

- d Het oppervlak onder de grafiek drukt namelijk uit hoeveel energie is opgeslagen (bij uitrekken) en er vrijkomt (bij ontspannen). Aangezien er niet meer energie uit de veer kan komen dan er in is gestopt, zal het ontspannen van de pees overeenkomen met de onderste delen van de grafieken.
- e Trek een rechte lijn door de oorsprong die gemiddeld door de gegeven grafieken gaat. De helling van deze lijn is de veerconstante: $C = \Delta F / \Delta u = 4000 / 20 \cdot 10^{-3} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-1}$.
- f De veerenergie wordt gegeven door: $E_v = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,0 \cdot 10^5 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2 = 40 \text{ J}$.

onderzoeksoopdrachten

- 10 a Ter beoordeling van de docent.
b Ter beoordeling van de docent.
- 11 a Het getal van Froude is gedefinieerd als: $Fr = v^2 / (g \cdot l)$, waarbij v de bewegingssnelheid is, g de valversnelling en l de lengte van een been of een poot. Hieruit volgt: $v = \sqrt{Fr \cdot g \cdot l}$. De snelheid waarbij wordt overgegaan van lopen naar rennen, kan gevonden worden door voor Fr 0,5 in te vullen en voor l de lengte van het been/de poot.
- | | schatting l (m) | v (m s^{-1}) |
|-------------------|-------------------|---------------------------|
| volwassen mens | 1,0 | 2,2 |
| kind (ca. 6 jaar) | 0,60 | 1,7 |
| middelgrote hond | 0,40 | 1,4 |
| rijpaard | 1,5 | 2,7 |
- b Ter beoordeling van de docent.
- c Het getal van Froude volgt uit: $Fr = v^2 / (g \cdot l)$. Meet de lengte van het been/de poot, vul het resultaat voor v dat je bij opdracht 11b hebt gevonden in en bereken het getal van Froude. Uitwerking hangt af van de resultaten bij opdracht 11b.
- +12 a De ballbot heeft een zeer klein contactoppervlak. Vergelijk dit met twee voeten van een mens. Verder ligt het zwaartepunt hoog. De ballbot lijkt wel op een potlood dat op zijn punt staat. Niet echt stabiel dus.
- b De evenwichtssensoren moeten kunnen waarnemen of de robot overhelt naar een bepaalde kant en of de robot een bepaalde kant op versnelt.
- c Wanneer de ballbot naar rechts dreigt om te vallen, moet de ballbot met zijn wiel die kant op bewegen. Zo komt het contactoppervlak weer onder het zwaartepunt.
- d Om naar rechts te bewegen, moet de ballbot eerst kort naar links bewegen om het zwaartepunt rechts van het contactoppervlak te brengen. Dat zorgt ervoor dat de ballbot naar rechts begint te vallen.
- e Van 2 naar 3 beweegt de ballbot vallend naar rechts doordat het zwaartepunt zich rechts van het contactoppervlak bevindt.
- f Het zwaartepunt bevindt zich nu boven het contactoppervlak: dat kan alleen wanneer de ballbot met constante snelheid beweegt.
- g Om af te remmen, moet de bal minder hard draaien. Het zwaartepunt komt dan weer links van het contactoppervlak te liggen. Wrijving met de ondergrond zorgt er uiteindelijk voor dat de ballbot afremt.
- h Het zwaartepunt moet weer recht boven het contactoppervlak gebracht worden. Dat kan door de bal kort naar links te laten draaien.
- i Rollen kost minder energie dan lopen op twee benen, omdat bij lopen het zwaartepunt steeds omhoog en omlaag beweegt. Omhoog bewegen kost energie. Voor een deel kan die energie worden teruggewonnen door deze op te slaan in bijvoorbeeld de achillespees. Een belangrijk deel gaat echter verloren. Bij rollen blijft het zwaartepunt op een en dezelfde hoogte en hoeft er dus geen energie in gestopt te worden.
- j Denk bij rollen aan de volgende voordelen: kleine correcties mogelijk, verplaatsen van bijvoorbeeld dranken is gemakkelijker zonder te knoeien. Nadeel bij rollen: trappen op en af is onmogelijk, evenals hoge drempels passeren. Voordeel bij lopen: drempels en trappen zijn mogelijk. Nadelen bij lopen: kost meer energie, de bewegingen bij correcties zijn groter waardoor grotere kans op stoten. Bovendien is het verplaatsen van bijvoorbeeld dranken lastiger.

Theorie

1 Biofysica

- 1 a Zoek op internet naar universiteiten met een studie(onderdeel) biofysica en je vindt bijvoorbeeld de volgende universiteiten: Universiteit van Amsterdam, Universiteit Leiden, Universiteit Utrecht. Op de websites van deze universiteiten kun je vervolgens vinden dat ze ook onderzoek doen op het gebied van biofysica.
- b Voorbeelden van onderzoek op de universiteiten:
- Universiteit van Amsterdam (in het onderzoeksinstituut SILS): verschillende onderzoeksgroepen doen onderzoek waarbij natuurkunde een rol speelt, bijvoorbeeld op het gebied van de werking van de hersenen.
 - Universiteit Leiden (onderzoeksgroep Molecular Cell Biology): onderzoek naar signaalmoleculen in de ontwikkeling van embryo's, aangeboren immuniteit en de verspreiding van kankercellen.
 - Universiteit Utrecht (in onderzoeksinstituut Soft Condensed Matter and Biophysics): de onderzoeksgroep Molecular Biophysics richt zich op het ontwikkelen en toepassen van geavanceerde microscopische technieken. Dit wordt bijvoorbeeld toegepast om de signaaloverdracht tussen cellen in het hart te volgen.
 - Technische Universiteit Delft: de onderzoeksgroep van Cees Dekker doet onderzoek aan biofysica. Bekijk bijvoorbeeld de website: <http://ceesdekkerlab.tudelft.nl/>.
- c Ter beoordeling van de docent.
- 2 a Neem bijvoorbeeld de werking van de cel. De overeenkomst tussen de biofysicus en de bioloog is dat ze beiden onderzoek doen aan een onderdeel van een (levend) organisme.
- b Het verschil tussen de biofysicus en de bioloog zal zijn dat de biofysicus andere methoden gebruikt om de cel te onderzoeken en te beschrijven. De biofysicus zal bijvoorbeeld gebruikmaken van natuurkundige modellen om de cel te beschrijven. De bioloog zal eerder naar de functie van celonderdelen kijken.
- 3 a Ter beoordeling van de docent.
b Ter beoordeling van de docent.

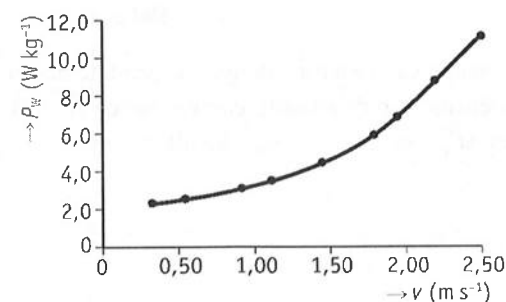
2 Een model voor lopen

- 4 a De mechanische energie is behouden, dus $E_k + E_z$ is in punt A en B gelijk. De toename van zwaarte-energie moet dus gelijk zijn aan de afname van kinetische energie:
- $$\Delta E_z = -\Delta E_k$$
- $$m \cdot g \cdot (h_B - h_A) = -\frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_B^2 - v_A^2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_A^2 - v_B^2)$$
- $$g \cdot (h_B - h_A) = \frac{1}{2} \cdot (v_A^2 - v_B^2) \quad (\text{delen door } m)$$
- $$2 \cdot g \cdot (h_B - h_A) = (v_A^2 - v_B^2) \quad (\text{vermenigvuldigen met 2})$$
- $$2 \cdot g \cdot (h_B - h_A) - v_A^2 = -v_B^2 \quad (\text{links en rechts } v_A^2 \text{ aftrekken})$$
- $$-2 \cdot g \cdot (h_B - h_A) + v_A^2 = v_B^2 \quad (\text{vermenigvuldigen met } -1)$$
- $$v_B = \sqrt{-2 \cdot g \cdot (h_B - h_A) + v_A^2} \quad (\text{worteltrekken})$$
- $$v_B = \sqrt{-2 \cdot 9,81 \cdot 0,070 + 1,5^2} = 0,94 \text{ m s}^{-1}$$
- b De beginsnelheid moet minimaal zo groot zijn om de toename van zwaarte-energie mogelijk te maken. In dat geval is alle kinetische energie bij A omgezet in de toename van de zwaarte-energie tussen A en B. Dus: $\Delta E_k = -\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2$. Er geldt nog steeds: $\Delta E_z = -\Delta E_k$ en $\Delta E_z = m \cdot g \cdot (h_B - h_A)$. Invullen geeft:
- $$m \cdot g \cdot (h_B - h_A) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2$$
- $$g \cdot (h_B - h_A) = \frac{1}{2} \cdot v_A^2 \quad (\text{delen door } m)$$
- $$2 \cdot g \cdot (h_B - h_A) = v_A^2 \quad (\text{vermenigvuldigen met 2})$$
- $$v_A = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_B - h_A)} \quad (\text{worteltrekken})$$
- $$v_A = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,070} = 1,2 \text{ m s}^{-1}$$

- 5 De benen kunnen gezien worden als een slinger. De stapfrequentie zal in de buurt liggen van de natuurlijke frequentie van de benen. Bij kinderen zal deze stapfrequentie hoger liggen, doordat de slingerlengte korter is. Bovendien maken kinderbenen daarbij ook kleinere stappen. Ze kunnen niet te grote stappen maken, omdat dan hun zwaartepunt te veel op en neer zal gaan. Dat is energetisch niet gunstig. Om dezelfde snelheid als een volwassene te houden, moet een kind meer stappen per tijdseenheid maken. De stapfrequentie van een kind is dus groter dan die van een volwassene.
- 6 **a** Efficiëntie wil meestal zeggen wat je met een bepaalde investering (hier energie) kunt doen; in dit geval het afleggen van een afstand. Met evenveel energie kun je dus op de fiets drie keer zo ver komen als te voet. Omdat je snelheid verschilt tussen lopen en fietsen is het niet zo dat je in een uur fietsen drie keer minder energie gebruikt. Wanneer je een uur fietst, leg je een grotere afstand af dan wanneer je een uur loopt. Wanneer je bijvoorbeeld met een snelheid van 4 km h^{-1} loopt en met een snelheid van 20 km h^{-1} fietst, dan leg je in een uur op de fiets een vijf keer zo grote afstand af. Dat kost je dan $5/3$ keer zo veel energie.
b Als je loopt, beweegt je zwaartepunt omhoog en omlaag. Als je fietst, dan blijft je zwaartepunt op een en dezelfde hoogte.
c In de theorie wordt uitgelegd dat het van richting doen veranderen van je zwaartepunt energie kost. Aangezien het bij fietsen niet nodig is om het zwaartepunt van richting te doen veranderen, is fietsen efficiënter dan lopen.
- 7 **a** Bij een snelheid van 5 km h^{-1} is het energieverbruik van een volwassene van 70 kg per afgelegde meter gelijk aan $70 \cdot 3,3 = 231 \text{ J}$. Met 34 MJ kan dan een afstand afgelegd worden van:
 $34 \cdot 10^6 \text{ J} / 231 \text{ J} = 147 \text{ km} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ m}$.
b Een wat grotere auto kan met één liter benzine vaak niet veel meer afleggen dan 15 km . Conclusie: lopen is veel efficiënter (factor 10) dan autorijden.
- +8 **a** Aan de eenheden kun je zien wat het goede antwoord zou kunnen zijn. De eenheid van P_w is vermogen per kilogram, dus energie per tijd per kilogram: $\text{J s}^{-1} \text{ kg}^{-1}$. De eenheid van E_w is $\text{J m}^{-1} \text{ kg}^{-1}$. Als je E_w deelt door een tijd en vermenigvuldigt met een afstand, dan krijg je dezelfde eenheid als P_w . Delen door een tijd en vermenigvuldigen met afstand is gelijk aan vermenigvuldigen met een snelheid. Dit komt overeen met formule C.
b De snelheid in m s^{-1} bereken je door de snelheid in km h^{-1} te delen door 3,6. Vervolgens is $P_w = E_w \cdot v$.

$V (\text{km h}^{-1})$	$V (\text{m s}^{-1})$	$E_w (\text{J m}^{-1} \text{ kg}^{-1})$	$P_w (\text{W kg}^{-1})$
1,0	0,28	7,5	2,1
2,0	0,56	4,4	2,4
3,0	0,83	3,5	2,9
4,0	1,1	3,3	3,7
5,0	1,4	3,3	4,6
6,0	1,7	3,4	5,7
7,0	1,9	3,6	7,0
8,0	2,2	3,9	8,7
9,0	2,5	4,2	11

c Zie figuur 3.



▲ figuur 3

- d** De grafiek lijkt op een parabool, dus P_w lijkt als volgt af te hangen van v : $P_w = a \cdot v^2 + b \cdot v + c$. De parameters a , b en c kun je bepalen met behulp van een rekenbladprogramma of je grafische rekenmachine.
- 9 **a** Het getal van Froude wordt gegeven door de formule: $Fr = v^2 / (g \cdot l)$. De beenlengte kun je schatten uit afbeelding 8 in je leeropdrachtenboek op basis van het gegeven dat de lengte van Johan in de tekening ($8,5 \text{ cm}$) overeenkomt met $1,82 \text{ m}$ in het echt. De benen van Johan zijn in de tekening $4,0 \text{ cm}$ lang en dus in werkelijkheid: $(4,0 / 8,5) \cdot 1,82 = 0,86 \text{ m}$. Voor Erwin vind je dan: $(2,3 / 8,5) \cdot 1,82 = 0,49 \text{ m}$. Hun snelheid is $7,0 \text{ km h}^{-1} = 1,94 \text{ m s}^{-1}$. Invullen van de gegevens geeft: $Fr_{\text{Johan}} = (1,94)^2 / (9,81 \cdot 0,86) = 0,45$; $Fr_{\text{Erwin}} = (1,94)^2 / (9,81 \cdot 0,49) = 0,79$.
b Je moet oplossen voor welke snelheid $Fr_{\text{Erwin}} = 0,45$. Daaruit volgt: $v^2 / (9,81 \cdot 0,49) = 0,45$. Dus: $v = \sqrt{9,81 \cdot 0,49 \cdot 0,45} = 1,47 \text{ m s}^{-1} = 5,3 \text{ km h}^{-1}$.
- +10 **a** Gebruik de volgende zoektermen: 'moonwalk 1971 1972'. In veel filmpjes is te zien dat de astronauten langzaam lopen en huppende bewegingen maken. Ze zetten kort na elkaar hun benen af en maken dan een grotere sprong. Op andere filmpjes is meer een renbeweging te zien zoals je op aarde zou verwachten, alleen veel langzamer. Dat het om een renbeweging gaat, kun je zien aan het feit dat beide voeten tegelijkertijd van de grond komen.
b Voor het getal van Froude moet je een schatting maken van de bewegingssnelheid v en de lengte l van de benen. Voor een volwassene is $l = 0,85 \text{ m}$ een goede schatting (zie ook opgave 9a). Uit de filmpjes kun je inschatten dat $v = 0,5 \text{ m s}^{-1}$. Bedenk dat op de maan geldt: $g = 1,6 \text{ m s}^{-2}$. Invullen geeft: $Fr = v^2 / (g \cdot l) = 0,5^2 / (1,6 \cdot 0,85) = 0,2$.
c Voor $Fr = 0,2$ zou de beweging eerder op lopen dan op rennen moeten lijken. Met het getal van Froude is het dus blijkbaar niet mogelijk om de manier van voortbewegen van de astronauten te voorspellen.
d Een belangrijk verschil tussen de maan en de aarde is de valversnelling. Die is op de maan ruim zes keer kleiner. Dit zal een andere manier van lopen met zich meebrengen bij eenzelfde snelheid en beenlengte.
- 3 **Evenwicht: het zesde zintuig**
- 11 **a** Als je de zware koffer bijvoorbeeld in je linkerhand vasthoudt, dan zal je lichaam naar rechts gaan overhellen.
b Deze aanpassing is nodig om het zwaartepunt weer midden boven je steunvlak (het gebied tussen je voeten) te brengen. Dan ben je weer in evenwicht. Probeer maar eens rechtop te staan met een zware koffer in één hand. Je zwaartepunt ligt dan buiten het steunvlak en je valt om.
- 12 **a** Het zwaartepunt van een mens ligt hoger en het steunvlak van een hond is groter; de poten staan verder uit elkaar. Deze laatste factor hangt wel af van het soort hond.
b Een hond is het meest stabiel in de lengterichting.
c De poten staan in die richting het verst uit elkaar.
- 13 Bij versnellen zullen de statolieten door hun grotere traagheid 'achterblijven' ten opzichte van de rest van het evenwichtsorgaan. Omdat de statolieten vastzitten aan de gellaag, zullen deze vervormen en zullen de haarbundels een bepaalde kant opbuigen. Dit veroorzaakt het signaal waardoor de hersenen weten dat er een versnelde beweging wordt uitgevoerd.
- 14 **a** Omdat de haarbundels rechtop staan, kun je zien dat Rens met een constante snelheid beweegt.
b Als Rens het gaspedaal flink intrapt, zal zijn hoofd richting B versnellen. De statolieten zullen door hun traagheid wat achterblijven. De haarbundels zullen daardoor naar A bewegen.
c Volgens afbeelding 14 in je leeropdrachtenboek zal de actiepotentiaal dan meer negatief worden en dus hyperpolariseren.

- 15 a Zowel bij versnellen als bij het op je rug liggen bewegen de haarbundels in een bepaalde richting. Hoewel de oorzaak anders is, is het effect hetzelfde en zal het ook eenzelfde signaal geven aan de hersenen. De twee situaties zijn daardoor niet van elkaar te onderscheiden.
- b Je ogen kunnen zien in welke houding je lichaam zich bevindt. Je huid kan voelen dat er op andere plaatsen druk op je lichaam wordt uitgeoefend en zo dus waarnemen dat je ligt en niet bijvoorbeeld in een stoel zit van een auto die versnelt.
- 16 a De vloeistof in de cel is negatief geladen ten opzichte van de omringende vloeistof. Positieve ionen die zich in die omringende vloeistof bevinden, zullen door deze negatieve potentiaal in de cel worden aangetrokken en naar binnen stromen zodra dat mogelijk is.
- b Door de instroom van positieve ionen in de cel zal de vloeistof in de cel minder negatief worden. Het potentiaalverschil wordt dus kleiner (minder negatief).
- +17 a De derde wet van Newton zegt dat de reactiekracht gelijk in grootte en tegengesteld gericht is aan de actiekracht.
- b Het moment bereken je met: $M = F \cdot r$. Aangezien Anouk in evenwicht is, is het moment uitgeoefend door F_z gelijk aan, maar tegengesteld gericht aan het moment uitgeoefend door het moment uitgeoefend door de grondreactiekracht F_2 . De armen zijn echter verschillend. Noem de arm van de zwaartekracht r . De arm van de grondreactiekracht is dan $2 \cdot r$. Invullen geeft: $F_z \cdot r = F_2 \cdot 2 \cdot r$. Hieruit volgt: $F_2 = \frac{1}{2} \cdot F_z = 0,5 \cdot (60 \cdot 9,8) = 2,9 \cdot 10^2 \text{ N}$.
- c Als het zwaartepunt meer richting haar rechtervoet beweegt, dan wordt het moment van de zwaartekracht groter. Het moment van de grondreactiekracht op haar rechtervoet moet dan ook groter worden. Een kleine verstoring kan ervoor zorgen dat het zwaartepunt voorbij haar rechtervoet terechtkomt waardoor Anouk omvalt.
- d Door de correctie zal het aangrijpingspunt verder naar buiten (richting haar tenen) komen te liggen. Anouk staat dan stabiel, doordat de kans dan kleiner is dat haar zwaartepunt voorbij haar steunpunt komt. Je kunt ook zeggen: ze maakt dan haar steunvlak groter. Bovendien gaat haar zwaartepunt ook nog een beetje omlaag.
- +18 a Bij een versnelling van 1° s^{-2} zal het hoofd steeds sneller links-rechts draaien. Elke seconde neemt de draaisnelheid van het hoofd met één graad per seconde toe. Als je bijvoorbeeld 10 s lang je hoofd vanuit stilstand met deze versnelling draait, dan is de uiteindelijke draaisnelheid gelijk aan 10° s^{-1} .
- b Wanneer je bijvoorbeeld kijkt naar een fiets die links vanuit de verte komt aanrijden, zal je hoofd eerst een hoek maken van 90° naar links. Naarmate de fiets dichterbij komt, draai je je hoofd steeds sneller. Tot het punt dat de fietser voorbij fietst, draait je hoofd versneld.
- c Het gaat hierbij om een rotatie. Rotaties worden gemeten door de halfcirkelvormige kanalen.
- d Bij een versnelling van 5 cm s^{-2} versnelt (of vertraagt) het hoofd in een rechte lijn in een bepaalde richting.
- e Een versnelling van 5 cm s^{-2} komt overeen met een versnelling van $0,05 \text{ m s}^{-2}$. De valversnelling is gelijk aan $9,81 \text{ m s}^{-2}$, dus het gaat hier om een kleine versnelling. Wanneer je heel rustig van de bank opstaat, is je uiteindelijke (verticale) snelheid ongeveer $0,1 \text{ m s}^{-1}$. Als je dat eenparig versneld doet in twee seconden, dan komt dat overeen met een versnelling van $0,05 \text{ m s}^{-2}$.
- f Lineaire versnellingen worden waargenomen door de statolietorganen.

4 Moleculaire motoren

- 19 a Een E. colibacterie zwemt met een snelheid van ongeveer $50 \text{ mm s}^{-1} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ m s}^{-1} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$. Een mens zwemt dus 2000 keer zo snel. Veel sneller dus dan een E. colibacterie.
- b Ga voor het gemak uit van een lichaamslengte van 2 m voor een mens. Een mens zwemt dan 0,5 lichaamslengtes per seconde. Een E. colibacterie zwemt 25 keer zijn eigen lichaamslengte per seconde. Veel sneller dan een mens!
- c Als een mens ook 25 lichaamslengtes zou zwemmen, dan zou zijn snelheid $2 \cdot 25 = 50 \text{ m s}^{-1}$ zijn. Dat is 180 km h^{-1} .

- 20 a Kies bijvoorbeeld het rechte stuk dat van rechtsonder, links naar boven loopt. In de tekening (afbeelding 19 in je leeropdrachtenboek) is dit 3,5 cm lang. Je weet dat 4,5 cm overeenkomt met $50 \mu\text{m}$. Daaruit volgt dat de afgelegde afstand gelijk is aan: $(3,5 / 4,5) \cdot 50 \mu\text{m} = 39 \mu\text{m}$. Het lijnstuk bestaat uit 27 intervallen van elk 0,1 s lang, dus in totaal deed de bacterie hier 2,7 s over. De snelheid volgt uit: $v = s / t = 39 \mu\text{m} / 2,7 \text{ s} = 14 \mu\text{m s}^{-1}$.
- b Verplaatsing is het verschil in plaats tussen begin en eind. In de tekening is dat 2,3 cm. Dit komt overeen met $(2,3 / 4,5) \cdot 50 \mu\text{m} = 26 \mu\text{m}$.
- c De totale lengte van het pad is in de tekening ongeveer 35 cm. De stipjes staan even ver uit elkaar, dus de snelheid is constant. De bacterie deed over het stukje van opgave 20a 2,7 s en dat was 3,5 cm lang. Totaal zal de tijd dus ongeveer 27 s zijn.
- d De effectieve (of gemiddelde) snelheid is dan: $v_{\text{gem}} = 26 \mu\text{m} / 27 \text{ s} = 0,96 \mu\text{m s}^{-1}$.
- 21 a De lading van een proton is: $q_p = +e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. De totale lading die de cel binnenstroomt, is dan: $1200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,9 \cdot 10^{-16} \text{ C}$.
- b De lading berekend bij opgave 21a stroomt elke omwenteling naar binnen. Eén omwenteling duurt $1 / 100 = 0,0100 \text{ s}$. Dan volgt: $I = Q / t = 1,9 \cdot 10^{-16} / 0,0100 = 1,9 \cdot 10^{-14} \text{ A}$.
- c Het elektrisch vermogen wordt gegeven door: $P = U \cdot I = 150 \cdot 10^{-3} \cdot 1,9 \cdot 10^{-14} = 2,9 \cdot 10^{-15} \text{ W}$.
- 22 a Bekijk de berekening van opgave 21. Stel dat het toerental twee keer zo groot is, dan stroomt er twee keer zo veel lading per tijdseenheid binnen en is de stroom ook twee keer zo groot. De spanning (potentiaalverschil) blijft gelijk, dus het vermogen is dan ook twee keer zo groot. De berekening bij 21c geldt voor 100 Hz. Bij 50 Hz is het vermogen dus twee keer zo klein: $1,5 \cdot 10^{-15} \text{ W}$.
- b Bij 150 Hz is het vermogen 3/2 keer zo groot als berekend bij opgave 21c: $4,4 \cdot 10^{-15} \text{ W}$.
- 23 a De kraal doet over een omwenteling $1 \text{ s} / 100 = 0,0100 \text{ s}$. De kraal legt in deze tijd een afstand af van: $s = 2\pi \cdot r = 2\pi \cdot 800 \cdot 10^{-9} = 5,03 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. De snelheid is: $v = s / t = 5,03 \cdot 10^{-6} / 0,0100 = 5,03 \cdot 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$.
- b Gebruik de gegeven formule en vul daar de bij opgave 23a gevonden snelheid in: $F_w = -9,4 \cdot 10^{-9} \cdot 5,03 \cdot 10^{-4} = -4,7 \cdot 10^{-12} \text{ N}$.
- c Omdat de draaisnelheid constant is, moet de kracht in de bewegingsrichting (de voortstuwende kracht) gelijk zijn aan de wrijvingskracht (in de bewegingsrichting).
- 24 Rendement bereken je met: $\eta = (P_{\text{nuttig}} / P_{\text{in}}) \cdot 100\% = (2,7 / 3,1) \cdot 100\% = 87\%$.
- +25 a Er geldt: $W = F \cdot s$. Hierbij moet de kracht in de richting van de verplaatsing staan. Als de kracht steeds in de richting van de cirkelbeweging werkt, is s de omtrek van de cirkel en geldt: $W = F \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$.
- b De kracht die de zweepstaartmotor uitoefent, is gelijk aan de bij opgave 23b berekende wrijvingskracht: $F = 4,7 \cdot 10^{-12} \text{ N}$. De verrichte arbeid van één omwenteling is dan: $W = 4,7 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 800 \cdot 10^{-9} = 2,4 \cdot 10^{-17} \text{ J}$.
- c Per seconde draait de motor 100 keer rond (zie opgave 23). De arbeid is dan per seconde: $W = 2,4 \cdot 10^{-17} \cdot 100 = 2,4 \cdot 10^{-15} \text{ J}$.
- d Het vermogen is de geleverde arbeid per seconde, dus (zie opgave 25c): $P = 2,4 \cdot 10^{-15} \text{ W}$.

5 Nanowetenschap

- 26 a De bacteriën gebruiken zuurstof. Als er geen zuurstof zou worden aangevoerd, zou de concentratie zuurstof in de cel afnemen ten opzichte van de concentratie buiten de cel. Door diffusie kunnen zuurstofmoleculen echter de cel inkomen.
- b Diffusie verloopt vanzelf zolang de bewegingsrichting van hoge naar lage concentratie is.
- 27 a Een concentratieverschil zou door een porie-eiwit vanzelf worden opgeheven door diffusie. Om het concentratieverschil in stand te houden, moeten er actief (in dit geval) Na^+ -ionen naar buiten worden gewerkt.

b De concentratie Na^+ -ionen moet in de cel lager zijn dan daarbuiten. De natrium-kaliumpomp vervoert de Na^+ -ionen dus van binnen naar buiten.

c Als er drie positieve ladingen naar buiten bewegen en er komen twee positieve ladingen voor terug, dan gaat er netto één positieve lading naar buiten. De spanning over het celmembraan neemt daardoor toe: de buitenkant wordt meer positief geladen dan de binnenkant.

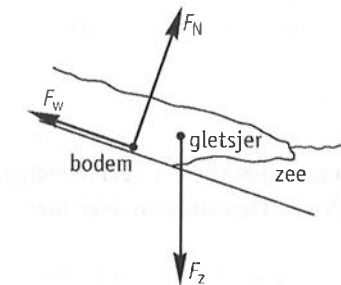
- 28 a De schaal geeft aan dat 11,5 mm overeenkomt met 25 ms. De lengte van elk van de drie metingen is 65 mm. De meting duurde dus $0,025 \cdot 65 / 11,5 = 0,14$ s.
 b De afkorting kPa staat voor kilopascal. De pascal is de gebruikelijke eenheid bij de grootte druk.
 c Hoe langer de porie openstaat, hoe groter de rekspanning. In de derde meting is de porie het langst open.
 d Meet de delen van de grafiek waarbij de porie open is. Bij de eerste meting is dat ongeveer 10 ms, bij de tweede meting 40 ms en bij de derde meting ongeveer 90 ms. Dat komt overeen met 6,9%, 28% en 62% van de tijd.
 e De stroom wordt negatief; dit geeft de richting van de ionenstroom aan.
 f Gebruik de schaal onder de metingen van afbeelding 29. De stroomsterkte is -6 pA als de porie geopend is.
 g Hoe groter de rekspanning is, hoe langer de poriën openstaan en hoe kleiner de spanning over het celmembraan wordt. Deze veranderde spanning is een maat voor de rekspanning.
- 29 a Een negatieve lading van links naar rechts heeft hetzelfde effect op de stroom als een positieve lading van rechts naar links. Netto stroomt er per seconde (van rechts naar links) een lading van:
 $e \cdot 2,1 \cdot 10^8 + 2e \cdot 4,2 \cdot 10^8 = 10,5 \cdot 10^8 \cdot e$. De stroomsterkte is dan:
 $I = Q / t = 10,5 \cdot 10^8 \cdot e / 1,0 = 10,5 \cdot 10^8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} / 1,0 = 17 \cdot 10^{-11} \text{ A} = 1,7 \cdot 10^2 \text{ pA}$.
 b De elektrische stroom heeft dezelfde richting als de positieve ladingdragers, dus de stroom gaat van rechts naar links.
- 30 a Aan het feit dat de ionenstroom kleiner wordt, kun je zien dat er een DNA-molecuul door de porie beweegt.
 b Aan de duur van de verlaagde ionenstroom kun je zien hoe lang het DNA-molecuul zich in de porie bevindt.
 c Zodra een verdikking van het DNA-molecuul door de porie beweegt, neemt de ionenstroom verder af. Hieraan kun je zien waar de eiwitten zich bevinden.
 d Wanneer een DNA-molecuul dubbelgeslagen door de porie beweegt, zal de ionenstroom veel kleiner zijn dan wanneer het er enkel doorheen gaat.
- 31 a Gebruik $F = C \cdot x$. Reken lengtes om naar μm . Invullen geeft: $F = 250 \text{ pN } \mu\text{m}^{-1} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \mu\text{m} = 25 \text{ pN}$.
 b Bij een kracht van 50 pN zal de afstand tot het brandpunt twee keer zo groot zijn als bij opgave 31a. Het verband is immers recht evenredig. Dus $x = 2 \cdot 100 \text{ nm} = 200 \text{ nm}$.
- +32 a De elektrische kracht en de veerkracht ten gevolge van het optisch pincet houden elkaar in evenwicht.
 b Gebruik $F = C \cdot x$ en gebruik voor de lengtes de eenheid μm : $F = 135 \text{ pN } \mu\text{m}^{-1} \cdot 64 \cdot 10^{-3} \mu\text{m} = 8,6 \text{ pN}$.
 c De elektrische kracht op het RNA-molecuul is even groot als de kracht van het optische pincet: 8,6 pN. De elektrische kracht is naar links gericht (tegengesteld aan de kracht van het optisch pincet).
 d Als de spanning kleiner wordt gemaakt, zal de elektrische kracht kleiner worden. Het RNA-molecuul zal minder ver door het membraan worden getrokken. Er ontstaat bij een kleinere waarde van x een evenwicht van krachten.
- 33 **eindopdracht – Wetenschapsjournalistiek**
 Ter beoordeling van de docent.

6 Geofysica: de natuurkunde van de vaste aarde

Praktijk Onderzoek aan een gletsjer

vragen

- 1 De meteorologische zomer loopt van 1 december tot 1 maart. De astronomische zomer loopt van 22 december tot 20 maart (in 2011–2012). Dus grofweg gaat het om de maanden december, januari, februari en maart.
- 2 a De zwaartekracht op de gletsjer zorgt ervoor dat deze richting zee beweegt.
 b De andere krachten die op de gletsjer werken, zijn de wrijvingskracht en de normaalkracht.
 c Zie figuur 1.



▲ figuur 1

- 3 a Het reliëf van de ondergrond en de steilheid van de helling waarop de gletsjer ligt, bepalen de grootte van de wrijvingskracht. De steilheid bepaalt ook hoe groot de component van de zwaartekracht langs de helling is.
 b Het reliëf is op Antarctica slecht bekend, omdat het continent bedekt is met ijs en sneeuw. De bodem is daardoor niet of nauwelijks toegankelijk.
- 4 Een boring is veel moeilijker en duurder dan andere methoden en geeft alleen de dikte op één bepaalde plaats.
- 5 Het terugstromende water is kouder, doordat het warmte afgeeft aan de koude gletsjer die daardoor smelt. De gletsjer koelt in feite het warme zeewater.
- 6 Door het sneller afsmelten van de gletsjer kunnen grote ijsschotsen in zee terechtkomen, die gevaarlijk zijn voor de scheepvaart.

onderzoeksopdrachten

- 7 a De gravimeter werkt door middel van een massa aan een veer. De uitwijking van de veer is een maat voor de kracht die op de massa werkt. De uitwijking van de veer kan echter ook veranderen door versnellingen. Als de veer verticaal is opgehangen en het vliegtuig waarin de gravimeter zich bevindt versnelt in horizontale richting, dan zal de massa die aan de veer hangt door traagheid wat achterblijven.