



Uitwerkingen basisboek

11.1 REKENVAARDIGHEDEN

1

$$\begin{aligned} \text{a} \quad & \frac{18}{120} + \frac{7}{30} + \frac{5}{10} = \frac{18}{120} + \frac{28}{120} + \frac{60}{120} = \frac{106}{120} \left(= \frac{53}{60} \right). \\ \text{b} \quad & \frac{4}{9} \times \frac{2}{7} \times \frac{3}{8} = \frac{4 \times 2 \times 3}{9 \times 7 \times 8} = \frac{8 \times 3}{9 \times 7 \times 8} = \frac{3}{3 \times 7} = \frac{1}{21}. \\ \text{c} \quad & \frac{4}{11} \div \frac{2}{15} = \frac{4}{11} \times \frac{15}{2} = \frac{4 \times 15}{11 \times 2} = \frac{2 \times 15}{11} = \frac{30}{11}. \end{aligned}$$

2

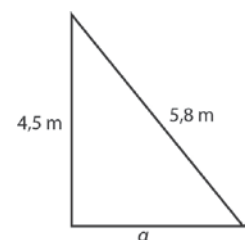
$$\begin{aligned} \text{a} \quad & 2\pi \sqrt{\frac{l}{9,81}} = 0,452 \rightarrow \left(2\pi \sqrt{\frac{l}{9,81}} \right)^2 = 0,452^2 \rightarrow 4 \times \pi^2 \times \frac{l}{9,81} = 0,452^2 \rightarrow l = \frac{0,452^2 \times 9,81}{4 \times \pi^2} = 0,0508. \\ \text{b} \quad & \frac{1}{2} \times 10,5 \times u^2 = 4,7 \rightarrow u^2 = \frac{2 \times 4,7}{10,5} \rightarrow u = \sqrt{\frac{2 \times 4,7}{10,5}} = 0,95. \\ \text{c} \quad & \frac{(3,156 \cdot 10^7)^2}{r^3} = \frac{4\pi}{6,67384 \cdot 10^{-06} \times 1,9884 \cdot 10^{30}} \rightarrow r^3 = \frac{(3,156 \cdot 10^7)^2 \times 6,67384 \cdot 10^{-06} \times 1,9884 \cdot 10^{30}}{4\pi} = 1,0518 \cdot 10^{39} \text{ (in} \\ & \text{rekenmachine laten staan!)} \rightarrow r = \sqrt[3]{1,0518 \cdot 10^{39}} = (1,0518 \cdot 10^{39})^{1/3} = 1,017 \cdot 10^{13}. \end{aligned}$$

3

- a De remkracht blijft gelijk en de beginsnelheid is $90/50 = 9/5^e$ x zo groot. De remweg is evenredig met v_{begin}^2 , dus is $s_{\text{rem}} = 13,8 \times \left(\frac{90}{50}\right)^2 = 45 \text{ m}$.
- b De beginsnelheid blijft gelijk en de remkracht wordt $6,5/8,4$ x zo groot. De remweg is omgekeerd evenredig met de remkracht, dus is $s_{\text{rem}} = 13,8 \times \frac{8,4}{6,5} = 18 \text{ m}$.

4

- a De omtrek is $2\pi \cdot r$ dus $2,07 = 2\pi \times r \rightarrow r = \frac{2,07}{2\pi} = 0,3295 \text{ m}$ (in rekenmachine laten staan!). De oppervlakte is $\pi \cdot r^2$ dus $A = \pi \cdot r^2 = \pi \times 0,3295^2 = 0,341 \text{ m}^2$.
- b Maak een tekening:
Pythagoras: $a^2 + 4,5^2 = 5,8^2 \rightarrow a = \sqrt{5,8^2 - 4,5^2} = 3,66 \text{ m}$.
De omtrek is $5,8 + 4,5 + 3,66 = 14,0 \text{ m}$.
De oppervlakte is $\frac{1}{2} \times 4,5 \times 3,66 = 8,2 \text{ m}^2$.
- c De straal van de bal is 14 cm .
Het volume van de bal is $\frac{4}{3}\pi \cdot r^3 = \frac{4}{3}\pi \times 14^3 = 1,1 \cdot 10^4 \text{ cm}^3 = 0,011 \text{ m}^3$.
De oppervlakte van de bal is $4\pi \cdot r^2 = 4\pi \times 14^2 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ cm}^2 = 0,25 \text{ m}^2$.
- d Het volume van een cilinder is $\pi \cdot r^2 \cdot h$ dus $340 \cdot 10^{-3} = \pi \times r^2 \times 1,20 \rightarrow$
 $r = \sqrt{\frac{340 \cdot 10^{-3}}{\pi \times 1,20}} = 0,300 \text{ m}$. De diameter is dus $60,0 \text{ cm}$.



Figuur 1

- 5 De springdrum wordt in de hand (op de foto ontbreekt helaas de hand) gehouden, dus de hoogte zal ongeveer 10 cm zijn. Op de foto is de golflengte ongeveer $2 \times$ zo groot als de springdrum. We schatten de golflengte dus op $2 \times 10 = 20 \text{ cm}$. De frequentie is dan $v = \lambda \cdot f \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2}{0,20} = 10 \text{ Hz}$. Dit wijkt erg veel af van de gegeven grondtoon van 300 Hz , dus de hypothese van Sandra is onjuist.



6

- a** Bewering 1: De relatieve toename van de slagfrequentie is $\frac{0,880-0,833}{0,833} = \frac{0,047}{0,833} = 0,056$ en de relatieve afname van de slaglengte is $\frac{2,50-2,40}{2,50} = \frac{0,10}{2,40} = 0,040$. Deze bewering is juist.
- Bewering 2: De snelheid van Joep is gelijk aan de slaglengte maal de slagfrequentie. De oorspronkelijke snelheid is dus $2,50 \times 0,833 = 2,083$ m/s en de snelheid waarop Joep wil gaan trainen is $2,40 \times 0,880 = 2,112$ m/s. De snelheid neemt toe dus deze bewering is ook juist.
- b** De snelheidstoename is $\frac{2,112-2,083}{2,083} \times 100\% = 1,4\%$

7

- a** Beide stralen zijn even groot, dus $S = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right) = (n - 1) \cdot \frac{2}{R}$. Het gaat om een waterlens, dus n is de brekingsindex van water $\rightarrow$ Binas tabel 18 $\rightarrow n = 1,330$ voor rood licht $\rightarrow 40 = (1,330 - 1) \times \frac{2}{R} \rightarrow R = \frac{(1,330-1) \times 2}{40} = 0,0165$ m = 1,7 cm.
- b** R_1 wordt een factor 2 kleiner: $R_1 = \frac{1}{2} \cdot R$ en R_2 wordt een factor 2 groter: $R_2 = 2 \cdot R$. Dit invullen in de formule voor de sterkte van de lens geeft:
- $$S = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{\frac{1}{2}R} + \frac{1}{2R}\right) = (n - 1) \cdot \left(\frac{2}{R} + \frac{1}{2R}\right) = (n - 1) \cdot \left(\frac{4}{2R} + \frac{1}{2R}\right) = (n - 1) \cdot \left(\frac{5}{2R}\right) = (n - 1) \cdot \left(\frac{2,5}{R}\right).$$
- $\frac{2,5}{R}$ is groter dan $\frac{2}{R}$ dus de sterkte van de lens wordt groter.

8

- a** $[v] = \left[\sqrt{\frac{F_s}{m_l}}\right] \rightarrow [v^2] = \left[\frac{F_s}{m_l}\right] \rightarrow \frac{m^2}{s^2} = \frac{N}{[m_l]} \rightarrow [m_l] = \frac{N \cdot s^2}{m^2} = \frac{\frac{kg \cdot m}{s^2} \cdot s^2}{m^2} = \frac{kg \cdot m}{m^2} = \frac{kg}{m}.$
- b** De frequentie moet $300/200 = 1,5$ x zo groot worden. Voor de golfsnelheid geldt: $v = \lambda \cdot f$, waarbij de golflengte λ hierbij constant blijft, dus moet de golfsnelheid v 1,5 x zo groot worden. Volgens de formule is de golfsnelheid evenredig met $\sqrt{F_s}$ dus zal de spankracht $1,5^2 = 2,25$ x zo groot moeten worden.

9 Oriëntatie:

De warmtedoorgangscoefficiënt μ wordt $3,5/1,2 = 2,9$ x zo klein, dus zal ook de warmtestroom P 2,9 x zo klein worden. Het jaarlijks gasverbruik V is recht evenredig met de warmtestroom, dus dit zal ook 2,9 x zo klein worden.

Uitwerking:

$$V_{\text{vacuumglas}} = \frac{V_{\text{dubbelglas}}}{2,9} = \frac{1,2 \cdot 10^3}{2,9} = 0,41 \cdot 10^3 \text{ m}^3. \text{ De besparing is dus } 1,2 \cdot 10^3 - 0,41 \cdot 10^3 = 0,79 \cdot 10^3 \text{ m}^3.$$

10

- a** De straal van het beeld van de Krabnevel is $\frac{1,57 \cdot 10^{-3}}{2} = 7,85 \cdot 10^{-4}$ m.
- De oppervlakte is dus $A = \pi \cdot r^2 = \pi \times (7,85 \cdot 10^{-4})^2 = 1,94 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$. De oppervlakte van één pixel is $5,48 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$, dus het aantal pixels met informatie over de krabnevel is $\frac{1,94 \cdot 10^{-6}}{5,48 \cdot 10^{-11}} = 3,53 \cdot 10^4$.
- b** De straal van de Krabnevel is ongeveer 5,5 lichtjaar. Dat is $5,5 \times 300\,000 \cdot 10^3 \times 365,25 \times 24 \times 3600 = 5,21 \cdot 10^{16}$ m. De diameter is in werkelijkheid dus $2 \times 5,21 \cdot 10^{16} = 1,04 \cdot 10^{17}$ m.
- Dat is $\frac{1,04 \cdot 10^{17}}{1,57 \cdot 10^{-3}} = 6,6 \cdot 10^{19}$ x zo groot.

- 11** Stel dat we x L van de eerste vloeistof voegen bij y liter van de tweede vloeistof. De totale hoeveelheid vloeistof is dan $x + y = 1,0$ L. Het alcoholpercentage van deze vloeistoffen samen is dan: $\frac{0,50 \times x + 0,12 \times y}{x + y} = 0,30 \rightarrow$
- $$0,50 \times x + 0,12 \times y = 0,30 \times (x + y). \text{ Nu moeten we de volgende 2 vergelijkingen oplossen:}$$
- $$x + y = 1,0$$

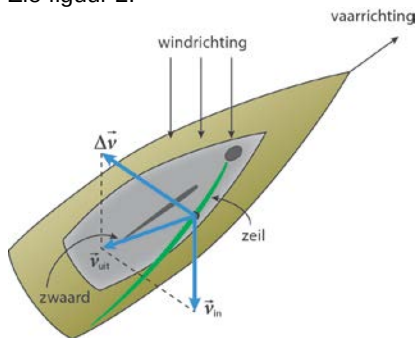


$0,50 \times x + 0,12 \times y = 0,30 \times (x + y)$. Vul $y = 1,0 - x$ in in de tweede vergelijking:
 $0,50 \times x + 0,12 \times (1,0 - x) = 0,30 \times (x + 1,0 - x) \rightarrow (0,50 - 0,12) \times x + 0,12 = 0,30 \rightarrow$
 $x = \frac{0,30 - 0,12}{0,38} = 0,474 \text{ L} = 474 \text{ mL}$ en $y = 1,0 - 0,474 = 0,526 \text{ L} = 526 \text{ mL}$.

- 12** Stel dat de lengte van de rechthoek x cm is en de breedte y cm. De oppervlakte is dan $x \cdot y$ en de omtrek $2 \cdot (x + y)$. De twee vergelijkingen zijn dus: $x \cdot y = 200$ en $2 \cdot (x + y) = 90$.
 Schrijf de tweede vergelijking als $y = 45 - x$ en vul dit in in de eerste vergelijking: $x \times (45 - x) = 200 \rightarrow 45x - x^2 = 200 \rightarrow x^2 - 45x + 200 = 0$. Dit is op te lossen met de abc-formule: $x = \frac{45 \pm \sqrt{45^2 - 4 \times 1 \times 200}}{2 \times 1} = \frac{45 \pm \sqrt{1225}}{2} = \frac{45 \pm 35}{2} \rightarrow x = 5$ of $x = 40$. Als $x = 5$ volgt dat $y = 45 - 5 = 40$ en als $x = 40$ volgt dat $y = 45 - 40 = 5$. De rechthoek is dus 5 bij 40 cm.

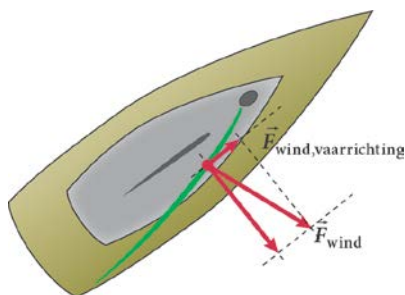
13

- a** $\vec{v}_{\text{uit}} = \vec{v}_{\text{in}} + \Delta \vec{v}$.
b Zie figuur 2.



Figuur 2

- c** Op het tekenblad is $\vec{F}_{\text{wind}}$ 2,5 cm lang. De schaal is dus $450 \text{ N} / 2,5 \text{ cm} = 180 \text{ N/cm}$. Ontbind de $\vec{F}_{\text{wind}}$ en bepaal de lengte van de krachtcomponent in vaarrichting:
 De krachtcomponent in vaarrichting is 1,0 cm, dus is de grootte van deze krachtcomponent $1,8 \cdot 10^2 \text{ N}$.



Figuur 3

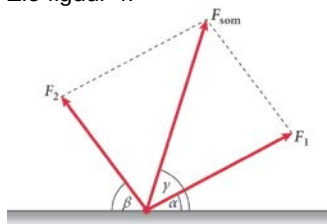
- d** Teken ook de krachtcomponent loodrecht op de vaarrichting, zie figuur 3. Deze is 2,3 cm, dus is de grootte van deze krachtcomponent: $2,3 \times 180 = 4,1 \cdot 10^2 \text{ N}$.

14

- a** F_1 is op het tekenblad 5,6 cm lang, dus $5,6 \times 25 = 1,4 \cdot 10^2 \text{ N}$ en
 F_2 is op het tekenblad 4,9 cm lang, dus $4,9 \times 25 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ N}$.
 Hoek α is 28° en hoek β is 53° .



b Zie figuur 4.



Figuur 4

c De somkracht F_{som} is 6,8 cm lang, dus $6,8 \times 25 = 1,7 \cdot 10^2$ N en de hoek γ is 73° .

d $F_{1,x} = F_1 \cdot \cos \alpha = 1,4 \cdot 10^2 \times \cos 28 = 1,2 \cdot 10^2$ N,

$$F_{1,y} = F_1 \cdot \sin \alpha = 1,4 \cdot 10^2 \times \sin 28 = 66 \text{ N},$$

$$F_{2,x} = F_2 \cdot \cos \alpha = 1,2 \cdot 10^2 \times \cos 53 = 72 \text{ N},$$

$$F_{2,y} = F_2 \cdot \sin \alpha = 1,2 \cdot 10^2 \times \sin 53 = 96 \text{ N}.$$

e $F_{\text{som},x} = F_{1,x} - F_{2,x} = 1,2 \cdot 10^2 - 72 = 48$ N,

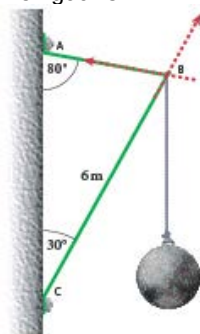
$$F_{\text{som},y} = F_{1,y} + F_{2,y} = 66 + 96 = 162 \text{ N}$$

f $F_{\text{som}} = \sqrt{F_{\text{som},x}^2 + F_{\text{som},y}^2} = \sqrt{48^2 + 162^2} = 169 \text{ N} = 1,7 \cdot 10^2$ N en de hoek is te bepalen met $\tan \gamma = \frac{F_{\text{som},y}}{F_{\text{som},x}} = \frac{162}{48} = 3,38 \rightarrow \gamma = \tan^{-1}(3,38) = 73^\circ$. De antwoorden van vraag c en e komen met elkaar overeen.

15

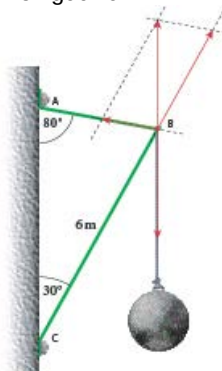
a Op het punt B werkt de zwaartekracht en de twee krachten die in de richting van de twee stangen werken. B oefent op zijn beurt op de onderste stang een duwkracht uit en op de bovenste stang een trekkkracht. Dat betekent dat de bovenste stang een trekkkracht op B uitoefent, terwijl de onderste een duwkracht uitoefent op B.

b Zie figuur 5.



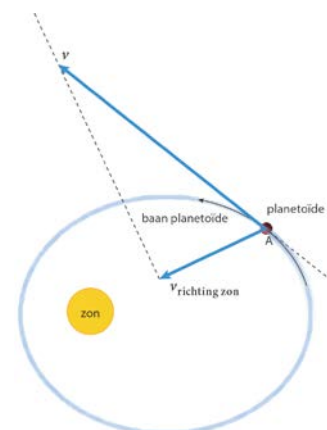
Figuur 5

c Zie figuur 6.



Figuur 6

Figuur 7



16 De richting van de snelheid van de planetoïde is langs de stippellijn. Deze snelheidsvector is ontbonden in de getekende component die in de richting van de zon wijst en in een component daar loodrecht op. Construeer een rechthoek



met $v_{\text{richting zon}}$ waarbij de stippellijn de diagonaal is. De diagonaal is de werkelijke snelheid van de planetoïde. Zie figuur 7.

De lengte van $v_{\text{richting zon}}$ is op het tekenblad 2,5 cm en de lengte van v is 5,5 cm, dus is de grootte van de snelheid van de planetoïde:

$$v = \frac{5,5}{2,5} \times v_{\text{richting zon}} = \frac{5,5}{2,5} \times 8,0 \cdot 10^3 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ m/s.}$$

17

- a Op $t = 60 \text{ s}$ is er $60 \times 3,6 \cdot 10^3 = 2,16 \cdot 10^5 \text{ kg}$ brandstof uitgestoten. De hoeveelheid brandstof die er nog in zit is dan $m(60) = m(0) - 2,16 \cdot 10^5 = 7,14 \cdot 10^5 - 2,16 \cdot 10^5 = 4,98 \cdot 10^5 \text{ kg}$.

$$v(60) = u \cdot \ln\left(\frac{m(0)}{m(60)}\right) - g \cdot 60 = 3,0 \cdot 10^3 \times \ln\left(\frac{7,14 \cdot 10^5}{4,98 \cdot 10^5}\right) - 9,81 \times 60 = 4,9 \cdot 10^2 \text{ m/s.}$$

Aflez in figuur 25 geeft inderdaad dat $v(60) = 4,9 \cdot 10^2 \text{ m/s}$.

- b $v(100) = u \cdot \ln\left(\frac{m(0)}{m(100)}\right) - g \cdot 100$ en aflez in figuur 25 geeft: $v(100) = 1,13 \cdot 10^3 \text{ m/s} \rightarrow$

$$u \cdot \ln\left(\frac{m(0)}{m(100)}\right) - g \cdot 100 = 1,13 \cdot 10^3 \rightarrow 3,0 \cdot 10^3 \times \ln\left(\frac{7,14 \cdot 10^5}{m(100)}\right) - 9,81 \times 100 = 1,13 \cdot 10^3 \rightarrow$$

$$\ln\left(\frac{7,14 \cdot 10^5}{m(100)}\right) = \frac{1,13 \cdot 10^3 + 9,81 \times 100}{3,0 \cdot 10^3} = 0,7037 \rightarrow \frac{7,14 \cdot 10^5}{m(100)} = e^{0,7037} = 2,021 \rightarrow m(100) = \frac{7,14 \cdot 10^5}{2,021} = 3,5 \cdot 10^5 \text{ kg.}$$

18

- a Het elektrisch vermogen is evenredig met de kinetische energie van de luchtdeeltjes en met hoeveel luchtdeeltjes er per seconde door de molen heen gaan. De kinetische energie van de luchtdeeltjes is evenredig met v^2 en de hoeveelheid luchtdeeltjes die per seconde door de windmolen heen gaan is evenredig met de windsnelheid v . Het vermogen is dus evenredig met $v^2 \cdot v = v^3$.
- b Als de snelheid halveert, wordt het vermogen $(0,5)^3 = 0,125 \times$ zo groot.
De afname is dan $\frac{P - 0,125 \times P}{P} \times 100\% = \frac{1 - 0,125}{1} \times 100\% = 87,5\%$.
- c Als de dichtheid van de lucht 2 x zo groot wordt, zullen er per seconde 2 x zoveel luchtdeeltjes door de windmolen gaan (deze luchtdeeltjes hebben een even grote kinetische energie). Het vermogen is dus evenredig met de dichtheid van de lucht.

19

- a In figuur 26 is af te lezen dat bij een hoogte van 10 km de dichtheid $0,40 \text{ kg/m}^3$ is. Dit gebruiken we in de gegeven formule: $\rho(h) = 1,22 \cdot e^{-\frac{h}{k}} \rightarrow 0,40 = 1,22 \times e^{-\frac{10 \cdot 10^3}{k}} \rightarrow e^{-\frac{10 \cdot 10^3}{k}} = \frac{0,40}{1,22} = 0,328 \rightarrow$

$$-\frac{10 \cdot 10^3}{k} = \ln(0,328) = -1,115 \rightarrow k = \frac{-10 \cdot 10^3}{-1,115} = 9,0 \cdot 10^3 \text{ m.}$$

- b De vraag is op welke hoogte geldt: $\rho(h) = \frac{1}{5} \cdot \rho(0) \rightarrow 1,22 \cdot e^{-\frac{h}{k}} = \frac{1}{5} \times 1,22 \cdot e^0 \rightarrow e^{-\frac{h}{k}} = 0,2 \rightarrow$
 $-\frac{h}{k} = \ln 0,2 = -1,609 \rightarrow h = -k \times (-1,609) = -9,0 \cdot 10^3 \times (-1,609) = 1,4 \cdot 10^4 \text{ m} = 14 \text{ km.}$

11.2 ONDERZOEKSVAAARDIGHEDEN

20

- a De formule ziet er dan uit als $y = \frac{a}{x^2}$.

- b Gravitatiekracht: $F_g = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$, intensiteit: $I = \frac{P_{\text{bron}}}{4\pi \cdot r^2}$,

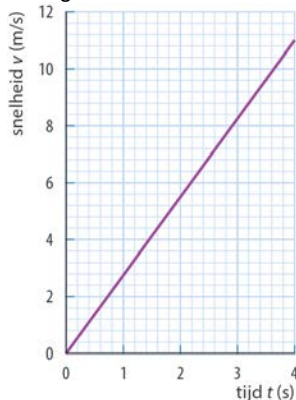
wet van Coulomb: $F_{\text{el}} = f \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}$, perkenwet van Kepler: $\omega \cdot r^2 = \text{constant}$.

- c Als de afstand tot de lichtbron 2 x zo groot wordt, wordt de oppervlakte waardoorheen de lichtstralen gaan 4 x zo groot, en dus verdeelt het licht zich over een 4 x zo groot oppervlak, de lichtsterkte wordt dan 4 x zo klein.



21

- a De vergelijking van een rechte lijn is: $s = a \cdot t + b$. Invullen van twee punten, bijvoorbeeld en (4,32) en (10,100) geeft: $32 = a \times 4 + b$ en $100 = a \times 10 + b$.
Oplossen: $b = 32 - 4a$ invullen $\rightarrow 100 = 10 \times a + 32 - 4 \times a \rightarrow 6 \times a = 68 \rightarrow a = 11$ en $b = -13$. De vergelijking is $s = 11 \times t - 13$.
- b Die snelheid is 11 m/s.
- c Zie figuur 8.



Figuur 8

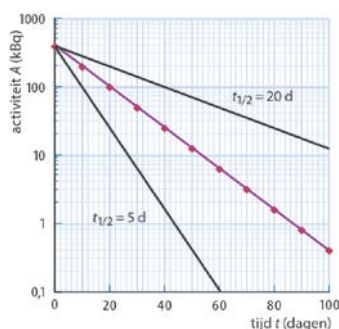
- d Na $t = 4,0$ s is de berekende verplaatsing uit het v, t -diagram $s = v_{\text{gem}} \cdot t = \frac{1}{2} \times 11 \times 4,0 = 22$ m terwijl uit het s, t -diagram afgelezen wordt dat de verplaatsing 32 m is op $t = 4,0$ s.

22

- a De grafiek is wel een dalende lijn maar als de temperatuur stijgt van 20°C naar 80°C , daalt de weerstand van $0,58 \Omega$ naar $0,08 \Omega$, dat is niet $4 \times$ zo klein.
- b Bekijk de drie meetpunten (20, 0,58), (40, 0,31) en (60, 0,16). Bij even grote stappen van 20°C naar rechts, halveert (groveweg) de weerstand steeds.
- c Per 100°C gaat R van 1,12 naar $0,04 \Omega$, dus $g^{10} = 0,04/1,12 = 0,0357$ en $g = 0,0357^{1/10} = 0,72$.
- d $R_{\text{NTC}} = b \cdot 0,7^{T/10}$ en voor $T = 0^\circ\text{C}$ is $R_{\text{NTC}} = 1,1 \text{ k}\Omega \rightarrow b = 1,1 \text{ k}\Omega$
 $R_{\text{NTC}} = 1,1 \cdot 0,7^{T/10}$, waarbij R_{NTC} in $\text{k}\Omega$ en T in graden Celsius.

23

- a De halveringstijd is de tijd waarop de activiteit gedaald is van 400 kBq naar 200 kBq , $t_{1/2} = 10$ dagen
- b Vanaf $t = 60$ dagen is niet goed meer af te lezen hoe de activiteit afneemt.
- c $A(0) = 400 \text{ kBq}$.
- d Na 10 dagen is de activiteit 200 kBq , na 20 dagen 100 kBq , na 30 dagen 50 kBq , etc. Dus de halveringstijd is 10 dagen.
- e Een exponentieel verband: $A = 400 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{t/10}$, waarbij A in kBq en t in dagen.
- f Zie figuur 9.



Figuur 9



- 24** De lijn van de open-open buis loopt door de punten (20, 840), (40, 420), (80, 210) en de gesloten-open buis door de punten (20, 420), (40, 210) en (80, 105).

Voor beide buizen geldt dat bij een verdubbeling van de lengte de frequentie halveert, dus hypothese 1 is juist. Verder is te zien dat de frequentie van de grondtoon bij de open-open buis telkens 2 x zo groot is als die bij de gesloten-open buis. De geluidssnelheid is in beide buizen gelijk en $v = \lambda \cdot f$, dus een 2 x zo grote frequentie betekent een 2 x zo kleine golflengte. De golflengte van de grondtoon van de open-open-open buis is dus steeds 2 x zo klein als bij een gesloten-open buis en daarmee is hypothese 2 onjuist.

25

- a** Als de elektronendichtheid 2 x zo groot is, is de botskans voor een foton 2 x zo groot en dus ook de kans op absorptie. Na de helft van de dikte zijn er dan dus 2 x zo veel botsingen geweest, dus is de halveringsdikte dan 2 x zo klein.
- b** De eenheid van ρ is kg/m^3 , Z heeft geen eenheid en de eenheid van m_{at} is kg, dus is de eenheid van n_e :

$$[n_e] = \left[\rho \cdot \frac{Z}{m_{\text{at}}} \right] = [\rho] \cdot \frac{[Z]}{[m_{\text{at}}]} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1}{\text{kg}} = \frac{1}{\text{m}^3} = \text{m}^{-3}.$$
- c** Uit Binas, tabel 28 F, blijkt dat als de energie van het foton toeneemt, de halveringsdikte voor de stof toeneemt. Uit formule 2 blijkt dat als de halveringsdikte toeneemt, de effectieve trefoppervlakte σ afneemt.

26

- a** Aflezen op $t = 0,36 \text{ s}$ geeft $F_w = 0,90 \text{ kN}$ en $v = 3,5 \text{ m/s}$.
 Aflezen op $t = 0,78 \text{ s}$ geeft $F_w = 0,40 \text{ kN}$ en $v = 2,3 \text{ m/s}$.
 Hiermee zijn twee vergelijkingen op te stellen: $0,90 = a \cdot 3,5^n$ en $0,40 = a \cdot 2,3^n$.

$$\frac{0,90}{0,40} = \left(\frac{3,5}{2,3} \right)^n \rightarrow 2,25 = 1,52^n \rightarrow n = \frac{\log 2,25}{\log 1,52} = 2. \text{ Dus } a = \frac{0,90}{3,5^2} = 0,073.$$
- b** $[F_w] = [a] \cdot [v^n] \rightarrow \text{N} = [a] \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \rightarrow \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = [a] \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \rightarrow$

$$[a] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{s}^2}{\text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m}}.$$

27

- a** De grootheden langs de assen van een grafiek zijn recht evenredig met elkaar als er door de metingen een rechte lijn getrokken kan worden én deze lijn ook door de oorsprong gaat. Dit is alleen het geval in figuur 49c. In deze figuur is er een recht evenredig verband tussen v en $\sqrt{f}$, dus hypothese 3 wordt ondersteund.
- b** De helling van de lijn in figuur 49c is $\frac{100}{34} = 2,9$, dus: $v = 2,9 \cdot \sqrt{f}$.

28

- a** Als de omlooptijd $\frac{1,98}{0,99} = 2$ x zo groot wordt, wordt de hoogte $\frac{1,00}{0,25} = 4$ x zo groot, en niet 2 x zo groot zoals bij een evenredig verband.
- b** De helling van de lijn in figuur 52 is $\frac{3,9}{1,0} = 3,9$, dus: $T^2 = 3,9 \cdot h \rightarrow T = \sqrt{3,9 \cdot h} \rightarrow T = 2,0 \cdot \sqrt{h}$. De eenheid van de constante 2,0 is $\text{s/m}^{1/2}$.

- 29** Op aarde geldt: $F_g = G \cdot \frac{m \cdot M}{R^2}$ waarbij $G \cdot \frac{M}{R^2} = g \rightarrow G \cdot M = g \cdot R^2$.

Op hoogte h boven het aardoppervlak geldt: $F_g = G \cdot \frac{m \cdot M}{(R+h)^2} = G \cdot M \cdot \frac{m}{(R+h)^2}$.

Invullen van $G \cdot M = g \cdot R^2$ geeft: $F_g = g \cdot R^2 \cdot \frac{m}{(R+h)^2} = m \cdot g \cdot \frac{R^2}{(R+h)^2}$.



30

- a Als de massa 2 x zo groot wordt dan wordt de remkracht ook 2 x zo groot. De vertraging $a = F_{\text{rem}}/m$ is dan gelijk.
- b De remvertraging is evenredig met de remkracht en de remkracht is evenredig met de maximale wrijvingscoëfficiënt, dus is a evenredig met f .
- c Bij remmen geldt: $F_{\text{net}} = F_{\text{rem}}$. Invullen van $F_{\text{net}} = m \cdot a$ en $F_{\text{rem}} = f \cdot F_n = f \cdot m \cdot g$ geeft: $m \cdot a = f \cdot m \cdot g \rightarrow a = f \cdot g$.
- d Bij het remmen wordt de kinetische energie omgezet in arbeid van de remkracht. Volgens Binas is $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ en is de arbeid $W = F_{\text{rem}} \cdot s$. De kinetische energie is dus evenredig met v^2 en de arbeid is evenredig met de remweg s_{rem} , dus is de remweg evenredig met v^2 .

31

- a B , U , en q .
- b Volgens de eerste formule geldt voor het versnellen dat $q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$. U en q zijn voor alle ionen gelijk, dus heeft de isotoop met de kleinste massa de grootste snelheid. Dat is lood-206.
- c Volgens de eerste formule geldt dat v^2 evenredig is met $1/m$, dus is v evenredig met $1/\sqrt{m}$. Volgens de tweede formule is de straal r evenredig met m en met v , dus is de straal evenredig met $\frac{m}{\sqrt{m}} = \sqrt{m}$. De isotoop met de grootste massa zal dus de grootste cirkelbaan beschrijven. Dat is lood-208.

32 $[v] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$ en $\left[\sqrt{\frac{F_s \cdot l}{m}} \right] = \sqrt{\frac{[F_s] \cdot [l]}{[m]}} = \sqrt{\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{kg}}} = \sqrt{\frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}}{\text{kg}}} = \sqrt{\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

33

- a Eerste stuit: $S = \sqrt{\frac{1,24}{2,00}} = 0,79$, tweede stuit: $S = \sqrt{\frac{0,80}{1,24}} = 0,80$, derde stuit: $S = \sqrt{\frac{0,49}{0,80}} = 0,78$.
- b Ja, de stuitfactor is minimaal 0,78 en maximaal 0,91.
- c De gemiddelde stuitfactor is 0,79, dus $\sqrt{\frac{h_s}{h}} = 0,79 \rightarrow h_s = 0,79^2 \cdot h$.
De hoogte na de n^{de} stuit is nu te berekenen met $h_s = (0,79^2)^n \cdot 2,0$.
Bereken de n waarvoor $h_s = 10$ cm:
 $(0,79^2)^n \times 2,0 = 0,10 \rightarrow (0,79^2)^n = 0,050 \rightarrow n = \frac{\log 0,050}{\log(0,79^2)} = 6,4$.
Dus na de zevende stuit is de stuiterhoogte van de bal kleiner dan 10 cm.
- d Bij het vallen vanaf een hoogte h tot aan de grond wordt zwaarte-energie omgezet in kinetische energie. Na de stuit wordt de kinetische energie van de bal weer omgezet in zwaarte-energie. We verwaarlozen de luchtweerstand en stellen dat de zwaarte-energie bij het begin van de val gelijk is aan de kinetische energie bij het neerkomen op de grond en evenzo bij het omhoog stuiten: $E_{k,s} = E_{z,s}$ en $E_k = E_z$.
De factor waarmee de bewegingsenergie afgenomen is dan gelijk aan de factor waarmee de zwaarte-energie is afgenomen: $\frac{E_{k,s}}{E_k} = \frac{E_{z,s}}{E_z} = \frac{m \cdot g \cdot h_s}{m \cdot g \cdot h} = \frac{h_s}{h}$. Dit is niet gelijk aan de stuitfactor.
Uit $E_k = E_z$ volgt dat $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ en ook $v_s = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_s}$.
De factor waarmee de snelheid is afgenomen is dan $\frac{v_s}{v} = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot h_s}}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h}} = \sqrt{\frac{h_s}{h}}$.
De tweede verklaring is juist.

34 Oriëntatie:

Als de druppel met constante snelheid valt geldt dat $F_z = F_{w,1}$, waarbij $F_z = m_{\text{druppel}} \cdot g$ en $m_{\text{druppel}} = \rho_w \cdot V$.
Het volume van de druppel is $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ en de frontale oppervlakte is $A = \pi \cdot r^2$.



Uitwerking:

Alles invullen in de evenwichtsvergelijking $F_z = F_{w,l}$ geeft:

$$m_{\text{druppel}} \cdot g = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho_\ell \cdot A \cdot v^2 \rightarrow \rho_w \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot g = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho_\ell \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^2 \rightarrow \rho_w \cdot \frac{4}{3} \cdot r \cdot g = \frac{1}{2} \cdot \rho_\ell \cdot v^2 \rightarrow v^2 = \frac{8 \cdot \rho_w \cdot g}{3 \cdot \rho_\ell \cdot c_w} \cdot r \text{ dus } k = \frac{8 \cdot \rho_w \cdot g}{3 \cdot \rho_\ell \cdot c_w}.$$

35

a $[F] = \text{N} = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ en $\left[\frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot v \right] = \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$.

b Gebruik in formule 1 dat $\Delta m = \rho \cdot \Delta V$, dit geeft: $F = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot v = \frac{\rho \cdot \Delta V}{\Delta t} \cdot v$.

Het volume dat per seconde (dus bij $\Delta t = 1$ s) wordt doorsneden is $A \cdot v$, dus $\frac{\Delta V}{\Delta t} = A \cdot v$. Dit invullen geeft

$$F = \rho \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} \cdot v = \rho \cdot A \cdot v \cdot v = \rho \cdot A \cdot v^2.$$

36

a Voor het vermogen geldt $P = F \cdot v$, dus het vermogen is evenredig met de kracht en de snelheid. De kracht is volgens $F_w = k \cdot v^2$ evenredig met v^2 , dus is het vermogen evenredig met v^3 .

b Invullen van $F_w = k \cdot v^2$ in $P = F_w \cdot v$ geeft $P = k \cdot v^3 \rightarrow k = \frac{P}{v^3} = \frac{20 \cdot 10^3}{\left(\frac{100}{3,6}\right)^3} = 0,93$.

37

a Voor de baan van de ISS geldt dat $F_g = F_{\text{mpz}}$. Invullen van $F_g = G \cdot \frac{m_{\text{ISS}} \cdot M_{\text{aarde}}}{r^2}$ en $F_{\text{mpz}} = \frac{m_{\text{ISS}} \cdot v^2}{r}$ geeft:

$$G \cdot \frac{m_{\text{ISS}} \cdot M_{\text{aarde}}}{r^2} = \frac{m_{\text{ISS}} \cdot v^2}{r} \rightarrow G \cdot \frac{M_{\text{aarde}}}{r} = v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M_{\text{aarde}}}{r}}.$$

b $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$, $M_{\text{aarde}} = 5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ en

$$r = R_{\text{aarde}} + 1730 \cdot 10^3 = 6,371 \cdot 10^6 + 1,730 \cdot 10^6 = 8,101 \cdot 10^6 \text{ m. Dit geeft: } v =$$

$$\sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{8,101 \cdot 10^6}} = 7014 \text{ m/s. De omlooptijd is te berekenen met } v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} \rightarrow$$

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 8,101 \cdot 10^6}{7014} = 7257 \text{ s} = \frac{7257}{3600} = 2,016 \text{ uur.}$$

11.3 DE AFGELEIDE GEBRUIKEN

38 [W] Harmonische trilling

39

a m (meter).

b De oppervlakte onder de grafiek in een v, t -diagram is de verplaatsing.

c m/s^2 .

d De helling van de raaklijn aan de grafiek in een v, t -diagram is de versnelling.

e De afgeleide van de snelheid $v(t)$ is de versnelling $a(t)$.

f De afgeleide van de oppervlaktefunctie $\frac{dopp(t)}{dt}$ die de oppervlakte onder het v, t -diagram beschrijft is gelijk aan de functie van de oorspronkelijke grafiek, dus aan $v(t)$.

40

a $\text{N} \cdot \text{m}$.

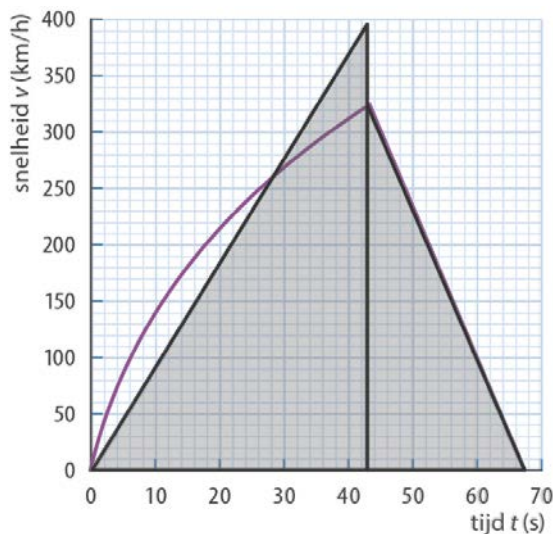
b De oppervlakte onder de grafiek in een F, x -diagram is de arbeid die de kracht verricht bij de verplaatsing x .



- c De afgeleide van de oppervlaktefunctie $\frac{dopp(x)}{dx}$ die de oppervlakte onder het F, x -diagram beschrijft is gelijk aan de functie van de oorspronkelijke grafiek, dus aan $F(x)$.

41

- a Na 4 s is de snelheid $80 \text{ km/h} = 22,2 \text{ m/s}$, dus is de versnelling $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{22,2}{4} = 5,6 \text{ m/s}^2$.
- b De verplaatsing tijdens de RTO is gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek. Benader de oppervlakte door de lijn te verdelen in 2 driehoeken: de eerste driehoek van (0,0) tot (43,400) en de tweede driehoek van (43,320) tot (68,0). Reken de snelheden om van km/h naar m/s.



Figuur 10

Oppervlakte van de eerste driehoek: $\frac{1}{2} \times 43 \times \frac{400}{3,6} = 2389 \text{ m}$ en de oppervlakte van de tweede driehoek: $\frac{1}{2} \times (68 - 43) \times \frac{320}{3,6} = 1111 \text{ m}$. De totale verplaatsing is $2389 + 1111 = 3500 \text{ m} = 3,5 \text{ km}$. Een startbaan met een lengte van $4,00 \text{ km}$ is dus lang genoeg voor deze test.

42

- a De massa m en de gravitatieversnelling g zijn constant.
- b De enige variabele in de formule is de hoogte h , dus is $E'_z(h) = \frac{dE_z}{dh}$.
- c $E'_z(h) = m \cdot g$.
- d $E'_z(h)$ is gelijk aan de zwaartekracht F_z .

43

- a De formule voor de gravitatie-energie is: $E_g = -G \cdot \frac{m \cdot M}{r}$.
- b Constant zijn de gravitatieconstante G , de massa van de aarde M en de massa van de satelliet m .
- c $E'_g(r) = \frac{dE_g}{dr} = -G \cdot (-1) \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} = G \frac{m \cdot M}{r^2} = F_g(r)$.
- d $E'_g(r) = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} = F_g(r)$.

44

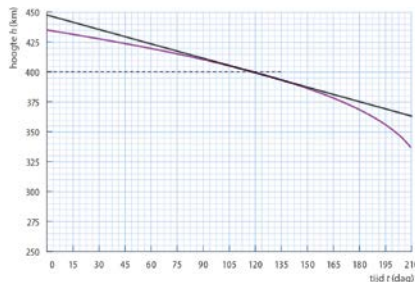
- a $F_v(u) = C \cdot u$ waarbij C de helling van de lijn in de grafiek is: $C = \frac{4,4}{0,35} = 12,6 \text{ N/m}$. Dus $F_v(u) = 13 \cdot u$.
- b Bij een uitrekking van 40 cm is de veerkracht $5,0 \text{ N}$.
De arbeid is $W = F_{v,\text{gem}} \cdot u = \frac{1}{2} \times 5,0 \times 0,40 = 1,0 \text{ J}$.



- c In dit voorbeeld is de oppervlakte onder de grafiek bij een bepaalde uitrekking u te berekenen met $\frac{1}{2} \cdot F_v \cdot u = \frac{1}{2} \times 12,6 \times u \times u = 6,3 \times u^2$.
- d $E'_v(u) = \frac{dE_v}{du} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot 2 \cdot u = C \cdot u = F_v(u)$.

45

- a Voor de cirkelbaan die de satelliet beschrijft geldt dat de middelpuntzoekende kracht F_{mpz} geleverd wordt door de gravitatiekracht F_g . Zoek op in Binas: $F_{\text{mpz}} = \frac{m \cdot v^2}{r}$ en $F_g = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$.
Dit levert: $\frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \rightarrow v^2 \cdot r = G \cdot M$.
De omlooptijd is te berekenen met behulp van de formule voor de baansnelheid uit Binas: $v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$.
Vul dit in: $\left(\frac{2\pi \cdot r}{T}\right)^2 \cdot r = G \cdot M \rightarrow \frac{4\pi^2 \cdot r^3}{T^2} = G \cdot M \rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^3}{G \cdot M} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M}}$.
- b Teken een raaklijn in het punt dat hoort bij een hoogte van 400 km:



Figuur 11

De helling van deze raaklijn is $\frac{(364-447) \text{ km}}{210 \text{ dag}} = -0,395 \frac{\text{km}}{\text{dag}}$.

Bij een hoogte van 400 km boven de aarde is de afstand van het middelpunt van de aarde tot de satelliet: $r = R_{\text{aarde}} + 400 \cdot 10^3 = 6,371 \cdot 10^6 = 6,771 \cdot 10^6 \text{ m}$

Zoek R_{aarde} , G en M_{aarde} op in Binas:

$R_{\text{aarde}} = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$, $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$ en $M_{\text{aarde}} = 5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

Dus $r = 6,371 \cdot 10^6 + 400 \cdot 10^3 = 6,771 \cdot 10^6 \text{ m}$.

Dit invullen in $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M}}$ geeft $T = 2\pi \sqrt{\frac{(6,771 \cdot 10^6)^3}{6,674 \cdot 10^{-11} \times 5,972 \cdot 10^{24}}} = 5554 \text{ s} = \frac{5554}{24 \times 3600} = 0,0643 \text{ dag}$.

Het hoogteverlies per omwenteling is dus $0,395 \frac{\text{km}}{\text{dag}} \times 0,0643 \frac{\text{dag}}{\text{omwenteling}} = 0,0254 \text{ km/omwenteling} = 25,4 \text{ m/omwenteling}$.

46

- a In de formule zijn $\ln(2)$ en $\frac{t_1}{2}$ constanten, dus is $A(t)$ evenredig met $N(t)$.
- b $A = -\frac{dN}{dt}$.
- c Als $A(t)$ evenredig is met $N(t)$ en $A = -\frac{dN(t)}{dt}$, dan betekent dit dat de afgeleide $N'(t)$ evenredig is met $N(t)$. Dit betekent dat de functie $N(t)$ een exponentiële functie moet zijn, want voor een exponentiële functie zoals $f(x) = b \cdot g^x$ geldt dat $f'(x) = b \cdot g^x \cdot \ln(g) = \ln(g) \cdot f(x)$.
Als $N(t)$ een exponentiële functie is en als $A(t)$ evenredig met $N(t)$ is, moet $A(t)$ ook een exponentiële functie zijn.

d $A(t) = -\frac{dN}{dt} = -N'(t) = -N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_1}} \cdot \ln\left(\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{1}{\frac{t_1}{2}} = \ln(2) \cdot \frac{1}{\frac{t_1}{2}} \cdot N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_1}} = \frac{\ln(2)}{\frac{t_1}{2}} \cdot N(t)$.

47



- a** Uit formule 1 blijkt dat $u \sim \alpha$. Uit formule 2 blijkt dat $F_{\text{res}} \sim \sin(\alpha)$ en omdat voor kleine hoeken geldt dat: $\sin(\alpha) = \alpha$ volgt dat $F_{\text{res}} \sim \alpha$. Dit betekent dat $F_{\text{res}} \sim u$.
- b** Formule 2 luidt: $F_{\text{res}} = -m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$. Met behulp van de tweede wet van Newton: $F_{\text{res}} = m \cdot a$ weten we dat F_{res} evenredig is met de massa en met de versnelling. Dat betekent dat de versnelling niet zal afhangen van de massa.
- c** $F_{\text{res}} = -m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$ combineren met $F_{\text{res}} = m \cdot a$ levert: $-m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = m \cdot a \rightarrow a = -g \cdot \sin(\alpha)$. Voor kleine hoeken geldt dat $\sin(\alpha) = \alpha$ en met behulp van formule 1 weten we dat $\alpha = \frac{u}{\ell} \rightarrow a = -g \cdot \frac{u}{\ell}$.
- d** $a(t) = v'(t)$ en $v(t) = u'(t)$ dus is $a(t) = u''(t)$, en uit vraag c weten we dat $a(t) = -g \cdot \frac{u(t)}{\ell}$ dus $u''(t) = -\frac{g}{\ell} \cdot u(t)$.
- e** Alleen bij een sinusfunctie (of cosinusfunctie) is de tweede afgeleide van de functie weer de oorspronkelijke functie, maar dan met een minteken, en dat is wat we zien bij $u''(t) = -\frac{g}{\ell} \cdot u(t)$.
- f** $u'(t) = A \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$.
- g** $u''(t) = -A \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot u(t)$ en bij **d** is afgeleid dat $u''(t) = -\frac{g}{\ell} \cdot u(t)$ dus $-\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = -\frac{g}{\ell} \rightarrow T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

48 [W] Model: Harmonische trilling

49 [W] Model: De start van een sprinter

50

- a** $A(0) = \lambda \cdot N(0) = 0,001 \times 2 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^3$ Bq.
- b** Als de helft van de kernen is vervallen, is de activiteit ook nog maar de helft, dus $1 \cdot 10^3$ Bq.
- c** In elke volgende seconde vervalt telkens $1/1000^{\text{ste}}$ deel van de aanwezige kernen en blijft er dus $999/1000^{\text{ste}}$ over. Het aantal kernen zal dus uiteindelijk wel steeds kleiner worden, maar nooit helemaal nul worden.
- d** Na elke seconde is nog 99,9% over van het aantal kernen. Je kunt het verloop van het aantal kernen dus schrijven als $N(t) = N(0) \cdot (0,999)^t$.
- e** De activiteit is de afname per seconde van het aantal actieve kernen, dus is de activiteit de afgeleide van het aantal actieve kernen (met een minteken). De afgeleide van een exponentiële functie is weer een exponentiële functie met hetzelfde grondtal, zodat de grafiek van $A(t)$ ook een exponentieel verband met hetzelfde grondtal is.

f $N\left(3 \cdot \frac{t_1}{2}\right) = N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3 \cdot t_1}{2}} = N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8} \cdot N(0)$.

- g** De activiteit is de afname per seconde van het aantal kernen, terwijl de afgeleide van $N(t)$ de toename per seconde van het aantal kernen betekent. Dus is $A(t) = -N'(t)$.

h $N'(t) = \frac{N(0)}{t_1} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_1}} \cdot \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\frac{\ln(2)}{t_1} \cdot N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_1}} = -\frac{\ln(2)}{t_1} \cdot N(t)$.

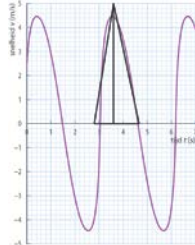
i $N'(t) = -\frac{\ln(2)}{t_1} \cdot N(t)$ en $N'(t) = -\lambda \cdot N(t) \rightarrow -\lambda = -\frac{\ln(2)}{t_1} \rightarrow \lambda \cdot t_1 = \ln(2)$.

51

- a** Als de snelheid nul is, bevindt Lisa zich in het hoogste of in het laagste punt. Het hoogteverschil is dus gelijk aan de oppervlakte onder de grafiek tussen twee nuldoorgangen. Deze oppervlakte kan benaderd worden met

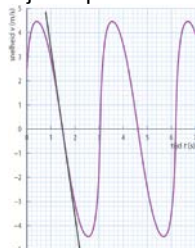


een driehoek of door hokjes tellen: $s = \frac{1}{2} \times 1,9 \times 5,0 = 4,8 \text{ m}$. Zie figuur 12.



Figuur 12

- b** Als de elastieken geen invloed meer uitoefenen op het hoogste punt, is de versnelling gelijk aan g ($= -9,8 \text{ m/s}^2$). Dit kunnen we controleren door in de grafiek de steilheid te meten op een dalend gedeelte, bij een punt dat door nul gaat. Zie figuur 13.



Figuur 13

$$a = \frac{(-5,0) - 5,0}{2,2 - 0,8} = -7,1 \text{ m/s}^2. \text{ Dit is absoluut gezien (7,1), kleiner dan de valversnelling (9,8), dus de}$$

elastieken trekken het meisje ook op het hoogste punt nog iets omhoog, zodat ze minder naar onder versnelt.

- c** De maximale snelheid blijft vrijwel constant, dus is de arbeid van de wrijvingskrachten verwaarloosbaar.
d De veerkracht is voortdurend positief, want ook in het hoogste punt oefenen de elastieken nog een kracht naar boven uit (zie ook het antwoord bij onderdeel **b**).
e De elastische koorden hangen niet verticaal en de trampoline wordt rond het laagste punt ingedrukt.

52

- a** $E_z = E_k \rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$.
- b** 1. Het volume I dat per seconde door de kraan loopt is $v \cdot A_{\text{kraan}}$.
 2. Bij een daling Δh van het water in Δt seconden, neemt het volume van het water in het vat af met $\Delta h \cdot A_{\text{vat}}$. In Δt seconden stroomt er $I \cdot \Delta t$ kubieke meter water uit het vat.
 Dus $\Delta h \cdot A_{\text{vat}} = I \cdot \Delta t \rightarrow \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{I}{A_{\text{vat}}} \rightarrow \frac{dh}{dt} = \frac{I}{A_{\text{vat}}}$.
- c** Lees af dat $h(0) = 1,6 \text{ m} \rightarrow 1,6 = a \cdot b^2$. De top van de parabool ligt op $t = 640 \text{ s}$ dus $h(640) = 0,0 \text{ m} \rightarrow 0,0 = a \cdot (b - 600)^2 \rightarrow b = 640$. Dit invullen in $1,6 = a \cdot b^2$ geeft $1,6 = a \cdot 640^2 \rightarrow a = 3,9 \cdot 10^{-6}$ en $b = 640$.
- d** Uit vergelijking 1 volgt dat $v \sim \sqrt{h}$ en uit vergelijking 2 volgt dat $I \sim v$ dus $I \sim \sqrt{h}$. Uit vergelijking 3 volgt dat $h' \sim (-I)$, dus is $h' \sim (-\sqrt{h}) \rightarrow h' = -c \cdot \sqrt{h}$.
- e** $h' = -\frac{I}{A_{\text{vat}}} = -\frac{v \cdot A_{\text{kraan}}}{A_{\text{vat}}} = -\frac{\sqrt{2gh} \cdot A_{\text{kraan}}}{A_{\text{vat}}} = -\sqrt{2g} \cdot \frac{A_{\text{kraan}}}{A_{\text{vat}}} \cdot \sqrt{h}$. Dus $c = \sqrt{2g} \cdot \frac{A_{\text{kraan}}}{A_{\text{vat}}}$.
- f** $h(t) = a \cdot (b - t)^2 \rightarrow h'(t) = -2a \cdot (b - t)$. Dit invullen in $h'(t) = -c \cdot \sqrt{h(t)}$ geeft:
 $-c \cdot \sqrt{a \cdot (b - t)^2} = -2a \cdot (b - t) \rightarrow c \cdot \sqrt{a} \cdot (b - t) = 2a \cdot (b - t)$. Deze vergelijking is oplosbaar, dus past een dalparabool bij deze grafiek (waarbij $c = 2\sqrt{a}$).

53 [W] Model: voor een slinger

54 [W] Model: voor een leeglopend vat