Oefeningen (één bestand, toep.)

Oefening 1 *Waarom kan de wrijvingswet bij glijdende wrijving zeker niet geschreven worden als $\vec{F}_w = \mu\vec{F}_n$?*
De formule geldt niet vectorieël. Ze geeft enkel een relatie tussen de groottes van de krachten, $F_w = \mu F_n$ (zonder pijltjes dus). De normaalkracht staat (per definitie) loodrecht op het ondersteunend oppervlak, de wrijvingskracht is (per definitie) evenwijdig met het ondersteunend oppervlak. De richtingen zijn dus niet gelijk.

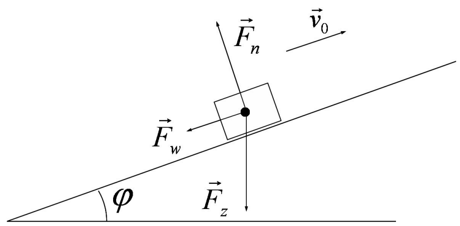
Oefening 2 *Een blok van* $4,0$ kg *heeft een beginsnelheid van* $8,0$ m/s *aan de voet van een helling van* $30,0°$. *De wrijvingskracht die de beweging afremt is* 15 N *groot.*

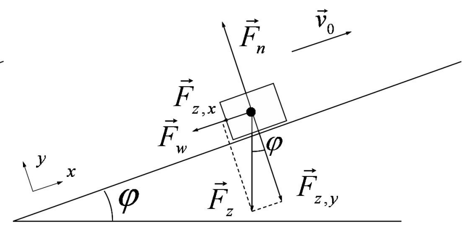
(a) *Teken en benoem de krachten die op het blok aangrijpen.*

(b) *Welke afstand zal het blok afleggen eer het tot rust komt?*

(c) *Zal het daarna terug naar beneden glijden?*

(d) *Hoe groot is de wrijvingsfactor?*





$a = -\dfrac{F_w + mg\sin\varphi}{m} = -8,66\,\mathrm{m/s^2}$
$x = -\dfrac{v_0^2}{2a} = \dfrac{mv_0^2}{2(F_w + mg\sin\varphi)} = 3,70\,\mathrm{m}$
$F_{zx} > F_w$ *zodat het blok terug naar beneden komt.*
$\mu = \dfrac{F_w}{mg\cos\varphi} = 0,44$

Oefening 3 *Een blok ligt op een helling. Bepaal de maximale hoek die de helling kan maken met de horizontale zodat het blok nét niet in beweging komt. De wrijvingsfactor is μ.*

Author(s): Bert Lambregs

We kiezen een assenstelsel met de x-as volgens de helling. De zwaartekracht moeten we dan ontbinden in haar componenten.

$$\begin{aligned} \tan\varphi &= \frac{F_{z,x}}{F_{z,y}} \\ &\Updownarrow \\ F_{z,x} &= F_{z,y}\tan\varphi \\ &= F_n \tan\varphi \end{aligned}$$

Het blok is in rust zodat de x-component gelijk moet zijn aan de wrijvingskracht. Omdat het blok nog net niet in beweging komt, kunnen we de wrijvingskracht gelijkstellen aan $F_w = \mu F_n$. Dus:

$$\begin{aligned} F_w &= F_n \tan\varphi \\ &\Downarrow \\ \mu F_n &= F_n \tan\varphi \\ &\Downarrow \\ \mu &= \tan\varphi \end{aligned}$$

De maximale hoek is $\mathrm{Bgtan}\,\mu$.

Oefening 4 *Een steen wordt aan een touwtje in een horizontaal vlak rondgeslingerd met een snelheid die in grootte constant is. Heeft de steen een versnelling? Ondervindt de steen een resulterende kracht? Leg uit.*

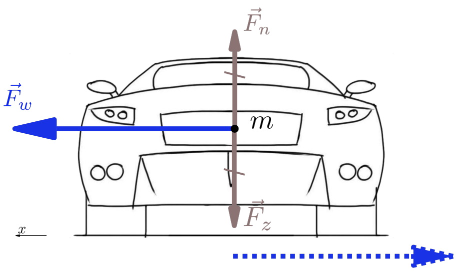
Oefening 5 *Een bestuurder van een auto met een massa van* 1000 kg *rijdt aan een snelheid in grootte gelijk aan* 10 m/s*. Hij probeert een horizontale bocht, met een straal van* 100 m *te nemen. De maximale wrijvingskracht tussen de banden en de baan is* 900 N*. Kan de auto deze bocht nemen of zal hij beginnen slippen?*

De auto zal slippen in de bocht. Omdat we de snelheid en de straal kennen, kunnen we de versnelling van de gewenste cirkelbeweging berekenen. Met de tweede wet van Newton vinden we de (middelpuntzoekende) kracht nodig om deze versnelling te kunnen veroorzaken:

$$\begin{aligned} F &= ma \\ &= \frac{mv^2}{r} \\ &= 1000\,\mathrm{N} \end{aligned}$$

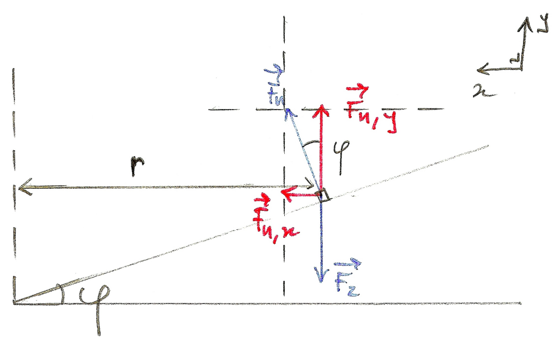
Dit is meer dan wat de grond maximaal op de wielen kan uitoefenen. De auto zal dus beginnen slippen.

Realiseer je dat de wrijvingskracht door de grond op de auto wordt uitgeoefend en de resulterende kracht vormt. Het is dan ook de middelpuntzoekende kracht. De auto duwt met zijn wielen dwars ten opzichte van de snelheid tegen



de grond en de grond duwt terug. In de figuur beweegt de auto het vlak van de tekening in en neemt de auto een bocht naar links (in de richting van de wrijvingskracht).

Oefening 6 *Een cirkelvormige renbaan is onder een helling van 30° gebouwd. De straal van de cirkel is 50 m. Met welke snelheid moet een auto rijden om in de baan te blijven? Veronderstel dat de baan spekglad is.*



gegeven: $\varphi = 30°$
$r = 50\,\text{m}$

gevraagd: v

oplossing: De krachten die op de auto aangrijpen, zijn de zwaartekracht en de normaalkracht. In de y-richting is er geen versnelling omdat de auto in een horizontaal vlak beweegt. We kiezen dan ook een assenstelsel met de y-as verticaal georiënteerd. De x-as kunnen we in de richting van het centrum van de cirkel nemen. De y-component van de normaalkracht moet dus even groot zijn als de zwaartekracht. De x-component van de normaalkracht is dan ook de resulterende kracht en levert de middelpuntzoekende kracht. De x-component van de normaalkracht kunnen we m.b.v. de hoek en de zwaartekracht schrijven.

De x-component van de normaalkracht:

$$\begin{aligned} \tan\varphi &= \frac{F_{n,x}}{F_{n,y}} \\ &\Updownarrow \\ F_{n,x} &= F_{n,y}\tan\varphi \\ &= mg\tan\varphi \end{aligned}$$

We passen de tweede wet van Newton toe:

$$\begin{aligned} \vec{F} &= m\vec{a} \\ &\Downarrow \\ F_{n,x} &= ma \\ mg\tan\varphi &= \frac{mv^2}{r} \\ v &= \sqrt{gr\tan\varphi} \end{aligned}$$

De gegevens invullen levert een snelheid van $17\,\mathrm{m/s}$.

Oefening 7 *Op een draaitafel draait met een constante hoeksnelheid een grammofoonplaat. Twee muntstukken A en B zijn op zo'n plaats van het middelpunt van de draaitafel geplaatst dat zij nog net niet wegschuiven. Voor muntstuk A bedraagt de afstand tot de rotatieas dan* $6\,\mathrm{cm}$ *en voor B is het dan* $12\,\mathrm{cm}$. m_a *en* m_b *zijn de massa's van respectievelijk de muntstukken A en B.* μ_a *en* μ_b *zijn de wrijvingsfactoren tussen de muntstukken en de grammofoonplaat. Welke gevolgtrekking m.b.t. de massa's en de wrijvingsfactoren is juist?*

(a) $\mu_a = \frac{\mu_b}{2}$ (b) $m_a = 2m_b$ (c) $m_a = \frac{m_b}{2}$ (d) $\frac{m_a}{\mu_a} = 2\frac{m_b}{\mu_b}$

Het juist antwoord is A. De wrijvingskracht tussen de muntjes en de draaitafel moet voor de middelpuntzoekende kracht op de muntjes zorgen. Als de muntjes nog nét niet wegschuiven, mogen we de formule $F_w = \mu F_n$ *voor de wrijvingskracht gebruiken. Dit levert, met* $F_n = F_z = mg$:

$$\begin{aligned} F &= ma \\ &\Downarrow \\ \mu mg &= mr\omega^2 \\ &\Downarrow \\ \frac{\mu_a}{\mu_b} &= \frac{r_a\omega^2}{g}\cdot\frac{g}{r_b\omega^2} \\ &= \frac{r_a}{r_b} \\ &= \frac{1}{2} \end{aligned}$$

Oefening 8 *Een speelgoedwagentje beweegt in een horizontale cirkel met straal $2l$ en heeft een tijd T nodig om een volledige cirkel te beschrijven. Dit kan omdat aan het wagentje een veer vastgemaakt is .De lengte van de veer in niet uitgerekte toestand is l. Het wagentje versnelt waarbij de straal van de beschreven cirkel gelijk wordt aan $3l$.*
De tijd die het wagentje nu nodig heeft om een volledige cirkel te beschrijven is dan gelijk aan:

(a) T

(b) $\frac{3}{4}T$

(c) $\sqrt{\frac{3}{4}}T$

(d) $\sqrt{\frac{4}{3}}T$

gegeven $\begin{array}{rcl} r & = & 2l \\ r' & = & 3l \end{array}$

gevraagd T'/T

oplossing De veerkracht zorgt voor de middelpuntzoekende kracht. We leiden hieruit een uitdrukking af voor de periode:

$$\begin{array}{rcl} F & = & ma \\ & \Downarrow & \\ k\Delta l & = & mr\omega^2 \\ & = & mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \\ & \Updownarrow & \\ T^2 & = & \frac{4\pi^2 mr}{k\Delta l} \end{array}$$

De verhouding van het kwadraat van de periodes wordt dan:

$$\begin{array}{rcl} \frac{T'^2}{T^2} & = & \frac{4\pi^2 mr'}{k\Delta l'} \cdot \frac{k\Delta l}{4\pi^2 mr} \\ & = & \frac{3l(2l-l)}{(3l-l)2l} \\ & = & \frac{3}{4} \\ & \Downarrow & \\ T' & = & \sqrt{\frac{3}{4}}T \end{array}$$

Het juiste antwoord is C.

Oefening 9 *Waarom vliegt bij het afschieten van een kanonskogel, het kanon niet even ver achteruit als dat de kogel vooruit vliegt?*

Oefening 10 *Moet een fietser, die op een horizontale weg eenparig rechtlijnig fietst, toch blijven trappen? Verklaar.*

Oefening 11 *Een fietser met een massa van* $60,2\,\mathrm{kg}$ *rijdt op een rechte baan met een constante snelheid die* $25,0\,\mathrm{km/h}$ *bedraagt. Hoe groot is de inwerkende resulterende kracht? De resulterende kracht is 0. De eerste wet van Newton zegt dat een voorwerp maar een ERB kan uitvoeren indien de resulterende kracht erop nul is. Zou er een van nul verschillende kracht op de fietser inwerken dan krijgt hij een versnelling. Je moet blijven trappen om een kracht te genereren die even groot is als de wrijvingskracht.*

Oefening 12 *Kareltje is net vier jaar geworden en vindt dat hij groot genoeg is om mama te helpen wanneer zij hem naar school brengt met de fiets. Vanuit zijn kinderstoel achterop zal hij mama flink in de rug duwen. Wat ziet Kareltje over het hoofd?*

Oefening 13 *Geef aan of de volgende uitspraken waar of vals zijn. Licht je antwoord toe.*

(a) *Als een lichaam niet versnelt dan kan er geen kracht op werken.*

(b) *Bij een parachutist is de zwaartekracht even groot als de weerstandskracht – die hij ondervindt van de lucht – wanneer hij met zijn parachute met een constante snelheid naar beneden daalt.*

Oefening 14 *Toon aan dat de remweg van een remmende auto omgekeerd evenredig is met de wrijvingsfactor. Veronderstel dat de wielen glijden over het wegdek.*

Oefening 15 *Als we de 'effectieve zwaartekracht' in een centrifuge willen vergroten, wat is dan beter: de straal verdubbelen of de hoeksnelheid verdubbelen?*

Oefening 16 *Stel dat we een emmer met water aan een touw rondslingeren in een verticaal vlak zodanig dat het water niet uit de emmer valt. Neemt het (schijnbaar) gewicht van het water in de emmer toe wanneer we de emmer met een grotere snelheid laten ronddraaien? Leg uit.*

Oefening 17 *Er wordt wel gezegd dat in een wasmachine water uit het wasgoed wordt verwijderd doordat de centrifugaalkracht het water naar buiten trekt. Is dit correct? Leg uit.*

Oefening 18 *Verklaar hoe een fietser op een horizontaal wegdek een bocht kan nemen. Bepaal ook de maximale snelheid waarmee je door een bocht met straal r kan gaan, als de wrijvingsfactor tussen de weg en de banden μ is.*

Oefening 19 *Geef de formule voor de grootte van de middelpuntzoekende kracht.*

Oefening 20 *Welk punt heeft de grootste versnelling: een punt op de buitenrand van een ronddraaiende cd, of een punt op de helft van de straal van een cd die met een tweemaal zo grote hoeksnelheid ronddraait? Toon je antwoord aan.*

0.1 Vraagstukken

Oefening 21 *Om een ongeval te vermijden, drukt een bestuurder van een auto zijn remmen volledig in. Na een remspoor van* 90 m *komt hij tot stilstand. De wrijvingsfactor tussen de wielen en de weg is gelijk aan* 0,500*. Bepaal de snelheid die hij voor het remmen had.*

$v_0 = \sqrt{2\mu g x} = 29{,}71\,\mathrm{m/s} = 107\,\mathrm{km/h}$

Oefening 22 *Een massa van* $50,0$ g *wordt door een horizontale kracht van* $0,065$ N *voortbewogen. Hij legt onder de werking van deze kracht en de wrijvingskracht vanuit de rusttoestand in* $10,0$ s *op een rechte baan een afstand af van* $40,7$ m*. Hoe groot zijn de wrijvingskracht en de wrijvingsfactor?* *gegeven*

$$\begin{array}{lcl} m & = & 50,0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg} \\ F & = & 0,065\ \mathrm{N} \\ t & = & 10,0\ \mathrm{s} \\ x & = & 40,7\ \mathrm{m} \end{array}$$

gevraagd F_w, μ

oplossing Uit de vergelijkingen voor een EVRB vinden we de versnelling:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ &\Downarrow \\ a &= \frac{2x}{t^2} \end{aligned} \qquad (1)$$

Volgens de x*-as samen met (**??**) geldt:*

$$\begin{aligned} F - F_w &= ma \\ &\Downarrow \\ F_w &= F - m\frac{2x}{t^2} \qquad (2) \\ &= 65 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{N} - 50,0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg} \frac{2 \cdot 40,7\ \mathrm{m}}{10,0\ \mathrm{s}^2} \\ &= 0,024\ \mathrm{N} \end{aligned}$$

*Uit vergelijking (**??**) en $F_w = \mu F_n = \mu mg$ volgt:*

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{F}{mg} - \frac{2x}{gt^2} \\ &= 0,050 \end{aligned}$$

Oefening 23 *Toon aan dat de remweg van een remmende auto omgekeerd evenredig is met de wrijvingsfactor. Veronderstel dat de wielen glijden over het wegdek.*

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{v_0^2}{2gx} \\ &\Updownarrow \\ x &= \frac{v_0^2}{2g\mu} \end{aligned}$$

De remweg x is dus omgekeerd evenredig met de wrijvingsfactor μ.

Oefening 24 *Een auto rijdt op een horizontale baan met een snelheid van* $108\,\mathrm{km/h}$. *Als hij plots moet remmen, wat is dan zijn kleinste remafstand in de veronderstelling dat de wielen schuiven over het wegdek en de wrijvingsfactor tussen de wielen en de weg gelijk is aan $0,500$?*

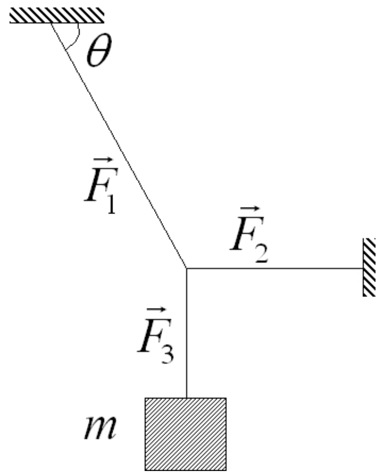
$$\begin{aligned} \mu &= \frac{v_0^2}{2gx} \\ &\Updownarrow \\ x &= \frac{v_0^2}{2g\mu} \\ &= \frac{(30\,\mathrm{m/s})^2}{2 \cdot 9,81\,\mathrm{m/s^2} \cdot 0,500} \\ &= 91,7\,\mathrm{m} \end{aligned}$$

Oefening 25 *Een massa van* $10,0$ kg *is aan touwen opgehangen zoals in de figuur. De hoek is $\theta = 60^\circ$. Bepaal de spankrachten F_1, F_2 en F_3 in het touw.*

Oefening 26 *Een zak cement met massa m hangt aan drie touwen zoals weergegeven op de figuur. Twee van de drie touwen maken een hoek θ_1, respectievelijk θ_2 met de horizontale. Het geheel is in rust.*

(a) *Bewijs dat de grootte van de spankracht in het linkertouw te berekenen is uit:*

$$F_1 = \frac{mg\cos\theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$$



(b) *Als de massa van de cement* $20,4\,\mathrm{kg}$ *bedraagt,* $\theta_1 = 10,0^\circ$ *en* $\theta_2 = 25,0^\circ$ *hoe groot zijn dan de spankrachten in de drie touwen?*

(a) *In de horizontale* x*-richting is er geen versnelling zodat volgens de tweede wet van Newton de componenten van de krachten in deze richting elkaar moeten opheffen:*

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^{3} F_{i,x} &= ma_x \\
&\Updownarrow \\
F_{1,x} + F_{2,x} + F_{3,x} &= ma_x \\
&\Downarrow \\
-F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2 + 0 &= 0 \qquad (3)
\end{aligned}$$

Ook in de verticale y*-richting moeten de krachten elkaar opheffen, ook hier is er geen versnelling:*

$$F_1 \sin\theta_1 + F_2 \sin\theta_2 - mg = 0 \qquad (4)$$

We hebben twee vergelijkingen met twee onbekende krachten. We lossen op naar F_1*:*

$$(??) \quad \Leftrightarrow \quad F_2 = \frac{F_1 \cos\theta_1}{\cos\theta_2} \qquad (5)$$

$$(??) \quad \Leftrightarrow \quad F_2 = \frac{mg - F_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

Deze uitdrukkingen aan elkaar gelijk stellen levert:

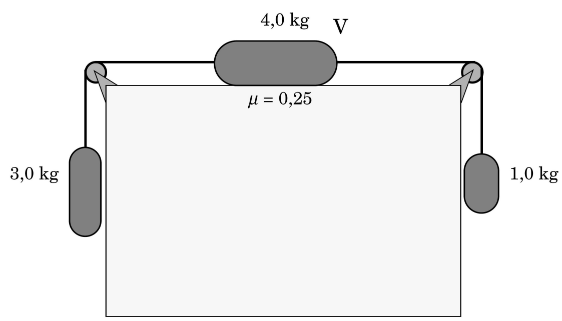
$$\begin{aligned}
F_1 \cos\theta_1 \sin\theta_2 &= mg\cos\theta_2 - F_1 \sin\theta_1 \cos\theta_2 \\
&\Updownarrow \\
F_1(\sin\theta_1\cos\theta_2 + \cos\theta_1 \sin\theta_2) &= mg\cos\theta_2 \\
&\Updownarrow \\
F_1 &= \frac{mg\cos\theta_2}{\sin(\theta_1+\theta_2)}
\end{aligned}$$

(b) *Deze formule invullen in (**??**) levert:*

$$F_2 = \frac{mg\cos\theta_1}{\sin(\theta_1+\theta_2)}$$

Oefening 27 *Bereken de versnelling van het systeem in de figuur. De dynamische wrijvingsfactor is μ en het touw heeft een verwaarloosbare massa zodat de spankracht in het touw overal hetzelfde is.*

Oefening 28 *Drie voorwerpen zijn aan elkaar verbonden met touwtjes. De wrijvingsfactor tussen de tafel en het erop liggend voorwerp V is μ. Veronderstel*



dat er geen wrijving is in de katrollen en dat de massa van de katrollen te verwaarlozen is. Bepaal de versnelling van het voorwerp. [1]

Om de versnelling van het voorwerp te vinden kunnen we de tweede wet van Newton toepassen op de drie massa's. We tekenen de krachtendiagrammen op elk van de massa's (zie figuur).

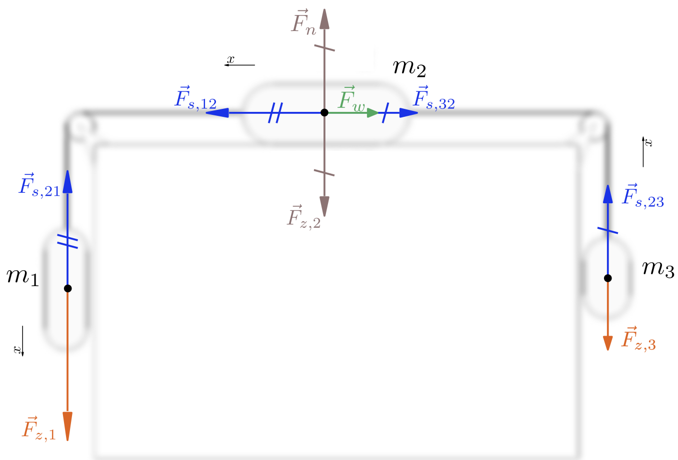
Voor m_1 vinden we, met de keuze van de x-as verticaal naar beneden:

$$F_{z,1} - F_{s,21} = m_1 a \tag{6}$$

Voor m_3 vinden we, met nu de keuze van de x-as verticaal naar boven:

$$F_{s,23} - F_{z,3} = m_3 a \tag{7}$$

[1] Bron: 16de VFO 2004



Voor m_2 vinden we, met de keuze van de x-as horizontaal naar links:

$$F_{s,12} - F_w - F_{s,32} = m_2 a \tag{8}$$

Volgens de derde wet van Newton kunnen we de overeenkomstige spankrachten aan mekaar gelijk stellen: $F_{s,21} = F_{s,12}$ en $F_{s,32} = F_{s,23}$. Samen met $F_w = \mu F_n$ en $F_z = ma$ hebben we drie vergelijkingen en drie onbekenden. Oplossen naar de versnelling levert:

$$a = \frac{m_1 - m_2 - \mu m_3}{m_1 + m_2 + m_3} g = 1,226\,\mathrm{m/s^2}$$

*Realiseer je dat de keuze van de x-as bij het bepalen van de componenten van de krachten de tekens bepalen van die componenten – en ook die van de versnelling. Als je bijvoorbeeld tweemaal a schrijft (in vergelijking (**??**) en (**??**)) moet het ook effectief over dezelfde versnelling gaan, en niet over versnellingen die elkaars tegengestelde zijn. Met de x-as verticaal naar beneden georiënteerd voor m_1, zal de versnelling voor m_1 positief zijn als de massa naar beneden versnelt (wat hij doet; $m_1 > m_3$). Voor m_3 moet je dan de x-as verticaal omhoog kiezen, wil je dat a evenzeer positief is of dus dezelfde betekenis heeft.*

*Zie ook dat uit vergelijking (**??**) volgt dat m_1 niet met de zwaartekracht aan m_2 trekt! De massa m_1 versnelt, waarvoor een resulterende kracht nodig is.*

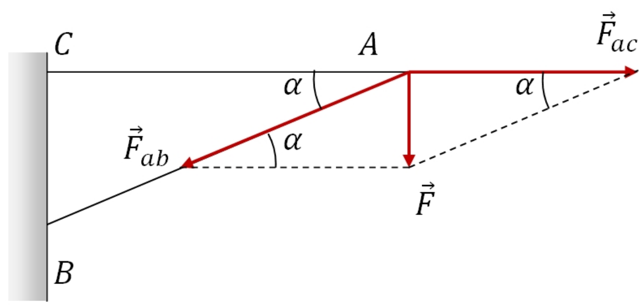
Oefening 29 *Een last van 1000 N hangt aan een kabel van $5,00\,\mathrm{m}$ lengte. Deze last wordt door een horizontale kracht $2,00\,\mathrm{m}$ zijwaarts uit zijn verticale stand getrokken.*

(a) *Bepaal de kracht waarmee zijwaarts aan de last werd getrokken.*

(b) *Bepaal de kracht waaraan het touw minimaal moet kunnen weerstaan zonder te breken.*

Oefening 30 *Als een persoon in vrije val ten gevolge van de wrijvingskracht met de lucht valt met een maximumsnelheid van ongeveer 240 km/h en deze wrijvingskracht is recht evenredig met het kwadraat van de snelheid, bepaal dan deze evenredigheidsconstante (= de wrijvinfscoëfficiënt). De persoon heeft een massa van 66 kg.*

24 p.72 *Misschien eerst ter verduidelijking: de aangeduide kracht kan bijvoorbeeld worden uitgeoefend door een gewicht dat aan punt A is opgehangen. Om de gevraagde krachten te vinden, kunnen we de gegeven kracht ontbinden. We kunnen haar beschouwen als samengesteld uit twee krachten. Namelijk de kracht op de staaf uitgeoefend ($\vec{F}_{ab}$, de staaf ondersteunt punt A) en de kracht waarmee aan het touw wordt getrokken ($\vec{F}ac$, het touw voorkomt dat A naar beneden zou vallen zodat m.a.w. het punt aan het touw moet trekken).*



Voor F_{ab} geldt:

$$\sin\alpha = \frac{F}{F_{ab}}$$
$$\Updownarrow$$
$$F_{ab} = \frac{F}{\sin\alpha} = \frac{1500\,\mathrm{N}}{\frac{1}{2}} = 3,00 \cdot 10^3\,\mathrm{N}$$

Voor F_{ac} geldt:

$$F_{ac} = \frac{F}{\tan\alpha} = \frac{1500\,\mathrm{N}}{\frac{\sqrt{3}}{3}} = 2,60 \cdot 10^3\,\mathrm{N}$$

25 p.72 *De zwaartekracht werkt verticaal naar beneden, grijpt aan op de massa en wordt door de aarde uitgeoefend. Ook de spankracht werkt op de massa. Deze wordt door het touw op de massa uitgeoefend. Ze is altijd volgens het touw gericht. Naast de wrijvingskracht die we hier buiten beschouwing laten, zijn dit de enige twee krachten die op de slingerende massa werken.*

27 p.73 *De versnelling die een voorwerp met massa m krijgt als gevolg van een kracht F, is volgens de tweede wet van Newton gelijk aan $a = \dfrac{F}{m}$ zodat:*

$$v = at = \frac{Ft}{m} = 10\,\mathrm{m/s}$$

29 p.73 *Uit de formules voor een EVRB kunnen we een uitdrukking voor de vertraging vinden (zie voor de uitwerking de oplossingen van vraagstukken die we maakten in de kinematica):*

$$a = -\frac{v_0^2}{2x}$$

Om deze vertraging te kunnen realiseren is volgens de tweede wet van Newton een kracht nodig gelijk aan:

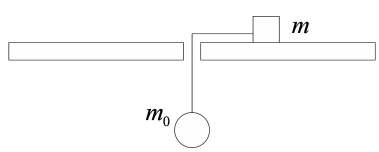
$$F = ma = -m\frac{v_0^2}{2x} = -37500\,\mathrm{N}$$

Het minteken slaat op het feit dat de kracht tegengesteld is aan de snelheid die met de keuze van de x-as mee is. De grootte van de kracht is dan de uitdrukking zonder het minteken.

36 p.112 *Het juist antwoord is B.* $v_{max} = \sqrt{\mu r g}$ *dus* $v_{max} \sim \sqrt{r}$.

37 p.112 $v_{max} \sim \sqrt{r}$ *dus moeten we* v_{max} *uitzetten tegen* $\sqrt{r}$.

Oefening 31 *Een blokje op een wrijvingsloze tafel beschrijft een ECB doordat het vastgemaakt is aan een koordje dat door een gaatje in de tafel gaat en waaraan een massa is verbonden die door de zwaartekracht naar beneden wordt getrokken.*

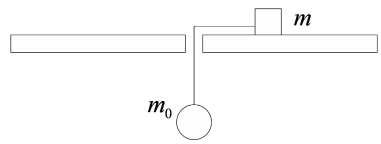


(a) *Welke kracht levert de middelpuntzoekende kracht?*

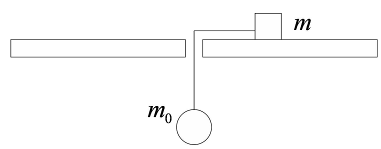
(b) *Kan voor cirkelbewegingen met een verschillende straal de middelpuntzoekende kracht veranderen van grootte?*

(c) *Hoe heb je proefondervindelijk geconstateerd dat de frequentie voor verschillende stralen verschillend is?*

Oefening 32 *Een blokje op een wrijvingsloze tafel beschrijft een ECB met straal r en snelheid v doordat het vastgemaakt is aan een koordje dat door een gaatje in de tafel gaat en waaraan een massa is verbonden die door de zwaartekracht naar beneden wordt getrokken. Als de straal 2 maal groter wordt, hoeveel maal groter wordt dan de snelheid?*



Oefening 33 *Een blokje op een wrijvingsloze tafel beschrijft een ECB met frequentie f en snelheid v doordat het vastgemaakt is aan een koordje dat door een gaatje in de tafel gaat en waaraan een massa is verbonden die door de zwaartekracht naar beneden wordt getrokken. Hoeveel maal groter is de snelheid van het blokje als het met een tweemaal zo grote frequentie ronddraait? Toon je antwoord aan.*



Oefening 34 *Twee treinen met dezelfde massa nemen een bocht met een even grote straal. De snelheden zijn respectievelijk* 60 km/h *en* 180 km/h *in de bocht.*

(a) *Wat levert de middelpuntzoekende kracht? Op wat?*

(b) *Hoe verhouden de grootten van de middelpuntzoekende kracht zich?*