



Uitwerkingen opgaven leerboek

Als in deze uitwerkingen krachten zijn opgemeten, worden de waarden gebruikt zoals in de print van het tekenblad is opgemeten. Afhankelijk van de eigen uitdraai van het tekenblad zal de uitkomst hiervan verschillen. De onderlinge verhouding van de krachten is echter altijd gelijk.

4.1 INTRODUCTIE

Opgave 1

- a Waar
- b Niet waar: De nettokracht is en blijft nul bij een eenparige beweging
- c Niet waar: Er zijn ook krachten die op afstand werken, bijvoorbeeld zwaartekracht, elektrische kracht en magnetische kracht.
- d Gedeeltelijk waar: Een nettokracht ongelijk nul geeft een versnelling of vertraging.

Opgave 2

- a Op de turner werken de zwaartekracht en de krachten van de ringen.
- b Zwaartekracht en de luchtweerstand.
- c De turner versnelt naar beneden, dus de valsnelheid is niet constant.

Opgave 3

a,b

situatie	nettokracht nul?	resultaat
1	nee	De auto vertraagt.
2	nee	De honkbalknuppel vertraagt.
3	nee	De bal wordt ingedrukt, Als de voetballer eenmaal stil zit, is de nettokracht op de bal wel nul.

Opgave 4

a

situatie	kracht op andere voorwerp	hoe merk je dat?
1	ja	De boom vervormt / wordt beschadigd.
2	ja	De bal versnelt.
3	ja	De voetballer remt af.

- b De richting van de kracht op het andere voorwerp is telkens tegengesteld aan de richting van de kracht op het onderstreepte voorwerp.
- c De grootte van de kracht op het andere voorwerp is telkens gelijk aan de grootte van de kracht op het onderstreepte voorwerp.

4.2 SOORTEN KRACHTEN

Opgave 5

- a Waar
- b Niet waar: Als een voorwerp niet beweegt over de ondergrond terwijl er wel tegen geduwd wordt, is er ook schuifwrijving.
- c Niet waar: De normaalkracht is steeds loodrecht op het oppervlak en is op een schuine ondergrond niet even groot als de zwaartekracht. (Op een horizontale ondergrond is de normaalkracht wel altijd even groot als het gewicht. En in rust is het gewicht even groot als de zwaartekracht.)



- d Niet waar: De veerkracht is evenredig met de uitrekking van de veer.
- e 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.
- f Waar.
- g Niet waar: De rolweerstand wordt kleiner als je de banden harder oppompt. Er is dan minder vervorming van de banden bij het contact met het wegdek.
- h Niet waar: De luchtweerstand wordt groter als je harder gaat rijden.

Opgave 6

- a De veerkracht is de (span)kracht in het elastiek en de kracht van het elastiek op de hand.
- b De spankracht (= veerkracht) werkt in het hele elastiek.
- c Spankracht in een touw ontstaat doordat er aan het touw getrokken wordt, waardoor het een klein beetje uitrekt. De kracht waarmee aan het elastiek getrokken wordt is de actiekracht en de veerkracht van het elastiek is de reactiekracht.

Opgave 7

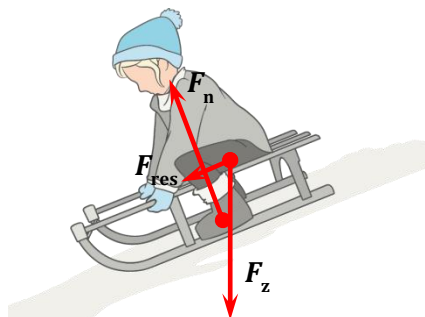
- a In punt A en C is er luchtweerstand.
- b Altijd en overal werkt de zwaartekracht op de bal, dus zowel in A, B als C.
- c In punt A is de nettokracht het grootst. Daar werken de zwaartekracht en de luchtweerstand in dezelfde richting. In punt C zijn ze tegengesteld gericht.

Opgave 8

- 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 stil staat, bijvoorbeeld op de 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 alleen in het begin gewichtloos bent doordat er al snel luchtweerstand is.

Opgave 9

- 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 nettokracht van F_z en F_n (langs de helling) en de totale nettokracht nul is geworden. Dan is de snelheid constant geworden.



Opgave 10

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

Opgave 11

- a IJzeren wielen vervormen nauwelijks of niet en rubber banden wel.
- b Doordat zowel de rails als de wielen heel glad en praktisch onvervormbaar zijn, is de maximale schuifwrijving heel klein. (Trams hadden vroeger bakken zand bij de wielen om in geval van een noodstop op de rails te kunnen laten vallen.)
- c Doordat de maximale schuifwrijving van ijzeren wielen op ijzeren rails zoveel kleiner is dan van rubberen banden op bijvoorbeeld asfalt of beton, is de remweg van een goederentrein veel langer dan van een vrachtauto. (Dat de massa van een goederentrein zoveel groter is, speelt geen rol. De maximale schuifwrijving en de vertraging zijn allebei evenredig met de massa.)

Opgave 12

- a Een constante snelheid voel je niet. Je gewicht is dan net zo groot als wanneer de lift stilstaat.
- b Als de lift versneld omhoog gaat of vertraagd naar beneden, is de nettokracht op jou omhoog gericht en je gewicht dus groter dan normaal.
- c Als de lift versneld omlaag gaat of vertraagd naar boven, is de nettokracht op jou naar beneden gericht en je gewicht dus kleiner dan normaal.
- d Als de snelheid **constant** is, dan is je gewicht even groot als de zwaartekracht. Maar als je **versnelt** of **vertraagt**, is je gewicht groter of kleiner dan de zwaartekracht.

Opgave 13

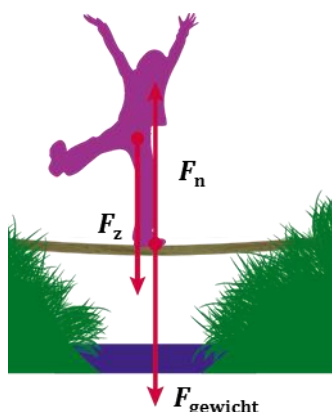
Eigen antwoord.

Opgave 14

De pijl is 5,6 cm lang dus is de kracht $F = 5,6 \times 3 = 17 \text{ N}$.

Opgave 15

- a Krachten op de man: F_z en F_n . Krachten op de plank: F_{gewicht} .



- b 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.
- c F_z en F_n heffen elkaar op: deze zijn even groot, tegengesteld gericht en werken op hetzelfde voorwerp.



- d 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.
- e Als de man op en neer beweegt veranderen F_{gewicht} en F_n . allebei maar blijven wel gelijk aan elkaar.
- f De twee andere krachten die voor evenwicht van de plank zorgen zijn de krachten van de ondersteuningspunten (op de oevers van de sloot).

Opgave 16

- a De maximale kracht bij veerunster A is 1,0 N, dan is de veer 10 cm uitgerekt.

De veerconstante is dus: $C = \frac{F_v}{u} = \frac{1,0}{0,10} = 10 \text{ N/m}$.

- b Veer B: $C = \frac{F_v}{u} = \frac{10}{0,10} = 100 \text{ N/m}$

Veer C: $C = \frac{F_v}{u} = \frac{100}{0,10} = 1000 \text{ N/m}$

Veer D: $C = \frac{F_v}{u} = \frac{3,0}{0,10} = 30 \text{ N/m}$

Veer E: $C = \frac{F_v}{u} = \frac{5,0}{0,10} = 50 \text{ N/m}$

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

Op aarde: $F_v = F_z \rightarrow F_v = m \cdot g = 7,9 \times 9,81 = 77,5 \text{ N} \rightarrow C = \frac{F_v}{u} = \frac{77,5}{0,051} = 1520 \text{ N/m}$

Op de onbekende planeet: $F_z = F_v \rightarrow m \cdot g_{\text{planeet}} = C \cdot u \rightarrow g_{\text{planeet}} = \frac{C \cdot u}{m} = \frac{1520 \times 0,037}{3,6} = 16 \text{ m/s}^2$

Opgave 19

- 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 krachten allemaal op hetzelfde voorwerp werken.

Opgave 20

- a 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.
- b Tijdens de afzet zet je je met je spierkracht af tegen de grond. De normaalkracht past zich aan en wordt groter dan de zwaartekracht, waardoor er een nettokracht omhoog op jou werkt en je omhoog versnelt.
- c Het gewicht is de andere helft van de wisselwerking en is ook de actiekracht.
- d Je gewicht is tijdens de afzet groter dan als je rustig stilstaat, doordat je extra hard tegen de grond duwt.
- e 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.

Opgave 21

- a De normaalkracht is even groot als het gewicht en dat is weer even groot als de zwaartekracht:

$$F_n = F_z = m \cdot g = 1250 \times 9,81 = 1,23 \cdot 10^4 \text{ N}$$

- b Remmen op nat asfalt dus: $f = 0,65 \rightarrow F_{\text{rem,max}} = f \cdot F_n = 0,65 \times 1,23 \cdot 10^4 = 8,0 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Opgave 22



- a Het boek gaat bewegen op $t = 3,3$ s. De maximale schuifweerstand is dan bereikt, het boek zal even versnellen door een kleine nettokracht en daarna blijft de kracht constant en de snelheid ook.
- b De trekkraft wordt gelijkmatig opgevoerd, de grafiek is recht. Na $t = 3,3$ s neemt de trekkraft heel even een klein beetje af, de maximale schuifkracht is bereikt en wordt overschreden waardoor het boek even versnelt en de uitrekking van de veer ietsje afneemt. Daarna blijft de trekkraft gelijk aan de maximale schuifweerstand en is de nettokracht dus nul.
- c $F_{w,s,max} = 0,63$ N en $F_{w,s,max} = f \cdot F_n \rightarrow f = \frac{F_{w,s,max}}{F_n} = \frac{F_{w,s,max}}{m \cdot g} = \frac{0,63}{0,300 \times 9,81} = 0,21$

Opgave 23

- a $F_{tegen} = F_{w,r} + F_{w,l} = 8,6 + \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 = 8,6 + \frac{1}{2} \times 1,0 \times 0,6 \times 1,2 \times 5,0^2 = 17,6 = 18$ N
- b $F_{tegen} = F_{w,r} + F_{w,l} = 2,3 + \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \rightarrow 17,6 = 2,3 + \frac{1}{2} \times 0,9 \times 0,3 \times 1,2 \times v^2 = 2,3 + 0,162 \times v^2 \rightarrow$
 $v = \sqrt{\frac{17,6 - 2,3}{0,162}} = 9,7$ m/s = 35 km/h

Opgave 24

- a De luchtweerstand is evenredig met v^2 . In het begin is de snelheid vrijwel 0, dus is de luchtweerstand dan ook vrijwel 0.
- b De parachutist blijft versnellen, totdat de luchtweerstand even groot is als de zwaartekracht. De maximale snelheid is bereikt als de nettokracht 0 is geworden. Dan geldt: $F_{w,l} = F_z \rightarrow k \cdot v^2 = m \cdot g \rightarrow v = \sqrt{\frac{m \cdot g}{k}} = \sqrt{\frac{95 \times 9,81}{0,25}} = 61$ m/s.
- c $v = \frac{20}{3,6} = 5,56$ m/s $\rightarrow k \cdot v^2 = m \cdot g \rightarrow k = \frac{m \cdot g}{v^2} = \frac{95 \times 9,81}{5,56^2} = 30$
- d $[k] = \left[\frac{m \cdot g}{v^2} \right] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m}^2/\text{s}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
- e $F_{w,l} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \rightarrow [c_w] = \left[\frac{F_{w,l}}{A \cdot \rho \cdot v^2} \right] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m}^2 \cdot \text{kg/m}^3 \cdot \text{m}^2/\text{s}^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2} = [-]$

Opgave 25

- a Remmen op droog beton dus: $f = 0,90 \rightarrow F_{w,s,max} = f \cdot F_n = f \cdot m \cdot g = 0,90 \times 820 \times 9,81 = 7,24 \cdot 10^3$ N
 Voor de remtijd geldt: $s = v_{gem} \cdot t$ met $v_{gem} = \frac{80}{2} = 40$ km/h = 11,1 m/s $\rightarrow$
 $t = \frac{s}{v_{gem}} = \frac{26}{11,1} = 2,34$ s $\rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{22,2}{2,34} = 9,50$ m/s² $\rightarrow F_{net} = m \cdot a = 820 \times 9,50 = 7,79 \cdot 10^3$ N
 Voor de nettokracht geldt ook: $F_{net} = F_{w,s} + F_{w,r} + F_{w,l} = 7,24 \cdot 10^3 + 150 + F_{w,l}$
 $F_{w,l} = F_{net} - F_{w,s} - F_{w,r} = 7,79 \cdot 10^3 - 7,24 \cdot 10^3 - 150 = 4,0 \cdot 10^2$ N
- b Als de bandenspanning lager is, wordt de band 'platter' en vervormt meer bij het contact met de weg. Hierdoor neemt de rolweerstandskracht toe.
- c Als de massa en daardoor het gewicht van de auto toeneemt, neemt de normaalkracht toe en daardoor zullen de schuifwrijving en de rolweerstand toenemen. De massatoename is $\frac{1020-820}{820} \times 100\% = 24\%$, waardoor de schuifwrijving en rolweerstand ook zullen toenemen met ongeveer 24%.
- d De maximale schuifwrijving en rolweerstand nemen evenredig met de massa toe, de luchtweerstand wordt niet beïnvloed door de massatoename. De nettokracht neemt dus minder dan 24% toe. In $F_{net} = m \cdot a$ nemen zowel F_{net} als m toe, maar F_{net} iets minder dan m . Hierdoor zal de remweg iets toenemen.

Opgave 26

- a $k = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A = \frac{1}{2} \times 0,26 \times 1,2 \times 1,9 = 0,296 = 0,30$ N $\cdot$ s²/m²
- b 60 km/h = $\frac{60}{3,6} = 16,7$ m/s, dus $F_{w,l} = k \cdot v^2 = 0,296 \times 16,7^2 = 82,2 = 82$ N
- c Een 2 $\times$ zo grote snelheid betekent 4 $\times$ zoveel luchtweerstand: $F_{w,l} = 4 \times 82,2 = 3,3 \cdot 10^2$ N.
- d Met caravan is de frontale oppervlakte A groter en ook is de stroomlijn slechter en dus c_w groter. Twee factoren die de luchtweerstand groter maken.

Opgave 27



- a Als Sander maximaal trapt en met constante snelheid rijdt, geldt:
 $F_{vw} = F_{w,r} + F_{w,l} \rightarrow F_{vw} = F_{w,r} + \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \rightarrow$
 $38 = 4,0 + \frac{1}{2} \times 0,80 \times 1,2 \times 0,25 \times v^2 \rightarrow v = 17 \text{ m/s (= 61 km/h)}$
- b Rechtop zittend wordt de berekening:
 $38 = 4,0 + \frac{1}{2} \times 0,80 \times 1,2 \times 0,52 \times v^2 \rightarrow v = 12 \text{ m/s (= 42 km/h)}$
- c Op een ligfiets is de frontale oppervlakte kleiner en ook is de c_w -waarde kleiner door een betere stroomlijn.

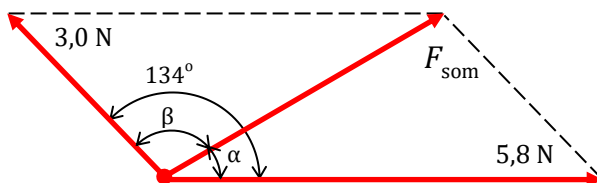
4.3 KRACHTEN SAMENSTELLEN

Opgave 28

- a Waar.
- b Niet waar: Als de hoek tussen de beide richtingen groter dan 90° is, zal de somkracht kleiner zijn.
- c Waar, als de hoek groot genoeg is.
- d Waar
- e Niet waar: Het verschuiven van een kracht langs zijn werklijn verandert het effect van de kracht niet.
- f Niet waar: Je kunt de stelling van Pythagoras alleen gebruiken om de somkracht te berekenen als de hoek tussen de richtingen van de krachten 90° is.

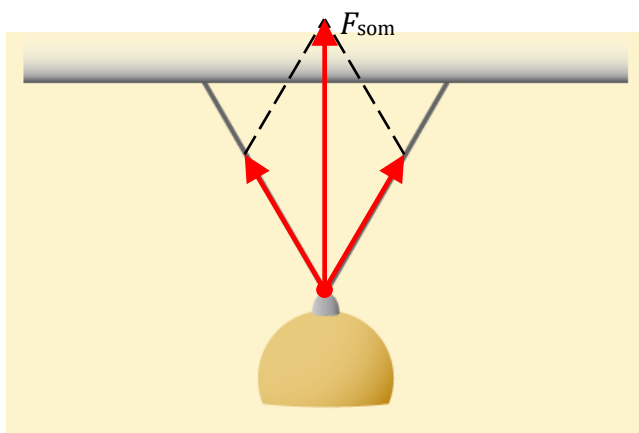
Opgave 29

Opmeten: $\alpha = 30^\circ$ en $\beta = 104^\circ$



Opgave 30

a

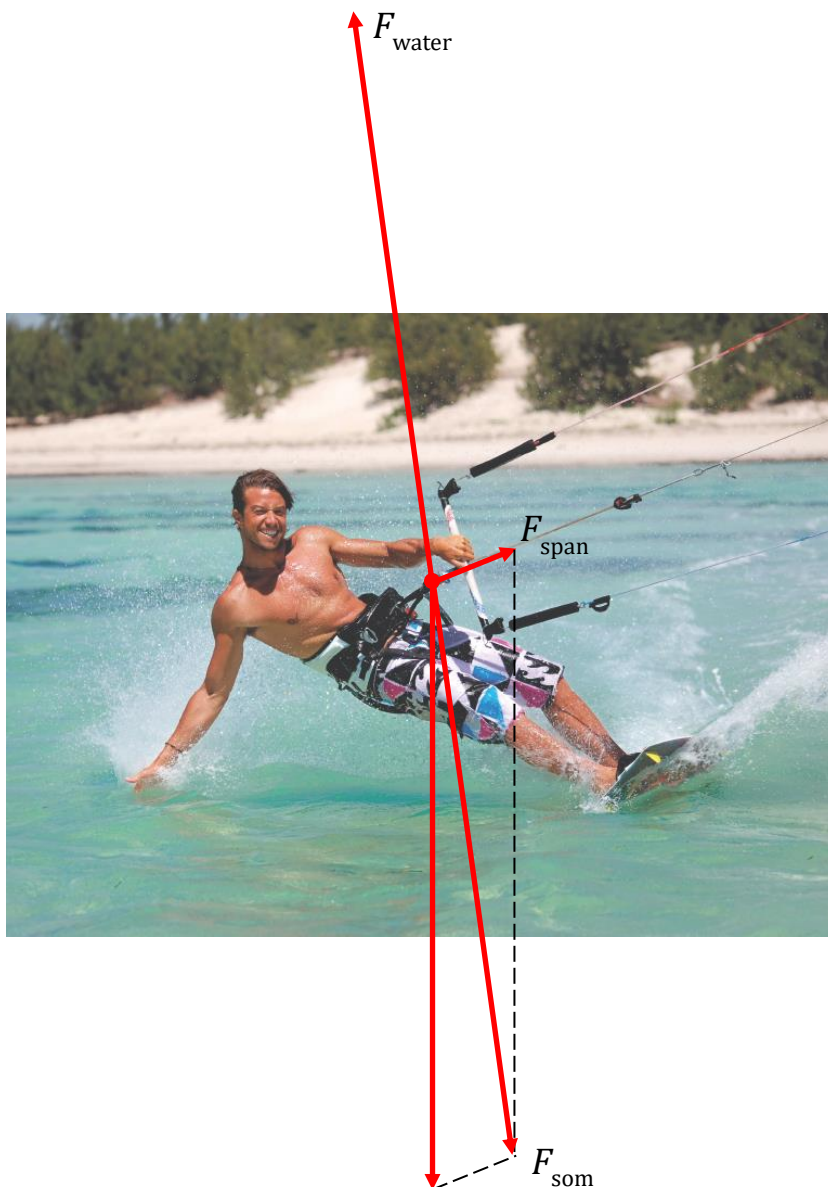


- b De pijl van de somkracht is $1,7 \times$ zo lang als een pijl van de spankracht. $\rightarrow F_{som} = 1,7 \times 50 = 85 \text{ N}$
- c $F_{som} = F_z \rightarrow F_{som} = m \cdot g \rightarrow m = \frac{F_{som}}{g} = \frac{85}{9,81} = 8,7 \text{ kg}$

Opgave 31



- a Afhankelijk van de print van het tekenblad. In het boek staat dat het touw een hoek maakt van 30° met de horizon, maar op de foto van figuur 35 en op het tekenblad is deze hoek circa 22° .
- b Zie figuur.
- c Zie figuur. De somkracht is hier $6,3 \times$ zo groot als de spankracht, dus $6,3 \times 120 \text{ N} = 7,6 \cdot 10^2 \text{ N}$.

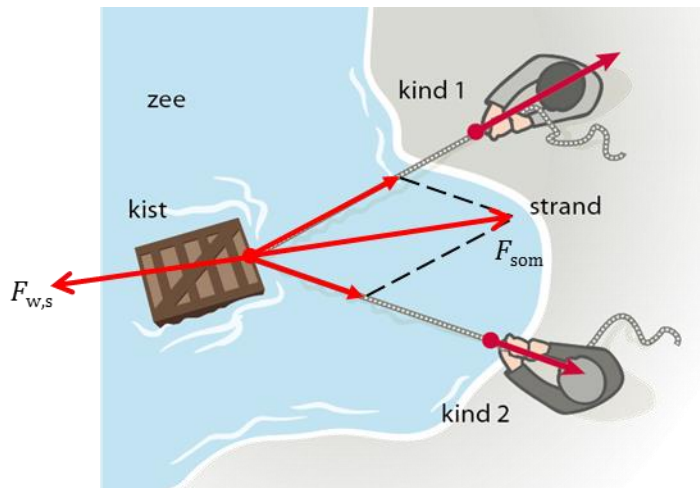


- d Zie figuur.
- e F_{water} is even groot als de somkracht en dus $7,6 \cdot 10^2 \text{ N}$.



Opgave 32

a Zie figuur.



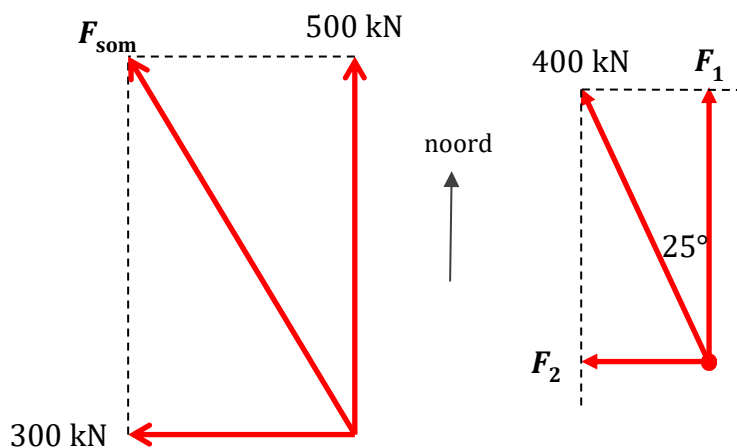
b Zie figuur.

c De schuifwrijving tussen de kist en de bodem zorgt voor evenwicht.

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

Opgave 33

a Schaal: 1 cm $\triangleq$ 100 kN.



b $F_{\text{som}} = 5,8 \cdot 10^2 \text{ kN}$

c Teken eerst de pijl van de somkracht van 400 kN, onder een hoek van 25° met de lijn naar het noorden. Trek vanuit de pijlpunt twee hulplijnen: één naar het westen en één naar het zuiden. Teken dan de pijlen van F_1 en F_2 , meet ze op en reken om met de schaal: $F_1 = 3,6 \cdot 10^2 \text{ kN}$ en $F_2 = 1,7 \cdot 10^2 \text{ kN}$ (zie figuur rechtsboven).

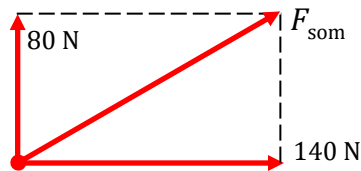
Opgave 34

Eigen antwoord.



Opgave 35

a Schaal: 1 cm $\triangleq$ 40 N



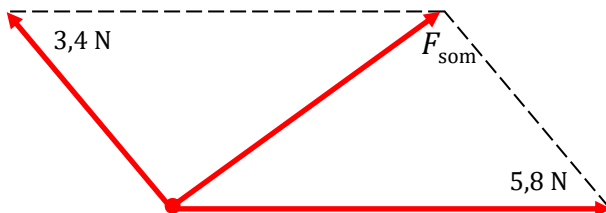
b $F_{\text{som}} \triangleq 4,0 \text{ cm} \rightarrow F_{\text{som}} = 160 \text{ N}$ en met geodriehoek: $\alpha = 30^\circ$.

c De grootte van de somkracht is $\sqrt{(80^2 + 140^2)} = 1,6 \cdot 10^2 \text{ N}$.

De grootte van hoek $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{80}{140}\right) = 30^\circ$.

Opgave 36

Schaal: 1 cm $\triangleq$ 1 N

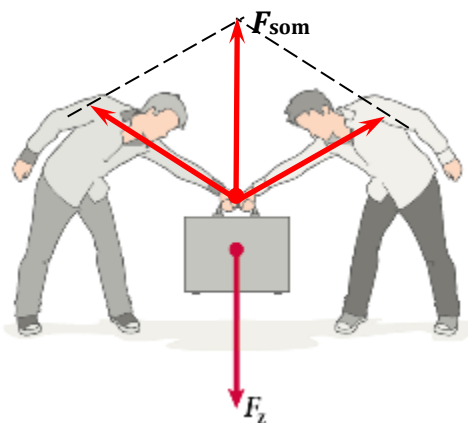


$F_{\text{som}} \triangleq 4,5 \text{ cm} \rightarrow F_{\text{som}} = 4,5 \text{ N}$

$F_{\text{netto}} = 4,5 \text{ N}$ en $F_{\text{netto}} = m \cdot a \rightarrow 4,5 = 0,100 \times a \rightarrow a = 45 \text{ m/s}^2$

Opgave 37

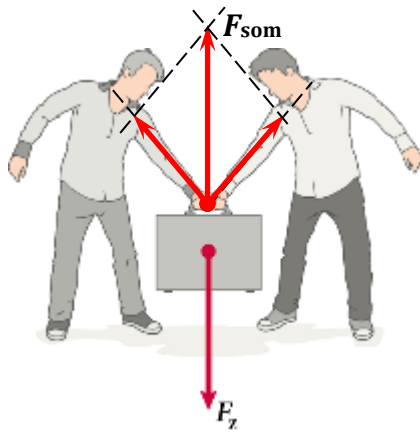
a De nettokracht moet nul zijn en ze tillen samen de koffer op, dus moet de somkracht gelijk zijn aan de zwaartekracht.



b F_{som} is $1,05 \times$ zo groot als de spierkracht, en $F_{\text{som}} = F_z = m \cdot g = 12 \times 9,81 = 118 \text{ N}$ dus $F_{\text{spier}} = \frac{118}{1,05} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ N}$.

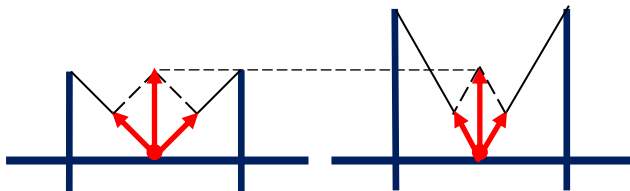


- c Als de personen dichterbij elkaar gaan staan werken de krachten meer 'in dezelfde richting'. De somkracht moet gelijk blijven, dus is de spierkracht kleiner.



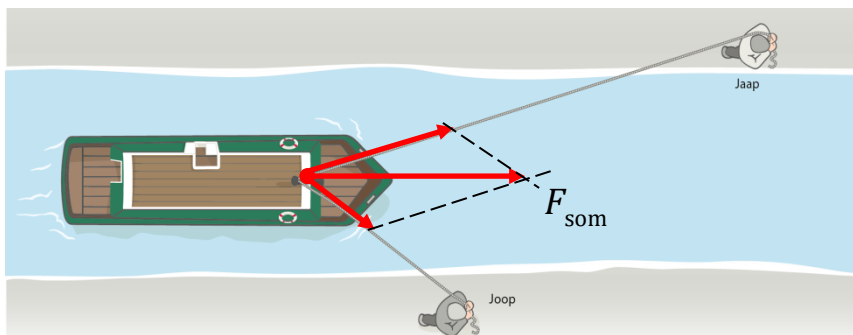
Opgave 38

- a Er moet evenwicht in verticale richting zijn, dus de somkracht van de kabels moet even groot zijn als de zwaartekracht op het brugdek, maar tegengesteld gericht.
- b De verticaal gerichte somkracht blijft gelijk aan de zwaartekracht op het brugdek, dus als de pilaren hoger worden en daardoor de hoek tussen de kabels kleiner, kunnen de krachtpijlen van de kabels korter zijn om samen dezelfde verticaal gerichte somkracht te geven.



Opgave 39

- a Zie figuur.

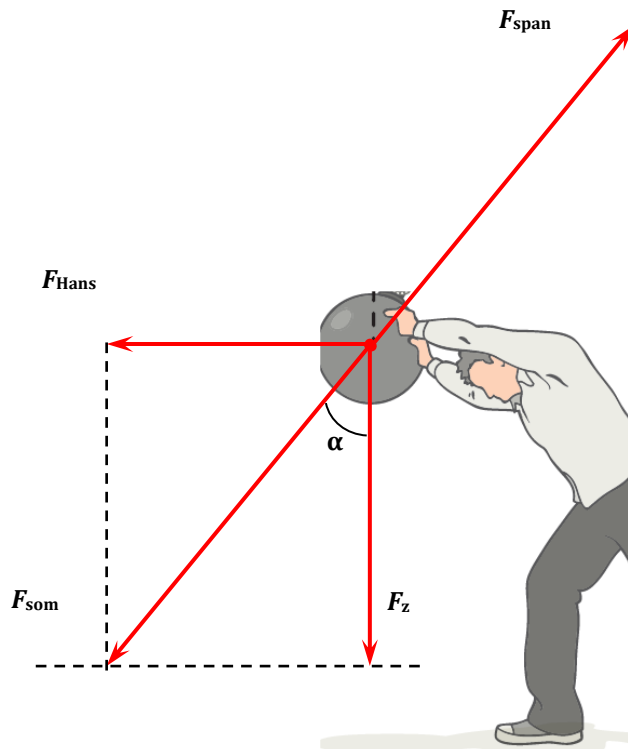


- b De somkracht van Jaap en Joop maakt evenwicht met de weerstand van het water op het schip, die tegengesteld gericht is aan de snelheid. De richting van de somkracht geeft dus de richting aan waarin de boot beweegt, en het schip moet recht vooruit gaan.
- c Aan de grootte van de krachtpijlen zie je dat Jaap harder moeten trekken dan Joop om hun somkracht recht vooruit te laten zijn.
- d Als Jaap en Joop even hard trekken, zal de boot meer richting Joop varen en tegen de rechterkant aan botsen.



Opgave 40

a Zie figuur.



b Zie figuur.

c $F_Z = m \cdot g = 9,8 \times 50 = 490 \text{ N}$

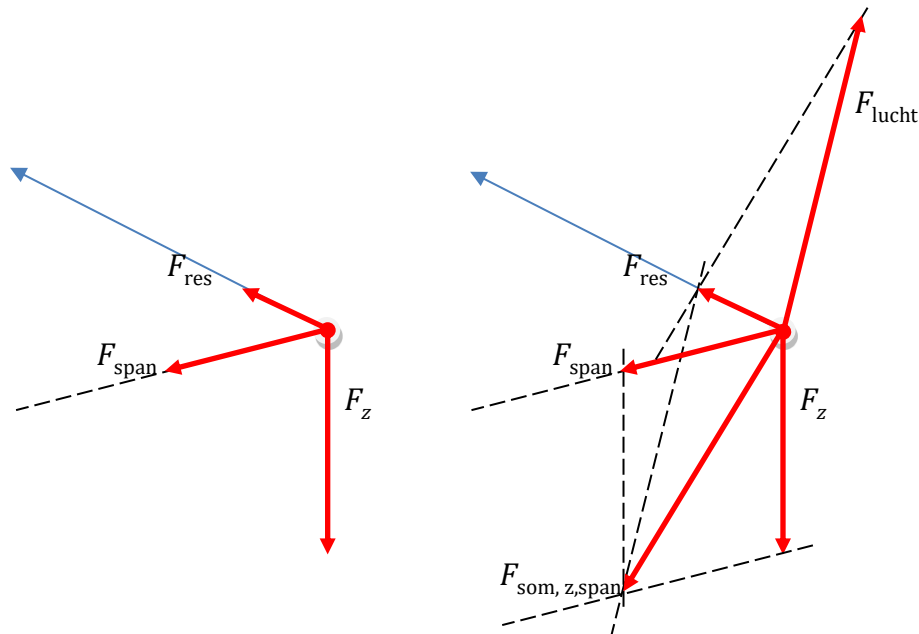
F_Z is $1,2 \times$ zo groot als F_{Hans} dus $F_{\text{Hans}} = \frac{490}{1,2} = 410 \text{ N}$.

Opgave 41

- a De drie krachten die op het vliegtuig werken zijn de zwaartekracht, de spankracht van de kabel van de lier en de kracht van de lucht op de vleugels.
- b De zwaartekracht werkt verticaal naar beneden en de spankracht werkt in de richting van de kabel.
- c De kracht van de lucht op de vleugels werkt schuin omhoog naar achteren.
- d Het vliegtuig versnelt in een rechte lijn schuin omhoog, dus de nettokracht is in die richting.

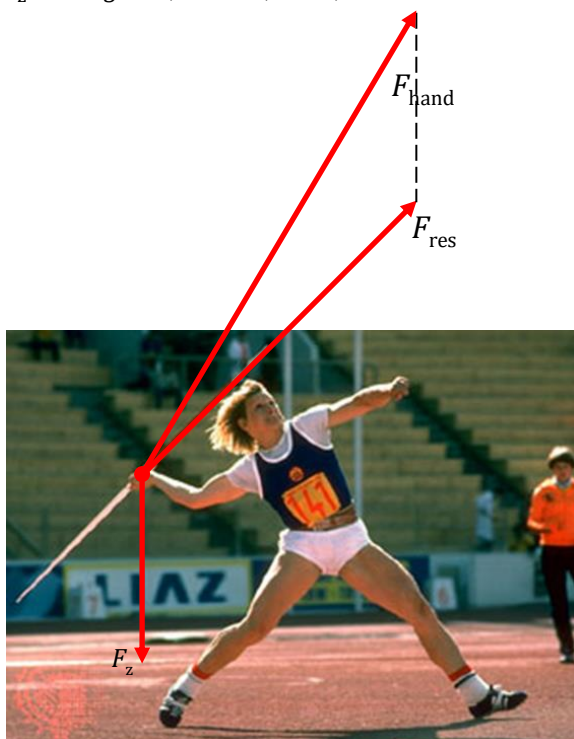


- e Teken eerst de zwaartekracht, de spankracht en de nettokracht. Construeer dan de somkracht van F_z en $F_{\text{span}} \rightarrow F_{\text{som,z,span}}$. Construeer vervolgens met die somkracht $F_{\text{som,z,span}}$ en $F_{\text{netto}} \rightarrow F_{\text{lucht}}$



Opgave 42

- a $F_{\text{res}} = m \cdot a = 0,600 \times 20 = 12 \text{ N}$
b $F_z = m \cdot g = 0,600 \times 9,8 = 5,9 \text{ N}$



- c Zie figuur.
d F_{hand} is 2,9 $\times$ zo groot als $F_z \rightarrow F_{\text{hand}} = 2,9 \times 5,9 = 17 \text{ N}$.



4.4 SCHUINE KRACHTEN

Opgave 43

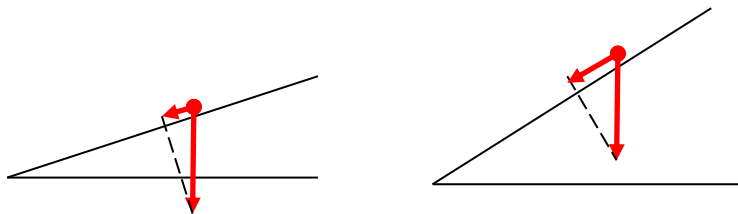
- a Waar
- b Waar
- c Niet waar: De component van de zwaartekracht loodrecht op de bewegingsrichting wordt kleiner naarmate de helling steiler wordt.
- d Waar
- e Waar

Opgave 44

- a De vier krachten die op de wielrenner werken zijn zwaartekracht, luchtweerstandskracht, rolweerstandskracht en normaalkracht.
- b De zwaartekracht staat schuin op de bewegingsrichting.
- c $F_{z,y}$ is de krachtcomponent die wordt opgeheven door de normaalkracht.
- d $F_{\text{netto}} = F_{z,x} - F_{w,l} - F_{w,r}$
- e Als zijn snelheid constant is, is de nettokracht 0. Dan blijven de $F_{w,l}$ en $F_{w,r}$ onbekend. Ze staan samen in dezelfde vergelijking en zijn daarom niet te berekenen.

Opgave 45

In de tekening zie je dat de component van een even grote zwaartekracht op een steilere helling groter is.



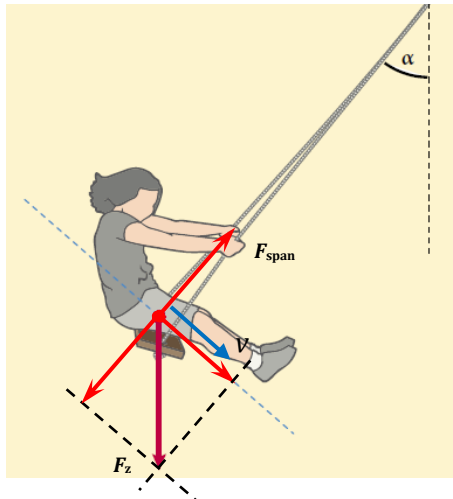
Opgave 46

- a 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.
- b De component loodrecht op de bewegingsrichting ($F_{z,y}$) wordt opgeheven door de normaalkracht.



Opgave 47

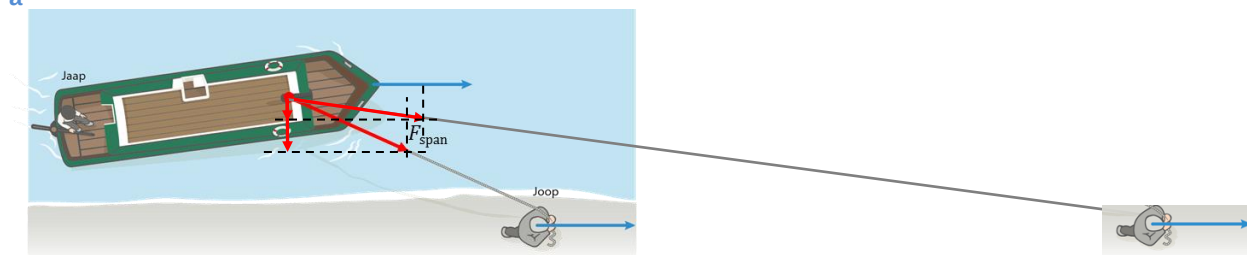
- a Zie blauwe pijl in de figuur.



- b $F_z = 40 \times 9,8 = 392 \text{ N}$. Kies eigen schaal.
 c Zie figuur.
 d Zie figuur.
 e Er is een nettokracht in de bewegingsrichting, dus Roos voert een versnelde beweging uit

Opgave 48

a

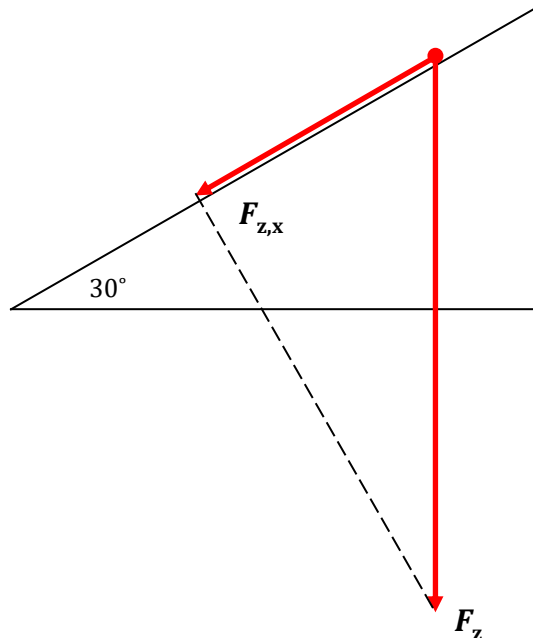


- b De spankracht heeft een component in de richting van de oever, waardoor de boot richting de oever wordt getrokken.
 c De component van de spankracht in de richting van de oever wordt kleiner als Joop verder vòòr de boot uit loopt. Zie figuur.



Opgave 49

- a De schuine zijde is 8,0 cm en de verticale zijde 4,0 cm. Dan is de horizontale zijde 6,9 cm.



Het hellingpercentage is $\frac{\text{hoogte}}{\text{horizontale afstand}} = \frac{4,0}{6,9} = 0,58 = 58\%$.

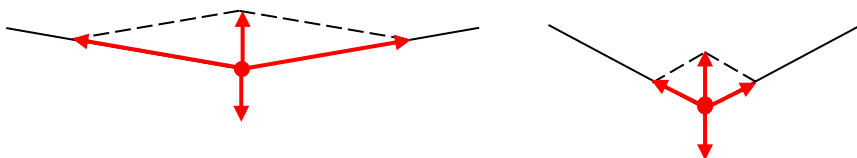
- b $F_z = m \cdot g = 75 \times 9,81 = 736 \text{ N}$
 c Zie figuur.
 d $F_{z,x} \triangleq 3,7 \text{ cm} \rightarrow F_{z,x} = 370 \text{ N}$ en dit is de helft van F_z .

Opgave 50

Eigen antwoord.

Opgave 51

De somkracht van de spankrachten in de lijn op het ophangpunt van de was moet evenwicht maken met het gewicht van de was op dat ophangpunt. Bij een strak gespannen lijn heeft elke kracht maar een hele kleine verticale component, waardoor de spankracht veel groter moet zijn om de vereiste verticale draagkracht te leveren.



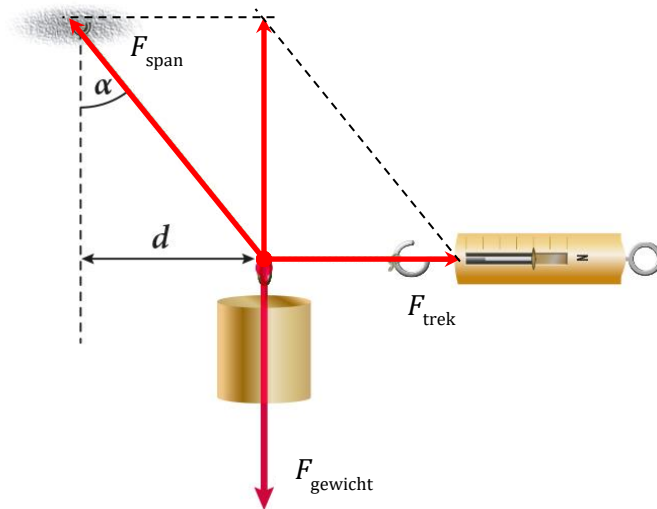
Opgave 52

- a $F_z = m \cdot g = 90 \times 9,81 = 883 = 8,8 \cdot 10^2 \text{ N}$
 b $F_{z,x} = F_z \cdot \sin(\alpha) = 883 \times \sin(12^\circ) = 184 = 1,8 \cdot 10^2 \text{ N}$
 c $F_{vw} = F_w + F_{z,x} = 15 + 184 = 2,0 \cdot 10^2 \text{ N}$



Opgave 53

a Zie figuur.

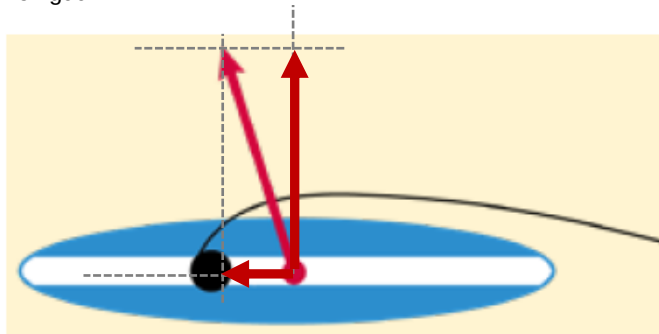


b F_{trek} is $1,2 \times$ zo klein als $F_{\text{gewicht}} \rightarrow F_{\text{trek}} = \frac{2,5}{1,2} = 2,1 \text{ N}$

c F_{trek} heeft geen verticale component dus de verticale component van de spankracht moet evenwicht maken met het gewicht. Het gewicht is dus even groot als de verticale component van de spankracht. En het gewicht is hier even groot als de zwaartekracht.

Opgave 54

a Zie figuur.



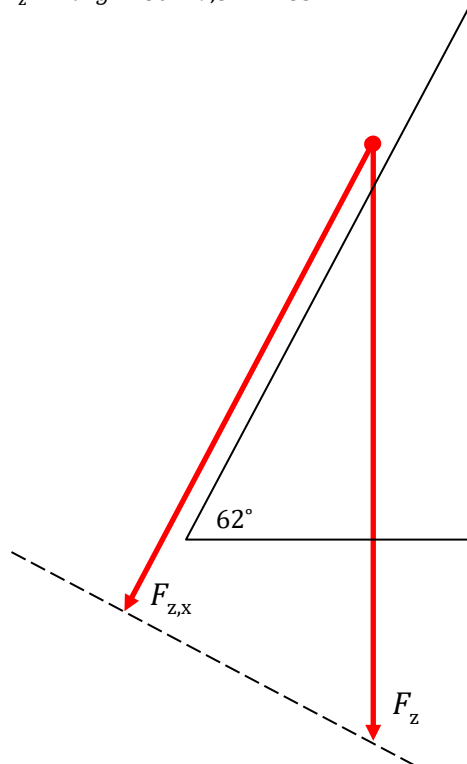
b Doordat de waterweerstand in de dwarsrichting veel groter is dan in de lengterichting zal de zeilplank sneller vooruit bewegen dan in dwarsrichting.

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).



Opgave 55

a $F_z = m \cdot g = 80 \times 9,81 = 785 \text{ N}$



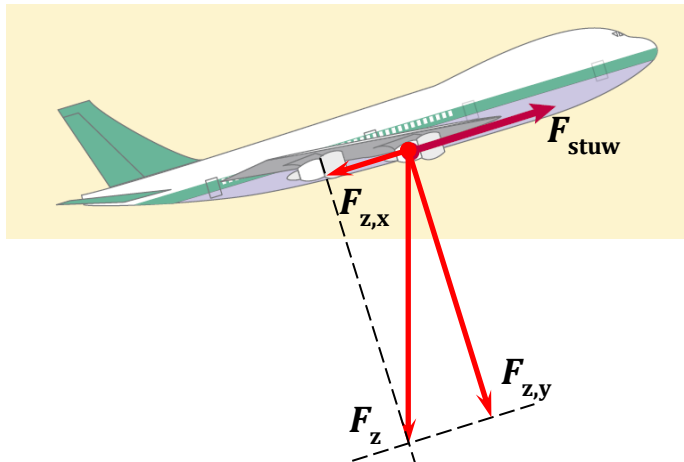
- b $F_{z,x} = F_z \cdot \sin(\alpha) = 785 \times \sin(62^\circ) = 693 \text{ N}$ (of uit constructie in tekening) $\rightarrow a = \frac{F_{\text{netto}}}{m} = \frac{F_{z,x}}{m} = \frac{693}{80} = 8,7 \text{ m/s}^2$
- c Tijdens de afdaling neemt de snelheid toe, daardoor neemt de luchtweerstand ook toe en zal de nettokracht en dus ook de versnelling afnemen.
- d Als $F_{\text{net}} = 0 \rightarrow F_{z,x} = F_{w,l} \rightarrow 693 = k \cdot v^2$ met $v = \frac{250}{3,6} = 69,4 \text{ m/s} \rightarrow k = \frac{693}{69,4^2} = 0,14$
- e De luchtweerstand is 40% kleiner bij gestroomlijnde kleding, dus voor een normale skiër is: $k = \frac{100}{60} \times 0,14 = 0,23$ en
- $$F_{z,x} = F_{w,l} \rightarrow F_{z,x} = k \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{F_{z,x}}{k}} = \sqrt{\frac{693}{0,23}} = 55 \text{ m/s} (= 196 \text{ km/h}).$$



Opgave 56

a Antwoord hangt af van grootte van de afdruk van de figuur.

b $F_z = m \cdot g = 4,0 \cdot 10^5 \times 9,81 = 3,9 \cdot 10^6 \text{ N}$



c Zie figuur.

d $F_{z,x}$ is $3,2 \times$ zo klein als $F_z \rightarrow F_{z,x} = \frac{3,9 \cdot 10^6}{3,2} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ N}$.

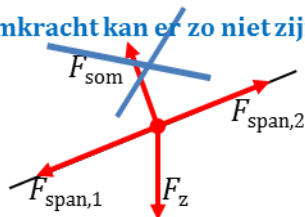
e Het vliegtuig beweegt in een rechte lijn schuin omhoog, dus de nettokracht is nul in de richting loodrecht op het vliegtuig..

f $F_{\text{res}} = F_{\text{stuw}} - F_{z,x} - F_{\text{lucht}} = 2,0 \cdot 10^6 - 1,2 \cdot 10^6 - 0,5 \cdot 10^6 = 3 \cdot 10^5 \text{ N}$. Er is dus geen krachtenevenwicht: het vliegtuig versnelt.

Opgave 57

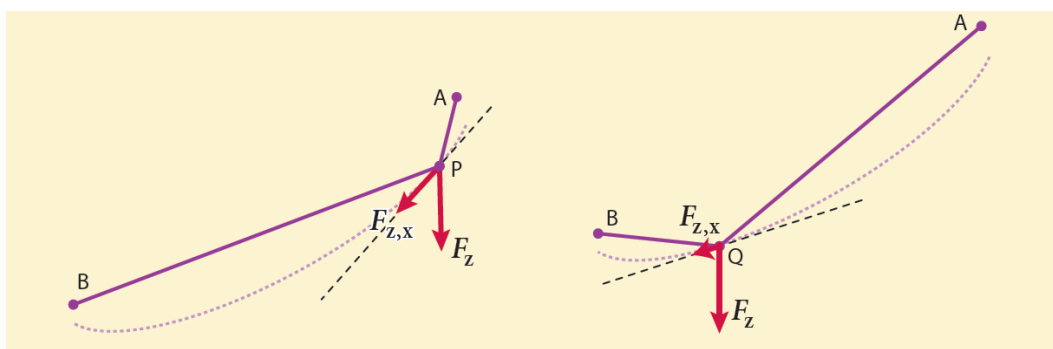
a Als er geen knik in de kabel zit kunnen de spankrachten in de kabel nooit de F_{som} leveren voor de normaalkracht op de katrol.

Deze somkracht kan er zo niet zijn



b In het begin is er een voldoende grote component van de zwaartekracht langs de baan om de wrijving te overwinnen en de tokkelaar te laten versnellen.

c In punt P is de component van de zwaartekracht langs de baan groter dan in punt Q. Hoe verder van B en hoe dichter bij A wordt $F_{z,\text{langs}}$ steeds kleiner en op het laatst zelfs tegenwerkend, waardoor de tokkelaar afgeremd wordt.





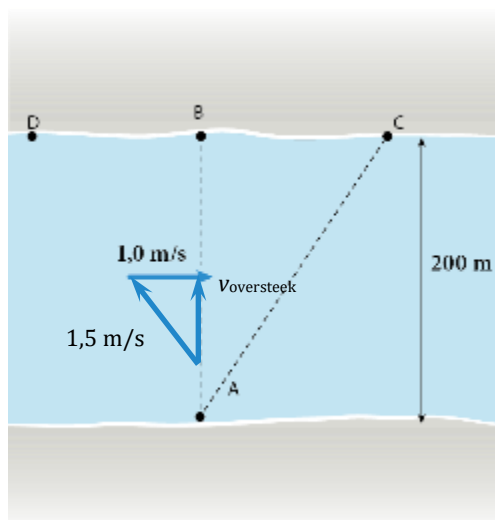
4.5 VERDIEPING

Opgave 58

- 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 doordat 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 luchtsnelheid 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 59

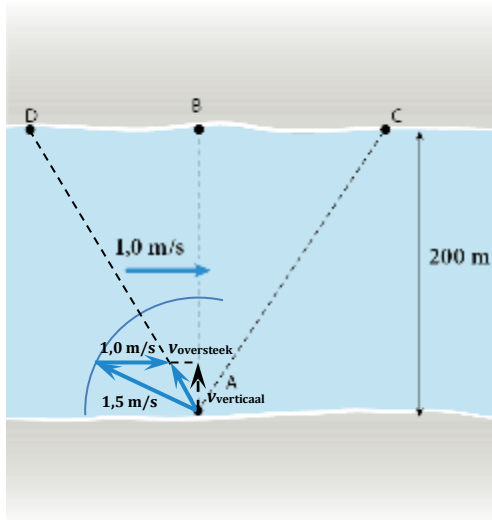
- a Als Rik dwars op de stroomrichting blijft zwemmen, duurt de oversteek $t = \frac{s}{v} = \frac{200}{1,5} = 133$ s. In die tijd is hij 133 m met de rivier mee afgedreven tot aan C, dus $BC = 1,3 \cdot 10^2$ m.
- b $AC = \sqrt{(200^2 + 133^2)} = 240$ m. De snelheid in de schuine richting is dus $v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



- 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: $v_{\text{verticaal}} = 0,64 \text{ m/s} \rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{200}{0,64} = 312,5 \text{ s} = 5,2 \text{ min.}$



Opgave 60

- a $F_{\text{trap}} = F_{w,l,\text{achteruit}} = k \cdot v_{\text{lucht}}^2 = 0,20 \times 16^2 = 51,2 = 51 \text{ N}$
- b $v_{\text{lucht,netto}} = \sqrt{(v_{\text{rijwind}}^2 + v_{\text{dwarswind}}^2)} = \sqrt{(16^2 + 6^2)} = 17,1 \text{ m/s}$
 $F_{w,l} = 0,20 \cdot (v_{\text{lucht}})^2 = 0,20 \times 17,1^2 = 58,4 \text{ N}$
 $\frac{F_{w,l,\text{achteruit}}}{F_{w,l}} = \frac{v_{\text{rijwind}}}{v_{\text{lucht,netto}}} \rightarrow F_{w,l,\text{achteruit}} = \frac{v_{\text{rijwind}}}{v_{\text{lucht,netto}}} \cdot F_{w,l} = \frac{16}{17,1} \times 58,4 = 54,6 \text{ N}$
 dat is $54,6 - 51,2 = 3,4 \text{ N}$ meer dan zonder dwarswind.
- c Bij windstil weer: $F_{\text{trap}} = F_{w,l,\text{achteruit}} = 0,20 \times 4^2 = 3,2 \text{ N}$
 Bij dwarswind: $v_{\text{lucht,netto}} = \sqrt{(4^2 + 6^2)} = 7,2 \text{ m/s}$ en $F_{w,l} = 0,20 \times 7,2^2 = 10,4 \text{ N}$
 $F_{w,l,\text{achteruit}} = \frac{4}{7,2} \times 10,4 = 5,8 \text{ N}$
 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 61

- 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 64 van je boek.

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

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

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

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

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

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

Deze vergelijking is niet oplosbaar met een directe berekening, maar wel met behulp van de GR (snijpunt bepalen). De oplossing is $v_{\text{fiets}} = v_{\text{rijwind}} = 9,14 \text{ m/s}$.

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.

4.6 AFSLUITING

Opgave 62

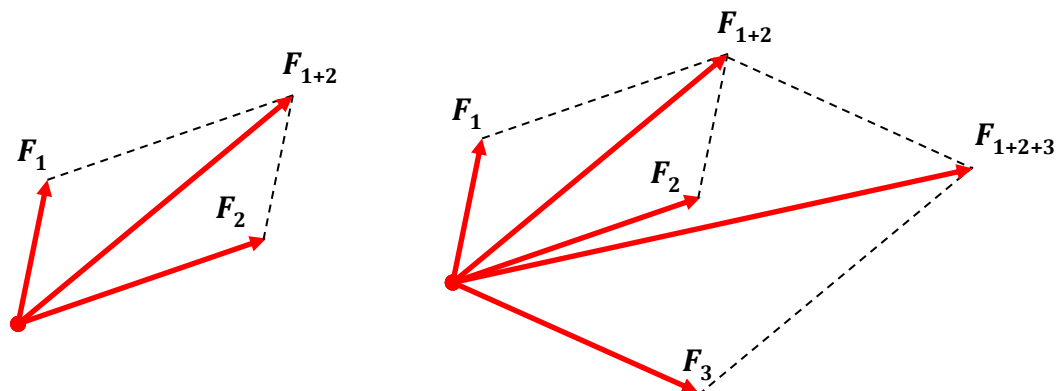
- a Eigen antwoord.
b Met deze theorie kun je situaties van evenwicht van krachten verklaren.

Opgave 63

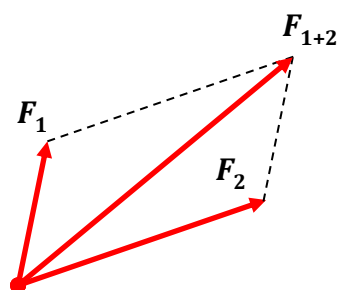
- a Veerkracht, deze is evenredig met de uitrekking of indrukking.
Spankracht, deze werkt altijd in de richting van het touw.
Zwaartekracht, deze is evenredig met de massa, grijpt aan in het zwaartepunt van het voorwerp en is verticaal naar beneden gericht.
Normaalkracht, deze wordt uitgeoefend door 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 De luchtweerstand $F_{w,l}$ (in N) bereken je met $F_{w,l} = k \cdot v^2$ of met $F_{w,l} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$. Hierin is k de luchtweerstandcoëfficiënt, v de snelheid (in m/s), c_w de stroomlijnfactor (geen eenheid), A de frontale oppervlakte (in m^2) en ρ de luchtdichtheid (in kg/m^3).



- d Je stelt twee krachten samen met behulp van de parallellogramconstructie. De somkracht is dan de diagonaal van het parallellogram. Drie krachten stel je samen door eerst twee krachten samen te stellen en vervolgens de somkracht hiervan samen te stellen met de derde kracht.



- e De nettokracht is de samengestelde somkracht van alle krachten die op een voorwerp werken. De grootte van de nettokracht bepaalt hoe groot de versnelling of vertraging van het voorwerp is. De richting van de versnelling is in de richting van de nettokracht.
- f De twee componenten van een kracht zijn twee denkbeeldige krachten die samen hetzelfde effect hebben als de echte kracht. Je bepaalt de krachtcomponenten in door jou gekozen richtingen met de omgekeerde parallellogramconstructie.
- g We splitsen een schuine kracht in twee loodrechte componenten waarbij de ene component in de bewegingsrichting staat, zodat daarmee makkelijk de nettokracht bepaald kan worden. De andere component staat loodrecht op de bewegingsrichting, en doet bij rechtlijnige bewegingen dus niet mee in de nettokracht, beïnvloedt de beweging niet.
- h Bij een parallellogramconstructie teken je vanuit elke pijlpunt van de twee krachten een stippellijn evenwijdig aan de andere kracht. De somkracht is de diagonaal van het parallellogram.



- i Als je de krachten op schaal tekent, kun je de grootte van de somkracht bepalen uit de tekening van de parallellogramconstructie.
- j Bij een versnelde of vertraagde beweging is de versnelling in de richting van de nettokracht. Voor de grootte van de versnelling geldt de tweede wet van Newton: $F = m \cdot a$.
- k **Eerste wet van Newton:** Een voorwerp waarop de nettokracht nul is, beweegt met constante snelheid in een rechte lijn of blijft stilstaan:

$$\vec{F}_{\text{res}} = 0 \leftrightarrow v = \text{constant of } v \text{ blijft } 0.$$

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,

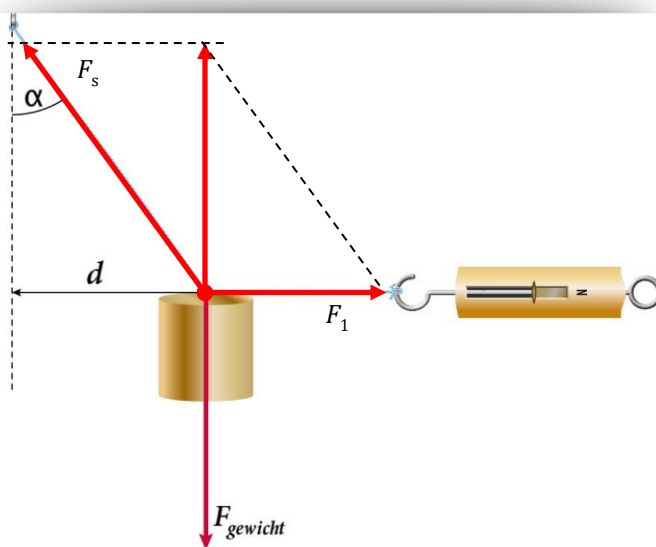
$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}.$$



- l 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.
- m Met het begrip traagheid wordt bedoeld dat de snelheid van een zwaar voorwerp moeilijk te veranderen is. Traagheid is eigenlijk hetzelfde als massa.
- n 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.

Opgave 64

- a Zie figuur.



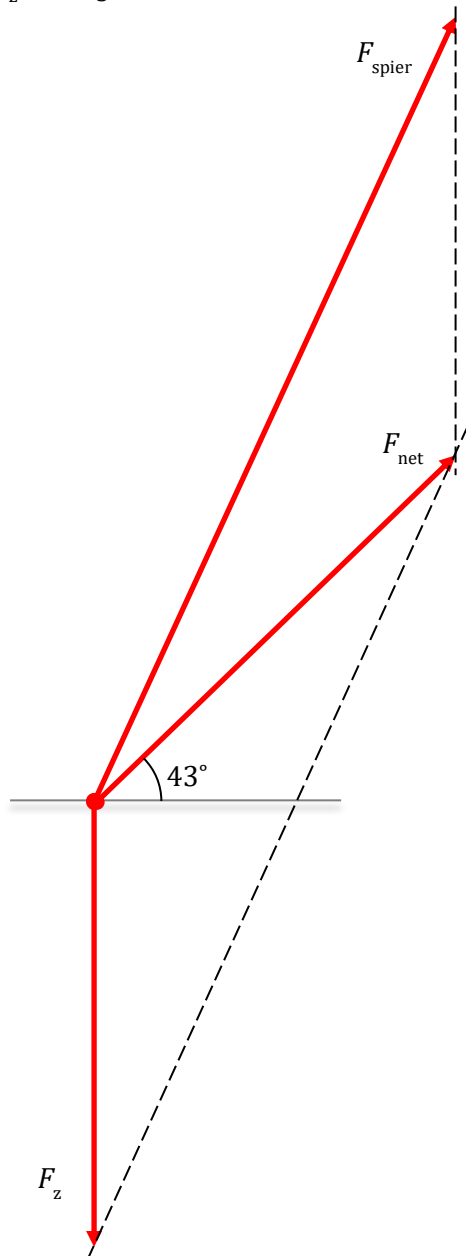
- b F_s is $1,2 \times$ zo groot als $F_{\text{gewicht}} \rightarrow F_s = 1,2 \times 2,5 = 3,0 \text{ N}$
 F_1 is $0,73 \times$ zo groot als $F_{\text{gewicht}} \rightarrow F_1 = 2,5 \times 0,73 = 1,8 \text{ N}$
- c $\sin(\alpha) = \frac{F_1}{F_s} = \frac{1,8}{3,0} = 0,60 \rightarrow \alpha = \sin^{-1}(0,60) = 37^\circ$



Opgave 65

a $F_{\text{net}} = m \cdot a = 6,0 \times 11 = 66 \text{ N}$

b $F_z = m \cdot g = 6,0 \times 9,81 = 59 \text{ N}$



De pijl van F_{net} is $\frac{66}{59} = 1,1 \times$ zo lang getekend als de pijl van F_z en onder een hoek van 43° .

c De pijl van F_{spier} is door opmeten $2,0 \times$ zo lang als de pijl van $F_z \rightarrow F_{\text{spier}} = 118 \text{ N}$, dus $1,2 \cdot 10^2 \text{ N}$.

Opgave 66

a Door de steile helling van 70% is de normaalkracht veel kleiner en daardoor is de glijwrijving veel lager.

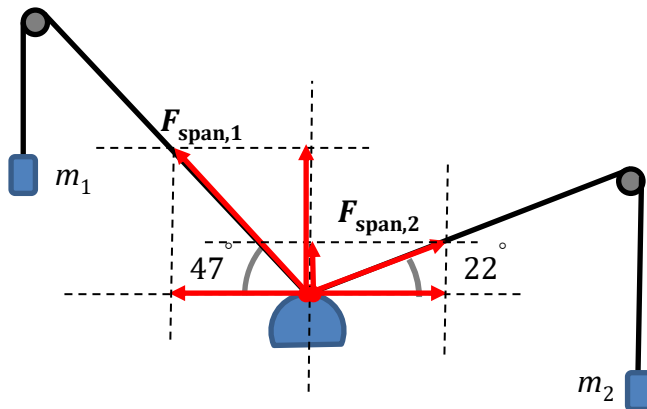
b De hellingshoek $\alpha = \tan^{-1}(0,70) = 35^\circ \rightarrow F_{z,x} = m \cdot g \cdot \sin(35^\circ) = 80 \times 9,81 \times 0,57 = 450 \text{ N}$

$$v = \frac{250}{3,6} = 69,4 \text{ m/s en } F_{z,x} = F_{w,l} = k \cdot v^2 \text{ en } \rightarrow k = \frac{450}{v^2} = \frac{450}{69,4^2} = 0,093.$$

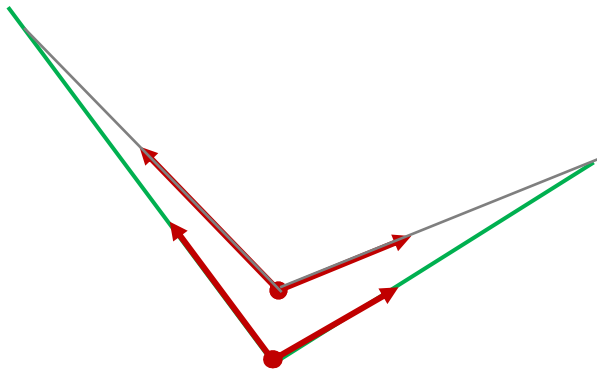


Opgave 67

- a $m_1 = 3,0 \text{ kg} \rightarrow F_{\text{span},1} = 29,4 \text{ N}$
 $m_2 = 2,2 \text{ kg} \rightarrow F_{\text{span},2} = 21,6 \text{ N}$



- b $F_{\text{span},1,y} = F_{\text{span},1} \cdot \sin(47^\circ) = 29,4 \times 0,73 = 21,5 \text{ N}$
 $F_{\text{span},2,y} = F_{\text{span},2} \cdot \sin(22^\circ) = 21,6 \times 0,37 = 8,1 \text{ N}$
 De zwaartekracht is dus $29,6 \text{ N}$ en de massa van de lamp $\frac{29,6}{9,81} = 3,0 \text{ kg}$.
- c $F_{\text{span},1,x} = F_{\text{span},1} \cdot \cos(47^\circ) = 29,4 \times 0,68 = 20 \text{ N}$
 $F_{\text{span},2,x} = F_{\text{span},2} \cdot \cos(22^\circ) = 21,6 \times 0,93 = 20 \text{ N}$
 Dus geldt dat $F_{\text{span},1,x} = F_{\text{span},2,x}$
- d Hang je nog een massa onder de lamp, dan zakt de lamp aanvankelijk. De spankrachten blijven even groot, maar de hoeken van 47° en 22° nemen toe. Hierdoor nemen de verticale componenten van $F_{\text{span},1}$ en $F_{\text{span},2}$ toe, net zo lang tot er verticaal weer evenwicht is.



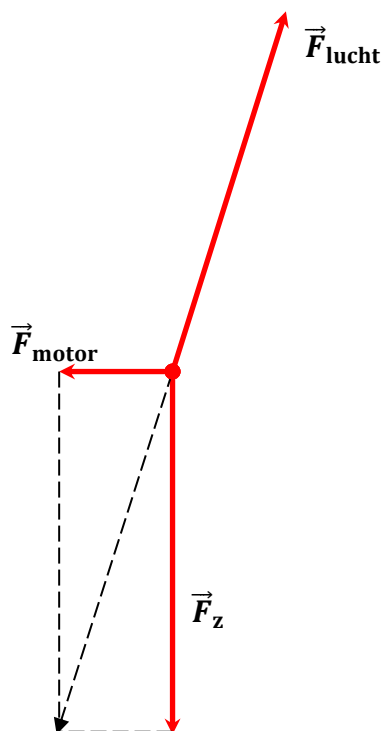
Opgave 68

- a De hellingshoek $\alpha = \tan^{-1}(0,08) = 4,57^\circ \rightarrow F_{z,x} = m \cdot g \cdot \sin(4,57^\circ) = 75 \times 9,81 \times 0,0797 = 58,7 = 59 \text{ N}$
- b Voor de krachten langs de helling geldt: $F_{z,x} = F_{w,r} + F_{w,l} \rightarrow 58,7 = 3,0 + F_{w,l} \rightarrow F_{w,l} = 55,7 = 56 \text{ N}$
- c $F_{w,l} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 0,80 \times 0,30 \times 1,2 \times v^2 = 0,144 \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{F_{w,l}}{0,144}} = \sqrt{\frac{55,7}{0,144}} = 20 \text{ m/s} (= 71 \text{ km/h})$
- d Ook nu versnelt de waaghals tot er evenwicht in bewegingsrichting is: $F_{w,l} = 55,7 \text{ N}$
 $F_{w,l} = \frac{1}{2} \times 0,70 \times 0,24 \times 1,2 \times v^2 = 0,1008 \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{55,7}{0,1008}} = 24 \text{ m/s} (= 85 \text{ km/h})$



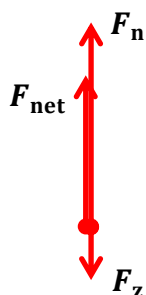
Opgave 69

- a Binas tabel 5: één zeemijl is $1,852 \cdot 10^3$ m
 De afstand is: $s = 19\,880 \times 1,852 \cdot 10^3 = 36\,817\,660$ m
 en de tijd is: $t = 67 \times 3600 + 1 \times 60 + 46 = 241\,306$ s $\rightarrow$
 $v = \frac{s}{t} = \frac{36\,817\,660}{241\,306} = 152,58$ m/s. Dat is 549,3 km/h.
- b Het vliegtuig vliegt met constante snelheid, dus er is evenwicht van krachten.



Opgave 70

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



- c Het gewicht is ook $2,7 \cdot 10^3$ 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 $9,81$ m/s².
- e Ook bij de vrije beweging omhoog is er alleen zwaartekracht en wordt er dus weer $9,81$ m/s² 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.