

Oefeningen (per bestand, toep.)

1 Newton

Oefening 1 Twee ploegen zijn aan het touwtrekken. Volgens het derde beginsel van Newton oefenen de twee ploegen steeds even grote maar tegengestelde krachten op elkaar uit. Hoe is het dan mogelijk dat er toch een winnende ploeg is?

Er is een winnende ploeg mogelijk omdat het samenstellen van krachten op elke ploeg afzonderlijk gebeurt. Het zijn niet de actie- en reactiekracht (derde wet van Newton) die worden samengesteld.

De winnende ploeg slaagt erin zich beter af te zetten dan de verliezende ploeg. Dat wil zeggen dat de reactiekracht van de kracht die ze op de grond uitoefenen (de weerstandskracht dus) groter is dan de kracht tussen de twee ploegen. De resulterende kracht van de weerstandskracht en de spankracht op de ploeg, zorgt volgens de tweede wet van Newton voor een versnelling; de ploeg komt in beweging. Voor de verliezende groep is dat net omgekeerd.

Oefening 2 Hoe komt het dat een vrachtwagen binnen een veel kortere afstand kan stoppen dan een trein die dezelfde snelheid heeft?

Oefening 3 Je springt vanuit een roeibootje naar de oever. Verklaar wat er kan gebeuren als het roeibootje niet is vastgemeerd. Wanneer je nu vanaf een groot binnenschip naar de oever springt, wat zou het resultaat dan zijn? Verklaar!

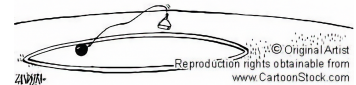
Bij een roeibootje dat niet vastgemeerd is, is er veel kans dat je in het water belandt. Bij het afzetten, schiet het bootje namelijk gemakkelijk onder je weg. Hoe komt dat? Wel, doordat je je afzet, oefen je een kracht uit op het bootje. De **derde wet van Newton** zegt dat het bootje dan een even grote kracht op jou uitoefent, in de tegengestelde richting. Het is die reactiekracht die je zou willen aanwenden om op de oever te geraken. De massa van het bootje is echter zo klein in vergelijking met jouw massa dat, volgens de **tweede wet van Newton** ($\vec{F} = m\vec{a}$), de versnelling die het bootje krijgt als gevolg van jouw actiekracht veel groter is dan de versnelling die je zelf krijgt door de afzet. In de korte tijd dat je jezelf kan afzetten, verwerft het bootje dus een grote snelheid waardoor het onder je wegschiet en krijg jij geen noemenswaardige snelheid opgebouwd.

Voor een groot binnenschip is de massa zo groot in vergelijking met die van jou, dat het binnenschip een verwaarloosbare versnelling weg van de oever krijgt. Je

Oefeningen (per bestand, toep.)

kan een voldoende grote versnelling opbouwen die lang genoeg aanhoudt om je op de oever te krijgen.

Oefening 4 Wat klopt er fysisch niet aan wat er gebeurt in de cartoon? Licht toe.



De hamerslingeraar wordt weggeslingerd door de kogel stil blijft liggen. Het moet omgekeerd zijn.

ChatGPT

Waarom vliegt bij het hamerslingeren de kogel weg en niet de persoon?

Bij het hamerslingeren draait alles om de centripetale kracht die op de kogel (het hamerhoofd) wordt uitgeoefend wanneer het aan een draad wordt rondgedraaid voordat het wordt losgelaten. Laten we dit proces in meer detail bekijken:

- **Centripetale kracht:**** Wanneer de atleet het hamerhoofd rondzwaait, ervaart de kogel een centripetale kracht die naar het middelpunt van de cirkel is gericht (in dit geval het draaipunt van de draad). Deze kracht zorgt ervoor dat de kogel voortdurend naar het centrum van de cirkel wordt getrokken.
- **Inertie van de persoon:**** Tegelijkertijd ervaart de atleet, die de kogel rondzwaait, een tegenovergestelde reactie volgens de derde wet van Newton: "Actie is reactie". De atleet oefent een kracht uit op de kogel, maar de kogel oefent ook een gelijke maar tegengestelde kracht uit op de atleet.
- **Massaverskil:**** Het belangrijke verschil hier is het verschil in massa tussen de atleet en de kogel. De kogel heeft veel meer massa dan de atleet. Volgens de tweede wet van Newton ($F = m \cdot a$), waarbij F de kracht is, m de massa en a de versnelling, zal de kogel minder versnellen dan de atleet, omdat de kracht gelijk is maar de massa veel groter is.

Samenvattend zorgt de centripetale kracht ervoor dat de kogel in een cirkelbaan blijft, terwijl de atleet, vanwege het massaverskil, veel meer versnelt dan de kogel. Daarom blijft de kogel rondzwaaien, terwijl de atleet niet wordt weggeslingerd.

Oefening 5 Een eekhoorntje glijdt over een gladde tafel met een heleboel nootjes tussen zijn voorpoten. Wat zou hij moeten doen om te verhinderen dat hij van de tafel valt? Leg uit.

...

Oefening 6 Waarom gaat een boot niet vooruit als een persoon die in de boot staat krachtig tegen de wand duwt?

...

Oefening 7 Kan een voorwerp bewegen zonder dat er een kracht op werkt? Leg uit.

...

Oefening 8 Hoe komt het dat je gemakkelijk vaststelt dat de aarde een kracht uitoefent op een appel, maar dat je niets merkt van de kracht door de appel op de aarde uitgeoefend?

...

Oefening 9 We hebben een eenparig veranderlijke rechtlijnige beweging (EVRB) in eerste instantie binnen de kinematica behandeld. Binnen de dynamica kan je vervolgens de voorwaarden voor zo'n beweging in termen van krachten geven.

- (a) Doe dat (wat moet er dus gelden voor de krachten om een EVRB te krijgen?),
- (b) licht kort toe,
- (c) en geef een voorbeeld.

Zie in het handboek de inleiding p. 7, de definitie van een EVRB op p. 23, de oorzaak van een versnelling op p. 29 (en eventueel ook p. 50) en de tweede wet van Newton onderaan p. 54.

Oefening 10 Waarom is er in de fysica geen wetmatigheid die de wet van de traagheid verklaart net zoals we met de zwaartekracht de wetmatigheid dat lichamen in vacuüm eenparig versneld vallen kunnen verklaren?

Sure! Here's a physics test question:

Question: Why is Newton's First Law of Motion considered a fundamental principle in physics rather than a derivable result?

Answer: Newton's First Law of Motion is considered a fundamental principle because it defines the concept of inertia and establishes the framework for understanding motion in the absence of external forces. It is not derived from other laws but serves as a foundational postulate upon which classical mechanics is built. This principle highlights that an object will remain at rest or move in a straight line at constant velocity unless acted upon by an external force.

2 Newton Toepassingen

Oefening 11 Waarom valt in het luchtledige een massa van 2 kg niet twee keer zo snel als een massa van 1 kg?

In het vacuüm werkt op een vrije massa enkel de zwaartekracht in. Dat is dan ook de resulterende kracht op de massa. Die kracht is inderdaad twee keer zo groot voor een twee keer zo grote massa, maar een twee keer zo grote massa verzet zich ook twee keer zo hard tegen het veranderen van beweging; de traagheid is twee keer zo groot. Het resultaat is dat elk object met dezelfde versnelling naar de aarde valt.

Die hierboven eerder kwalitatieve redenering is kwantitatief uit te leggen met de tweede wet van Newton, $\vec{F} = m\vec{a}$:

$$F_z = ma$$

Met de formule $F_z = mg$ voor de zwaartekracht vinden we

$$mg = ma$$

Zodat, na de massa's te hebben geschrapt

$$a = g$$

De massa van het object heeft m.a.w. geen invloed op de versnelling waarmee het valt. Die versnelling is constant en in waarde gelijk aan de waarde van de veldsterkte. Omdat ook de eenheden overeenkomen (uit de tweede wet van Newton volgt dat $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$) wordt het symbool g voor zowel de veldsterkte als de valversnelling gebruikt. Bij ons heeft die de waarde $9,81 \text{ m/s}^2$.

Oefening 12 Een massa van 2,0 kg bevindt zich in een lift aan een dynamometer. Die laatste duidt een kracht van 10 N aan.

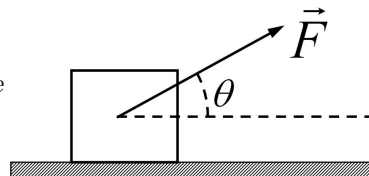
Welke beweging voert de lift uit? Licht toe.

- (a) De lift beweegt naar omlaag met een versnelling van $5,0 \text{ m/s}^2$.
- (b) De lift beweegt naar omhoog met een versnelling van $5,0 \text{ m/s}^2$.
- (c) De lift beweegt naar omlaag met een constante snelheid.
- (d) De lift beweegt naar omhoog met een constante snelheid.



Oefening 13 Een doos van 10 kg wordt met een kracht van 40 N over een glad tafelloppervlak getrokken. De uitgeoefende kracht maakt een hoek van 30° met de horizontaal. Als de wrijving mag worden verwaarloosd, bepaal dan

- (a) de versnelling van de doos,
- (b) de grootte van de normaalkracht, die de tafel op de doos uitoefent.



$$(a) \quad a = \frac{F \cos \theta}{m} = 3,46 \text{ m/s}^2$$

$$(b) \quad F_n = mg - F \sin \theta = 78,1 \text{ N}$$

Oefening 14 Hoe groot is de snelheid die een slee met massa 5,0 kg krijgt, als er gedurende 6,0 s een kracht van 0,20 N op werkt?

$$0,24 \text{ m/s}$$

Oefening 15 Een doos van 12 kg wordt losgelaten op een helling van 20° en glijdt met een versnelling van $0,30 \text{ m/s}^2$ hellingafwaarts.

(a) Teken alle krachten die op de doos aangrijpen.

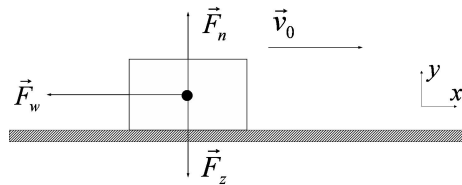
(b) Hoe groot is de wrijvingskracht die de doos afremt?

(c) Hoe groot is de glijdende wrijvingscoëfficiënt?

$$F_w = m(g \sin \alpha - a) = 36,7 \text{ N}$$

$$\mu = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha} = 0,33$$

Oefening 16 Een hockeyschijf of puck krijgt op een bevroren vijver een horizontale slag waardoor het met een snelheid van $20,5 \text{ m/s}$ vertrekt. Na hoeveel meter komt de puck tot rust als de wrijvingsfactor tussen de puck en het ijs $0,18$ bedraagt?



$$\begin{aligned} \text{gegeven} \quad v_0 &= 20,5 \text{ m/s} \\ x &= 120 \text{ m} \end{aligned}$$

gevraagd μ

oplossing De wrijvingskracht is de enige kracht volgens de horizontale richting en vormt dus de resulterende kracht. Omdat ze tegengesteld is aan de x-as geldt $F_{w,x} = -F_w$. Met $F_w = \mu F_n$ vinden we voor de versnelling:

$$\begin{aligned} -F_w &= ma \\ \Downarrow \\ -\mu mg &= ma \\ \Downarrow \\ a &= -\mu g \end{aligned} \tag{1}$$

De tijd uit de vergelijkingen voor een EVRB elimineren, waarbij de eindsnelheid v en de beginpositie x_0 nul zijn, levert:

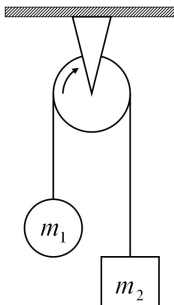
$$\begin{aligned}
 v &= v_0 + at \\
 x &= x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \\
 \Downarrow \\
 0 &= v_0 + at \Leftrightarrow t = -\frac{v_0}{a} \\
 x &= v_0 \left(-\frac{v_0}{a}\right) + \frac{1}{2}a \left(-\frac{v_0}{a}\right)^2 \\
 \Downarrow \\
 a &= -\frac{v_0^2}{2x}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Vergelijking (??) samen met (??) levert dan:

$$\begin{aligned}
 \mu &= \frac{v_0^2}{2gx} \\
 &= 0,178
 \end{aligned} \tag{3}$$

Oefening 17 (Toestel van Atwood) Twee verschillende massa's zijn via een katrol van te verwaarlozen massa met elkaar verbonden zoals in de figuur. De wrijving is eveneens te verwaarlozen.

Bepaal de grootte van de versnelling van beide massa's en de spankracht in het touw.



$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}g \quad F_s = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2}g$$

Oefening 18 Een massa blijft liggen op een draaitafel die met een hoeksnelheid van $5,0 \text{ rad/s}$ draait. Ze ligt op een afstand van 10 cm van het middelpunt.

Hoe groot moet de wrijvingscoëfficiënt tussen de massa en de tafel minstens zijn? Toon aan.



De middelpuntzoekende kracht wordt door de wrijvingskracht geleverd. De maximale grootte hiervan wordt gegeven door μF_n . De hoeksnelheid die we nog net kunnen aanhouden zonder dat de massa's schuiven, vinden we met de tweede wet van Newton:

$$\begin{aligned}\vec{F} &= m\vec{a} \\ \Downarrow \\ \mu mg &= mr\omega^2\end{aligned}$$

of

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$$

Omdat de massa geen rol speelt in deze formule (voor een grotere massa is een grotere middelpuntzoekende kracht nodig maar de normaalkracht wordt evenredig groter voor grotere massa's), bepaalt de kleinste μ de maximale hoeksnelheid:

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}} = 6,52 \text{ rad/s}$$

Oefening 19 Hoe kan een man die 686 N weegt langs een touw naar beneden glijden, dat slechts 600 N kan dragen zonder te breken?

Stel dat de man inschat dat hij, zonder zijn botten te breken, in staat is te springen van toch wel 3,0 m hoog. Van hoe hoog zou hij dan met een dergelijk touw kunnen ontsnappen?

Door niet met zijn volle gewicht aan het touw te gaan hangen kan de man verhinderen dat het touw breekt. Het gevolg is wel dat hij een nettokracht naar beneden ondervindt waardoor hij toch naar beneden versnelt, al is het met een kleinere versnelling dan de valversnelling.

Door met 600 N aan het touw te trekken, ondervindt hij een spankracht omhoog met diezelfde grootte. Met een referentieas naar beneden volgt uit $F_z - F_s = ma$ en uit $m = \frac{F_z}{g}$ voor de versnelling van de man:

$$a = \left(1 - \frac{F_s}{F_z}\right)g \quad (4)$$

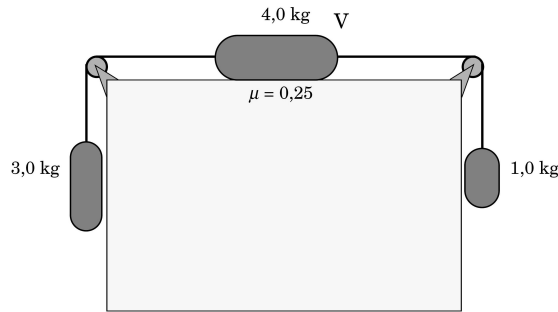
wat gelijk is aan $1,23 \text{ m/s}^2$.

Uit $v^2 = v_0^2 + 2ax$ volgt de maximale snelheid die hij bij de impact op de grond aankan als we voor a de valversnelling g nemen en voor x de gegeven 3,0 m. Uit diezelfde formule vinden we de hoogte h vanwaar de man kan ontsnappen als we nu de netto versnelling $a = 1,23 \text{ m/s}^2$ (??) nemen:

$$h = \frac{v^2}{2a} = \dots = \frac{F_z}{F_z - F_s}x$$

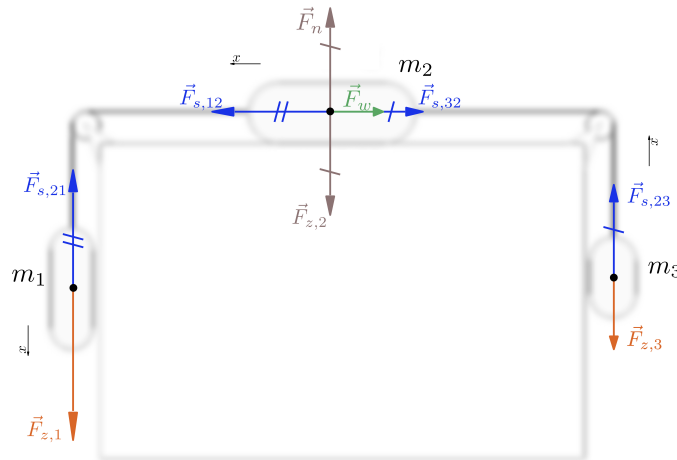
wat gelijk is aan 24 m.

Oefening 20 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. (Bron: 16de VFO 2004)

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



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

$$F_{z,1} - F_{s,21} = m_1 a \quad (5)$$

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

$$F_{s,23} - F_{z,3} = m_3 a \quad (6)$$

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

$$F_{s,12} - F_w - F_{s,32} = m_2 a \quad (7)$$

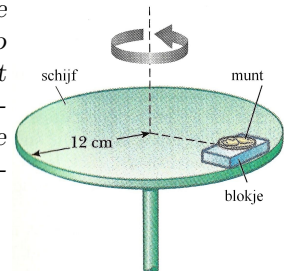
Volgens de derde wet van Newton kunnen we de overeenkomstige spankrachten aan mekaar gelijk stellen: $F_{s,21} = F_{s,12}$ en $F_{s,32} = F_{s,23}$. Samen met $F_w = \mu F_n$ en $F_z = ma$ hebben we drie vergelijkingen en drie onbekenden. Oplossen naar de versnelling levert:

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

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 21 Een munt met een massa van 3,0 g ligt op een blokje van 20,0 g. Het geheel ligt op een draaiende schijf op 12,0 cm van de rotatieas. Als de wrijvingscoëfficiënt tussen de munt en het blokje 0,52 is, en de wrijvingscoëfficiënt tussen het blokje en de schijf 0,75 is, welke hoeksnelheid mag de schijf dan maximaal hebben zodat noch de munt noch het blokje wegschuift?



De middelpuntzoekende kracht die nodig is om de objecten te laten ronddraaien, wordt door de wrijvingskracht geleverd. De maximale grootte hiervan wordt gegeven door μF_n . De hoeksnelheid die we nog net kunnen aanhouden zonder dat de massa's schuiven, vinden we met de tweede wet van Newton, $\vec{F} = m\vec{a}$:

$$\mu mg = mr\omega^2$$

of

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$$

Hierin hebben we gebruikt dat de massa's in de verticale richting niet versnellen en dus de normaalkracht op de massa's even groot is als de zwaartekracht op

die massa's. Ook hebben we gebruikt dat de versnelling van een object dat een eenparig cirkelvormige beweging uitvoert, gegeven wordt door $a = r\omega^2$.

Omdat de massa geen rol¹ speelt in deze formule, bepaalt de kleinste μ de maximale hoeksnelheid:

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}} = 6,52 \text{ rad/s}$$

Oefening 22 Een steen wordt aan een touwtje rondgeslingerd met een snelheid die in grootte constant is.

- (a) Heeft de steen een versnelling?
- (b) Ondervindt de steen een resulterende kracht?

Leg uit.

Oefening 23 Welke snelheid moet een achtbaanwagentje dat op zijn kop boven in een lus aankomt ten minste hebben, willen de passagiers niet naar beneden vallen? Neem aan dat de kromtestraal van de lus 7,0 m bedraagt.



De snelheid moet groot genoeg zijn zodat de zwaartekracht er niet in slaagt de passagiers sneller uit de bocht te trekken dan noodzakelijk. Hoe trager de passagiers gaan, hoe minder groot de middelpuntzoekende kracht moet zijn om die beweging tot stand te brengen.

Bij een snelheid die groot genoeg is, helpt de normaalkracht (door de wagentjes op de passagiers uitgeoefend) de zwaartekracht om een middelpuntzoekende kracht te genereren. De minimale snelheid vinden we dan ook wanneer de normaalkracht wegvalt en enkel de zwaartekracht de middelpuntzoekende kracht levert:

$$F = ma \Rightarrow mg = \frac{mv^2}{r}$$

Zodat: $v_{\min} = \sqrt{rg} = 8,29 \text{ m/s} = 29,8 \text{ km/h}$.

Oefening 24 Welk lichaam is verantwoordelijk voor de middelpuntzoekende kracht in de onderstaande gevallen. Noem tevens waar het mogelijk is, de naam van de kracht die de middelpuntzoekende kracht levert bij:

¹De massa speelt geen rol omdat hij niet in de formule voorkomt. Dat is een hard wetenschappelijk argument. Een kwalitatieve uitleg is dat voor een grotere massa weliswaar een grotere middelpuntzoekende kracht nodig is maar dat de normaalkracht ook evenredig groter wordt met de massa, en dus ook de wrijvingskracht.

Oefeningen (per bestand, toep.)

- (a) *de modder op de buitenomtrek van een draaiend fietswiel;*
- (b) *een trein die een bocht neemt;*
- (c) *een auto die een bocht neemt bij een horizontaal wegdek;*
- (d) *het ronddraaien in een horizontaal vlak van een steen aan een touw;*
- (e) *de verandering van de stroomrichting van het water in een bocht van een rivier;*
- (f) *een persoon in een ronddraaiende ton waarvan de bodem weggezakt is;*
- (g) *de beweging van de maan op haar baan rond de aarde;*
- (h) *de beweging van de elektronen rond de kern in een atoom*