippen.



Figuur 1

- a Bereken met behulp van de gegevens uit de figuur hierboven de kracht die de bek op het ijzerdraad uitoefent.

Je kunt ook een nijptang gebruiken met een kleinere bek. Zie figuur 2. De hand oefent ook nu bij de linker stippellijn een kracht van 40 N uit.

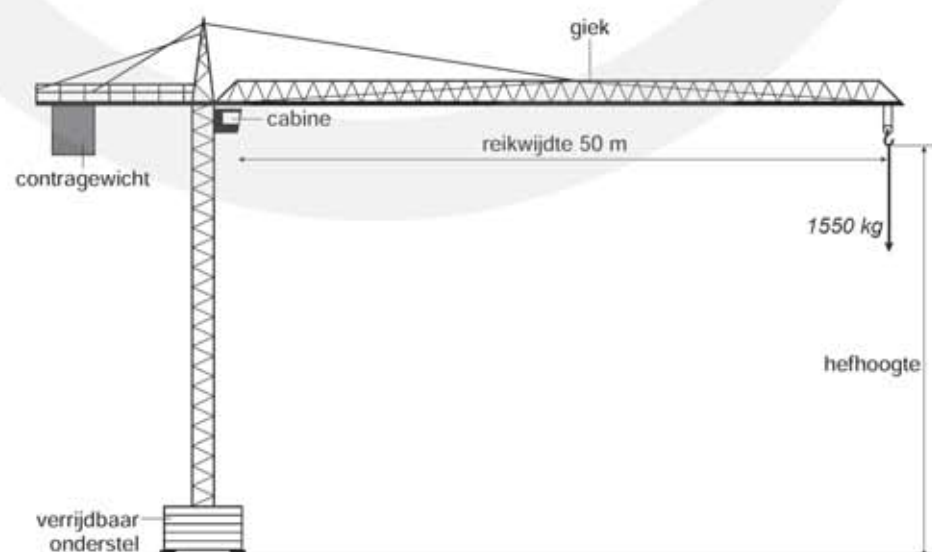


Figuur 2

- b Leg uit of de kracht van de bek op het ijzerdraad nu groter of kleiner is dan bij de bovenste tang.
- c Bereken het verschil in kracht van de bek op het ijzerdraad bij deze twee nijptangen als in beide gevallen er 40 N aan de linkerkant wordt uitgeoefend.

19*** Torenkraan

Een veelvoorkomende soort kraan is de torenkraan. Zie figuur 1. Hij wordt vaak gebruikt op bouwplaatsen om zware voorwerpen te verplaatsen.



Figuur 1

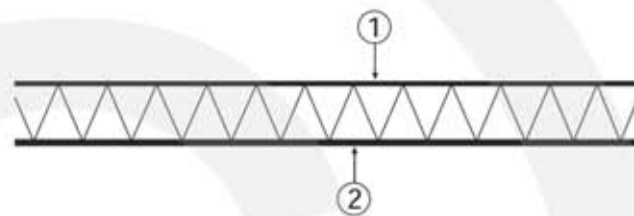
Bij de maximale reikwijdte van de giek mag een vracht van 1550 kg aan de katrol hangen. Om het geheel in evenwicht te houden hangt aan de andere kant een contragewicht op een veel kleinere afstand van de cabine.

- a Leg uit of in deze situatie de massa van het contragewicht kleiner, gelijk of groter is dan 1550 kg.

Op de giek is met bordjes de afstand tot de cabine aangegeven. Bij een afstand van 14,4 meter is het maximale gewicht 60000 N.

- b Bereken hoe groot het maximale gewicht is bij een afstand van 20 m.

De giek is opgebouwd uit metalen buizen die onderling verbonden zijn door stangen. Deze constructie maakt de giek geschikt voor de grote trek- en duwkrachten die er kunnen optreden. Hieronder staat een zijaanzicht getekend van de giek terwijl er een vracht aan de katrol hangt.



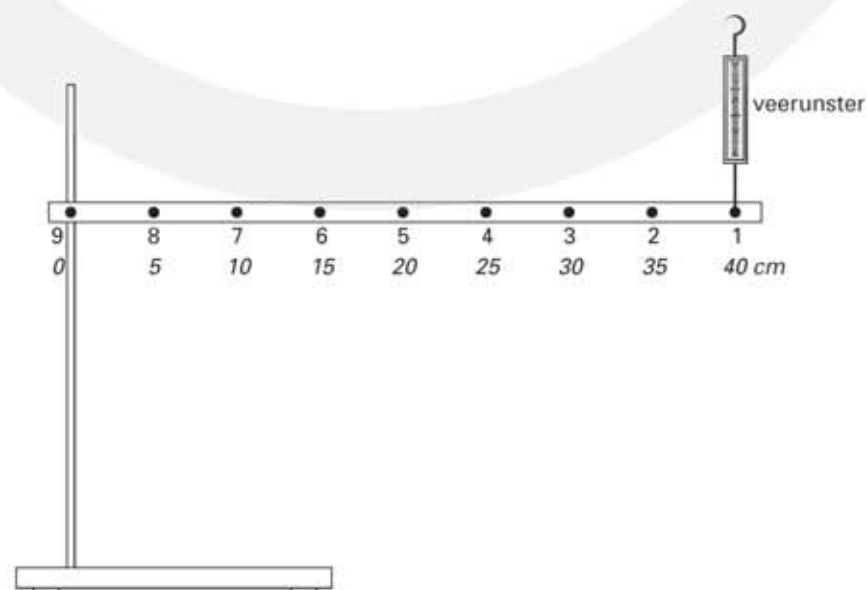
Figuur 2

Op een buis kan een trekkracht of een duwkracht staan.

- c Leg uit of er een trekkracht of een duwkracht staat in de buizen 1 en 2.

20*** Hefbomen

Jaap en Anneke onderzoeken of de afstand van de veerunster tot het draaipunt invloed heeft op de kracht die de veerunster aanwijst. Ze gebruiken hiervoor de opstelling zoals getekend in figuur 1.



Figuur 1

Ze gebruiken een aluminium strip met gaatjes. Ze hangen de strip aan één kant draaibaar op bij gaatje nummer 9. Ze doen de veerunster in de verschillende gaatjes. Steeds meten ze de kracht die nodig is om de strip horizontaal te houden. De metingen zijn weergegeven in de tabel:

nummer van het gaatje	1	2	3	4	5	6	7
afstand tot draaipunt (in cm)	40	35	30	25	20	15	10
kracht (in N)	0,85	1,0	1,2	1,5	1,8	2,5	3,7

a Maak een grafiek van deze metingen.

Jaap trekt een conclusie uit de metingen. Hij zegt dat de kracht van de veerunster ongeveer tweemaal zo groot wordt, als je de afstand tot het draaipunt de helft maakt.

b Toon aan met behulp van één rekenvoorbeeld uit de metingen dat Jaap gelijk heeft.

Uit de tabel (en ook uit de grafiek) kun je de grootte van de zwaartekracht op de strip bepalen.

c Bepaal de grootte van de zwaartekracht op de strip.

d Bereken de grootte en richting van de kracht in het draaipunt (bij gaatje 9) op de strip in de getekende situatie.

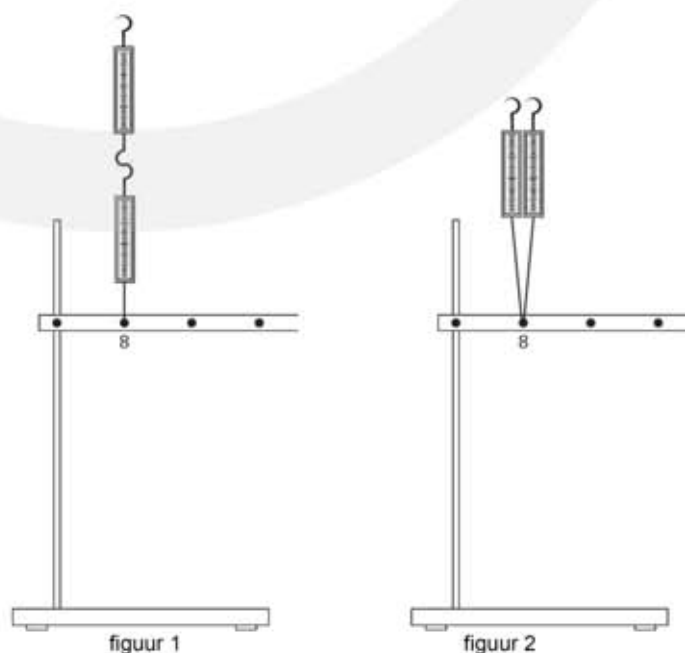
Jaap en Anneke hebben bij gaatje 8 geen meting gedaan. Dit komt omdat de kracht in dat geval groter is dan de grootste waarde van 5 N die de veerunster kan meten.

e Laat door een berekening zien dat deze waarde niet gemeten kan worden met deze veerunster.

Om de kracht wel te kunnen meten willen ze twee veerunsters gebruiken die elk 5 N kunnen meten. Ze kunnen de veerunsters op twee verschillende manieren vast maken in gaatje 8. Zie figuur 2.

f Leg uit in welke situatie de kracht in gaatje 8 gemeten kan worden?

Figuur 2



3.6 Kracht en versnelling

Eerste wet van Newton

- 1* a Formuleer de eerste wet van Newton in je eigen woorden.
- b Formuleer de tweede wet van Newton in je eigen woorden.
- c Formuleer de derde wet van Newton in je eigen woorden.
- 2* Je houdt een bowlingbal van 3,0 kg vast zonder te bewegen.
- a Bereken de zwaartekracht op de bowlingbal.
- b Bereken de kracht die je armspier uitoefent.
- c Hoe heet de kracht die je armspier uitoefent?



- 3* Vervolgens werp je de bowlingbal. Onderweg naar de pionnen heeft de bal een constante snelheid van 10 km/h.
- a Noem de krachten die onderweg op de bowlingbal werken.
- b Zijn er nu andere krachten in het spel dan bij vraag 2?



- 4** Aan het einde van de baan botst de bal tegen de pionnen, waardoor zijn snelheid afneemt.
- a Wat weet je van de grootte van de resulterende kracht als de bal door de pionnen wordt afgeremd?
- b Wat weet je van de richting van de resulterende kracht als de bal door de pionnen wordt afgeremd?



5*** Een kind speelt met een bal in een trein. Plotseling ziet ze de bal spontaan naar de achterkant van de wagon rollen.

a Geef hiervoor een verklaring.

Op een ander moment rolt de bal plotseling naar voren.

b Geef hiervoor een verklaring.

c Kan de bal ook spontaan zijwaarts gaan rollen? Verklaar je antwoord.

6** De ruimtesondes Voyager 1 en 2 zijn in 1977 gelanceerd met als doel om de gasplaneten Jupiter – Saturnus – Uranus – Neptunus en om daarna de buitenste regionen van ons zonnestelsel te onderzoeken. Intussen hebben de Voyagers ons zonnestelsel verlaten en bevinden ze zich in de interstellaire ruimte.



a Wat houdt hen in beweging?

Tweede wet van Newton

7*** Een auto met een massa van 1200 kg trekt in 5,0 s eenparig versneld op vanuit stilstand tot een snelheid van 72 km/h.

a Bereken de zwaartekracht op de auto.

b Bereken de normaalkracht op de auto.

c Bereken de resulterende kracht op de auto.



De auto rijdt met een constante snelheid verder. De motorkracht is nu 2500 N.

d Bereken de wrijvingskracht op de auto.

8*** Een kind op een slee heeft een totale massa van 40 kg. Vader trekt aan het touw dat aan de slee vast zit met een kracht van 50 N. Verwaarloos de wrijvingskracht.

a Hoe groot is de snelheid van de slee na 4,0 s?



- b Welke afstand heeft de slee na 4,0 s afgelegd?
- c Hoe groot is de normaalkracht die door de grond op de slee wordt uitgeoefend?

Met een snelheid van 5,0 m/s komt de slee op een gedeelte waar de wrijvingskracht 10 N is. Op dat moment laat vader het touw los.

- c Na hoeveel seconde staat de slee stil?
- d Hoeveel meter heeft de slee in deze tijd afgelegd?

- 9****** Een trein rijdt trekt in 5,0 minuten vanuit stilstand op tot hij een snelheid van 144 km/h heeft. De trein heeft een massa van 360 ton. De wrijvingskracht is 9,0 kN.

- a Hoeveel kracht levert de motor van de trein? **HINT** bereken eerst a en daarna ΣF

Als de trein met een snelheid van 144 km/h rijdt wordt de motor uitgezet.

- b Hoeveel minuten rijdt de trein door voor hij tot stilstand komt?
- c Hoeveel kilometer rijdt de trein door voor hij tot stilstand komt?



- 10****** Een vrachtauto maakt een noodstop, waarbij zijn snelheid in 20 seconde afneemt van 90 km/h tot 36 km/h. De vrachtauto heeft een massa van 20 ton. (een ton is 1000 kg)

- a Bereken de kracht die de remmen uitoefenen op de vrachtauto.
- b Is de remkracht naar voren of naar achteren gericht?

De remweg van een lege vrachtauto is kleiner dan die van een beladen vrachtauto.

- c Leg uit waarom dit het geval is.



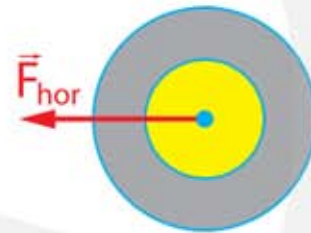
- 11****** Een halter, waarmee een gewichtheffer oefent, heeft een massa van 140 kg. De gewichtheffer tilt de halter op. Zie figuur 1.

Nadat hij de halter een aantal seconden omhoog heeft gehouden, gooit zij de halter in horizontale richting van zich af met een snelheid van 1,2 m/s. Voor het weggoien van de halter is gemiddeld een resulterende kracht in horizontale richting van 500 N nodig.

- a** Bereken de tijd die nodig is om de halter een snelheid van 1,5 m/s te geven.



Figuur 1



Figuur 2

In figuur 2 is de resulterende kracht op de stang van de halter op schaal getekend.

- b** Teken in figuur 2 de zwaartekracht op de halter.
- c** Teken in figuur 2 de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggoien.
- d** Bepaal de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggoien.

Je kunt deze kracht ook uitrekenen door gebruik te maken van de stelling van Pythagoras.

- e** Bereken de kracht die de gewichtheffer op de halter uitoefent tijdens het weggoien.

Derde wet van Newton

- 12***** Reus en Dwerg zijn aan het touwtrekken. Reus is veel sterker dan Dwerg maar kan volgens Dombo toch niet winnen. Dombo beweert: hoe hard Reus ook aan het touw trekt, het touw trekt altijd even hard terug. Reus kan het touw dus nooit naar zich toe trekken.

a Welke denkfout maakt Dombo?

Bij het volgende onderdeel van de wedstrijd staan Reus en Dwerg ieder op een drijvend vlot. Opnieuw gaan ze touwtrekken. Reus trekt veel harder aan het touw dan Dwerg, maar de slimme Dwerg heeft zijn vlot verzwaard met zandzakken, waardoor zijn vlot een grotere massa heeft dan het vlot van Reus.

b Wie van hen wint de wedstrijd?



- 13***** Bij een zeilwedstrijd denkt Slimbo te kunnen winnen door een ventilator in zijn boot mee te nemen om extra veel wind in de zeilen te blazen.

a Welke denkfout maakt Slimbo?

Slimbo draait vervolgens de ventilator naar achteren.

b Leg uit of hierdoor de boot gaat versnellen?

- 14***** Een parachutist met een massa van 80 kg daalt met een constante snelheid.

a Bereken de kracht die de parachute op de parachutist uitoefent. **HINT** dit is de normaalkracht

Plotseling scheurt de parachute en valt de parachutist met een versnelling van $8,0 \text{ m/s}^2$.

b Hoeveel kracht oefent de parachute nu uit op de parachutist?

c Hoe groot is de kracht die de parachutist op de parachute uitoefent?



3.7 Wrijving

- 1** Om twee ruwe oppervlakken over elkaar te verschuiven moet er een voldoende grote kracht worden uitgeoefend. Is de trekkraft kleiner F_{trek} kleiner dan $F_{W \text{ max}}$, dan komt het voorwerp niet in beweging.



- a Leg uit waarom een voorwerp niet in beweging komt als F_{trek} kleiner is dan $F_{W \text{ max}}$.

Bij het verschuiven is de maximale wrijvingskracht recht evenredig zijn met de normaalkracht.

- b Leg uit waarom dit het geval is.

- 2** Een ijshockey puck glijdt over het ijs en komt tot stilstand.

- a Leg uit waarom de puck tot stilstand komt.

Als de puck met dezelfde beginsnelheid wordt geslagen over een asfaltweg komt hij eerder tot stilstand.

- b Leg uit wat hiervan de oorzaak is.

Een puck komt met dezelfde beginsnelheid over ijs 10 keer verder dan over asfalt. De vertraging is constant.

- c Leg uit waarom de vertraging constant is.

- + d Bereken de verhouding tussen de maximale wrijvingskrachten van ijs en asfalt.



- 3*** Een boot van 800 kg ligt in het water. Iemand trekt aan de boot met een kracht van 100 N. De wrijvingskracht van het water op de boot is 40 N.



- a Bereken de versnelling van de boot

- b Bereken de afstand van de boot na 50 s.

- c Bereken de normaalkracht die door het water op de boot wordt uitgeoefend.

- 4***** Een bolvormige regendruppel met een straal van 1,0 mm ontstaat in een wolk die zich op 300 m hoogte bevindt. Tijdens zijn val ondervindt de druppel een wrijvingskracht die voor niet al te grote snelheden beschreven kan worden met de volgende formule:

$$F_w = 6\pi \cdot c \cdot r \cdot v$$

Hierin is r de straal van de druppel, v de snelheid en c een constante met de waarde $1,0 \cdot 10^{-3}$. Voor het volume V van een bol geldt: $V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3$

In eerste instantie beweegt de druppel versneld omlaag.

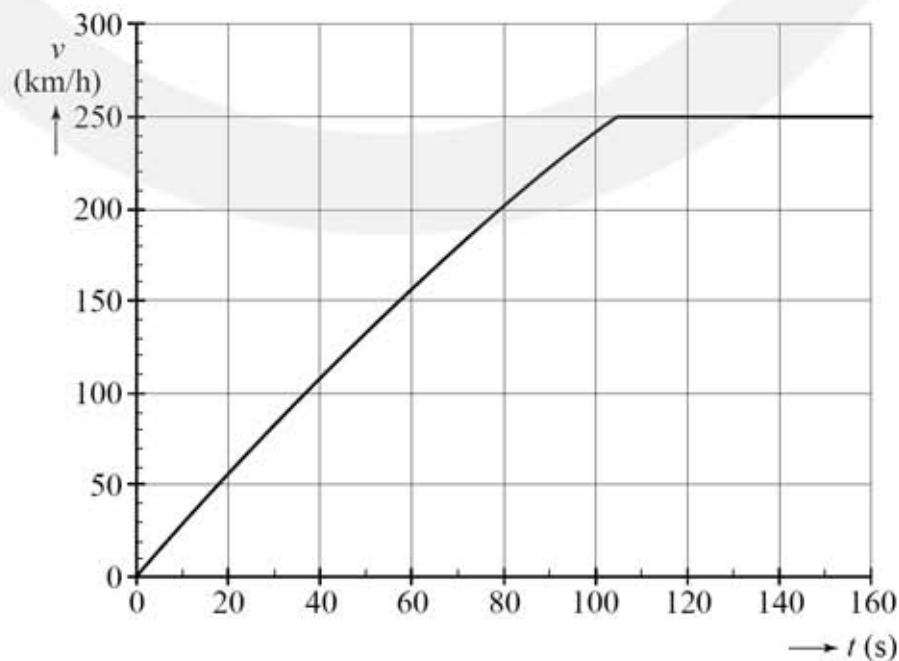
- Bereken de versnelling op het moment dat de druppel begint te vallen.
- Leg uit waarom de versnelling vervolgens afneemt en na enige tijd nul wordt.

Voor de massa van de waterdruppel geldt: $m = \rho \cdot V$ met ρ de dichtheid van water.

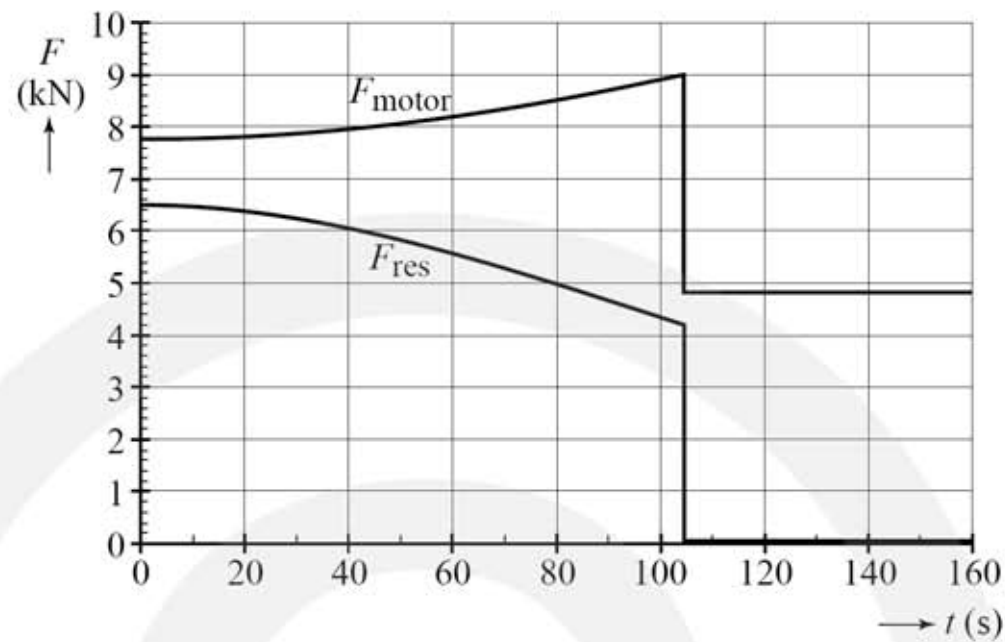
Gebruik: $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

- Bereken de massa van de waterdruppel.
- Bereken de snelheid waarmee de regendruppel de grond bereikt.

- 5***** Een trein trekt op uit stilstand. In figuur 1 is de snelheid van de trein tijdens het optrekken weergegeven. In figuur 2 zijn F_{motor} en F_{res} als functie van de tijd gegeven. De wrijvingskracht op de trein bestaat uit de constante rolwrijvingskracht $F_{W \text{ rol}}$ en de luchtweijvingskracht $F_{W \text{ lucht}}$ waarvan de grootte afhangt van de snelheid. Voor de trein geldt: $F_{W \text{ rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$. Na $t = 105 \text{ s}$ is de motorkracht constant.



Figuur 1



Figuur 2

a Leg uit hoe uit figuur 2 blijkt dat $F_{W\text{rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

De trein is zo ontworpen dat hij zo weinig mogelijk luchtweerstand ondervindt. Voor de luchtweerstandskracht $F_{W\text{lucht}}$ geldt de volgende formule:

$$F_{W\text{lucht}} = \frac{1}{2} c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

Hierin is:

- c_w de luchtweerstandscoefficiënt
- ρ de dichtheid van de lucht (in kg/m^3);
- A de frontale oppervlakte van de trein (in m^2);
- v de snelheid van de trein (in m/s).

De trein is 2,50 m breed en 1,70 m hoog. De dichtheid van de lucht is $1,2 \text{ kg/m}^3$.
 $c_w = 0,285$.

b Bepaal de luchtweerstandskracht als de trein zijn maximale snelheid heeft.

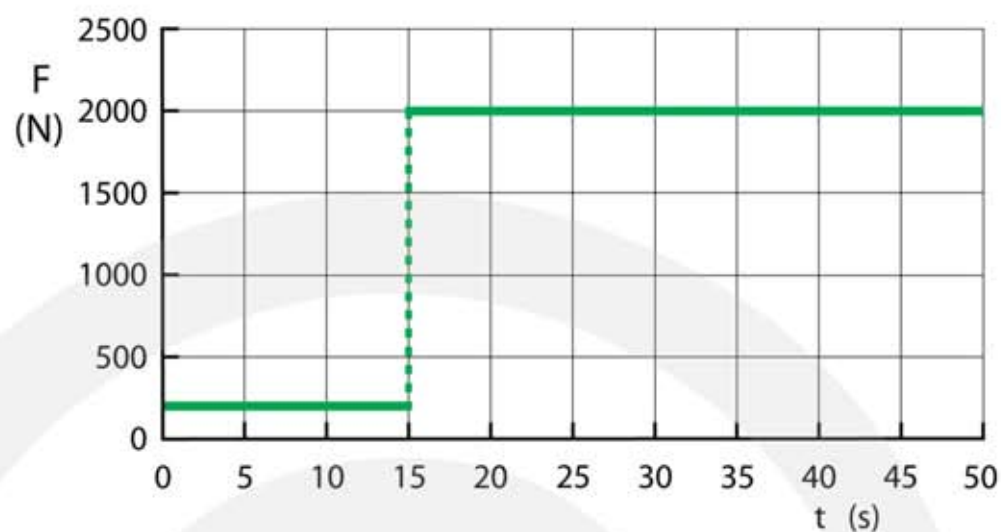
Bij $v = 250 \text{ km/h}$ is de snelheid constant en geldt: $\Sigma F = 0$.

c Controleer of het antwoord van vraag b overeenkomt met figuur 2.

6**** Op een lange vlakke rechte weg rijdt een auto met een constante snelheid. Op een zeker moment wil de chauffeur sneller gaan rijden en drukt daartoe het gaspedaal verder in. De kracht die de motor levert is, als functie van de tijd, weergegeven in figuur 1.

Op het tijdstip $t = 15 \text{ s}$ begint de auto te versnellen. De massa van auto met chauffeur is $1,00 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

Figuur 1

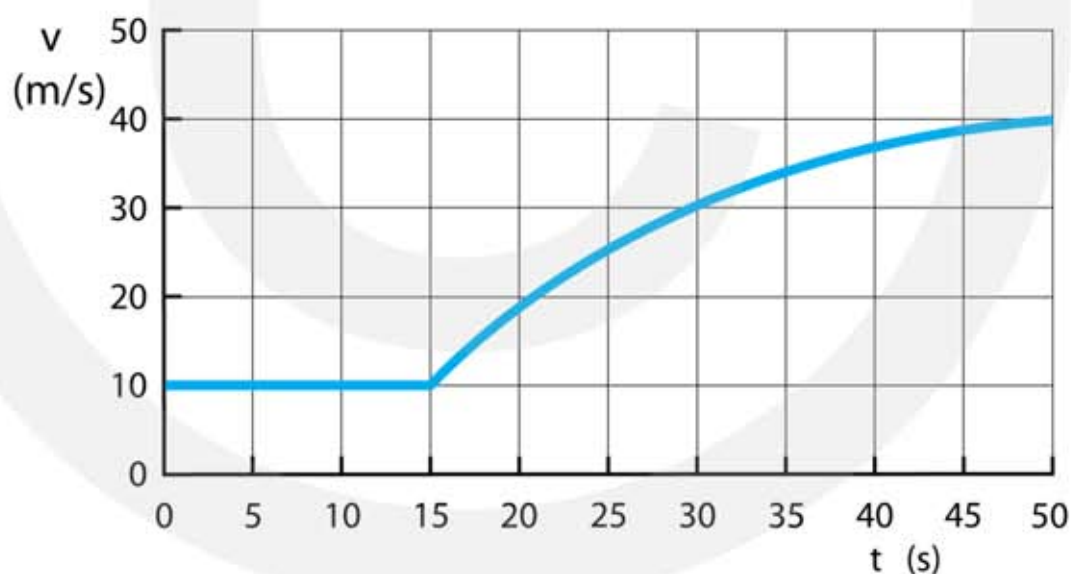


a Hoe groot is de weerstand die de auto vóór het versnellen ondervindt?

b Bepaal met behulp van figuur 1 de versnelling direct na $t = 15$ s.

De snelheid van de auto is als functie van de tijd weergegeven in figuur 2.

Figuur 2



c Leg uit hoe uit figuur 1 én 2 blijkt, dat de weerstand die de auto ondervindt vanaf $t = 15$ s voortdurend toeneemt.

d Bepaal met behulp van figuur 2 de totale weerstand die de auto op tijdstip $t = 35$ s ondervindt.

e Controleer of de figuren 1 en 2 met elkaar in overeenstemming zijn.

Na een bepaalde tijd wordt de snelheid constant.

f Leg uit waarom dit het geval is.

7**** Raceauto

Bij een Formule-1 raceauto leveren de motoren voldoende kracht om in 2,5 s van stilstand naar een snelheid van 100 km/h te versnellen. De raceauto is voorzien van vinnen en vleugels. Deze zorgen ervoor dat tijdens het rijden een aerodynamische kracht ontstaat die de wagen stevig tegen het wegdek drukt. Deze aerodynamische kracht is evenredig met de snelheid. Bij een snelheid groter dan 100 km/h wordt de raceauto hierdoor al zo hard tegen het wegdek gedrukt, dat hij zelfs in staat zou zijn om over een weg te rijden die tegen het plafond is aangelegd.

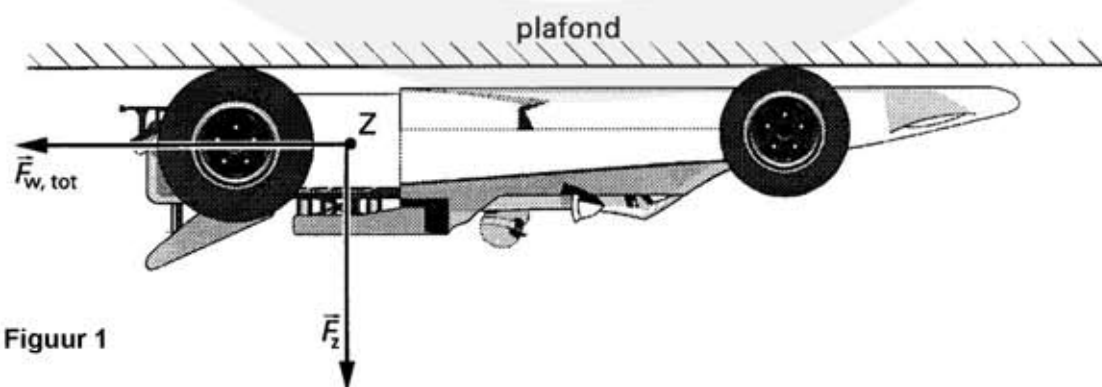
Een raceauto ondervindt tijdens het rijden naast luchtweerstand ook rolweerstand. De grootte van de rolweerstand is recht-evenredig met de normaalkracht en onafhankelijk van de temperatuur van de banden. Vlak voor het einde van de wedstrijd komt de raceauto na een slippartij even stil te staan. Er zit dan nog maar weinig brandstof in de tank.

Vanuit stilstand trekt de auto bij dezelfde motorkracht in minder dan 2,5 s op naar 100 km/h.

- a Geef twee redenen waarom de auto nu in kortere tijd kan optrekken naar 100 km/h.

We nemen aan dat bij een snelheid van 100 km/h de raceauto net in staat is over een weg te rijden die tegen het plafond is aangelegd. Bij een snelheid van 200 km/h is de aerodynamische kracht F_a op de raceauto 2,0 keer zo groot als bij 100 km/h.

In figuur 1 is een raceauto getekend die met 200 km/h over een weg langs het plafond rijdt. Het zwaartepunt Z, de zwaartekracht F_z en de totale weerstand $F_{w, tot}$ zijn al getekend.



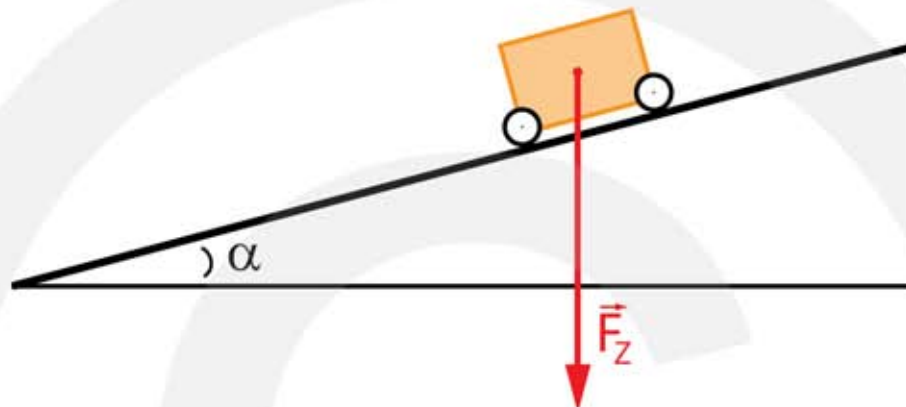
Figuur 1

- b Teken alle overige krachten die op de auto werken. Neem daarbij aan dat deze krachten in Z aangrijpen.

3.8 Krachten op een helling

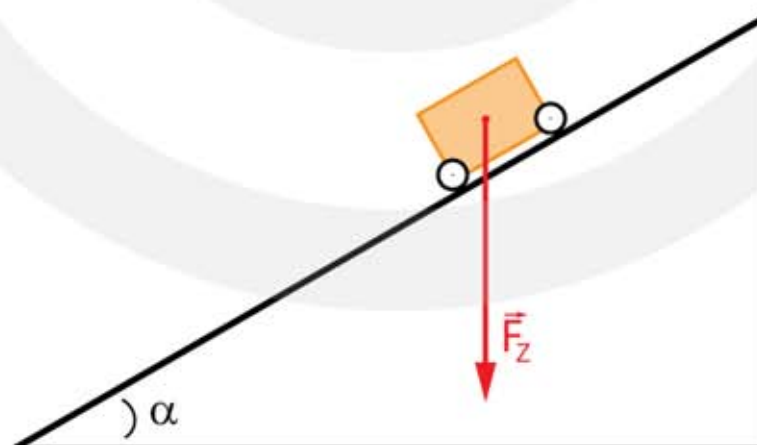
Helling zonder wrijving

- 1** In de figuur zie je een kar op een helling van 15 graden. De zwaartekracht op de kar is 150 N. De wrijvingskracht wordt verwaarloosd.



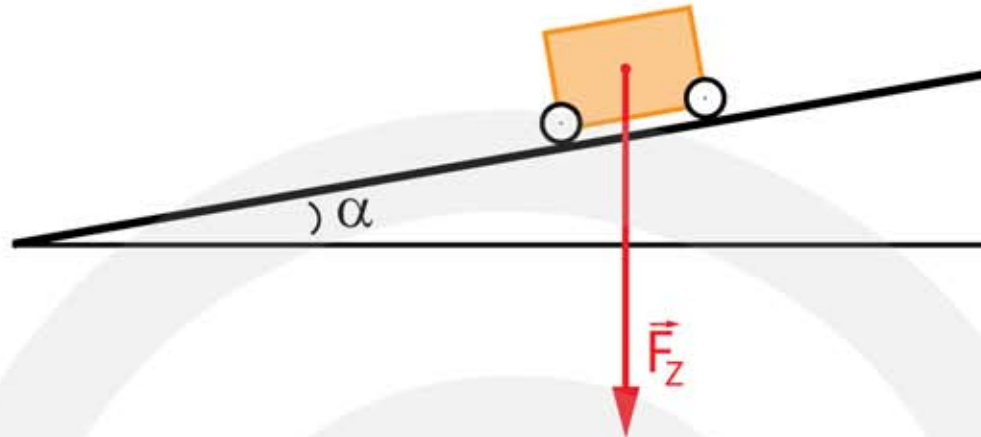
- a Teken de componenten van de zwaartekracht. F_{zx} is langs de helling naar beneden en F_{zy} is loodrecht op de helling naar beneden.
- b Bepaal de grootte van F_{zx} en van F_{zy} .

- 2** In de figuur zie je een kar op een helling van 30 graden. De zwaartekracht op de kar is 250 N. De wrijvingskracht wordt verwaarloosd.



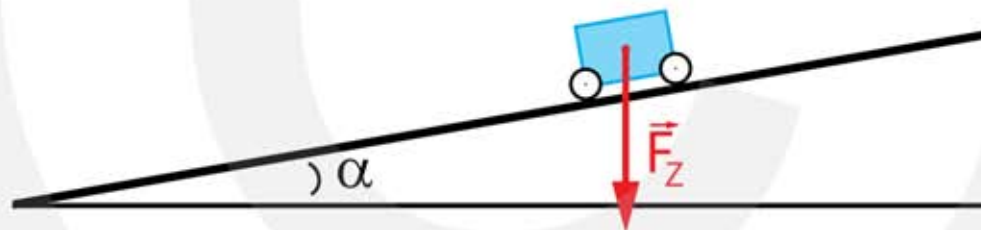
- a Teken de componenten van de zwaartekracht. F_{zx} is langs de helling naar beneden en F_{zy} is loodrecht op de helling naar beneden.
- b Bereken de massa van de kar.
- c Bereken de versnelling van de kar.

- 3** In de figuur zie je een kar van 12 kg op een helling van 10 graden. De wrijvingskracht wordt verwaarloosd.



- a F_{Zx} is de componenten van F_Z langs de helling naar beneden. Teken F_{Zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.
- b Bereken de versnelling van de kar.

In de figuur zie je een lichtere kar van 6,0 kg op dezelfde helling.



- c Teken F_{Zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.
- d Bereken de versnelling van de kar.

Uit de antwoorden op b en c volgt dat de versnelling voor beide karren hetzelfde is. Zonder wrijvingskracht is de versnelling langs de helling naar beneden onafhankelijk van de massa.

- e Leg uit waarom dit het geval is.

Op $t=0$ laten we de kar van 12 kg los. De helling heeft een lengte van 4,0 m.

- f Na hoeveel seconde is de kar beneden?
- g Welke snelheid heeft de kar onderaan de helling?

Op $t=0$ laten we de karren van 12 kg en van 6,0 kg tegelijkertijd los.

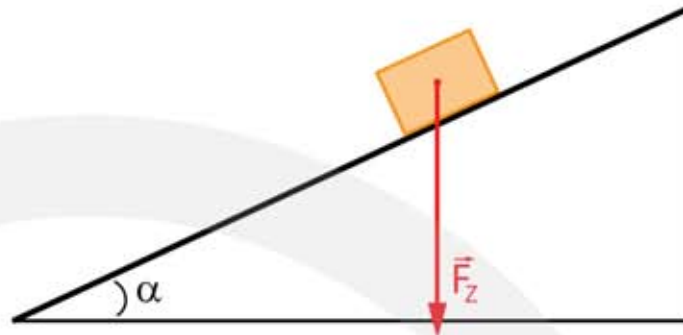
- h Welke kar is het eerste beneden?

Helling met schuifwrijving

- 4**** In de figuur zie je een blok van 5,0 kg op een helling van 25 graden. Het blok staat stil.

F_{zx} is de componenten van F_z langs de helling naar beneden.

- a** Teken F_{zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.



Op het blok werkt ook een wrijvingskracht.

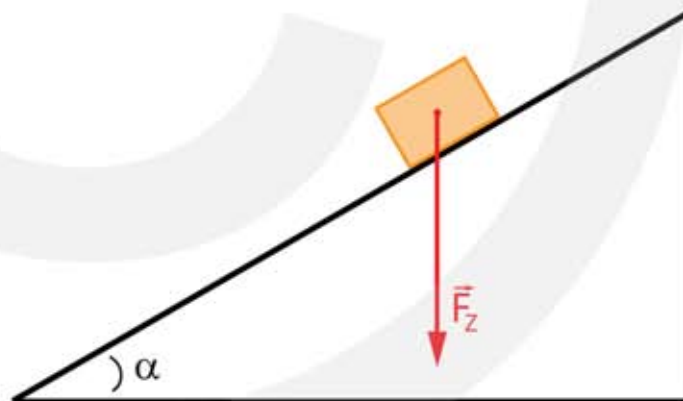
- b** Leg uit waarom dit het geval is.
c Bereken de grootte van de wrijvingskracht.

F_{zy} is de componenten van F_z loodrecht op de helling naar beneden.

- d** Teken F_{zy} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.

- 5***** In de figuur zie je een blok van 5,0 kg op een helling van 30 graden. Het blok heeft een constante snelheid. F_{zx} is de componenten van F_z langs de helling naar beneden.

- a** Teken F_{zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.



Op het blok werkt ook een wrijvingskracht.

- b** Leg uit waarom dit het geval is.
c Bereken de grootte van de wrijvingskracht.

F_{zy} is de componenten van F_z loodrecht op de helling naar beneden.

- d** Teken F_{zy} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.

Voor de schuifwrijvingskracht geldt: $F_{W\max} = f \cdot F_n$

- e** Wat is de eenheid van f ?

f Bereken f .

Bovenop het blok plaatsen we een tweede identiek blok van 5,0 kg. Zie figuur.

g Hoe groot is de zwaartekracht op deze blokken samen?

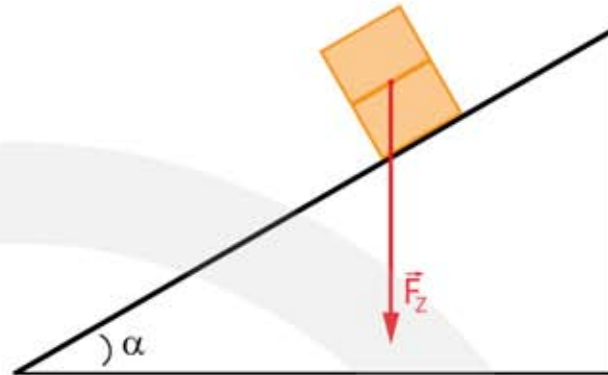
h Beredeneer hoe groot F_{zx} en F_{zy} nu zijn. Maak gebruik van je antwoorden op de vragen a en d.

i Beredeneer hoe groot F_n nu is.

In de formule $F_{W\max} = f \cdot F_n$ is f de wrijvingscoëfficiënt. Voor beide situaties (1 of 2 blokken) heeft f dezelfde waarde.

j Bereken $F_{W\max}$ voor de situatie met 2 blokken.

k Leg uit of de twee blokken met een constante snelheid of met een versnelling de helling af gaan.



6*** In de figuur zie je een blok van 12 kg op een helling van 45 graden. De maximale wrijvingskracht is 70 N.

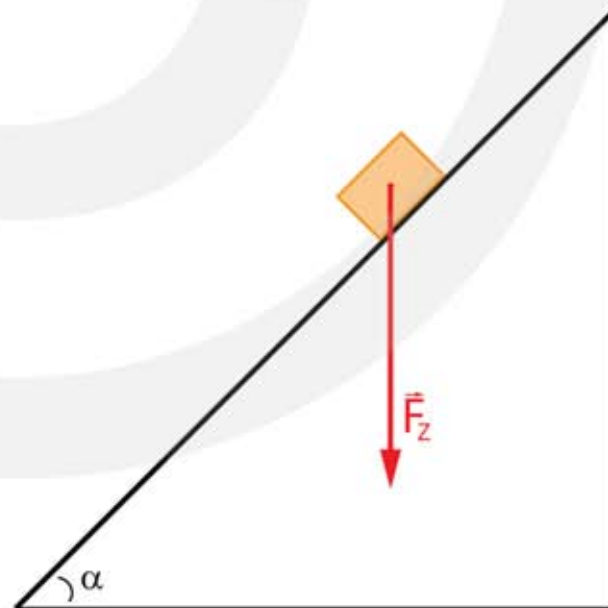
a Teken F_{zx} en bepaal hoeveel newton deze kracht is.

b Bereken de resulterende kracht langs de helling naar beneden.

c Bereken de versnelling van het blok.

De helling heeft een lengte van 8,0 m. Op $t=0$ wordt het blok bovenaan de helling losgelaten.

d Bereken wanneer het blok beneden is.



Een ander blok van 12 kg heeft een ruwere onderkant en krijgt daarom een kleinere versnelling. Dit blok heeft 10 seconde nodig om van boven naar beneden te glijden.

e Bereken de maximale wrijvingskracht $F_{W\max}$ van dit blok.

7*** In de figuur zie je een skiër die door een sleeplift met een constante snelheid omhoog wordt getrokken. De skiër weegt 58 kg. De schuifwrijvingskracht is 150 N.

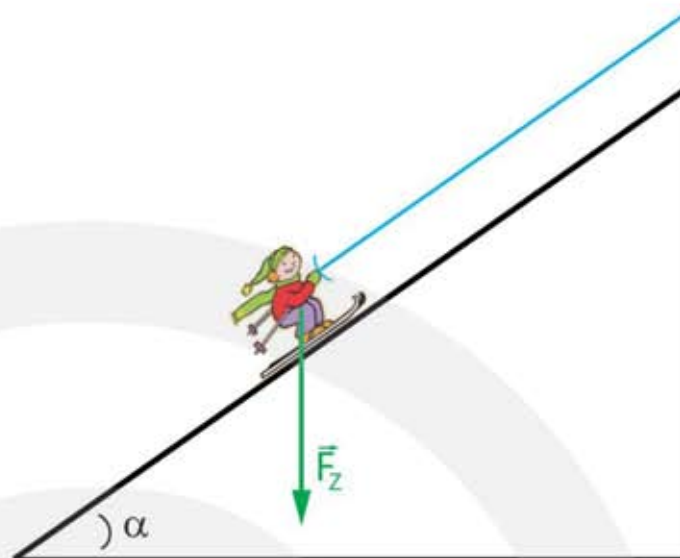
- a** Bepaal de spankracht in het touw.

Als de skiër bijna bovenaan is struikelt hij en laat hij de sleeplift los. De schuifwrijvingskracht wordt nu 250 N.

- b** Bereken de versnelling van de skiër als hij omlaag glijdt.

Om te zorgen dat hij niet verder naar beneden glijdt maakt de skiër de schuifwrijvingskracht groter.

- c** Bereken hoe groot de schuifwrijvingskracht minimaal moet zijn om tot stilstand te komen.



8*** In de figuur zie je een skiër van 65 kg die een berg af skiet. De schuifwrijvingskracht is 200 N.

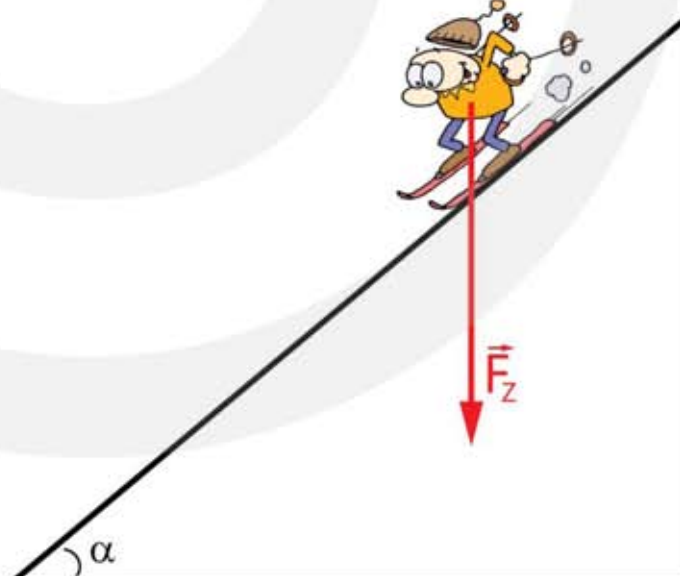
- a** Bepaal de versnelling van de skiër.

Tijdens het afdalen wordt de versnelling steeds kleiner.

- b** Leg uit waarom dit het geval is.

Na een tijdje krijgt de skiër een constante snelheid.

- c** Leg uit waarom dit het geval is.



Om te voorkomen dat de snelheid te groot wordt gaat de skiër niet recht maar schuin de helling af. Daarbij stapt hij steeds over van het ene op het andere been.

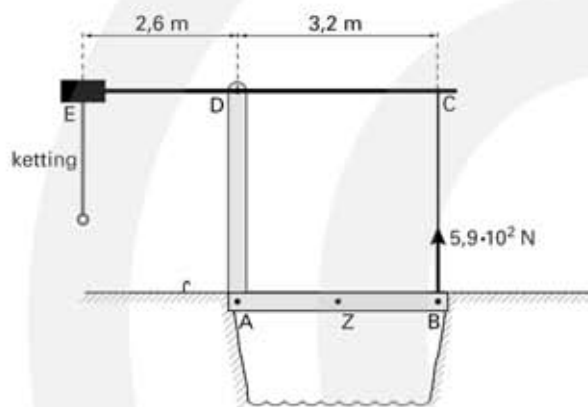
- d** Leg uit waarom de snelheid hierdoor kleiner wordt.

Examenvragen havo: Kracht

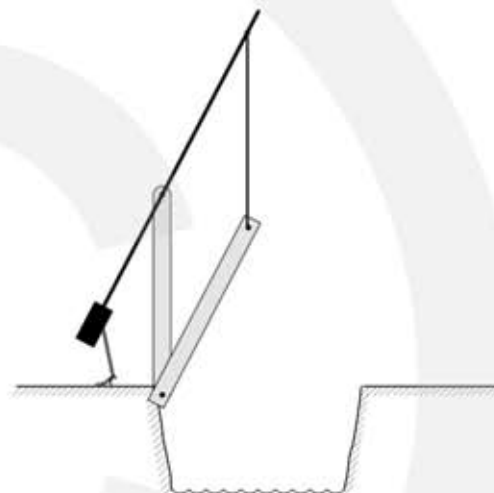
Krachten in evenwicht

Ophaalbrug

In Friesland zijn veel kleine vaarten. Over deze vaartjes liggen soms kleine ophaalbruggen. Sommige van deze bruggen zijn onbemand. Een watersporter die de brug wil passeren moet hem zelf openen door aan een ketting te trekken. In figuur 1 is de brug schematisch getekend. In deze figuur zijn enige afmetingen aangegeven. In figuur 2 is de brug in geopende stand getekend.



Figuur 1



Figuur 2

Het wegdek van de brug draait om punt A. Wrijvingskrachten in de scharnieren worden verwaarloosd. Om de brug te openen, oefent de kabel BC een minimale kracht van $5,9 \cdot 10^2 \text{ N}$ uit op het uiteinde van het wegdek (punt B). Het zwaartepunt van het wegdek bevindt zich midden tussen A en B. Zie figuur 1.

- 3p **a** Bepaal de massa van het wegdek van de brug.

Om de brug te openen trekt de watersporter aan de ketting in punt E. Aan het uiteinde E van de toplat EC is een extra massa aangebracht van 63 kg. De massa van de toplat zelf is te verwaarlozen. De toplat draait om punt D.

- 4p **b** Bepaal de grootte van de kracht waarmee de watersporter minstens aan de ketting moet trekken om de brug te openen.

Op het wegdek van de brug ligt een baksteen met een massa van 1,4 kg. Als de brug geopend wordt, schuift de baksteen bij een bepaalde stand van de brug met een constante snelheid langs het wegdek naar beneden. In die stand is de hoek die het wegdek maakt met het horizontale vlak 28° . Voor de component F_{zx} van de zwaartekracht langs het wegdek geldt: $F_{zx} = F_z \cdot \sin \alpha$, met in dit geval $\alpha = 28^\circ$.

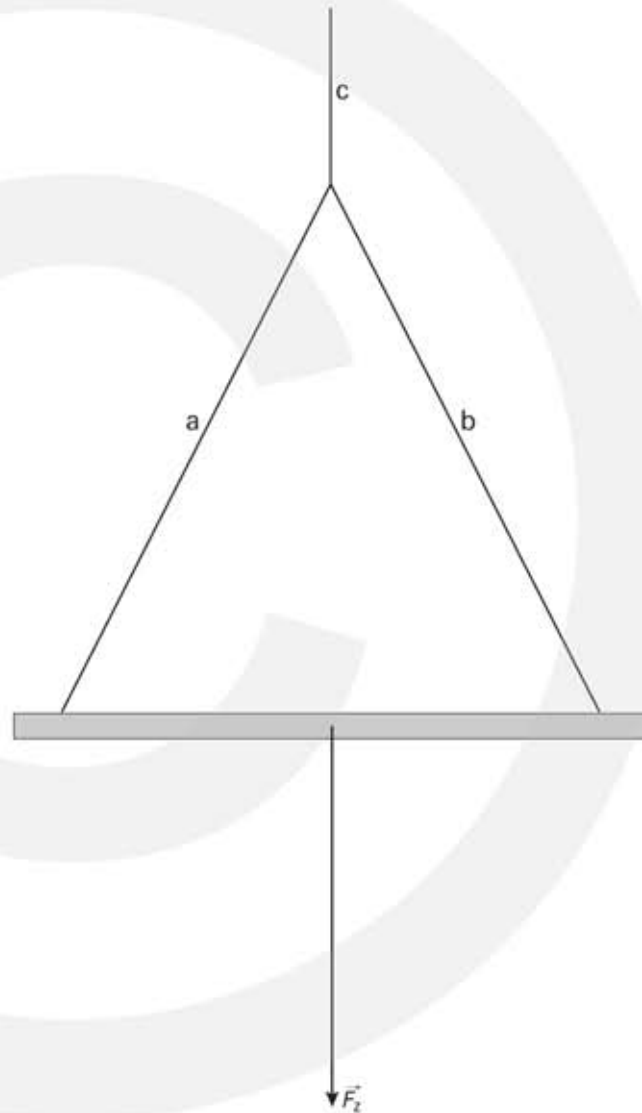
- 3p **c** Bereken de grootte van de wrijvingskracht tussen de baksteen en het wegdek.

Bouwkraan

Op de foto van figuur 1 is te zien hoe een stalen balk door een bouwkraan is opgehesen. De balk heeft een massa van 306 kg. Een deel van de foto is vereenvoudigd weergegeven in figuur 2. De kabels zijn symmetrisch aan de balk vastgemaakt. Dat betekent dat de spankrachten in de kabels a en b aan elkaar gelijk zijn. Kabel c loopt verticaal. Ga ervan uit dat de balk in de weergegeven situatie stil hangt.



Figuur 1



Figuur 2

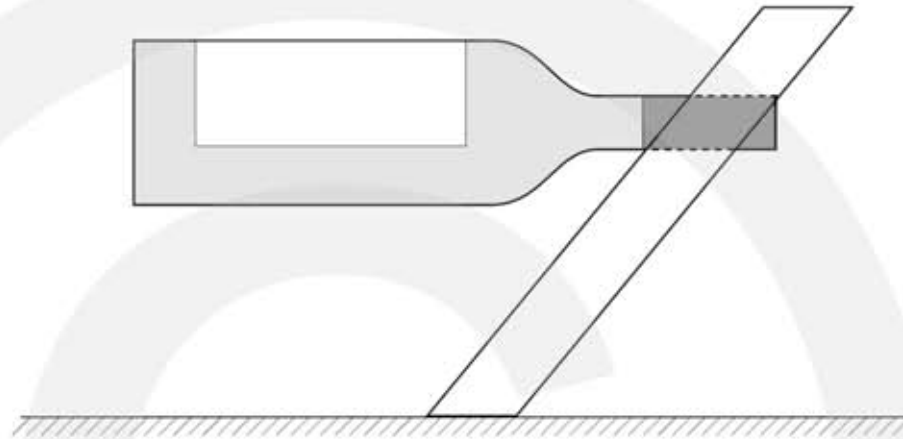
In die figuur is ook F_z van de zwaartekracht die op de balk werkt, getekend.

- 5p **a** Bepaal met behulp van een constructie in de figuur op de bijlage de grootte van de spankracht in kabel a, uitgedrukt in newton.

Fles in evenwicht

In cadeauwinkels tref je een flessenstandaard aan die in al zijn eenvoud toch een fascinerende indruk maakt. Het is een stuk perspex met een gat waarin de hals van een fles geschoven kan worden. Het stuk perspex kan met de fles in evenwicht worden neergezet. Het is dan niet nodig het perspex aan de ondergrond vast te maken. Zie figuur 1.

Figuur 1

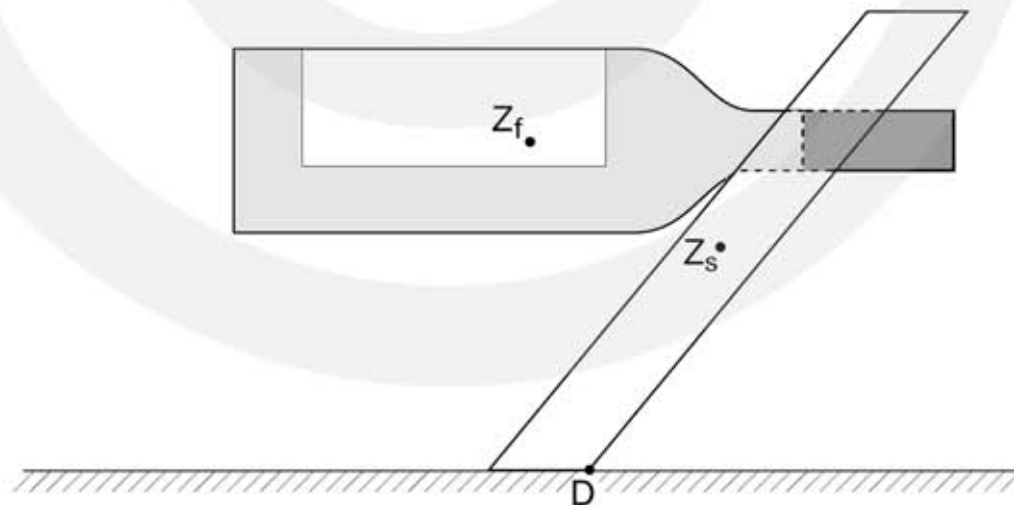


2p

- a Teken en arceer in figuur 1 het gebied waarin het zwaartepunt van het geheel zich moet bevinden opdat er evenwicht is.

De fles wordt nu zo ver in het gat geschoven dat de standaard op het punt staat naar rechts te kantelen. Zie figuur 2.

Figuur 2



Het zwaartepunt van de fles Z_f , het zwaartepunt van de standaard Z_s en het draaipunt D zijn daarin aangegeven. De figuur is op schaal. De massa van de standaard is 0,45 kg.

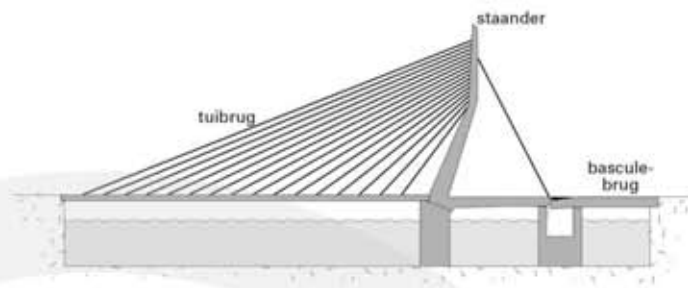
4p

- b Bepaal met behulp van figuur 2 de massa van de fles wijn.

Erasmusbrug

De Erasmusbrug in Rotterdam is in 1996 in gebruik genomen. Deze brug bestaat uit twee gedeelten: een tuibrug en een basculebrug. Zie figuur 1.

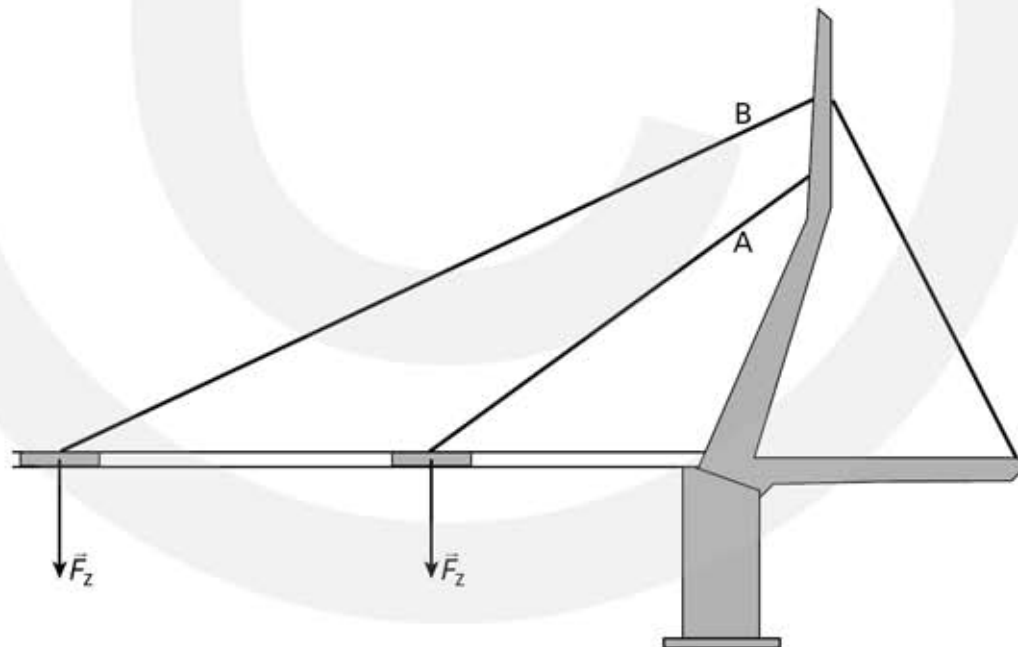
Figuur 1



Bij de tuibrug wordt het wegdek links van de staander omhooggehouden door 16 paren dikke kabels (tuien). Elk paar tuien houdt een even groot deel van het wegdek omhoog. De zwaartekracht op zo'n stuk wegdek bedraagt $2,75 \cdot 10^5 \text{ N}$.

- 3p **a** Bereken de totale massa van het wegdek links van de staander.

In figuur 2 is een schematische tekening op schaal gemaakt van een deel van de tuibrug. In deze figuur zijn de tuien A en B aangegeven; de andere tuien zijn niet getekend. De zwaartekracht op het stuk wegdek dat door één tui omhoog wordt gehouden, is ook aangegeven.

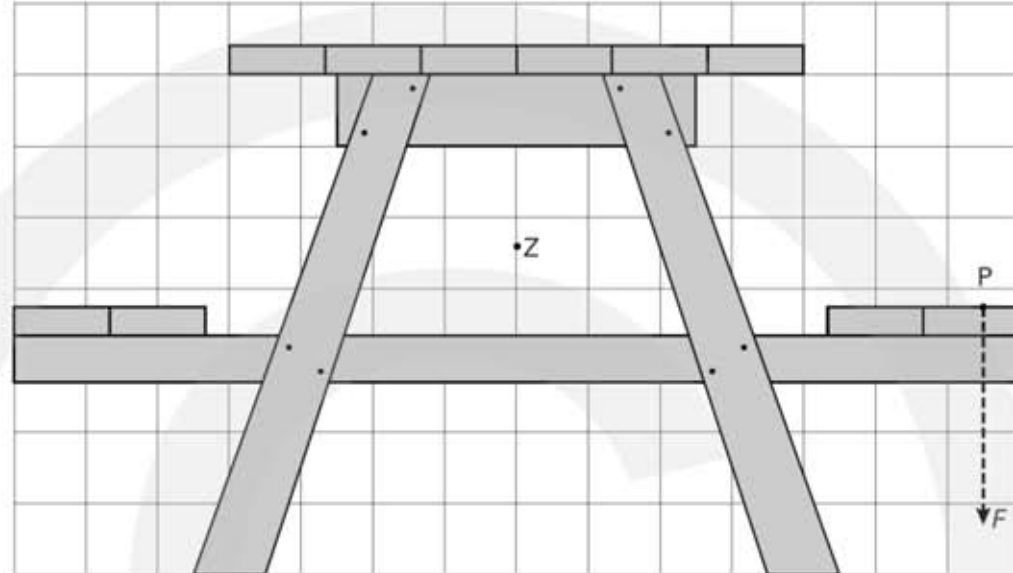


Figuur 2

- 4p **b** Construeer in figuur 2 de spankrachten in tui A en in tui B en bepaal welke van de twee spankrachten het grootst is.
- 3p **c** Bepaal de spankracht in tui B.

Picknicktafel

Op campings zie je wel eens houten picknicktafels die bestaan uit een tafel met twee banken eraan vast. In figuur 1 is een zijaanzicht van zo'n picknicktafel op schaal getekend.



Figuur 1

Als twee zware personen aan dezelfde kant gaan zitten, kan de picknicktafel gaan kantelen. Stel dat deze situatie zich voordoet. In figuur 1 is het aangrijpingspunt P en de richting van de kracht F die deze personen samen op de bank uitoefenen, aangegeven. In de tekening is ook de plaats van het zwaartepunt Z van de picknicktafel aangegeven. De massa van de picknicktafel is 60 kg.

- 4p **a** Bereken hoe groot de kracht F minstens moet zijn om de picknicktafel te laten kantelen.

Om het kantelen tegen te gaan, kunnen een paar personen op de andere bank gaan zitten. Romke en Frank discussiëren over deze situatie. Romke zegt: "Als op de linkerbank vier personen gaan zitten (de kracht op de linkerbank is dan gelijk aan $2F$), kantelt de picknicktafel naar links." Frank zegt: "Nee, om de picknicktafel naar links te laten kantelen, moeten links veel méér personen gaan zitten."

- 3p **b** Leg uit wie gelijk heeft.

Romke en Frank willen een picknicktafel ontwerpen van hetzelfde type als die in figuur 1. Hun picknicktafel zou, zonder hem vast te zetten in de grond, stabiel moeten zijn.

- 2p **c** Noem twee veranderingen die ze kunnen aanbrengen waardoor de picknicktafel stabiel wordt.

Krachten in het been

Hieronder zie je een foto van een meisje dat op de tenen van één voet balanceert. Het meisje staat stil. In figuur 1 is alleen het silhouet van het meisje getekend.

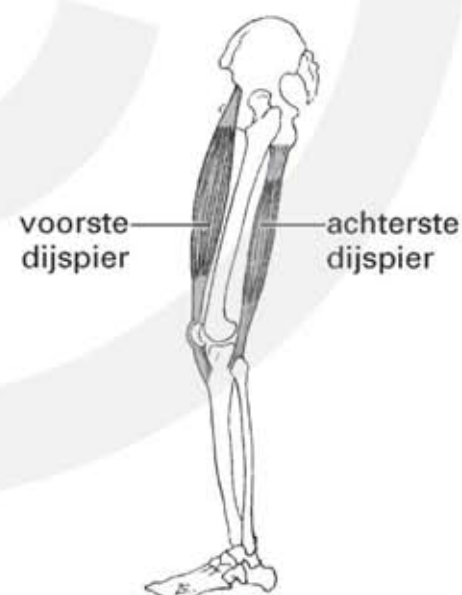


Figuur 1

In figuur 1 zijn de punten A, B, C en D aangegeven.

- 2p a Welke van deze punten is het zwaartepunt? Licht je antwoord toe.

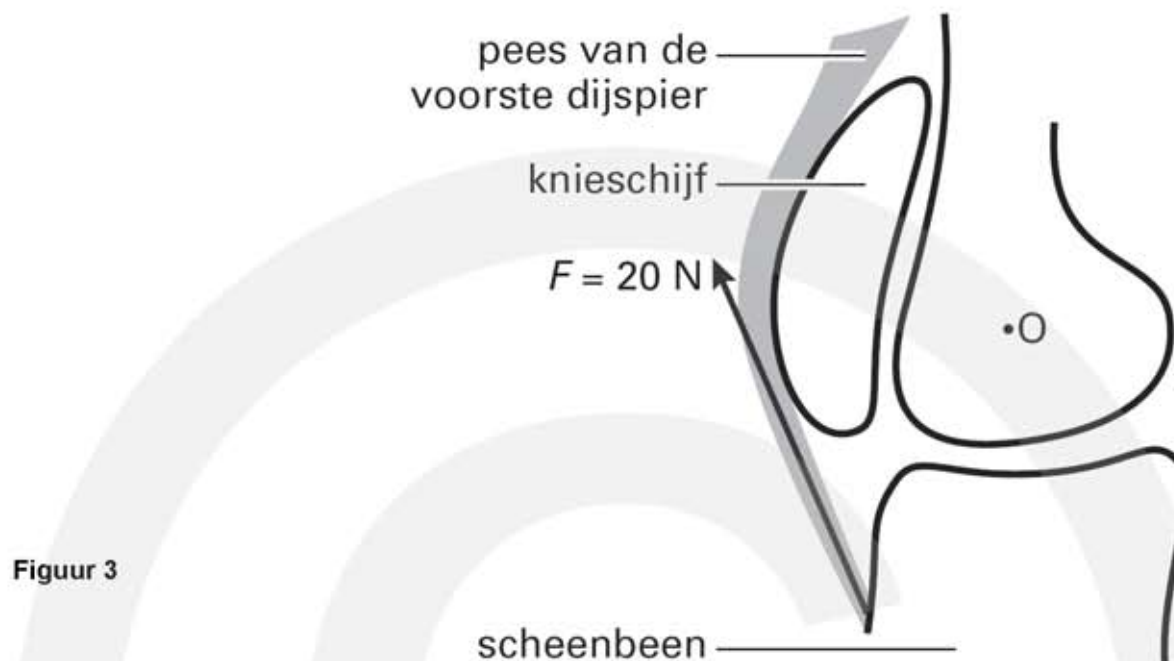
Het been waarop het meisje staat, is gestrekt; het andere been is gebogen. Figuur 2 is een anatomische tekening van een gestrekt been. Bij het bovenbeen zijn twee spieren aangegeven: de voorste dijspier en de achterste dijspier. Deze spieren zorgen voor het buigen en strekken van het been. Een spier oefent een kracht uit door zich samen te trekken.



- 1p b Welke van de twee spieren trekt zich samen bij het buigen van het been? Licht je antwoord toe.

Figuur 2

De beenspieren zijn via pezen met botten verbonden. De pees waarmee de voorste dijspier aan het scheenbeen vastzit, loopt over de knieschijf. Daardoor is het krachtmoment dat deze spier op het scheenbeen uitoefent extra groot. In figuur 3 is de situatie schematisch weergegeven. Punt O is het draaipunt van het kniegewricht. De kracht F van de pees op het scheenbeen is 20 N. Figuur 3 geeft het kniegewricht op ware grootte weer.



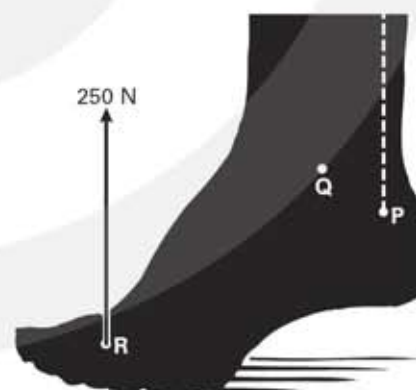
Figuur 3

- 4p c Bepaal met behulp van figuur 3 het moment van kracht F ten opzichte van punt O . Teken daartoe eerst de arm van kracht F .

In figuur 4 is de voet van het meisje op de foto op anatomische wijze getekend. Door de achillespees aan te spannen, houdt het meisje de voet in deze stand. In figuur 5 is het silhouet van de voet getekend.



Figuur 4



Figuur 5

De voet in evenwicht is te beschouwen als een hefboom met Q als draaipunt.

Voor deze hefboom zijn twee krachten van belang:

- Een kracht van 250 N , loodrecht omhoog in punt R . Dit is de kracht die de grond op de voet uitoefent. Deze kracht is even groot als en tegengesteld aan de zwaartekracht op het meisje.
- De kracht van de achillespees op de voet, loodrecht omhoog in punt P . De werklijn van deze kracht is met een stippellijn aangegeven.

- 3p **d** Bepaal met behulp van figuur 5 de grootte van de kracht van de achillespees op de voet.

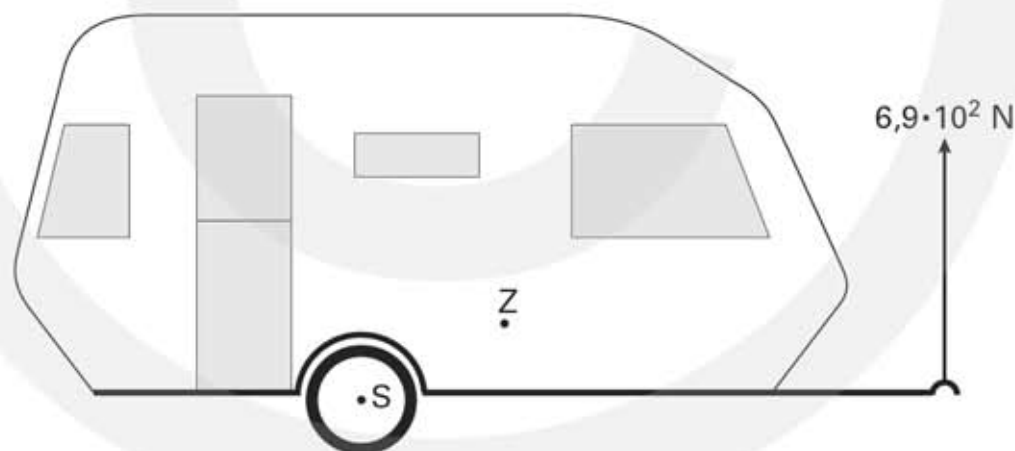
Behalve de twee hierboven genoemde krachten werkt er nog een derde kracht F_Q op de voet. Deze kracht grijpt aan in het draaipunt Q. F_Q vergelijken we met de zwaartekracht F_Z op het meisje. Eén van onderstaande mogelijkheden is juist:

- F_Q is kleiner dan F_Z
- F_Q is gelijk aan F_Z
- F_Q is groter dan F_Z

- 3p **e** Welke van deze mogelijkheden is juist? Licht je antwoord toe.

Caravan

Meneer Bouwsma heeft een caravan. Als deze aan zijn auto is gekoppeld, moet de caravan volgens de veiligheidsvoorschriften een kracht van $6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$ naar beneden op de trekhaak van de auto uitoefenen. Voordat hij de caravan vastmaakt, controleert hij de grootte van die kracht door met een sterke veerunster de lege caravan in evenwicht te houden. De veerunster geeft inderdaad een kracht van $6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$ aan. Zie figuur 1. In deze figuur zijn ook het draaipunt S en het zwaartepunt Z van de caravan aangegeven. De caravan is op schaal getekend.



Figuur 1

- 5p **a** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de massa van de lege caravan. Teken daartoe eerst de armen van de twee krachten die hierbij van belang zijn.

Als er bagage in de caravan is geladen, moet de kracht op de trekhaak nog steeds $6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$ zijn. Meneer Bouwsma denkt dat het zwaartepunt van de beladen caravan dan op dezelfde afstand van S moet liggen als het zwaartepunt van de lege caravan. Zijn buurman zegt dat het zwaartepunt van de beladen caravan dan dichterbij S moet liggen dan het zwaartepunt van de lege caravan.

- 3p **b** Wie van de twee heeft gelijk? Licht je antwoord toe.

Patiëntenlift

Om patiënten op te tillen, kan een patiëntenlift worden gebruikt. Zie figuur 1. In figuur 2 is de lift schematisch getekend in twee standen.



Figuur 1

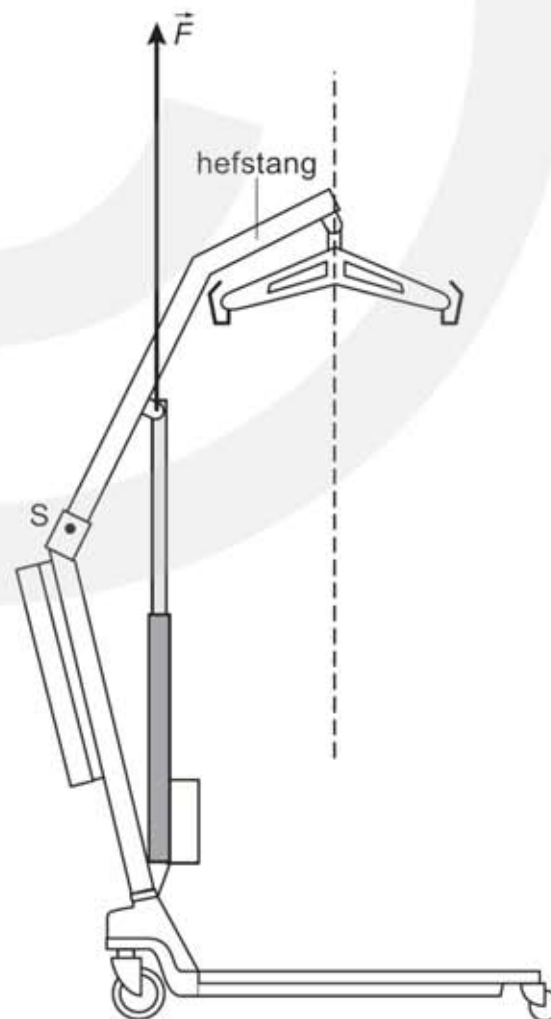
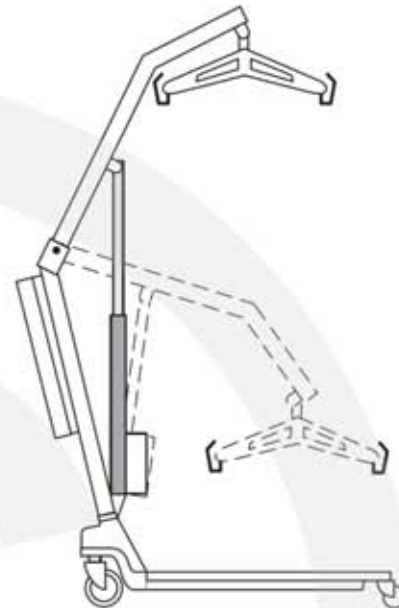
De lift tilt een patiënt met een massa van 85 kg in 33 seconde 120 cm omhoog.

- 2p **a** Bereken de gemiddelde snelheid waarmee de patiënt omhoog gaat.

In figuur 3 is de patiëntenlift nogmaals getekend met de hefstang in de hoogste stand. De tekening is op schaal. Punt S is het draaipunt van de hefstang. Neem aan dat er een patiënt in de lift zit met een massa van 78 kg. De werklijn van de zwaartekracht op de patiënt is gestippeld weergegeven. De hefstang wordt omhoog gehouden door kracht F . De massa van de hefstang mag worden verwaarloosd.

- 4p **b** Bepaal met behulp van figuur 3 de grootte van kracht F .

Figuur 2



Figuur 3

Bewegen op de maan

Op de maan kun je een stuk hoger springen dan op aarde omdat de valversnelling op de maan ($g_{\text{maan}} = 1,63 \text{ m/s}^2$) zes maal zo klein is als op aarde. Stel dat je op de maan loodrecht omhoog springt met een beginsnelheid van $3,0 \text{ m/s}$.

- 3p **a** Bereken hoe hoog je dan komt.

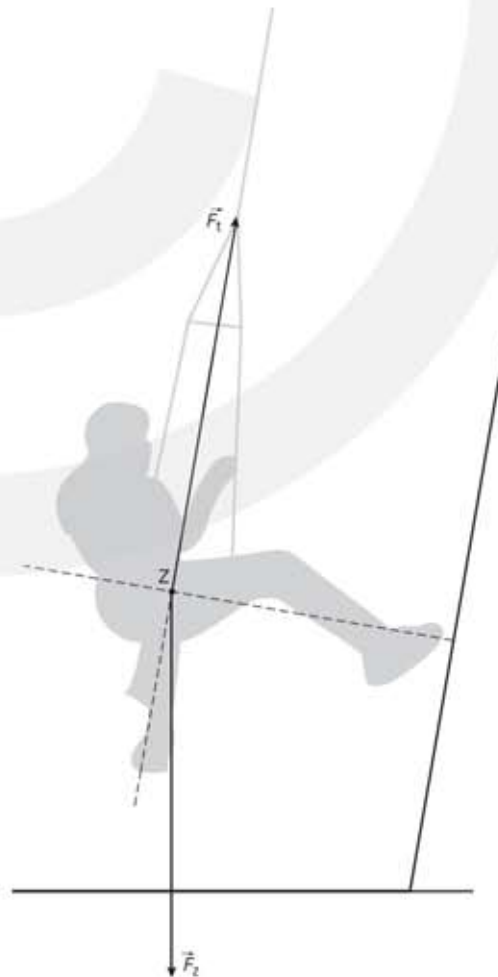
Op een science-tentoonstelling is een attractie gebouwd waarmee je kunt ervaren hoe een sprong op de maan voelt. Zie de foto van figuur 1. Een jongen in een klimvest dat aan een lang touw is bevestigd, zet zich af tegen een schuine wand die het maanoppervlak voorstelt.



Figuur 1

Als de jongen loskomt van de 'maan' beweegt hij langs een lijn loodrecht op de wand. In figuur 2 is een doorsnede van de situatie getekend. In deze figuur zijn in het zwaartepunt Z de zwaartekracht F_z op de jongen en de kracht van het touw F_t op de jongen getekend.

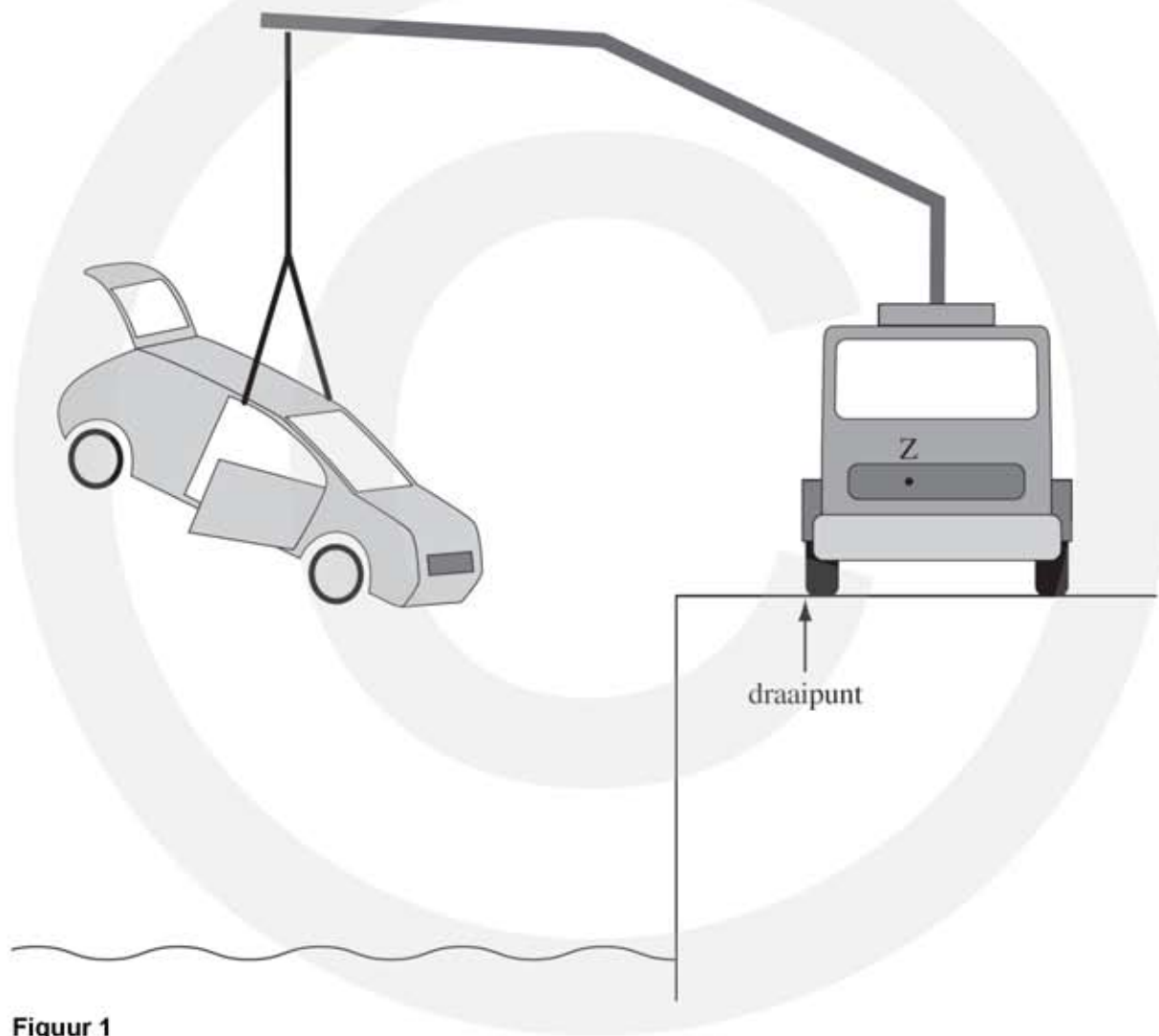
- 4p **b** Construeer in figuur 2 de resultante van F_z en F_t en leg aan de hand van de grootte en richting van deze resultante uit dat de jongen als het ware op de maan springt.



Figuur 2

Auto te water

Een takelwagen hijst een personenauto uit het water. Als de auto een stuk omhoog is gehesen begint de takelwagen te kantelen. Figuur 1 is de situatie waarin de takelwagen op het punt staat te kantelen schematisch weergegeven. Punt Z is nu het zwaartepunt van de takelwagen. Het zwaartepunt van de personenauto bevindt zich recht onder het ophangpunt van de kabel. In die figuur is ook het draaipunt aangegeven waaromheen de takelwagen gaat kantelen. De massa van de takelwagen is $7,9 \cdot 10^3$ kg.



Figuur 1

- 4p **a** Bepaal met behulp van de figuur 1 de (minimale) massa van de personenauto, inclusief het water in de personenauto.

Door het uitklappen van twee zijsteunen vlakbij de kadewand kan de takelwagen voorkomen dat hij gaat kantelen.

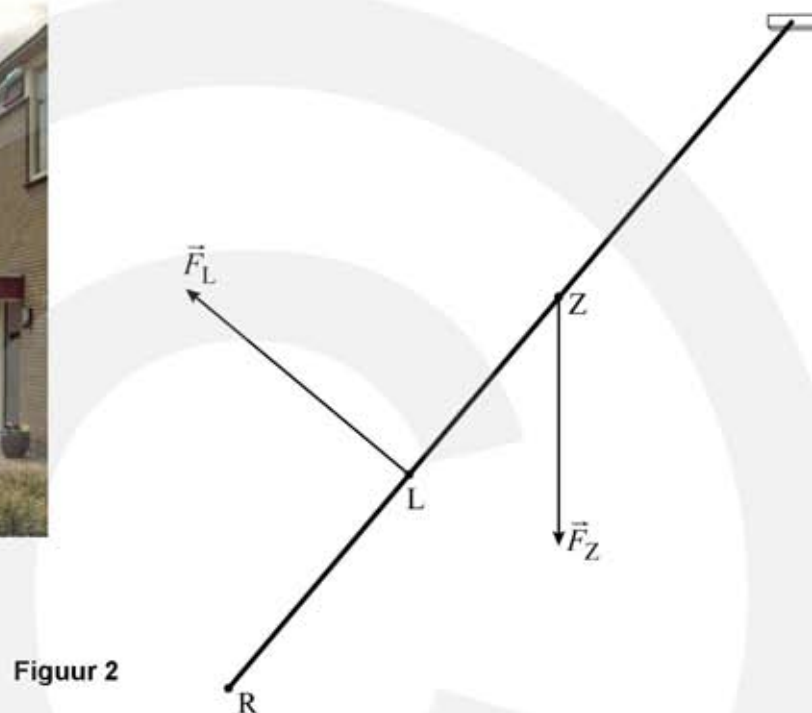
- 2p **b** Leg uit waarom.

Wassteel (aangepast)

Om de ramen op de eerste of tweede verdieping te wassen, kun je een zogenaamde wassteel gebruiken. Zie figuur 1. Een glazenwasser houdt de wassteel in evenwicht. De borstel aan het uiteinde rust nog niet tegen het raam. De wassteel en de borstel hebben samen een massa van 5,3 kg.



Figuur 1



Figuur 2

In figuur 2 is deze situatie schematisch getekend. Zowel de afmetingen in de figuur als de twee krachtpijlen zijn op schaal getekend. In die figuur zijn drie punten aangegeven:

- Het zwaartepunt Z van de wassteel (inclusief de borstel); in dat punt is de zwaartekracht $\vec{F}_Z$ op de steel als vector getekend.
- Het punt L waar de linkerhand van de glazenwasser de steel ondersteunt; in dat punt is de kracht $\vec{F}_L$ van de linkerhand op de steel als vector getekend.
- Het punt R waar de rechterhand van de glazenwasser de steel vasthoudt; dat punt kan als draaipunt worden beschouwd.

- 3p **a** Bereken de grootte van F_L .
- 2p **b** Teken op de uitwerkbijlage de armen van F_Z en F_L .
- 3p **c** Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan dat de som van de momenten ten opzichte van punt R nul is.

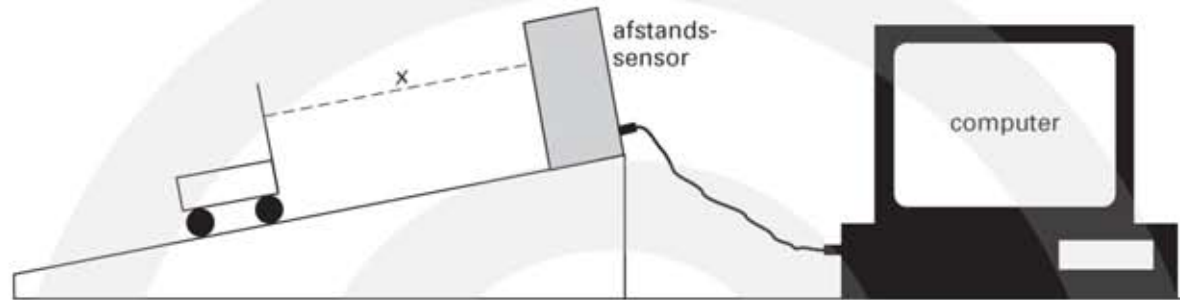
De glazenwasser houdt de wassteel stil in haar handen. De som van de krachten op de wassteel is daarom nul.

- 3p **d** Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de kracht $\vec{F}_R$ van de rechterhand op de steel in punt R.

Kracht en versnelling

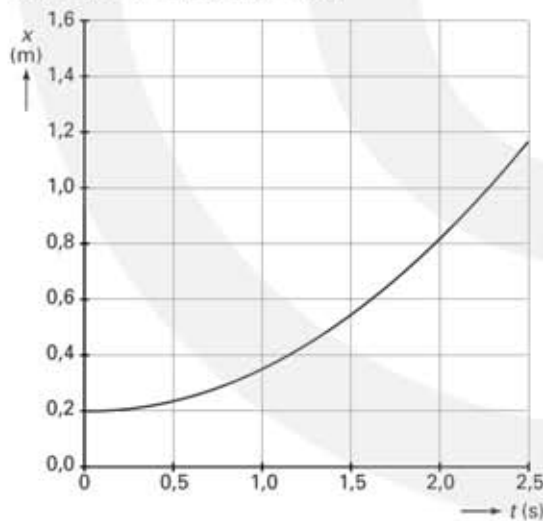
Beweging op een hellend vlak

Pieter en Anne doen onderzoek naar de beweging van een karretje op een hellend vlak. Zij gebruiken een afstandssensor om de positie van het karretje te bepalen. De sensor is aangesloten op een computer die de metingen opslaat en bewerkt. Figuur 1 geeft hun opstelling schematisch weer.

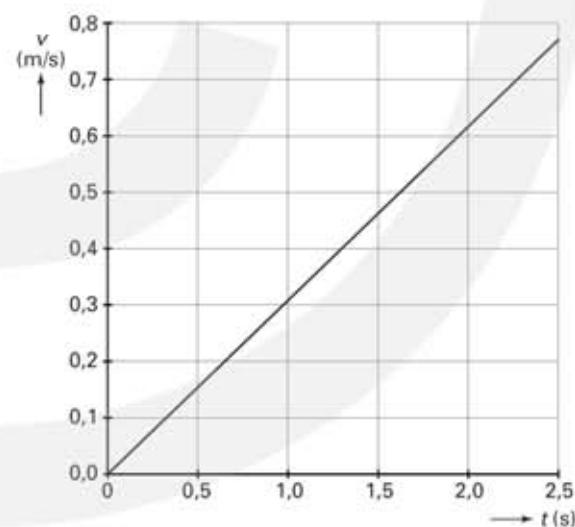


Figuur 1

De afstandssensor meet de positie van de achterkant van het karretje; daar is een stuk karton aangebracht waarop de sensor gericht is. In figuur 2 en 3 staan het (x,t) -diagram en het bijbehorende (v,t) -diagram die de computer van de beweging van het karretje heeft gemaakt.



Figuur 2



Figuur 3

Pieter en Anne willen controleren of het (v,t) -diagram en het (x,t) -diagram met elkaar in overeenstemming zijn. Ze nemen het tijdstip $t = 1,5$ s als controletijdstip.

- 4p a Toon met behulp van de figuren op de bijlage aan dat voor het genoemde tijdstip het (v,t) -diagram van de computer klopt met het (x,t) -diagram. Pas daarvoor óf de raaklijnmethode óf de oppervlaktemethode toe.

Zij komen vervolgens tot de conclusie dat de beweging van het karretje eenparig versneld is.

2p **b** Leg uit dat hun conclusie juist is.

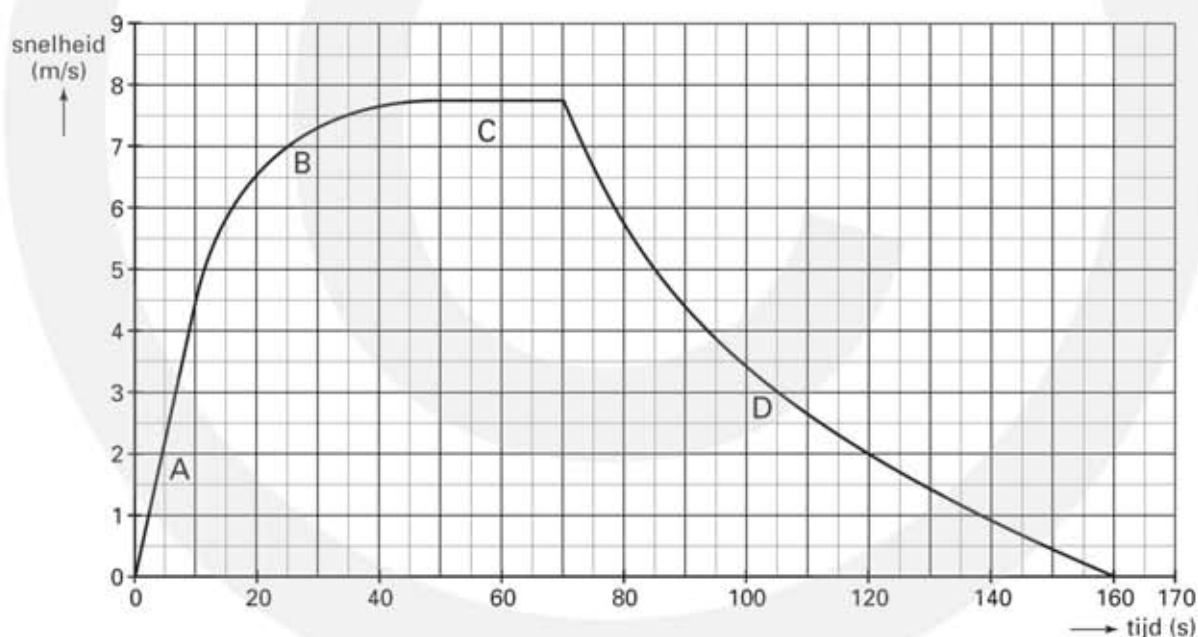
3p **c** Bepaal de versnelling van het karretje.

In het experiment waarvan de resultaten in figuur 2 en 3 zijn weergegeven, is de invloed van de luchtweerstand niet merkbaar. Pieter beweert dat de luchtweerstand wel merkbaar geweest zou zijn als het karretje een veel kleinere massa had gehad.

3p **d** Ben je het met Pieter eens? Licht je antwoord toe.

Fietsen

Jeanette heeft een versnellingsmeter op de bagagedrager van haar fiets gemonteerd. Zij trekt op vanuit stilstand, rijdt even met constante snelheid en laat zich vervolgens uitrijden zonder te trappen of te remmen. In figuur 1 is het (snelheid, tijd)-diagram te zien dat ze met behulp van een computer van haar metingen heeft gemaakt.



Figuur 1

Het diagram bevat vier karakteristieke delen:

- A van $t = 0$ tot $t = 10$ s
- B van $t = 10$ tot $t = 50$ s
- C van $t = 50$ tot $t = 70$ s
- D van $t = 70$ tot $t = 160$ s

Hieronder staat een tabel. De beweging van de fiets in de delen A, B, C en D is te karakteriseren door in de tabel een kruisje op de juiste plaats te zetten. Voor de delen A en C is dat al gebeurd.

	stilstand	constante snelheid	eenparig versneld	niet-eenparig versneld	eenparig vertraagd	niet-eenparig vertraagd
Deel A			X			
Deel B						
Deel C		X				
Deel D						

- 2p **a** Karakteriseer de beweging van de fiets in de delen B en D. Gebruik daarvoor de tabel.

De massa van de fiets en Jeanette samen is 72 kg.

- 4p **b** Bepaal de resulterende kracht die op de fiets werkt in deel A.

Het vermogen P bereken je met $P = F \cdot v$. De eenheid van vermogen is watt (W). In deel C is het vermogen waarmee Jeanette fietst $1,5 \cdot 10^2$ watt.

- 4p **c** Bepaal de grootte van de wrijvingskracht die ze dan ondervindt.

In deel D laat Jeanette zich uitrijden.

- 4p **d** Bepaal de afstand die ze aflegt tijdens het uitrijden.

In deel D zijn twee wrijvingskrachten van belang: de luchtweerstand en de rolweerstand. De rolweerstand is onafhankelijk van de snelheid.

- 4p **e** Beredeneer uit de vorm van deel D van de grafiek dat de luchtweerstand kleiner wordt als de snelheid afneemt.

Schaatsen

Lees onderstaand artikel.

De hele schaatswereld belt naar TU Delft

Competitievervalsing vinden de mensen van de TU Delft een zwaar woord maar ze kunnen zich de verontwaardiging van de concurrentie wel voorstellen. Hun vinding, plastic strips van anderhalve millimeter dik op de schaatspakken, zette het klassement danig op zijn kop. Afgelopen weekend werd bij de 5 km het erepodium volledig bezet door schaatsers met strips. Ze hadden bovendien allemaal hun persoonlijke record minimaal met de voorspelde zes seconden verbeterd. Deze voorspellingen waren gebaseerd op experimenten die in de windtunnel waren gedaan. Daarbij bleek dat de strips de luchtweerstand met 5 procent verminderden. Dit komt overeen met een halve seconde tijdwinst per rondje van 400 meter.

naar: Trouw, 10 februari 1998

Eric heeft bovenstaand artikel gelezen en wil narekenen of de getallen in het artikel kloppen. Voor de luchtweerstand of luchtweerstand F_{lucht} geldt:

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

- F_{lucht} is de luchtweerstand (in N)
- k is de luchtweerstandconstante
- v is de snelheid (in m/s)

- 4p **a** Leid uit bovenstaande formule af wat de eenheid van de luchtweerstandconstante is in grondeenheden van het SI-stelsel. Gebruik daarbij de eenheidentabellen in Binas.

Voor een gemiddelde schaatser zonder strips heeft k de waarde 0,15. Bij hoge snelheden is de glijweerstand veel kleiner dan de luchtweerstand. Daarom verwaarloost Eric de glijweerstand.

Het vermogen P bereken je met $P = F \cdot v$. De eenheid van vermogen is watt (W). Voor het vermogen P dat een schaatser moet leveren bij een snelheid v leidt Eric af:

$$P = 0,15 \cdot v^3$$

- 3p **b** Laat zien hoe Eric de formule van P uit formule van F_{lucht} kan afleiden.

Eric gaat uit van een schaatser die zonder strips een rondje van 400 m aflegt in 32 s. Hij neemt aan dat deze schaatser mét strips hetzelfde vermogen levert en dat de waarde van k door de strips met 5% daalt.

- 5p **c** Toon aan dat deze schaatser met strips een tijdwinst heeft van 0,5 s per rondje.

Nerobergbahn

In deze opgave worden wrijvingskrachten steeds verwaarloosd.

De Duitse stad Wiesbaden heeft sinds 1888 een bijzondere attractie: de Nerobergbahn. Zie figuur 1. De bergbaan wordt aangedreven door waterballast: in de bovenste wagon (A) wordt water gepompt. Door dit extra gewicht gaat wagon A naar beneden en trekt via een kabel om een katrol wagon B omhoog. Op een bepaald moment stappen in het bergstation 25 personen in wagon A en nemen in het dalstation 40 personen plaats in wagon B. In lege toestand zijn de wagons even zwaar. De gemiddelde massa van een passagier is 60 kg.



Figuur 1

Om wagon A in evenwicht te krijgen met wagon B is er een bepaalde hoeveelheid water in wagon A gepompt. De massa van de kabel mag worden verwaarloosd. Eén liter water heeft een massa van 0,9982 kg

- 3p **a** Bereken hoeveel liter water in wagon A is gepompt.

Om de wagons met een bepaalde versnelling in beweging te zetten, neemt wagon A extra water in. De wagons komen dan in beweging met een constante versnelling $a = 0,17 \text{ m/s}^2$.

De component van de zwaartekracht langs de helling op wagon A noemen we F_A ; $F_A = 23,5 \text{ kN}$.

De component van de zwaartekracht langs de helling op wagon B noemen we F_B ; $F_B = 19,5 \text{ kN}$. Zie figuur 2.

- 3p **b** Bereken met deze gegevens de totale massa van de twee wagons, inclusief het water en de passagiers.

We bekijken nu de krachten op wagon B. Zie figuur 3. In deze figuur is behalve de kracht F_B ook de kracht F_K getekend die de kabel uitoefent op wagon B. De massa van wagon B met passagiers is $10,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

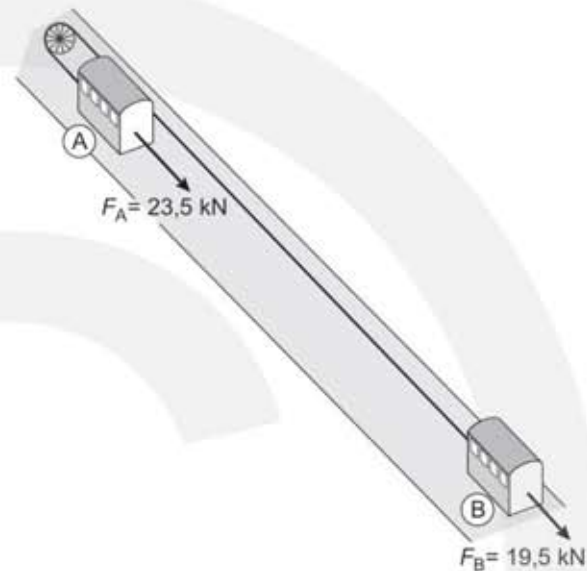
- 3p **c** Bereken de grootte van F_K .

De conducteur zorgt ervoor dat de wagons na een tijdje met constante snelheid bewegen. De baan is 438 m lang. De rit duurt 3,5 minuten.

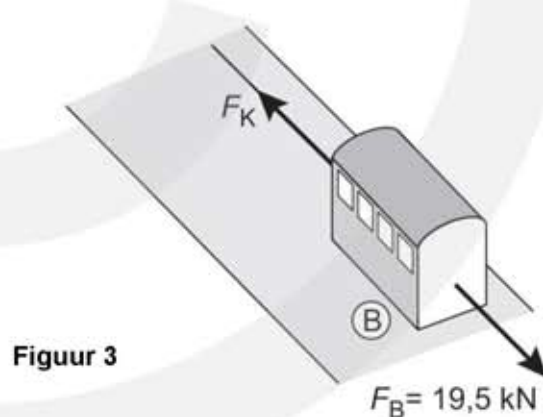
- 3p **d** Bereken de gemiddelde snelheid, in km/h, van een wagon tijdens de rit.

In het dal loost wagon A het water dat was ingenomen. De pomp P (zie figuur 1) pompt dit water terug naar het 83 m hoger gelegen reservoir op de berg. De pomp is in staat om in 1,0 uur 60 m^3 water terug te pompen. De dichtheid van water is $998,2 \text{ kg / m}^3$. De energie die het kost om een massa m een hoogte h te geven bereken je met: $E_z = m \cdot g \cdot h$.

- 4p **e** Bereken de energie die de pomp per seconde moet leveren bij het terugpompen van het water.



Figuur 2



Figuur 3

Superbus

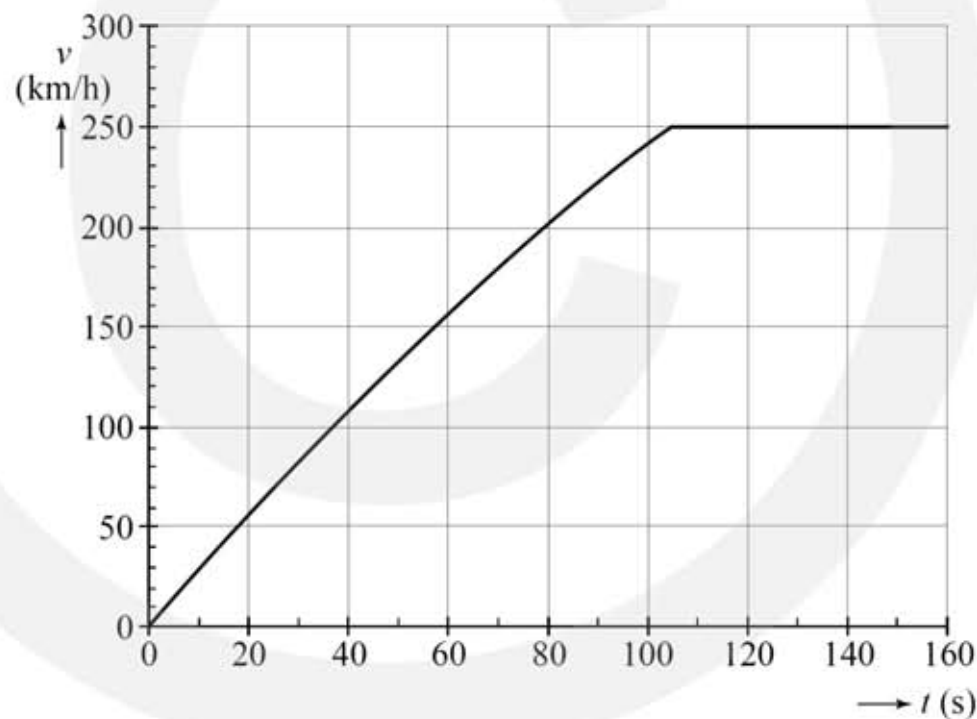
Op de TU Delft wordt onder leiding van professor Wubbo Ockels de Superbus ontwikkeld. Zie figuur 1.



Figuur 1

De bus wordt elektrisch aangedreven, biedt plaats aan ongeveer 20 personen en heeft een kruissnelheid van 250 km/h. De massa van de bus inclusief passagiers is $8,1 \cdot 10^3$ kg.

In figuur 2 is het (v,t)-diagram van het optrekken van de Superbus weergegeven. We definiëren de optrekafstand als de afstand die de bus moet afleggen om van 0 tot 250 km/h te versnellen.

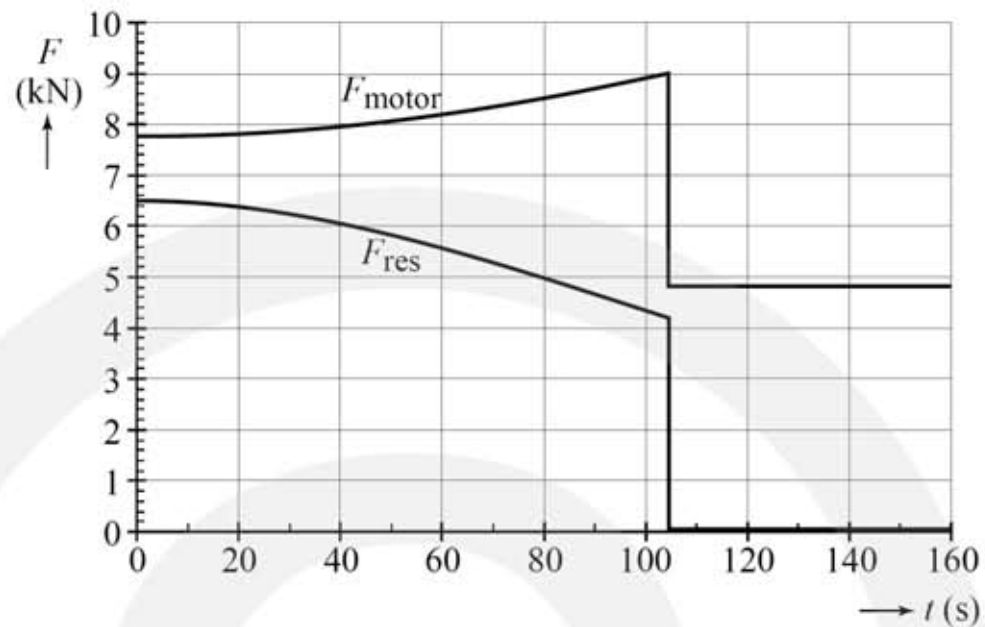


Figuur 2

- 4p a Bepaal met behulp van figuur 2 de optrekafstand van de Superbus.

Van het optrekken van de bus is ook een (F,t)-diagram gemaakt. Zie figuur 3. Hierin is F_{motor} de kracht waarmee de motor de bus aandrijft en F_{res} de resulterende kracht op de bus. Tussen $t = 0$ en $t = 10$ s is F_{res} constant. De waarde van F_{res} is af te lezen in het (F,t)-diagram. Die waarde is ook te bepalen met behulp van het (v,t)-diagram.

Figuur 3



- 4p **b** Laat met behulp van figuur 2 zien dat beide waarden van F_{res} met elkaar overeenstemmen.

De wrijvingskracht op de bus bestaat uit de constante rolwrijvingskracht $F_{w,\text{rol}}$ en de luchtwrijvingskracht $F_{w,\text{lucht}}$ waarvan de grootte afhangt van de snelheid. Voor de Superbus geldt: $F_{w,\text{rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

- 3p **c** Leg uit hoe uit figuur 3 blijkt dat $F_{w,\text{rol}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Na $t = 105 \text{ s}$ is de motorkracht constant. Het vermogen P bereken je met $P = F \cdot v$. De eenheid van vermogen is watt (W).

- 3p **d** Bepaal het vermogen dat de motor dan levert.

De Superbus is zo ontworpen dat hij zo weinig mogelijk luchtweerstand ondervindt. Voor de luchtwrijvingskracht $F_{w,\text{lucht}}$ geldt de volgende formule:

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

Hierin is:

- c_w de luchtwrijvingscoëfficiënt (geen eenheid)
- ρ de dichtheid van de lucht (in kg/m^3)
- A de frontale oppervlakte van de bus (in m^2);
- v de snelheid van de superbuis (in m/s).

De Superbus is 2,50 m breed en 1,70 m hoog. De dichtheid van de lucht is $1,2 \text{ kg/m}^3$.

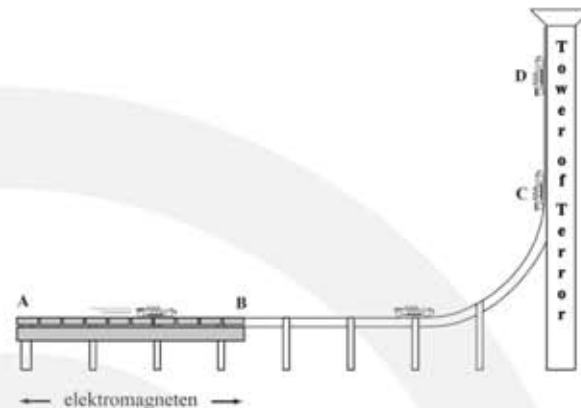
- 4p **e** Bepaal de luchtwrijvingscoëfficiënt van de Superbus.

Tower of Terror

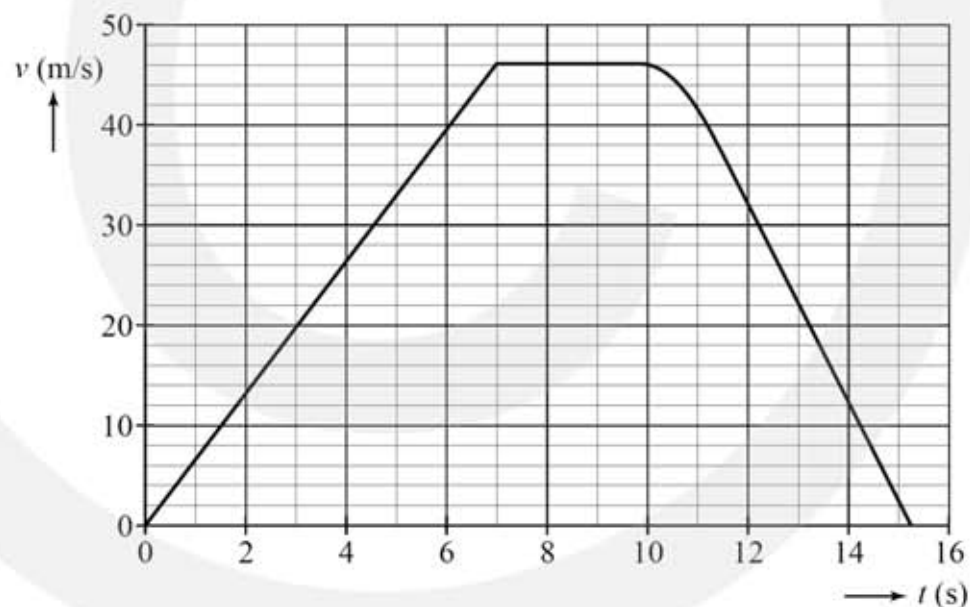
Opmerking: in deze opgave verwaarlozen we steeds de wrijving.

In het attractiepark Dreamworld in Australië staat de Tower of Terror. Zie figuur 1. Op het stuk AB wordt een kar met behulp van elektromagneten versneld. Na het horizontale gedeelte komt de kar in een verticale bocht en gaat vervolgens loodrecht omhoog. Bij terugkeer wordt hij door de elektromagneten vertraagd.

Figuur 1



Figuur 2 laat zien hoe de grootte van de snelheid van de kar verloopt tussen het moment van vertrek en het bereiken van het hoogste punt D. De massa van de kar inclusief passagiers is $6,2 \cdot 10^3$ kg.



Figuur 2

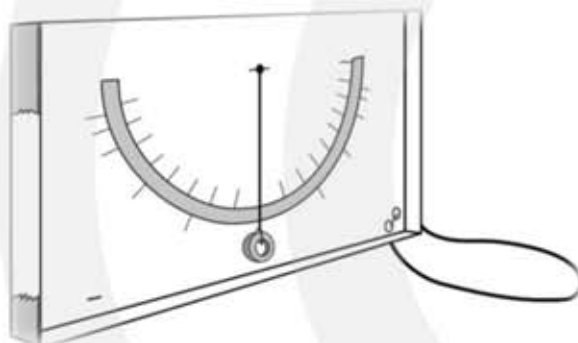
- 4p **a** Bepaal de (horizontale) kracht die de elektromagneten tussen $t = 0$ s en $t = 7,0$ s op de kar uitoefenen.
- Op $t = 10$ s gaat de kar de bocht in.
- 3p **b** Bepaal de afstand die de kar aflegt tussen $t = 0$ s en $t = 10$ s.
- 3p **c** Bepaal de verticale afstand tussen het hoogste punt D en het horizontale gedeelte van de baan.

In figuur 1 is het einde van de verticale bocht met C aangegeven en het hoogste punt met D.

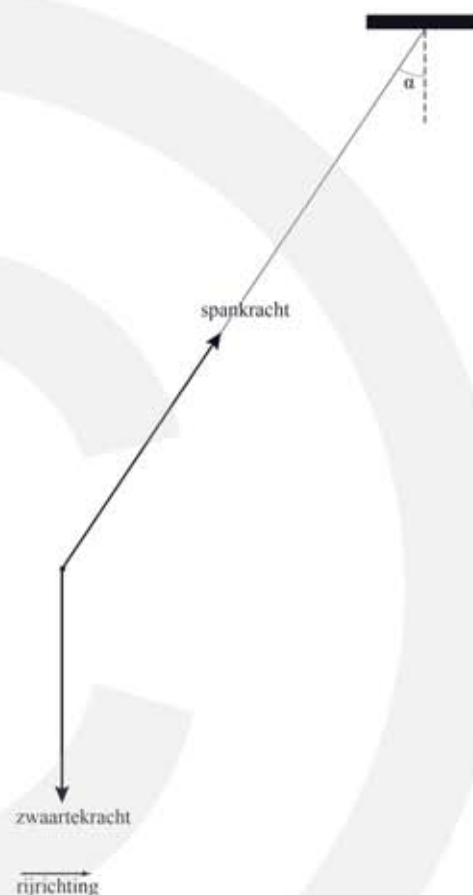
3p **d** Welke kracht/krachten werkt/werken er op de kar:

- op het traject van C naar D,
- in punt D,
- op het traject van D naar C?

Een paar leerlingen nemen zelfgemaakte versnellingsmeters mee de attractie in. De versnellingsmeter van Bob bestaat uit een ringetje dat aan een touwtje hangt. Het geheel bevindt zich in een doorzichtig kistje. Zie figuur 3. Tijdens het versnellen door de elektromagneten hangt het touwtje niet meer verticaal maar zoals is getekend in figuur 4. In die figuur zijn ook de krachten getekend die op het ringetje werken. De tekening is op schaal. De massa van het ringetje is 2,0 g.



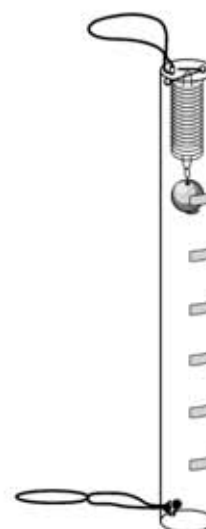
Figuur 3



Figuur 4

5p **e** Bepaal met behulp van figuur 4 de versnelling van de kar. Construeer daartoe eerst de resulterende kracht die op het ringetje werkt.

John en Dave hebben een andere versnellingsmeter gemaakt. Deze bestaat uit een metalen bolletje aan een veer in een doorzichtig buisje dat aan de uiteinden dicht is gemaakt. Zie figuur 5. John houdt zijn meter horizontaal in de rijrichting. Dave houdt zijn meter ook horizontaal maar in omgekeerde richting. Zie figuur 6.

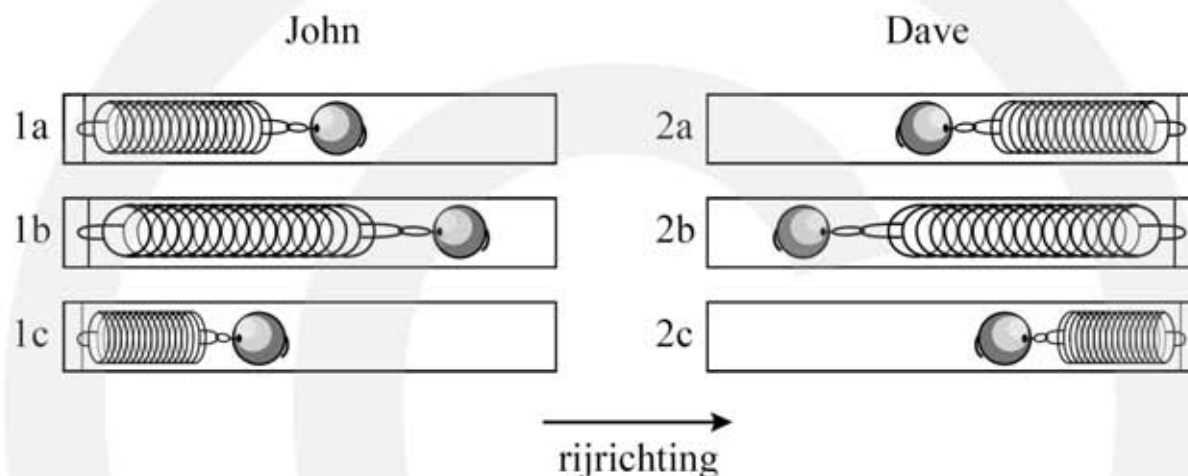


Figuur 5



Figuur 6

De kar wordt versneld door de elektromagneten. In figuur 7 zijn schematisch drie afbeeldingen getekend van de versnellingsmeter van John en drie van de versnellingsmeter van Dave.



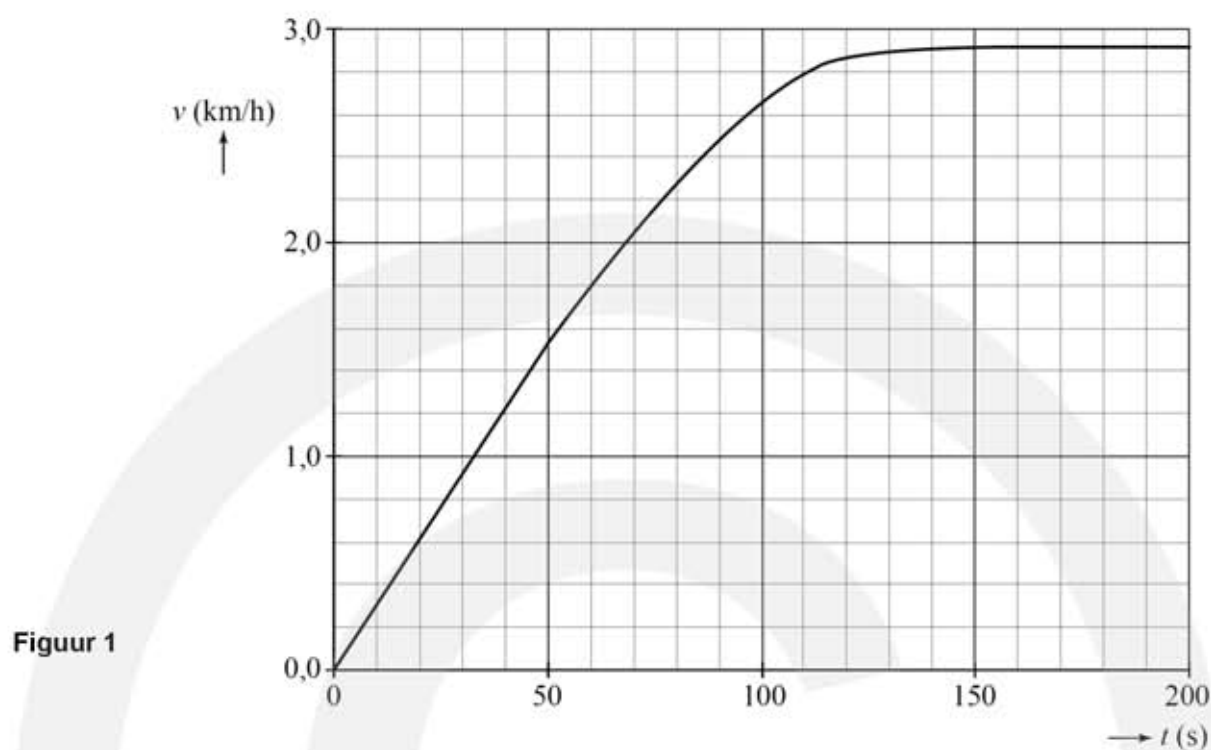
Figuur 7

- 2p f In welke afbeelding is de plaats van het bolletje tijdens het versnellen goed weergegeven? Beantwoord deze vraag voor zowel John als Dave.

Vooruitgang

In de jaren '30 van de vorige eeuw kende Nederland een periode van grote armoede. Zelfs kinderen moesten worden ingezet om zwaar werk te doen. Op de foto is te zien hoe twee schipperskinderen het schip 'de Vooruitgang' van hun ouders voorttrekken. De kinderen moesten het schip vanuit stilstand in beweging brengen en trokken het schip dan urenlang door de trekvaarten om op de plaats van bestemming aan te komen. Het (v,t)-diagram van het op gang brengen van het schip is in figuur 1 weergegeven.





- 4p **a** Bepaal hoeveel meter het schip in de eerste 150 s heeft afgelegd.

De massa van het schip is $50 \cdot 10^3$ kg.

- 4p **b** Bepaal de grootte van de resulterende kracht op het schip gedurende de eerste 30 s.

Vanaf $t = 150$ s beweegt het schip met een constante snelheid.

- 1p **c** Hoe groot is dan de resulterende kracht op het schip?

De boot en de kinderen oefenen krachten op elkaar uit. De kracht die de kinderen samen op de boot uitoefenen is gelijk aan F_A . De kracht van de boot op de kinderen is gelijk aan F_B .

- 2p **d** Leg uit of de grootte van F_A kleiner, gelijk, of groter is dan de grootte van F_B .

Figuur 2 is een kaart van het netwerk van trekvaarten in Nederland. De trekvaart tussen Arnhem en Nijmegen is in werkelijkheid 20 km lang. De kinderen trekken het schip met een gemiddelde snelheid van 2,9 km/h van Gouda naar Leiden.



- 3p **e** Bepaal met behulp van de uitwerkbijlage hoeveel uur deze reis duurt.

Skydiven (aangepast)

Skydiven is een sport waarbij men uit een vliegtuig springt en een groot deel van de tijd naar de aarde valt zonder de parachute te openen. Na enige tijd is de snelheid van de skydiver constant.

- 3p **a** Leg uit waarom bij het skydiven de snelheid na enige tijd constant wordt.

In Roosendaal kun je indoor Skydiven. Op de website van Indoor Skydive te Roosendaal staat de volgende tekst:

Mensen hebben altijd al op eigen kracht willen vliegen. Bij Indoor Skydive in Roosendaal kan dat! Hier beleef je het unieke gevoel van vrijheid van de skydiver die uit een vliegtuig is gesprongen.

In een grote schacht met glazen wanden wordt lucht met hoge snelheid omhoog geblazen. Als je in deze windtunnel horizontaal op de luchtstroom gaat 'liggen' (zie figuur 1), kun je blijven zweven. In de windtunnel wordt de lucht met een snelheid van 55 m/s omhoog geblazen. De windtunnel heeft een cirkelvormige doorsnede met een oppervlakte van 14,5 m².



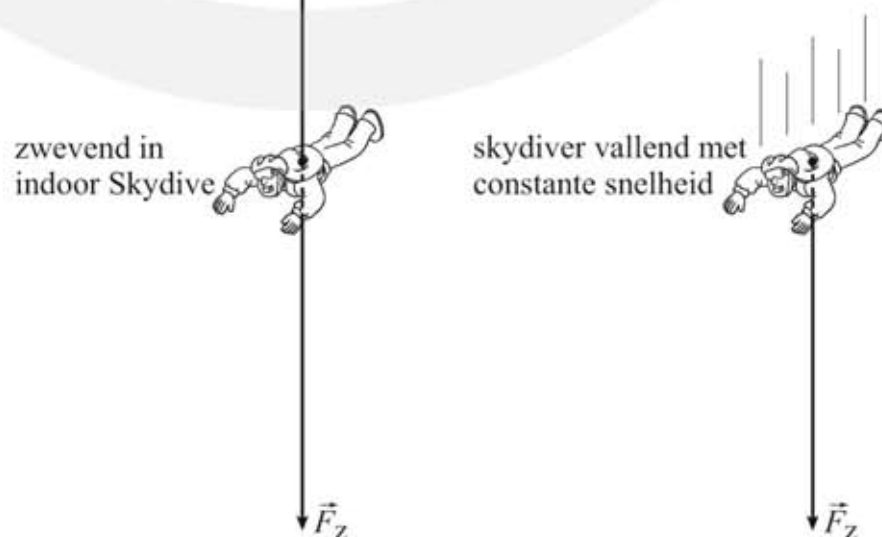
Figuur 1

- 2p **b** Bereken hoeveel m³ lucht er per seconde door de windtunnel wordt geblazen.

Bij zweven heffen de kracht van de omhoog stromende lucht en de zwaartekracht elkaar op (zie figuur 2). In figuur 3 is een andere skydiver getekend die uit een vliegtuig is gesprongen en met constante snelheid verticaal naar beneden valt.



Figuur 2



Figuur 3

- 2p **c** Teken in figuur 3 de vector van de luchtweerstand voor deze situatie. Let daarbij op de richting en de lengte van de vector. Licht je tekening toe.

Karel zweeft in de windtunnel van Indoor Skydive. De kracht die de luchtstroom op hem uitoefent, is recht evenredig met zijn frontale oppervlakte. Zijn massa, inclusief windpak en helm, is 82 kg. In zwevende positie strekt Karel zijn armen en benen uit, waardoor zijn frontale oppervlakte met 10% toeneemt. Hij schiet op dat moment omhoog omdat er dan wel een resulterende kracht op hem werkt.

- 3p **d** Bereken de grootte van deze resulterende kracht.

