

Uitwerkingen opgaven leerboek

Als in deze uitwerkingen krachten zijn opgemeten, worden de waarden gebruikt zoals ze in het boek zijn opgemeten. Soms mag ook een eigen krachtschaal gekozen worden. Afhankelijk van de gekozen schaal zullen de lengtes van de pijlen dan verschillen. De onderlinge verhouding van de krachten is echter altijd gelijk.

4.1 INTRODUCTIE

Opgave 1

- a Waar
- b Waar
- c Waar
- d Niet waar: Krachten kunnen een voorwerp laten versnellen en/of van richting laten veranderen.
- e Niet waar: Er zijn ook krachten die op afstand werken: zwaartekracht, elektrische kracht en magnetische kracht bijvoorbeeld.

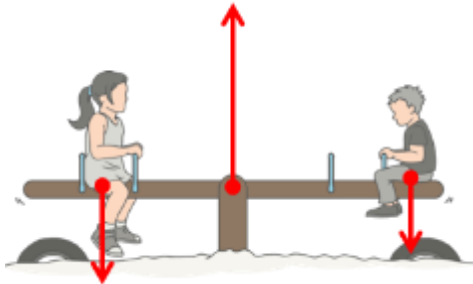
Opgave 2

- a Er is geen beweging, dus is de nettokracht nul.
- b Zwaartekracht en luchtweerstand.
- c De richting van de nettokracht is naar beneden.
- d De turner versnelt naar beneden, dus de valsnelheid is niet constant.

Opgave 3

Zie figuur.

- a De steunkracht van de paal in het midden is de derde kracht die zorgt voor evenwicht.
- b De (lichtere) jongen zit verder van het draaipunt af.



4.2 SOORTEN KRACHTEN

Opgave 4

- a Waar
- b Niet waar: De normaalkracht is altijd loodrecht op het oppervlak.
- c Niet waar: De normaalkracht is niet altijd even groot als de zwaartekracht. De normaalkracht is de reactie op de kracht waarmee een voorwerp loodrecht tegen de ondergrond duwt (of eraan hangt).
- d Waar
- e Waar
- f Niet waar: De rolweerstand wordt kleiner als je de banden harder oppompt. Minder vervorming bij het rollen geeft minder rolweerstand.
- g Waar
- h Waar
- i Waar

- j Niet waar. Gewicht is de kracht van een voorwerp op de ondergrond waarmee het in contact is (of de 'bovengrond' waaraan het hangt). De zwaartekracht is de kracht waarmee de aarde aan het voorwerp trekt. Het gewicht wordt **door** het voorwerp uitgeoefend en grijpt aan in het contactpunt. De zwaartekracht wordt door de massa van de aarde uitgeoefend **op** het voorwerp en grijpt aan in het zwaartepunt van het voorwerp.

Opgave 5

- a In A en C is er sprake van luchtweerstand. In B niet, daar beweegt de bal heel even niet.
 b De zwaartekracht werkt in alle punten op de bal.
 c In A is de nettokracht het grootst want daar zijn zwaartekracht en luchtweerstandskracht allebei naar beneden en tellen de krachten op. In C zijn ze tegengesteld gericht.

Opgave 6

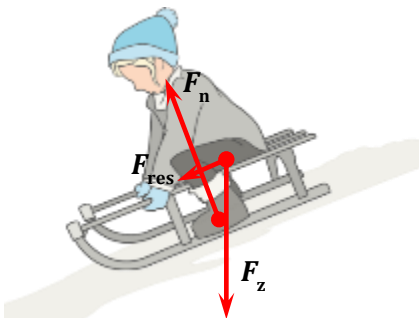
- a De zwaartekracht is evenredig met *de massa*.
 b De normaalkracht staat altijd loodrecht op *het oppervlak*.
 c De rolweerstand en de luchtweerstand werken altijd *tegen de beweging in*.
 d Er kan ook schuifwrijving zijn als het voorwerp niet *beweegt*.
 e De veerkracht is evenredig met *de uitrekking*.
 f De spankracht werkt in de richting van *het touw*.
 g Als je een elastiekje uitrekt, is de veerkracht even groot als *jouw spierkracht op het elastiekje*.
 h Bij het uitrekken van een elastiekje is de actiekracht *jouw spierkracht op het elastiekje* en de reactiekracht *de veerkracht*.

Opgave 7

- a De zwaartekracht en het gewicht zijn allebei krachten en hebben dus de eenheid N.
 b De eenheid van massa is kg.
 c Als je stilstaat, bijvoorbeeld op een weegschaal, is je gewicht even groot als de zwaartekracht op jou. Als je gewicht bijvoorbeeld 588 N is, rekent de weegschaal voor jou uit dat je massa $\frac{588}{9,81} = 60$ kg is. De schaalverdeling op de weegschaal is daarop aangepast.
 d Als je geen contact hebt met de grond of iets anders waar je op staat, zit of aan hangt, ben je gewichtloos. Bijvoorbeeld als je een sprong in de lucht maakt. Gewicht is een contactkracht. Als je een parachutesprong maakt, ben je niet gewichtloos, omdat je aan de parachute hangt. De parachute wordt door de lucht 'gedragen'. Dat betekent dat je bij een val uit een vliegtuig of een sprong van grote hoogte alleen in het begin gewichtloos bent, doordat je snelheid dan nog laag is waardoor er bijna geen luchtweerstand is.

Opgave 8

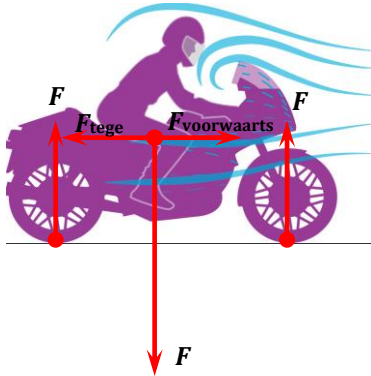
- a F_n staat loodrecht op de helling en F_z wijst verticaal naar beneden.



- b F_{res} wijst schuin naar beneden, in de richting van de beweging van de slee.
 c Als de slee sneller gaat wordt de luchtweerstand steeds groter, totdat hij even groot is als de zwaartekrachtcomponent langs de helling en de nettokracht nul wordt. Dan is de snelheid constant geworden.

Opgave 9

a



- b De normaalkracht is tegengesteld aan de zwaartekracht en verdeeld over de twee wielen. De voorwaartse kracht is tegengesteld aan de tegenwerkende kracht.
- c De voorwaartse kracht en de tegenwerkende kracht worden groter als de snelheid van de motor toeneemt.
- d De zwaartekracht, de normaalkracht en de rolweerstand zijn groter als er een zwaarder persoon op de motor zit.

Opgave 10

- a Als je remt gebruik je de schuifwrijvingskracht.
- b De luchtweerstand wordt groter als je sneller fietst.
- c De rolweerstand wordt kleiner als je de banden harder oppompt.

Opgave 11

- a Als de rolweerstand kleiner is, gaat er minder energie verloren.
- b De remweg van de trein is veel langer dan de remweg van de vrachtauto, doordat de schuifwrijvingskracht kleiner is.

Opgave 12

- a
 - veerkracht
 - spankracht
 - zwaartekracht
 - normaalkracht
 - gewicht(skracht)
 - de weerstandskrachten: schuifwrijving, rolweerstand en luchtweerstand
- b De oorzaken van de krachten zijn:

veerkracht:	de uitrekking of indrukking van een veer
spankracht:	de 'uitrekking' van het touw
zwaartekracht:	de aarde, die aan elk voorwerp trekt
normaalkracht:	de grond, die terugduwt
gewicht(skracht):	het voorwerp dat een kracht uitoefent op de ondergrond (of de 'bovengrond' waaraan het voorwerp hangt)
weerstandskrachten:	de wrijving tussen een voorwerp en het contactoppervlak (schuifwrijving) of het voorwerp en de lucht (luchtweerstand) of de interne vervorming (rolweerstand).
- c De drie kenmerken van een kracht zijn: grootte, richting en aangrijpingspunt.

Opgave 13

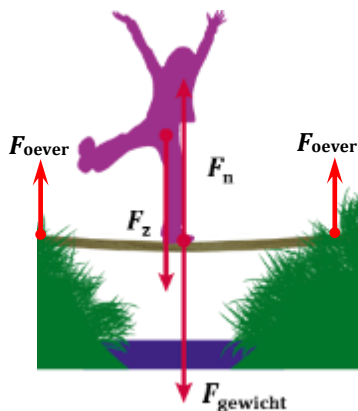
- a De pijl is 2,8 cm lang, dus is de kracht $2,8 \times 3 = 8,4$ N.
- b $\frac{40}{8} = 5,0$ cm

Opgave 14

- a $23 - 7,0 = 16 \text{ N}$ naar links
- b $F_V = C \cdot u = 25 \text{ N/m} \times 0,20 \text{ m} = 5,0 \text{ N}$
- c De normaalkracht is even groot als de zwaartekracht, dus $F_n = F_z = m \cdot g = 45 \times 9,81 = 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$.

Opgave 15

- a De kracht van de voet van de persoon op de plank naar beneden is het gewicht waarmee de persoon op de plank duwt (F_{gewicht}).
- b De kracht van de plank omhoog op de voet van de persoon is de normaalkracht (F_n).
- c De derde kracht is de zwaartekracht (F_z , vanuit het zwaartepunt van de persoon naar beneden).
- d De zwaartekracht en de normaalkracht zijn even groot, tegengesteld gericht en werken op hetzelfde voorwerp. Dus heffen ze elkaar op en staat de persoon stil.
- e F_{gewicht} en F_n vormen een wisselwerking, deze krachten zijn even groot, tegengesteld gericht en werken op verschillende voorwerpen. De normaalkracht is de reactie(kracht) **van** de plank door het gewicht (actiekracht) **op** de plank.
- f Twee krachten heffen elkaar op en zijn dus even groot ($F_z = F_n$) en er is een wisselwerking ($F_{\text{gewicht}} = -F_n$). Dus zijn alle drie de krachten even groot.
- g De twee oevers oefenen krachten omhoog uit, ieder de helft van de zwaartekracht.



- h Als de persoon op-en-neer beweegt op de plank veranderen alle krachten behalve de zwaartekracht.

Opgave 16

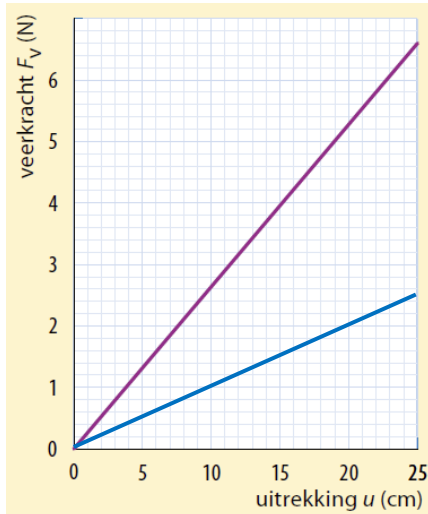
- a De kracht is het kleinst bij krachtmeter A (0,77 N) en het grootst bij krachtmeter C (84 N).
- b Krachtmeter C heeft de stugste veer, want daar is voor één cm uitrekking de meeste kracht nodig.
- c De stugste veer (C) heeft 100 N nodig voor 12,5 cm uitrekking: $C = \frac{F}{u} = \frac{100}{0,125} = 800 \text{ N/m}$
en de slapste veer (A) heeft 1,0 N nodig voor 12,5 cm uitrekking: $C = \frac{F}{u} = \frac{1,0}{0,125} = 8,0 \text{ N/m}$.

Opgave 17

- a $F_V = F_z \rightarrow F_V = m \cdot g = 0,320 \times 9,81 = 3,14 \text{ N}$
- b $F_V = C \cdot u \rightarrow C = \frac{F_V}{u} = \frac{3,14}{0,042} = 75 \text{ N/m}$

Opgave 18

- a Volgens de grafiek rekt de veer 25 cm uit bij een kracht van 6,6 N, dus $C = \frac{F_V}{u} = \frac{6,6}{0,25} = 26 \text{ N/m}$.
- b $F_V = F_Z = m \cdot g = 0,75 \times 9,81 = 7,36 \text{ N} \rightarrow F_V = C \cdot u \rightarrow u = \frac{7,36}{26} = 0,28 \text{ m} = 28 \text{ cm}$
- c Bij een veer met $C = 10 \text{ N/m}$ is de veerkracht bij een uitrekking van 25 cm:
 $F_V = C \cdot u = 10 \times 0,25 = 2,5 \text{ N}$. Teken een rechte lijn van (0,0) naar (25, 2,5).



Opgave 19



Opgave 20

- a Op aarde: $F_V = F_Z \rightarrow F_V = m \cdot g = 7,9 \times 9,81 = 77,5 \text{ N} \rightarrow C = \frac{F_V}{u} = \frac{77,5}{0,051} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ N/m}$
- b De zwaartekracht op de onbekende planeet is groter, want de veer rekt meer uit.
- c Op de onbekende planeet: $F_Z = F_V \rightarrow m \cdot g_{\text{planeet}} = C \cdot u \rightarrow g_{\text{planeet}} = \frac{C \cdot u}{m} = \frac{1,5 \cdot 10^3 \times 0,081}{7,9} = 16 \text{ m/s}^2$

Opgave 21

- a Traagheid geeft aan dat een voorwerp met massa moeilijk in beweging gebracht kan worden en dat het moeite kost om de snelheid van het voorwerp te veranderen. Actiekracht is de kracht van een voorwerp op een ander voorwerp, reactiekracht is de tegengesteld gerichte kracht van het andere voorwerp op het eerste voorwerp. Er is evenwicht als de nettokracht op een voorwerp nul is.
- b Bij traagheid horen de eerste en tweede wet van Newton, bij actie- en reactiekrachten hoort de derde wet van Newton. En bij evenwicht hoort de eerste wet van Newton.
- c Er kan bij actie- en reactiekracht nooit sprake zijn van evenwicht, omdat de actie- en reactiekracht op verschillende voorwerpen werken. Voor evenwicht moeten de krachten allemaal op hetzelfde voorwerp werken.

Opgave 22

- Zodra je los bent van de grond, is er geen contact meer met de ondergrond. Dan ben je gewichtloos, want gewicht is de contactkracht die je op de grond uitoefent.
- Tijdens de afzet zet je je met je spierkracht af tegen de grond. De normaalkracht past zich aan (derde wet van Newton) en wordt groter dan de zwaartekracht, waardoor er een nettokracht omhoog op jou werkt en je omhoog versnelt (tweede wet van Newton).
- Het gewicht is de andere helft van de wisselwerking en is ook de actiekracht.
- Je gewicht is tijdens de afzet groter dan als je rustig staat, doordat je extra hard tegen de grond duwt.
- Net als bij de afzet, ga je bij de landing door de knieën en zet je je met je spierkracht af tegen de grond. Dus ook dan is je gewicht groter dan je 'normale' gewicht.

Opgave 23

- $F_z = F_v \rightarrow m \cdot g = F_v \rightarrow m = \frac{F_v}{g} = \frac{4,6}{9,81} = 0,47 \text{ kg}$
- $F_{\text{res}} = m \cdot a = 0,47 \times 2,0 = 0,94 \text{ N}$
- $F_{\text{res}} = F_v - F_z \rightarrow F_v = F_{\text{res}} + F_z = 0,94 + 4,6 = 5,5 \text{ N}$

Opgave 24

- Op het diepste punt werken de zwaartekracht en de veerkracht op Klaas.
- De nettokracht werkt dan omhoog.
- Als Klaas los is, werkt alleen de zwaartekracht op Klaas.
- De nettokracht werkt dan naar beneden.
- Als Klaas stil staat is de trampoline 40 cm ingeveerd, dus is de nettokracht ook nul als tijdens de beweging de trampoline (met Klaas) 40 cm is ingeveerd.

Opgave 25

- De luchtweerstand is evenredig met v^2 . In het begin is de snelheid vrijwel 0, dus is de luchtweerstand dan ook vrijwel 0.
- Zolang de luchtweerstand nog kleiner is dan de zwaartekracht, blijft de parachutist versnellen. Wanneer de luchtweerstand even groot is geworden als de zwaartekracht, is de nettokracht 0 geworden en is de snelheid dus constant
- $F_{w,1} = F_z \rightarrow k \cdot v^2 = m \cdot g \rightarrow v^2 = \frac{m \cdot g}{k} = \frac{95 \times 9,81}{0,25} = 3728 \rightarrow v = 61 \text{ m/s}$

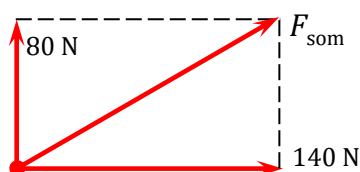
4.3 KRACHTEN SAMENSTELLEN

Opgave 26

- Waar
- Waar
- Waar
- Niet waar: het effect van een kracht blijft precies hetzelfde als je de kracht langs zijn werklijn verschuift.
- Waar

Opgave 27

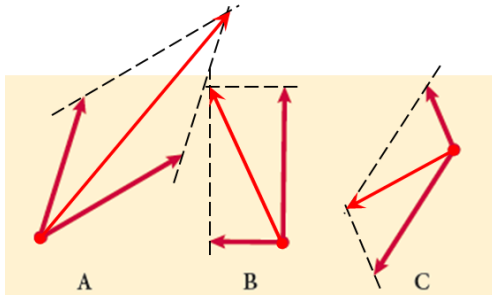
- Schaal: 1 cm $\hat{=}$ 40 N



- $F_{\text{som}} \hat{=} 4,0 \text{ cm} \rightarrow F_{\text{som}} = 160 \text{ N}$
- $140^2 + 80^2 = 26000 \rightarrow \sqrt{26000} = 1,6 \cdot 10^2 \text{ N}$

Opgave 28

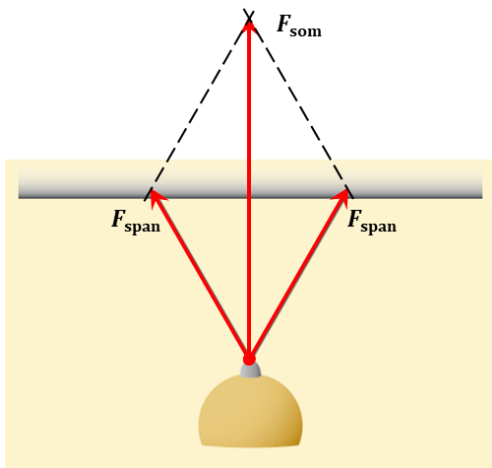
a Zie figuur.



b De pijl van de somkracht in tekening B is 2,3 cm en de horizontale kracht is 1,0 cm. Dus is de horizontale kracht $\frac{66}{2,3} \times 1,0 = 29$ N. De verticale kracht is 2,1 cm, dus is de verticale kracht $\frac{66}{2,3} \times 2,1 = 60$ N.

Opgave 29

a De pijlen van de spankrachten zijn allebei 2,0 cm lang, zie figuur.

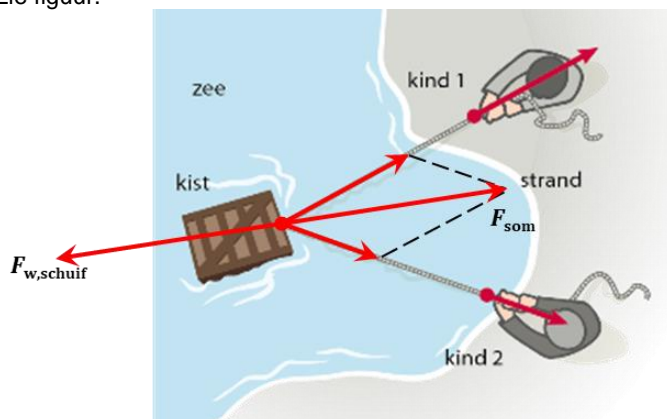


b De pijl van de somkracht is 3,5 cm dus $F_{\text{som}} = 3,5 \times 25 = 87,5 = 88$ N

c $F_{\text{som}} = F_z \rightarrow F_{\text{som}} = m \cdot g \rightarrow m = \frac{F_{\text{som}}}{g} = \frac{87,5}{9,81} = 8,9$ kg

Opgave 30

a Zie figuur.



b Zie figuur.

c De wrijving met de zeebodem zorgt voor evenwicht met de somkracht van de kinderen.

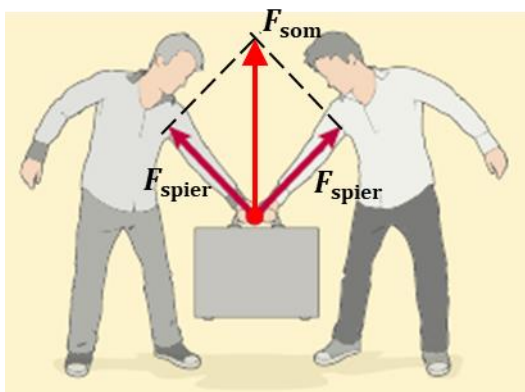
d De kist gaat bewegen in de richting van de somkracht.

Opgave 31

- Twee krachten die in dezelfde richting werken kun je bij elkaar optellen en twee krachten die in tegengestelde richting werken kun je van elkaar aftrekken.
- Als twee krachten een hoek met elkaar maken, kun je ze met de parallellogramconstructie samenstellen tot één somkracht.
- Als er drie verschillende krachten zijn, stel je eerst twee krachten samen. Als de derde kracht precies tegengesteld aan de somkracht is en even groot, is er evenwicht.

Opgave 32

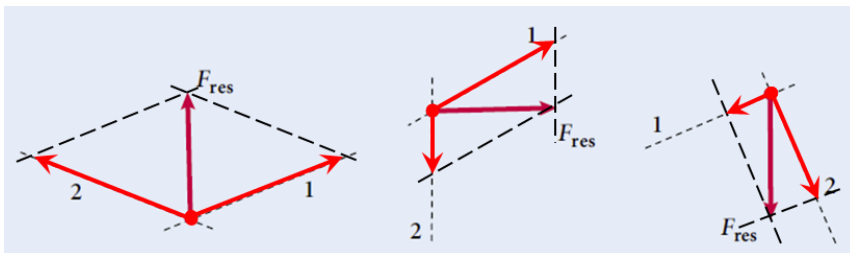
- Zie figuur.



- De somkracht moet even groot zijn als de zwaartekracht en $F_z = m \cdot g = 32,1 \times 9,81 = 315 \text{ N}$.
- De pijl van de somkracht is 1,6 cm lang en $F_{\text{som}} = 315 \text{ N}$ dus is de krachtschaal $1 \text{ cm} \triangleq 2,0 \cdot 10^2 \text{ N}$.
- De pijl van de spierkracht is 1,1 cm lang, dus is de spierkracht $1,1 \times 2,0 \cdot 10^2 = 2,2 \cdot 10^2 \text{ N}$.

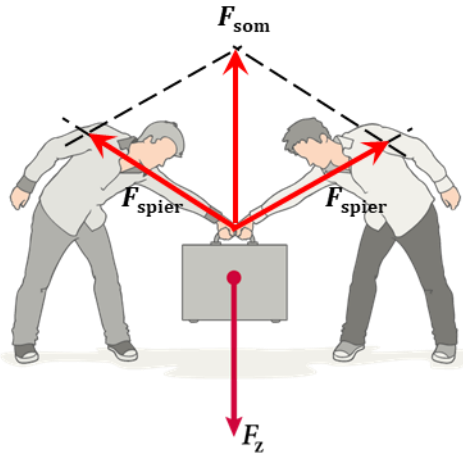
Opgave 33

Zie figuur.

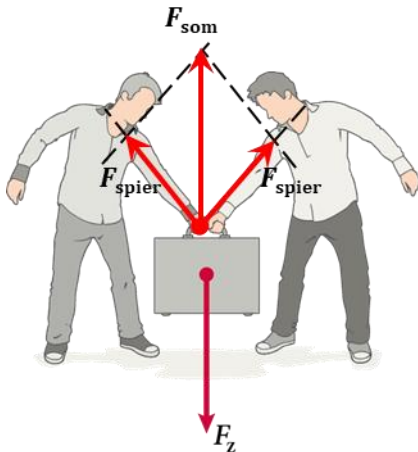


Opgave 34

- a De nettokracht moet nul zijn en ze tillen samen de koffer op, dus moet de somkracht gelijk zijn aan de zwaartekracht.

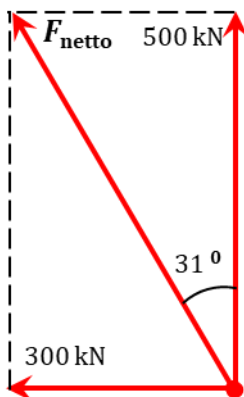


- b Als de personen dicht bij elkaar gaan staan werken de krachten meer 'in dezelfde richting'. De somkracht moet gelijk blijven, dus is de spierkracht kleiner. Zie figuur.



Opgave 35

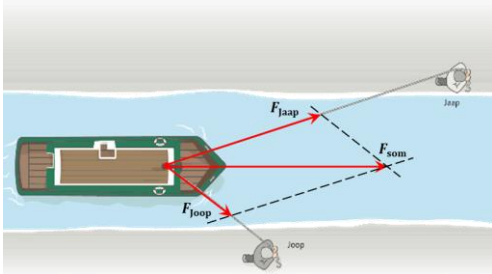
- a Met schaal: 1 cm $\hat{=}$ 100 kN: 5 cm omhoog en 3 cm naar links.



- b $F_{\text{netto}} \hat{=} 5,8 \text{ cm} \rightarrow F_{\text{netto}} = 5,8 \cdot 10^2 \text{ kN}$ en $\tan(\alpha) = \frac{3}{5} = 0,60 \rightarrow \alpha = \tan^{-1}(0,60) = 31^\circ$ west van noord.

Opgave 36

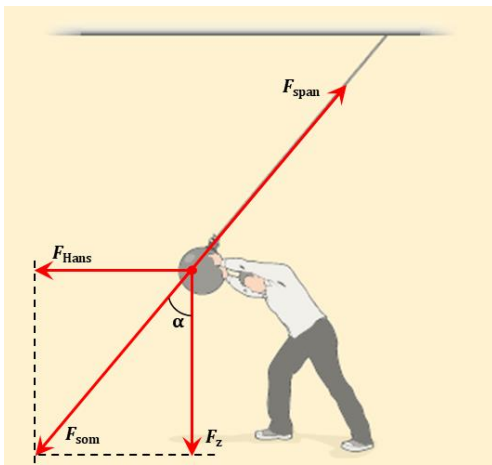
- a De hier gekozen krachtenschaal: $1 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$, dus de pijl van F_{som} is 3,0 cm lang.



- b Zie figuur.
 c In de figuur is de pijl van de kracht van Jaap 2,2 cm lang, dus is $F_{\text{Jaap}} = 2,2 \times 100 = 2,2 \cdot 10^2 \text{ N}$. De pijl van Joop is 1,1 cm lang, dus is $F_{\text{Joop}} = 1,1 \times 100 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ N}$. Dat scheelt dus $1,1 \cdot 10^2 \text{ N}$.
 d Als Jaap en Joop even hard trekken, is de nettokracht niet meer recht naar voren. De boot wordt dan naar rechts getrokken en zal tegen de rechterkant aan botsen.

Opgave 37

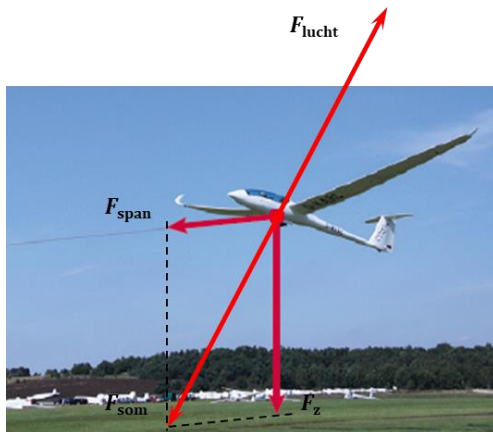
- a Omdat een pijl van 4,9 cm niet meer onderin het boek getekend kan worden, is gekozen voor een schaal van $1 \text{ cm} \triangleq 200 \text{ N}$ (in plaats van de $1 \text{ cm} \triangleq 100 \text{ N}$ zoals in de opgave gevraagd wordt). De pijl van de zwaartekracht is dan 2,45 cm lang en de pijl van de kracht van Hans is 2,05 cm, zie figuur.
 b De spankracht is even groot als de somkracht. De pijl van de spankracht is 3,2 cm, dus is de spankracht: $F_{\text{span}} = 3,2 \times 200 = 6,4 \cdot 10^2 \text{ N}$.



- c $F_{\text{som}}^2 = F_{\text{Hans}}^2 + F_z^2 \rightarrow F_{\text{span}} = F_{\text{som}} = \sqrt{F_{\text{Hans}}^2 + F_z^2} = \sqrt{490^2 + 410^2} = 639 \text{ N}$
 d $\tan(\alpha) = \frac{F_{\text{Hans}}}{F_z} = \frac{410}{490} = 0,837 \rightarrow \alpha = \tan^{-1}(0,837) = 40^\circ$.

Opgave 38

a Zie figuur.

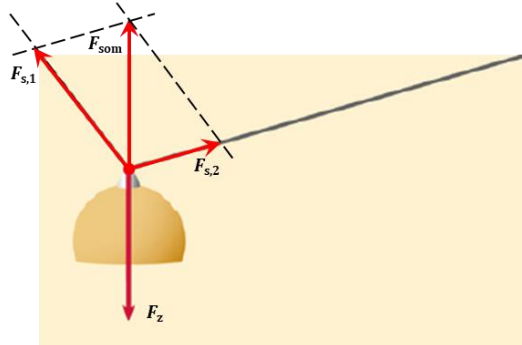


- b De snelheid is constant, dus heffen de getekende somkracht en de kracht van de luchtstroom langs het vliegtuig elkaar op.
 c Zie figuur.

Opgave 39

a $F_z = 5,0 \times 9,81 = 49 \text{ N}$ en de pijl van de zwaartekracht is 2,1 cm lang, dus is de krachtenschaal: $1 \text{ cm} \triangleq 23 \text{ N}$.

b Zie figuur.



- c de pijl van $F_{s,1}$ is 2,2 cm lang dus $F_{s,1} = 2,2 \times 23 = 51 \text{ N}$
 De pijl van $F_{s,2}$ is 1,4 cm lang dus $F_{s,2} = 1,4 \times 23 = 32 \text{ N}$

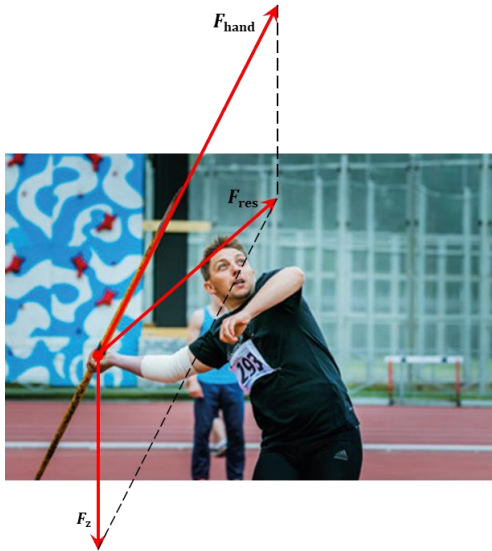
Opgave 40

a $F_{\text{res}} = m \cdot a = 1750 \times 2,0 = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N} = 3,5 \text{ kN}$

b $F_{\text{res op aanhanger}} = m \cdot a = 500 \times 2,0 = 1000 \text{ N}$ en $F_{\text{res op aanhanger}} = F_{\text{auto}} - F_w \rightarrow$
 $F_{\text{auto}} = F_{\text{res op aanhanger}} + F_w = 1000 + 200 = 1,2 \cdot 10^3 \text{ N}$

Opgave 41

- a $F_{\text{res}} = m \cdot a = 0,600 \times 20 = 12 \text{ N}$
 b $F_z = m \cdot g = 0,600 \times 9,81 = 5,9 \text{ N}$. De gekozen krachtschaal is: $1 \text{ cm} \triangleq 2,0 \text{ N}$, dus de pijl van de zwaartekracht is 2,95 cm lang. Zie figuur.



- c Zie figuur. De pijl van de nettokracht is 6,0 cm lang.
 d Construeer de kracht van de hand als volgt: trek een lijn ter grootte van de zwaartekracht vanaf de pijlpunt van F_{res} recht omhoog, hier komt de pijlpunt van F_{hand} . Deze kracht is in de figuur 3,6 cm lang dus: $F_{\text{hand}} = 3,6 \times 2,0 = 7,2 \text{ N}$

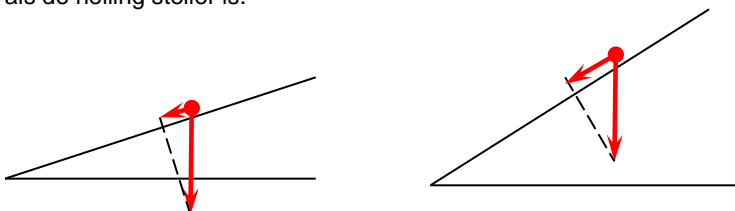
4.4 SCHUINE KRACHTEN

Opgave 42

- a Waar
 b Waar
 c Niet waar: Hoe steiler de helling, hoe kleiner de component van de zwaartekracht loodrecht op de bewegingsrichting.
 d Waar

Opgave 43

- a De ene component is in de **bewegingsrichting**, de andere component is **loodrecht** op de bewegingsrichting.
 b Je moet de component van de zwaartekracht langs de helling compenseren en die component langs de helling is groter als de helling steiler is.



Opgave 44

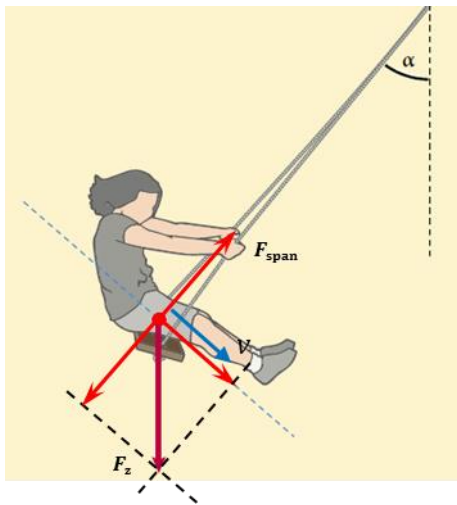
- a De schuifwrijving en de luchtweerstand werken in de bewegingsrichting (tegen de beweging in) en de normaalkracht staat loodrecht op de bewegingsrichting.
 b Als je de zwaartekracht ontbindt in die twee componenten, werken alle krachten in twee (loodrechte) richtingen. De nettokracht loodrecht op de bewegingsrichting is dan nul, doordat de beweging in een rechte lijn is.
 c De component loodrecht op de bewegingsrichting ($F_{z,y}$) wordt opgeheven door de normaalkracht.

Opgave 45

- a De krachtcomponent in richting 2 zorgt ervoor dat de slee blijft bewegen in diezelfde richting. Deze component is even groot als de tegenwerkende (horizontale) krachten zolang de snelheid van de slee gelijk blijft.
- b De andere krachtcomponent werkt verticaal (schuin) omhoog.
- c Deze krachtcomponent zorgt ervoor dat (de voorkant van) de slee iets wordt opgetild.

Opgave 46

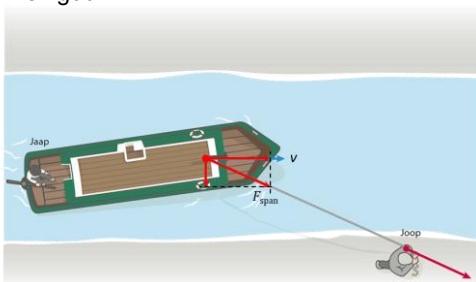
- a Zie figuur.



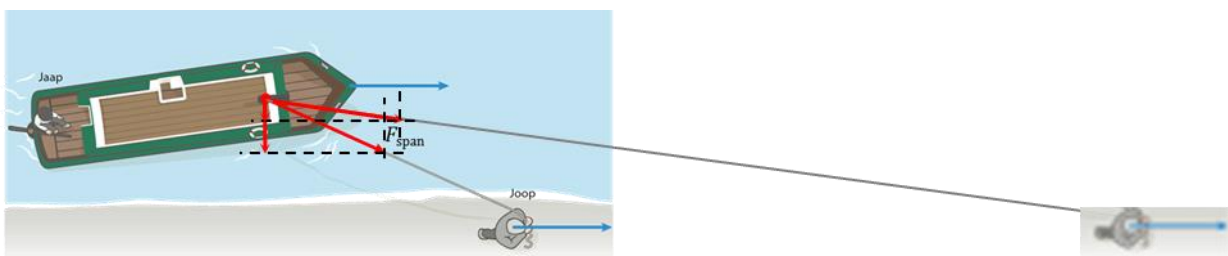
- b F_{span} is even groot als de zwaartekrachtcomponent loodrecht op de bewegingsrichting, zie figuur.
- c Er is een nettokracht naar voren, dus Milica versnelt.

Opgave 47

- a Zie figuur.
- b Zie figuur.

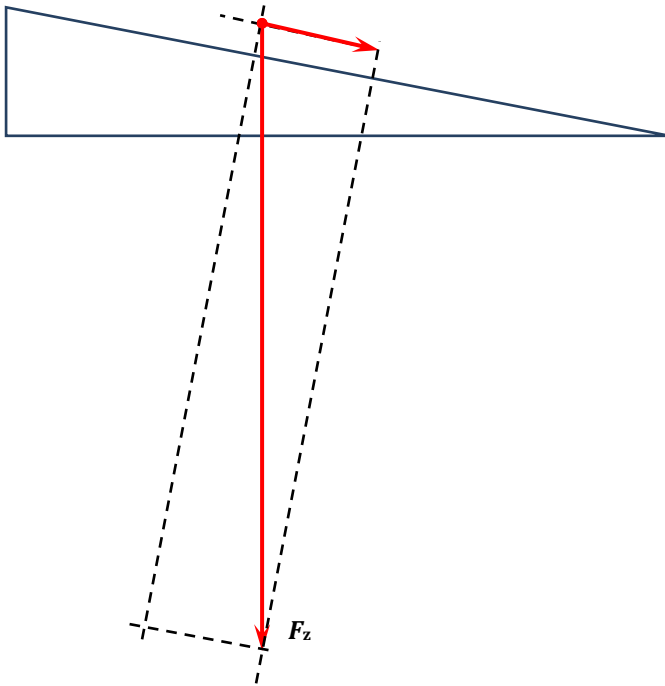


- c De spankracht heeft een component in de richting van de oever, waardoor de boot richting de oever wordt getrokken. Om de boot rechttuit te laten varen moet Jaap dus van de kant af blijven sturen.
- d Doordat de hoek tussen het touw en de vaarrichting van de boot dan kleiner is, is de component van de spankracht in de richting van de oever kleiner (als Joop verder vóór de boot uit loopt). Zie figuur.



Opgave 48

a



- b $F_z = m \cdot g = 85 \times 9,81 = 8,3 \cdot 10^2$ N dus de zwaartekracht is een pijl van 8,3 cm.
- c Zie figuur.
- d De component langs de helling is 1,6 cm, dus is de kracht $1,6 \cdot 10^2$ N.

Opgave 49

- a Als een kracht schuin staat op de bewegingsrichting, ontbind je deze in een component langs de lijn van de beweging en een component daar loodrecht op.
- b De component in (of tegen) de bewegingsrichting (in) kan zorgen voor een versnelling of een vertraging.
- c Als de beweging in een rechte lijn gaat, is er geen versnelling in de richting loodrecht op de beweging, dus geen nettokracht loodrecht op de bewegingsrichting.

Opgave 50

- a $F^2 = F_x^2 + F_y^2 \rightarrow F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{24^2 + 15^2} = 28$ N
 $\tan(\alpha) = \frac{F_y}{F_x} \rightarrow \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{15}{24}\right) = 32^\circ$
- b $\cos(\alpha) = \frac{F_x}{F} \rightarrow F_x = F \cdot \cos(\alpha) = 84 \times \cos(32^\circ) = 71$ N en dus
 $\sin(\alpha) = \frac{F_y}{F} \rightarrow F_y = F \cdot \sin(\alpha) = 84 \times \sin(32^\circ) = 45$ N

Opgave 51

- a $\sin(\alpha) = \frac{30}{100} = 0,30 \rightarrow \alpha = \sin^{-1}(0,30) = 17^\circ$
- b $\sin(\alpha) = \frac{F_{z,x}}{F_z} \rightarrow F_{z,x} = F_z \cdot \sin(\alpha) = 32 \times \sin(17^\circ) = 9,6$ N
- c $\cos(\alpha) = \frac{F_{z,y}}{F_z} \rightarrow F_{z,y} = F_z \cdot \cos(\alpha) = 32 \times \cos(17^\circ) = 31$ N
- d $F_z^2 = F_{z,x}^2 + F_{z,y}^2 \rightarrow F_{z,y} = \sqrt{F_z^2 - F_{z,x}^2} = \sqrt{32^2 - 9,6^2} = 31$ N

Opgave 52

- a Bij een rechtlijnige beweging is de eventuele versnelling of vertraging alleen in de bewegingsrichting. Loodrecht op de bewegingsrichting is de nettokracht nul. De eventuele versnelling wordt dus alleen bepaald door de krachten en krachtcomponenten in de bewegingsrichting.
- b De hoek tussen F_z en $F_{z,y}$ is dan ook 15° .
- c $F_{z,y} = F_z \cdot \cos(\alpha) = 0,90 \cdot 10^3 \times \cos(15^\circ) = 0,87 \cdot 10^3 \text{ N} = 0,87 \text{ kN}$

Opgave 53

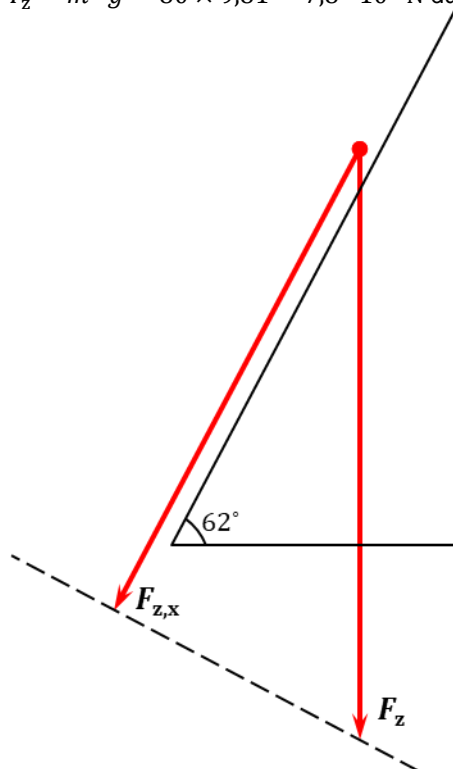
- a $F_z = m \cdot g = 90 \times 9,81 = 8,8 \cdot 10^2 \text{ N}$
- b $F_{z,x} = F_z \cdot \sin(\alpha) = 8,8 \cdot 10^2 \times \sin(8^\circ) = 1,2 \cdot 10^2 \text{ N}$
- c $F_{vw} = F_w + F_{z,x} = 15 + 1,2 \cdot 10^2 = 1,4 \cdot 10^2 \text{ N}$

Opgave 54

- a De dwarscomponent van de kracht van de wind wordt gecompenseerd door de grote weerstand van het zand in die richting. De weerstand van het zand is in de rijrichting veel kleiner, die kan door de voorwaartse component van de kracht van de wind gecompenseerd worden.
- b De zeiler hangt achterover omdat de dwarskracht van de wind anders de strandzeiler zou omduwen en omdat de wind de strandzeiler zo een beetje optilt waardoor de rolweerstand in de rijrichting minder is.

Opgave 55

- a $F_z = m \cdot g = 80 \times 9,81 = 7,8 \cdot 10^2 \text{ N}$ dus de zwaartekracht is een pijl van 7,8 cm lang.



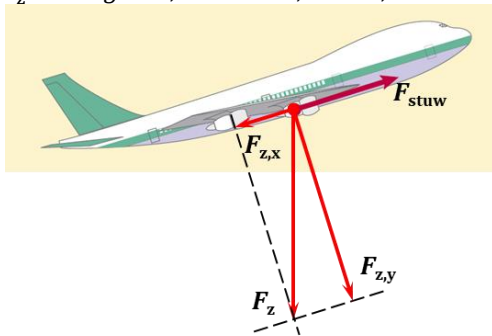
- b $F_{z,x} = F_z \cdot \sin(\alpha) = 7,8 \cdot 10^2 \times \sin(62^\circ) = 6,9 \cdot 10^2 \text{ N}$ of uit constructie in tekening met schaalfactor: 690 N
- $$a = \frac{F_{\text{res}}}{m} = \frac{F_{z,x}}{m} = \frac{6,9 \cdot 10^2}{80} = 8,6 \text{ m/s}^2$$
- c Tijdens de afdaling neemt de snelheid toe, daardoor neemt de luchtweerstand ook toe en zal de nettokracht afnemen.
- d De snelheid is constant, dus er is evenwicht: $F_{\text{res}} = 0 \rightarrow F_{z,x} = F_{w,l} \rightarrow 6,9 \cdot 10^2 = k \cdot v^2$
- met $v = \frac{250}{3,6} = 69,4 \text{ m/s} \rightarrow k = \frac{6,9 \cdot 10^2}{69,4^2} = 0,14$

Opgave 56

- a De zwaartekracht en de normaalkracht.
- b De zwaartekracht staat schuin op de bewegingsrichting.
- c De snelheid is constant, dus is de voorwaartse kracht gelijk aan de som van de twee tegenwerkende krachten.
- d $F_{z,x} = F_{w,l} + F_{w,r}$ en $F_{z,x} = F_z \cdot \sin(\alpha) = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = 80 \times 9,81 \times \sin(20^\circ) = 2,7 \cdot 10^2 \text{ N} = 0,27 \text{ kN}$

Opgave 57

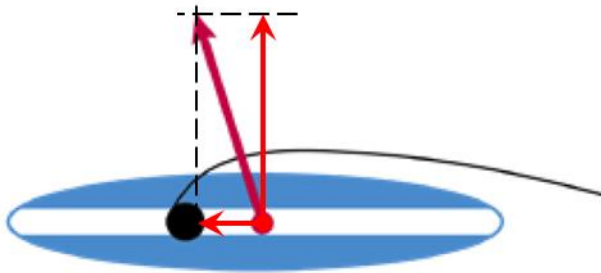
- a De pijl is 1,3 cm lang, voor een stuwkracht van $2,0 \cdot 10^6 \text{ N}$. $\frac{2,0 \cdot 10^6}{1,3} = 1,5 \cdot 10^6$ dus de krachten schaal is $1 \text{ cm} \triangleq 1,5 \cdot 10^6 \text{ N}$.
- b $F_z = m \cdot g = 4,0 \cdot 10^5 \times 9,81 = 3,92 \cdot 10^6 \text{ N}$ dus dat is een pijl van 2,6 cm lang, zie figuur.



- c Zie figuur.
- d De pijl van $F_{z,x}$ is 0,8 cm lang dus $F_{z,x} = 0,8 \times 1,5 \cdot 10^6 = 1,2 \cdot 10^6 \text{ N}$
- e $F_{\text{res}} = F_{\text{stuw}} - F_{z,x} - F_{\text{lucht}} = 2,0 \cdot 10^6 - 1,2 \cdot 10^6 - 0,5 \cdot 10^6 = 3,0 \cdot 10^5 \text{ N}$. Er is dus geen krachtenevenwicht in de bewegingsrichting: het vliegtuig versnelt.

Opgave 58

- a Zie figuur



- b Door de vin is de waterweerstand in dwarsrichting veel groter is dan in de lengterichting. Hierdoor zal de zeilplank sneller vooruit bewegen dan in dwarsrichting.
- c De weerstand in dwarsrichting zal de component van de windkracht dwars op de beweging nooit helemaal kunnen opheffen. Er is immers pas wrijvingskracht met het water als de boot snelheid heeft (de wrijvingskracht van het water is evenredig met v^2). Dat geldt ook in de zijwaartse richting. Een zeilboot 'verlijert' dus altijd (iets).

4.5 HEFBOMEN

Opgave 59

- a Niet waar: Een hefboom is in evenwicht als aan beide kanten het product van kracht maal arm even groot is.
- b Waar
- c Waar
- d Waar
- e Niet waar: Als de arm vijf keer zo groot is, is de kracht vijf keer zo klein.

Opgave 60

- a De arm is de loodrechte afstand tussen het draaipunt en de richting van de kracht. Bij een verticale kracht meet je de afstand dus horizontaal.
- b Met de hulplijn kun je de loodrechte horizontale afstand goed opmeten.

Opgave 61

- a De loodrechte afstand tussen de kracht en het draaipunt is de arm.
- b Als de armen ongelijk zijn, zijn de krachten ook niet gelijk.
- c De kracht met een kleine arm is het grootst.
- d Een langere hendel (in figuur 62 de horizontale metalen stang met rode handvat) geeft een langere arm. Bij een hefboom is de kracht omgekeerd evenredig met de arm van de kracht, dus als de arm groter wordt, wordt de kracht kleiner.

Opgave 62

- a Voorwerp 2 is het zwaarst.
- b $r_1 = 1,8$ cm en $r_2 = 0,7$ cm dus de arm van voorwerp 2 is $2,6 \times$ zo klein en de kracht is $2,6 \times$ zo groot. Voorwerp 2 is $2,6 \times$ zo zwaar.

Opgave 63

- a In het midden van de plank zit het zwaartepunt, dus daar grijpt de zwaartekracht aan.
- b $F_1 \triangleq 2,8$ cm en $F_2 \triangleq 1,6$ cm
- c $r_1 = 0,95$ cm en $r_2 = 2,0$ cm
- d $\frac{F_1}{F_2} = \frac{2,8}{1,6} = 1,75$ en $\frac{r_2}{r_1} = \frac{2,0}{0,95} = 2,1$ dus de kracht is niet omgekeerd evenredig met de arm van de kracht.
- e Het steunpunt moet naar rechts, zodat r_2 kleiner wordt en r_1 groter.

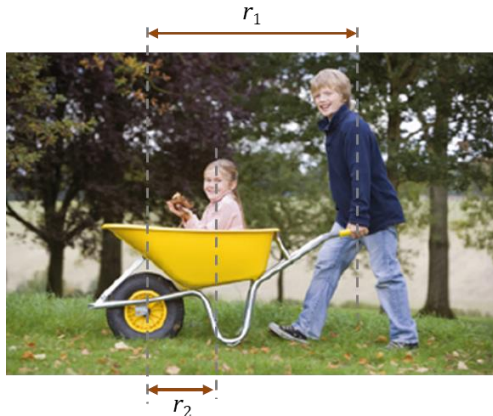
Opgave 64

- a De lichtste mag op een uiteinde gaan zitten: dat is Babajide.
- b Els en Babajide zijn samen lichter dan papa, dus als papa op een uiteinde zit kunnen Els en Babajide niet nog verder van het draaipunt gaan zitten om te zorgen dat hun kracht een grotere arm heeft.
- c Papa moet dichterbij het midden gaan zitten.

Opgave 65

- a De as van het wiel is het draaipunt.
- b De drie krachten die op de kruiwagen als hefboom werken zijn: de zwaartekracht op de kruiwagen in het zwaartepunt van de kruiwagen, de zwaartekracht op het meisje in haar zwaartepunt en de tilkracht van de jongen op de handvatten.

- c De afstand van de jongen tot het draaipunt (r_1) is groter dan de afstand van zijn zusje tot het draaipunt (r_2). Zie figuur.



- d De jongen tilt dus met $100 - 20 = 80$ N extra als het meisje in de kruiwagen gaat zitten. Volgens de foto is de verhouding van de armen $\frac{r_1}{r_2} = \frac{2,8}{0,9} = 3$. De verhouding van de krachten is dan ook 3. Zonder deze hefboom moet de jongen met $3 \times 80 = 2,4 \cdot 10^2$ N tillen, dus weegt het meisje $2,4 \cdot 10^2$ N.

Opgave 66

- Het draaipunt zit in het scharnierpunt.
- De afstand van handvat tot draaipunt is ongeveer 4,5 cm en van knipgedeelte tot draaipunt ongeveer 0,5 cm.
- De arm is 9 x zo klein, dan is de kracht 9 x zo groot.

Opgave 67

- De kracht en de arm van die kracht bepalen de hefboomwerking van een kracht.
- Een hefboom met twee krachten is in evenwicht als het product van de kracht en de arm voor beide krachten even groot is.

Opgave 68

- $m_1 \cdot g \cdot r_1 = m_2 \cdot g \cdot r_2 \rightarrow 0,50 \times 9,81 \times 18,0 = m_2 \times 9,81 \times 7,2 \rightarrow m_2 = \frac{0,50 \times 18,0}{7,2} = 1,3$ kg
- $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \rightarrow 24 \times r_1 = 14 \times 14 \rightarrow r_1 = \frac{14 \times 14}{24} = 8,2$ cm
- $F_{\text{steun}} = F_1 + F_2 = 24 + 14 = 38$ N

Opgave 69

- Een hulplijn door het draaipunt is evenwijdig getekend aan de **werklijn** van de kracht. De arm van de kracht is de **loodrechte** afstand tussen de kracht en de hulplijn.
- $r_1 = 2,4$ cm en $r_2 = 0,4$ cm
- De spierkracht wordt door de handlier vergroot met factor $\frac{2,4}{0,4} = 6$.

Opgave 70

- Het effect van de zwaartekracht wordt kleiner, doordat de arm van de zwaartekracht kleiner wordt.
- De kracht waarmee getild wordt draait mee en staat steeds loodrecht op de arm van die kracht (arm_2 in figuur 72)).
- In de hefboomwet: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$ wordt r_1 (de arm van de zwaartekracht) steeds kleiner terwijl F_1 (de zwaartekracht) en r_2 (de arm van de tilkracht) gelijk blijven. Dus wordt F_2 (de tilkracht) kleiner.

Opgave 71

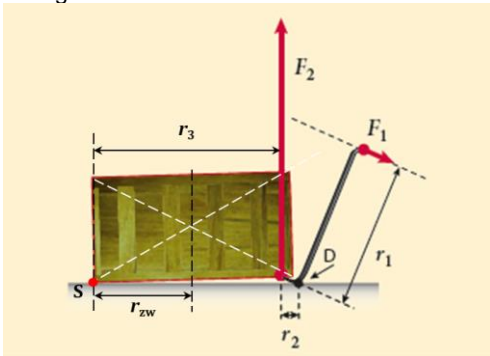
- Tijdens het openen van het luik wordt de arm van de zwaartekracht steeds kleiner, terwijl de arm van de spierkracht gelijk blijft omdat de jongen loodrecht op het luik blijft duwen.
- In het midden van het luik is de arm van de spierkracht kleiner, dus zal het moeilijker gaan om het luik te openen.

Opgave 72

- a Bij het openen van de fles beweegt de opener midden op de dop niet, dus is dat het draaipunt.
- b De arm van de spierkracht is groter dan de arm van de kracht op de rand van de dop.
- c De afstand van duim tot draaipunt is ongeveer 1,5 cm en de afstand van de rand van de dop tot het draaipunt is ongeveer 0,5 cm. De kracht wordt dus drie keer vergroot en niet tien keer. Fatima heeft gelijk.

Opgave 73

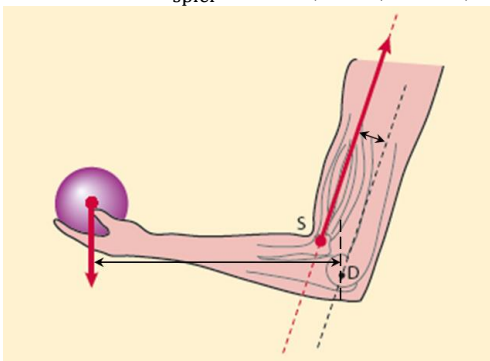
- a Zie figuur.



- b $F_z = 50 \times 9,81 = 490,5 \text{ N}$
In de tekening in het boek is: $r_{zw} = 1,3 \text{ cm}$ en $r_3 = 2,5 \text{ cm}$.
 $F_z \cdot r_{zw} = F_2 \cdot r_3 \rightarrow F_2 = \frac{r_{zw}}{r_3} \cdot F_z = \frac{1,3}{2,5} \times 490,5 = 255 = 2,6 \cdot 10^2 \text{ N}$
- c Opmeten in de tekening in het boek: $r_1 = 2,0 \text{ cm}$ en $r_2 = 0,25 \text{ cm}$
 $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \rightarrow F_1 \times 2,0 = 255 \times 0,25 \rightarrow F_1 = \frac{255 \times 0,25}{2,0} = 32 \text{ N}$

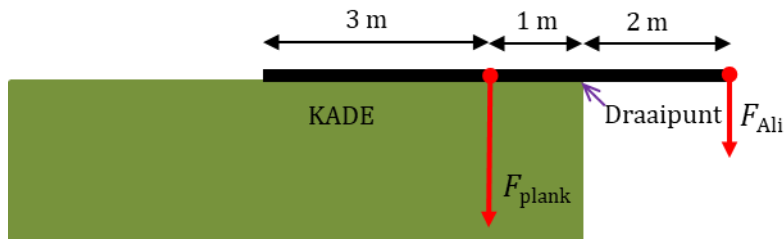
Opgave 74

- a De hulplijn is evenwijdig aan de spierkracht getekend (die schuin is).
- b De arm van de spierkracht is in een afdruk van de volgende figuur 0,6 cm.
- c De zwaartekracht is verticaal dus de hulplijn om de arm van de zwaartekracht te meten moet ook verticaal zijn.
- d De arm van de zwaartekracht is in dezelfde afdruk 5,4 cm dus de spierkracht is $\frac{5,4}{0,6} = 9 \times$ zo groot als de zwaartekracht: $F_{\text{spier}} = 9 \times 5,0 \times 9,81 = 4,4 \cdot 10^2 \text{ N}$.



Opgave 75

- a Zie figuur. Het zwaartepunt van de plank zit in het midden van de plank.



- b Het draaipunt zit op de hoek van de kade dus als Ali tot het eind loopt geldt:

$$m_{\text{Ali}} \cdot g \cdot r_1 = 45 \times 9,81 \times 2,0 = 90 \times 9,81$$

De zwaartekracht op de plank werkt in het midden, dus is de arm 1,0 m:

$$m_{\text{plank}} \cdot g \cdot r_2 = 80 \times 1,0 \times 9,81 = 80 \times 9,81$$

De plank zal kantelen want het product van kracht en arm van Ali is groter dan het product van kracht en arm van de plank.

- c $m_{\text{Ali}} \cdot g \cdot r_1 = m_{\text{plank}} \cdot g \cdot r_2 \rightarrow 45 \times r_1 = 80 \times 1 \rightarrow r_1 = \frac{80}{45} = 1,8 \text{ m}$

Opgave 76

De arm van de kracht in pees P (van de pees tot draaipunt D) is kleiner dan de arm van de normaalkracht in S. Dus is de kracht in de pees groter dan de normaalkracht.

4.6 VERDIEPING

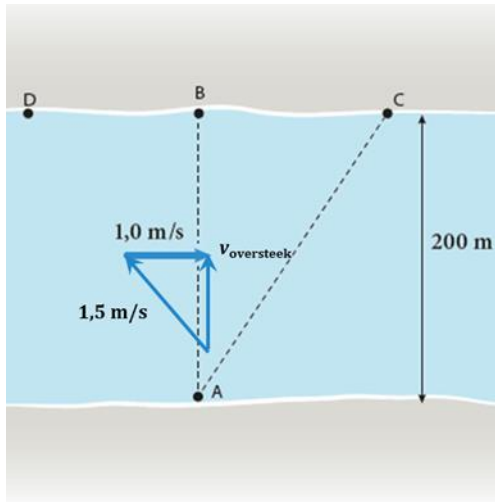
Opgave 77

- a Je hebt inderdaad de helft van het traject voordeel en de andere helft van het traject nadeel, maar je hebt wel veel langer (in de tijd) nadeel dan voordeel.
- b De recordhouder heeft gelijk omdat je eerst de snelheid van de lucht ten opzichte van de fietser moet samenstellen uit de twee onderling loodrechte snelheden. De kracht van de luchtweerstand bereken je dan met het kwadraat van de lichtsnelheid en deze luchtweerstand ontbind je daarna weer in twee loodrechte componenten. Uiteindelijk is er dan toch een tegenwerkende kracht in de rijrichting die groter is dan de rijwind bij windstil weer.

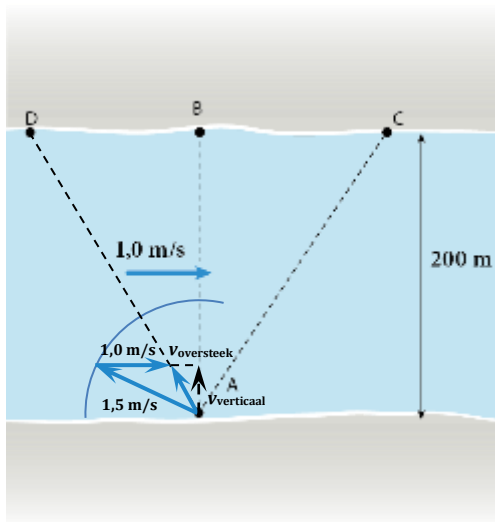
Opgave 78

- a Als Rik dwars op de stroomrichting blijft zwemmen, duurt de oversteek $t = \frac{s}{v} = \frac{200}{1,5} = 133 \text{ s}$. In die tijd is hij 133 m met de rivier mee afgedreven tot aan C, dus $BC = 1,3 \cdot 10^2 \text{ m}$.
- b $AC = \sqrt{(200^2 + 133^2)} = 240 \text{ m}$. De snelheid in de schuine richting is dus $v = \frac{240}{133} = 1,8 \text{ m/s}$.

- c De snelheid van Rik is 1,5 m/s en de zijwaartse component moet 1,0 m/s zijn om op de lijn AB te blijven. Zijn 'oversteeksnelheid' is dan $\sqrt{1,5^2 - 1,0^2} = 1,12$ m/s. (kan ook bepaald worden uit een constructie van de oversteeksnelheid). De oversteek duurt dan $t = \frac{s}{v} = \frac{200}{1,12} = 179$ s = 3,0 min. Zie figuur.



- d Rik zijn tocht dwars op de stroomrichting naar de overkant duurt 133 s (berekend bij vraag a). Als hij van C naar B zwemt moet hij recht tegen de stroom in zwemmen, waardoor zijn netto-zwemsnelheid $1,5 - 1,0 = 0,5$ m/s is. Over de af te leggen 133 m (berekend bij vraag a) doet hij dan $t = \frac{s}{v} = \frac{133}{0,5} = 266$ s. Totaal dus $133 + 266 = 399$ s = 6,7 min.
- e De oversteeksnelheid vind je door een cirkelboog van 1,5 m/s te trekken en met de geodriehoek het snijpunt te zoeken waar de snelheid van het water van 1,0 m/s de cirkelboog en de lijn AD snijdt. Lees vervolgens de verticale component van deze snelheid af: $v_{\text{verticaal}} = 0,64$ m/s $\rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{200}{0,64} = 312,5$ s = 5,2 min.



Opgave 79

a $F_{\text{trap}} = F_{w,l,\text{achteruit}} = k \cdot v_{\text{lucht}}^2 = 0,20 \times 16^2 = 51,2 = 51$ N

b $v_{\text{lucht,netto}} = \sqrt{(v_{\text{rijwind}}^2 + v_{\text{dwarswind}}^2)} = \sqrt{(16^2 + 6^2)} = 17,1$ m/s

$$F_{w,l} = 0,20 \cdot (v_{\text{lucht}})^2 = 0,20 \times 17,1^2 = 58,4$$
 N

$$\frac{F_{w,l,\text{achteruit}}}{F_{w,l}} = \frac{v_{\text{rijwind}}}{v_{\text{lucht,netto}}} \rightarrow F_{w,l,\text{achteruit}} = \frac{v_{\text{rijwind}}}{v_{\text{lucht,netto}}} \cdot F_{w,l} = \frac{16}{17,1} \times 58,4 = 54,6$$
 N

dat is $54,6 - 51,2 = 3,4$ N meer dan zonder dwarswind.

- c Bij windstil weer: $F_{\text{trap}} = F_{w,l,\text{achterruit}} = 0,20 \times 4^2 = 3,2 \text{ N}$
 Bij dwarswind: $v_{\text{lucht,netto}} = \sqrt{(4^2 + 6^2)} = 7,2 \text{ m/s}$ en $F_{w,l} = 0,20 \times 7,2^2 = 10,4 \text{ N}$
 $F_{w,l,\text{achterruit}} = \frac{4}{7,2} \times 10,4 = 5,8 \text{ N}$
 dat is $5,8 - 3,2 = 2,6 \text{ N}$ meer dan zonder dwarswind.
- d Klaas moet $\frac{3,4}{58,4} \times 100\% = 5,8\%$ harder trappen, Els $\frac{3}{13} \times 100\% = 23\%$ en Bram zelfs $\frac{2,6}{3,2} \times 100\% = 81\%$.

Opgave 80

- a Els fietst met constante snelheid dus: $F_{\text{Els}} = F_{w,l} + F_{w,r} \rightarrow$
 $18 = k \cdot v_{\text{rijwind}}^2 + 3 = 0,15 \cdot v_{\text{rijwind}}^2 + 3 \rightarrow v_{\text{fiets}} = v_{\text{rijwind}} = \sqrt{\frac{18-3}{0,15}} = 10 \text{ m/s}.$
- b Ook nu kan de v_{rijwind} maximaal 10 m/s zijn. Bij een meewind van 6 m/s kan Els dus ten opzichte van de weg met 16 m/s fietsen.
- c Dezelfde redenering leidt tot een snelheid van 4 m/s bij een tegenwind van 6 m/s.
- d Als er een wind van 6 m/s dwars op de weg waait, wordt de berekening ingewikkeld. Gebruik hierbij figuur 81 van je boek.

$$F_{w,l} = k \cdot v_{\text{lucht,netto}}^2 = k \cdot (v_{\text{rijwind}}^2 + v_{\text{dwarswind}}^2) = 0,15 \times (v_{\text{rijwind}}^2 + 36)$$

$\frac{F_{w,l,\text{achterruit}}}{F_{w,l}} = \frac{v_{\text{rijwind}}}{v_{\text{lucht,netto}}}$ dus de component van de luchtweerstand in de rijrichting is

$$F_{w,l,\text{achterruit}} = F_{w,l} \cdot \frac{v_{\text{rijwind}}}{v_{\text{lucht,netto}}} = F_{w,l} \cdot \frac{v_{\text{rijwind}}}{\sqrt{v_{\text{rijwind}}^2 + 36}} = 0,15 \times (v_{\text{rijwind}}^2 + 36) \times \frac{v_{\text{rijwind}}}{\sqrt{v_{\text{rijwind}}^2 + 36}}$$

De vergelijking wordt dan: $F_{\text{Els}} = F_{w,l,\text{achterruit}} + F_{w,r}$

$$18 = 0,15 \times (v_{\text{rijwind}}^2 + 36) \times \frac{v_{\text{rijwind}}}{\sqrt{v_{\text{rijwind}}^2 + 36}} + 3 \rightarrow$$

$$15 = 0,15 \times v_{\text{rijwind}} \cdot \sqrt{v_{\text{rijwind}}^2 + 36}$$

Deze vergelijking is niet oplosbaar met een directe berekening, maar wel met behulp van de GR (snijpunt bepalen). De oplossing is $v_{\text{fiets}} = v_{\text{rijwind}} = 9,1 \text{ m/s}$.

Els kan dus 9,1 m/s fietsen bij een dwarswind van 6 m/s.

- e Tegen een wind van 12 m/s komt Els natuurlijk niet vooruit.

4.7 AFSLUITING

Opgave 81

- a De drie kenmerken van een kracht zijn: grootte, richting en aangrijpingspunt. De verschillende soorten krachten met hun eigenschappen zijn:
- | | |
|-------------------|---|
| veerkracht: | deze is evenredig met de uitrekking of indrukking van de veer, werkt altijd in de richting van de veer |
| spankracht: | dit is de kracht die het touw 'doorgeeft', werkt altijd in de richting van het touw |
| zwaartekracht: | de kracht waarmee de aarde aan elk voorwerp trekt, werkt altijd in de richting van het middelpunt van de aarde en is evenredig met de massa van het voorwerp. |
| gewicht(skracht): | de kracht waarmee een voorwerp tegen de ondergrond duwt, deze hangt af van de andere krachten die op het voorwerp werken. |
| normaalkracht: | werkt op het voorwerp wat op de grond drukt, staat altijd loodrecht op de ondergrond en is even groot als en tegengesteld aan het gewicht van het voorwerp. |
| schuifwrijving: | deze is evenredig met het gewicht van het voorwerp en hangt ook af van de ruwheid van het oppervlak. |
| rolweerstand: | deze is evenredig met het gewicht van het voorwerp en hangt ook af van de interne vervorming van het voorwerp (de band). |
| luchtweerstand: | deze hangt af van de snelheid van het voorwerp, de frontale oppervlakte van het voorwerp, de stroomlijn en de dichtheid van de lucht. |

Met behulp van de drie wetten van Newton bepaal je eventuele onbekende krachten of wanneer de beweging(richting) van een voorwerp zal veranderen:

De eerste wet van Newton zegt dat als de som van alle krachten op een voorwerp (de nettokracht) nul is, dit voorwerp stilstaat of met constante snelheid beweegt.

De tweede wet van Newton zegt dat als de nettokracht op een voorwerp niet nul is, het voorwerp zal versnellen of vertragen volgens $F_{\text{res}} = m \cdot a$.

De derde wet van Newton zegt dat de actiekracht van voorwerp 1 op voorwerp 2 een reactiekracht oproept van voorwerp 2 op voorwerp 1. De reactiekracht is even groot als en tegengesteld gericht aan de actiekracht.

Twee krachten die in dezelfde richting werken kun je bij elkaar optellen en twee krachten die in tegengestelde richting werken kun je van elkaar aftrekken. Als twee krachten een hoek met elkaar maken kun je ze met de parallellogramconstructie samenstellen tot één somkracht. Als er drie verschillende krachten op hetzelfde voorwerp werken, stel je eerst twee krachten samen. Als de derde kracht precies tegengesteld aan de somkracht is en even groot, dan is er evenwicht.

Als een kracht schuin staat op de bewegingsrichting, ontbind je deze kracht in een component langs de lijn van de beweging en een component daar loodrecht op. De component in (of tegen) de bewegingsrichting (in) kan zorgen voor een versnelling of een vertraging. Als de beweging in een rechte lijn gaat, is er geen nettokracht loodrecht op de bewegingsrichting.

De kracht en de arm van die kracht ten opzichte van het draaipunt bepalen de hefboomwerking van een kracht. Een hefboom met twee krachten is in evenwicht als het product van de kracht en de arm voor beide krachten even groot is en hun draairichtingen tegengesteld gericht zijn.

- b** Met deze theorie kun je situaties van evenwicht van krachten en draai-evenwicht van hefbomen verklaren.

Opgave 82

- a** Veerkracht, deze is evenredig met de uitrekking of indrukking.

Spankracht, deze werkt altijd in de richting van het touw.

Zwaartekracht, deze is evenredig met de massa, grijpt aan in het zwaartepunt van het voorwerp en is verticaal naar beneden gericht.

Normaalkracht, deze wordt uitgeoefend door de ondergrond waar het voorwerp op staat (of bijvoorbeeld het plafond, waar het voorwerp aan hangt) en staat altijd loodrecht op de ondergrond (of het plafond).

Schuifwrijving, deze is gericht langs het oppervlak en hangt af van de ruwheid van de beide contactoppervlakken en van het gewicht van het schuivende voorwerp.

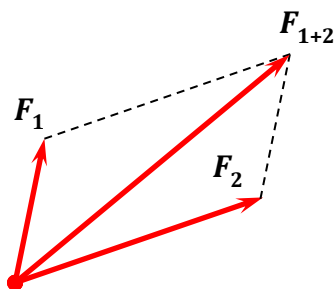
Rolweerstand, deze is gericht langs het oppervlak en hangt onder andere af van de vervormbaarheid van het voorwerp bij het contactoppervlak en van het gewicht van het voorwerp..

Luchtweerstand, deze is gericht tegen de bewegingsrichting in en hangt af van de snelheid, de frontale oppervlakte, de stroomlijn en de dichtheid van de lucht.

- b** De zwaartekracht bereken je door de massa (in kg) te vermenigvuldigen met de valversnelling ($9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ N/kg}$).

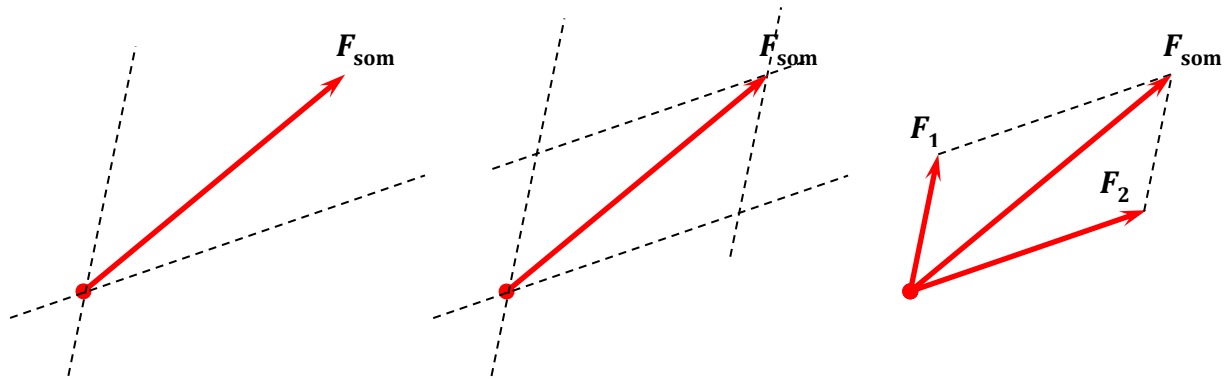
- c** $F_v = C \cdot u$. Hierin is F_v de veerkracht (in N), u de uitrekking of indrukking (in m) en C de veerconstante (in N/m).

- d** Je stelt twee krachten samen met behulp van de parallellogramconstructie: je tekent vanuit elke pijlpunt van de twee krachten een stippelijntje evenwijdig aan de andere kracht. De somkracht is dan de diagonaal van het parallellogram:



- e** Als twee krachten loodrecht op elkaar staan is de somkracht te berekenen met Pythagoras: $F_{\text{som}} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$.

- f De omgekeerde parallelogramconstructie is eigenlijk hetzelfde als het samenstellen van twee krachten, maar dan in omgekeerde volgorde: vanuit het eindpunt van de somkracht teken je een parallelogram:



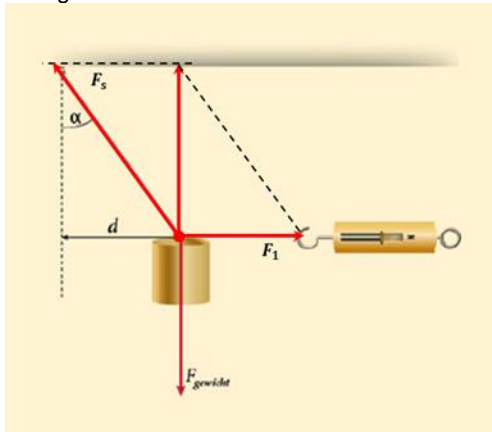
- g Als de krachten op een voorwerp voor evenwicht zorgen is de nettokracht nul. Bij een versnelde of vertraagde beweging is de versnelling in de richting van de nettokracht.
- h De versnelling bereken je met de nettokracht volgens $F_{\text{res}} = m \cdot a$.
- i Een kracht kun je splitsen in twee andere krachten. Daarbij ontbind je de kracht in twee componenten. Je kunt met behulp van de component van een kracht de kracht in de (mogelijke) bewegingsrichting bepalen.
- j Als een voorwerp stil staat, is de nettokracht nul in alle richtingen.
- k Als een voorwerp in een rechte lijn beweegt, is de nettokracht nul in de richting loodrecht op de bewegingsrichting.
- l **Eerste wet van Newton:** Een voorwerp waarop de nettokracht nul is, beweegt met constante snelheid in een rechte lijn of blijft stilstaan: $\vec{F}_{\text{res}} = 0 \leftrightarrow v = \text{constant}$ of v blijft 0.
Tweede wet van Newton: Een nettokracht die niet nul is, geeft een voorwerp een versnelling of een vertraging.
 $\vec{F}_{\text{res}} = m \cdot \vec{a}$.
Derde wet van Newton: De twee krachten van een wisselwerking werken op twee verschillende voorwerpen, zijn altijd even groot en werken in tegengestelde richting. Vaak wordt de ene (reactie)kracht veroorzaakt door de andere (actie)kracht, $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$.
- m De zwaartekracht is evenredig met de massa en gericht naar het middelpunt van de aarde. Op aarde is de zwaartekracht op elke kilogram 9,81 N. Het gewicht van een voorwerp is de kracht die het uitoefent op een ondergrond of op een touw waaraan het voorwerp hangt. De zwaartekracht werkt dus op een voorwerp en het gewicht is een kracht door het voorwerp. Alleen als een voorwerp in rust is of met constante snelheid beweegt, is het gewicht even groot als de zwaartekracht. Als een voorwerp valt, oefent het geen kracht uit op een ondergrond en is dan dus gewichtloos.
- n Met het begrip traagheid wordt bedoeld dat de snelheid van een zwaar voorwerp moeilijk te veranderen is. Traagheid is eigenlijk hetzelfde als massa.
- o Actie- en reactiekracht zijn de twee krachten van een wisselwerking, die even groot zijn, tegengesteld gericht en werken op twee verschillende voorwerpen. De reactiekracht is het gevolg van de actiekracht, zoals de veerkracht de reactiekracht is van de (actie)kracht waarmee aan de veer wordt getrokken.
- p Bij een hefboom is de arm van een kracht de loodrechte afstand tussen het draaipunt en de richting van de kracht. Je tekent hiervoor een hulplijn in het verlengde van de kracht (de werklijn van de kracht). Of een hulplijn door het draaipunt evenwijdig aan de kracht.
- q Voor een hefboom in (draai-)evenwicht geldt de hefboomwet: het product van de kracht en de arm is voor beide krachten even groot. De formule daarbij is: $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$. Hierin is F_1 de kracht (in N) die de hefboom een kant op wil draaien en r_1 de arm van die kracht (in m). De kracht F_2 (in N) met arm r_2 (in m), in de andere draairichting, houdt de hefboom in (draai-)evenwicht.
- r De vergrotingsfactor bij een hefboom is de factor waarmee de kracht door de hefboom wordt vergroot. Je berekent deze met behulp van de verhouding van de armen van die krachten.

Opgave 83

- a Bij een constante snelheid is de nettokracht nul.
- b De weerstandskracht werkt recht naar achteren (het papier in): tegen de bewegingsrichting in.
- c Als er geen component van de trekkraft van de vlieger in de bewegingsrichting zou zijn, zou de weerstand van het water naar achteren niet gecompenseerd kunnen worden.
- d Als de surfer rechter op zou staan zou de vlieger hem naar rechts kantelen. Want als de plank onder zijn voeten het draaipunt is, heeft de kracht van de vlieger een grotere arm dan de zwaartekracht.

Opgave 84

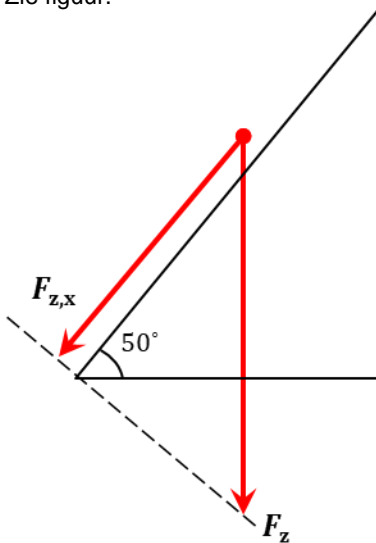
- a Zie figuur.



- b De lengte van de pijl van F_{gewicht} is 2,1 cm en $F_{\text{gewicht}} = 2,5 \text{ N}$ dus de schaal is $1 \text{ cm} \cong 1,2 \text{ N}$.
 F_s is 2,7 cm dus $F_s = 2,7 \times 1,2 = 3,2 \text{ N}$
 F_1 is 1,6 cm dus $F_1 = 1,6 \times 1,2 = 1,9 \text{ N}$
- c $\sin(\alpha) = \frac{F_1}{F_s} = \frac{1,9}{3,2} = 0,59 \rightarrow \alpha = \sin^{-1}(0,59) = 36^\circ$

Opgave 85

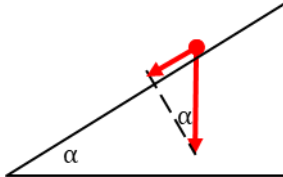
- a Zie figuur.



- b In een afdruk van de voorgaande figuur: $F_z \cong 5,0 \text{ cm}$ en $F_{z,x} \cong 3,8 \text{ cm}$, dan is $a_x = \frac{3,8}{5,0} \times 9,81 = 7,5 \text{ m/s}^2$.
Dit is ook te berekenen als je bedenkt dat de hoek tussen $F_{z,x}$ en F_z 40° is: $F_{z,x} = \cos(40^\circ) \cdot F_z$ dus
 $a_x = \cos(40^\circ) \cdot g = \cos(40^\circ) \times 9,81 = 7,5 \text{ m/s}^2$.
- c Tijdens de recordsnelheid geldt: $F_{w,1} = F_{z,x} = m \cdot a_x = 80 \times 7,5 = 6,0 \cdot 10^2 \text{ N}$.

Opgave 86

- a 22% betekent $\tan(\alpha) = 0,22$ dus $\alpha = \tan^{-1}(0,22) = 12,4 = 12^\circ$.
- b Voor de component langs de helling geldt: $F_{z,x} = F_z \cdot \sin(\alpha) = F_z \cdot \sin(12,4^\circ) = 0,215 \cdot F_z$, dus 21,5 % van F_z .
- c Het verschil komt doordat het hellingspercentage de verhouding is tussen de hoogte en de horizontale afstand (de tangens van de hellingshoek), terwijl de verhouding tussen de component van de zwaartekracht en de zwaartekracht de sinus van de hellingshoek is (hoogte gedeeld door de schuine zijde). Zie figuur.



Opgave 87

- a $F_z = 9,81 \times 70 = 687$ N en de component langs de helling $F_{z,x} = F_z \cdot \sin(\alpha) = 687 \cdot \sin(8^\circ) = 96$ N.
- b Voor de krachten langs de helling geldt: $F_{z,x} = F_{w,r} + F_{w,l} \rightarrow 96 = 3,0 + F_{w,l} \rightarrow F_{w,l} = 93$ N.
- c $F_{w,l} = k \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{F_{w,l}}{k}} = \sqrt{\frac{93}{0,15}} = 25$ m/s (= 90 km/h)
- d Ook nu versnelt de waaghals tot er evenwicht in bewegingsrichting is: $F_{w,l} = 93$ N
- $$F_{w,l} = k \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{93}{0,12}} = 28$$
- m/s (= 100 km/h)

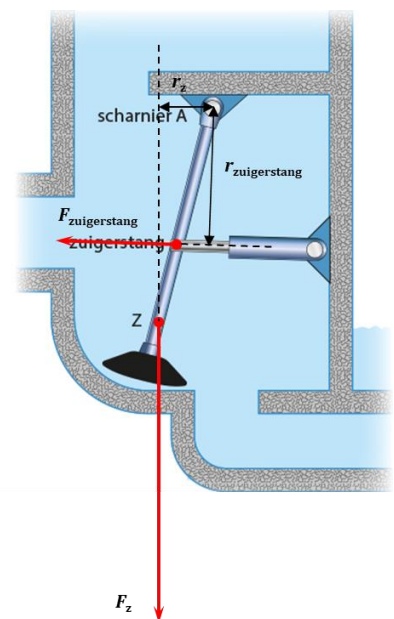
Opgave 88

- a De stenen zitten nu zo dicht mogelijk bij het draaipunt, dan is de arm van de last zo klein mogelijk.
- b Als de man de handvatten zo hoog mogelijk houdt, komt het zwaartepunt van de last meer boven het wiel en is de arm van de last nog kleiner.
- c De man tilt schuin naar voren zodat de kracht die hij uitoefent loodrecht staat op de handvatten. Hierdoor is de arm van zijn spierkracht maximaal. Hij tilt en moet ook een voorwaartse component van kracht leveren om de grote rolweerstand in het zand te overwinnen.

Opgave 89

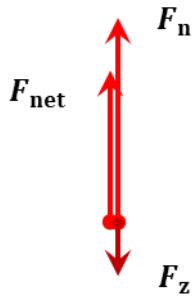
De richting van $F_{\text{zuigerstang}}$ en F_z is ingetekend in de figuur met de bijbehorende armen. De arm van de zuigerstang ($r_{\text{zuigerstang}}$) is 1,8 cm lang en de arm van de zwaartekracht (r_z) is 0,7 cm lang dus is $r_{\text{zuigerstang}} 2,57 \times$ zo groot $r_z \rightarrow$

$$F_{\text{zuigerstang}} = \frac{F_z}{2,57} = \frac{m \cdot g}{2,57} = \frac{70 \times 9,81}{2,57} = 2,7 \cdot 10^2$$
 N



Opgave 90

- a Dat is de normaalkracht.
- b $F_{\text{net}} = m \cdot a = 70 \times 29 = 2030 \text{ N}$ en $F_{\text{net}} = F_{\text{n}} - F_{\text{z}}$ met $F_{\text{z}} = m \cdot g = 70 \times 9,81 = 687 \text{ N} \rightarrow$
 $F_{\text{n}} = F_{\text{net}} + F_{\text{z}} = 2030 + 687 = 2717 = 2,7 \cdot 10^3 \text{ N}.$



- c Het gewicht is ook $2,7 \cdot 10^3 \text{ N}$, dat is $\frac{2716,7}{686,7} = 396\%$ van de zwaartekracht op Teun.
- d Tijdens een vrije val is er alleen zwaartekracht, dus is de versnelling $9,81 \text{ m/s}^2$.
- e Ook bij de vrije beweging omhoog is er alleen zwaartekracht en wordt er dus weer $9,81 \text{ m/s}^2$ gemeten. Er is geen verschil te voelen (en te meten) met de naar beneden gaande beweging.
- f Tijdens een vrije val ben je gewichtloos, dus 0 N .