Als je een ander antwoord vindt, zijn er minstens twee mogelijkheden:
óf dit antwoord is fout, óf jouw antwoord is fout.
Als je er (vrijwel) zeker van bent dat een antwoord fout is, stuur dan een briefje naar www.stevin.info. Alvast bedankt.

Opgaven 6.1 – Zwaaien en dansen

1 a Aflezen in grafiek:
$2 \cdot T = 9{,}6 - 1{,}6 = 8{,}0 \text{ ms} \Rightarrow T = 4{,}0 \text{ ms}$
$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4{,}0 \cdot 10^{-3}} = 250 = 2{,}5 \cdot 10^2 \text{ Hz}$
4,0 ms
$2{,}5 \cdot 10^2$ Hz

b Aflezen in grafiek: $t = 3{,}0 \text{ ms} \Rightarrow u = 1{,}6 \text{ cm}$
1,6 cm

c De amplitude *A* is de maximale uitwijking.
Bij een ongedempte trilling is die constant. Volgens de grafiek is dat hier 2,0 cm.
2,0 cm

2 a De veer wordt uitgerekt door het gewicht van het blok:
$F_z = m \cdot g = 0{,}150 \cdot 9{,}81 = 1{,}471.. = 1{,}47 \text{ N}$
1,47 N

b Wet van Hooke:
$F = C \cdot u \Rightarrow C = \frac{F}{u} = \frac{1{,}471..}{0{,}120} = 12{,}26.. = 12{,}3 \text{ N/m}$
12,3 N/m

c $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}150}{12{,}26..}} = 0{,}6949.. = 0{,}695 \text{ s}$
0,695 s

d Deze theoretische waarde is 0,713 – 0,695 = 0,018 s kleiner dan de experimentele waarde.
$\frac{0{,}018}{0{,}713} = 0{,}0252.. = 0{,}025 = 2{,}5\%$ kleiner.
2,5%

3 a $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \Rightarrow 1{,}2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{15}} \Rightarrow \sqrt{\frac{m}{15}} = \frac{1{,}2}{2\pi}$
$\Rightarrow \frac{m}{15} = \left(\frac{1{,}2}{2\pi}\right)^2 \Rightarrow m = 15 \cdot \frac{1{,}2^2}{4\pi^2} = 0{,}547.. = 0{,}55 \text{ kg}$
0,55 kg

b *T* is recht evenredig met $\sqrt{m}$.
m wordt 4x zo groot → *T* wordt $\sqrt{4}$ = 2x zo groot, dus *T* wordt 2·1,2 = 2,4 s
2,4 s

4 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \Rightarrow \sqrt{\frac{m}{C}} = \frac{T}{2\pi} \Rightarrow \frac{m}{C} = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \Rightarrow m = C \cdot \frac{T^2}{4\pi^2}$

a $m_{\text{stoel}} = 800 \cdot \frac{1^2}{4\pi^2} = 20{,}2.. = 20 \text{ kg}$
20 kg

b $m_{\text{stoel+astronaute}} = 800 \cdot \frac{2^2}{4\pi^2} = 81{,}0.. \text{ kg}$
$\Rightarrow m_{\text{astronaute}} = 81{,}0.. - 20{,}2.. = 60{,}7.. = 61 \text{ kg}$
61 kg

5 a $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{9{,}81}} \Rightarrow 8{,}3 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{9{,}81}} \Rightarrow \sqrt{\frac{\ell}{9{,}81}} = \frac{8{,}3}{2\pi}$
$\Rightarrow \frac{\ell}{9{,}81} = \left(\frac{8{,}3}{2\pi}\right)^2 \Rightarrow \ell = 9{,}81 \cdot \frac{8{,}3^2}{4\pi^2} = 17{,}1.. = 17 \text{ m}$
17 m

b $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \Rightarrow 8{,}3 = 2\pi\sqrt{\frac{2500}{C}} \Rightarrow \sqrt{\frac{2500}{C}} = \frac{8{,}3}{2\pi}$
$\Rightarrow \frac{2500}{C} = \left(\frac{8{,}3}{2\pi}\right)^2 \Rightarrow C = \frac{2500}{8{,}3^2 / 4\pi^2} = \frac{2500 \cdot 4\pi^2}{8{,}3^2} = 1432{,}.. = 1{,}4 \cdot 10^3 \text{ N/m}$
$1{,}4 \cdot 10^3$ N/m

6

voor de slinger: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = \frac{2\pi}{\sqrt{9,81}} \cdot \sqrt{\ell} = \frac{6,283}{3,132}\sqrt{\ell} = 2,0\sqrt{\ell}$

voor de staaf: $T = 2\pi\sqrt{\frac{2\ell}{3g}} = \frac{2\pi}{\sqrt{9,81}} \cdot \sqrt{0,666..} \cdot \sqrt{\ell} = \frac{6,283}{3,132} \cdot 0,816..\sqrt{\ell} = 1,6\sqrt{\ell}$

voor de slinger: $T = 5,23\sqrt{\frac{\ell}{g}} = \frac{5,23}{\sqrt{9,81}} \cdot \sqrt{\ell} = 1,7\sqrt{\ell}$

2,0
1,6
1,7

7 a

$C = \frac{F_z}{u} = \frac{m \cdot g}{u} = \frac{0,300 \cdot 9,81}{0,049} = 60,0.. = 60 \text{ N/m}$ — 60 N/m

b

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{0,300}{60,0..}} = 0,444.. = 0,44 \text{ s}$ — 0,44 s

c

Met de experimentele trillingstijd kun je de massa berekenen

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \Rightarrow 0,50 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{60,0..}} \Rightarrow \sqrt{\frac{m}{60,0..}} = \frac{0,50}{2\pi}$

$\Rightarrow \frac{m}{60,0..} = \left(\frac{0,50}{2\pi}\right)^2 \Rightarrow m = 60,0.. \cdot \frac{0,50^2}{4\pi^2} = 0,380.. \text{ kg}$

Deze massa is $m = m_{\text{vis}} + \frac{1}{3}m_{\text{veer}}$

$\Rightarrow 0,3803.. = 0,300 + \frac{1}{3}m_{\text{veer}}$

$\Rightarrow m_{\text{veer}} = 3 \cdot 0,0803.. = 0,2410.. = 0,241 \text{ kg}$ — 0,241 kg

8 a

$v_{\text{max}} = \frac{2\pi \cdot A}{T} = 2\pi \cdot A \cdot f = 2\pi \cdot 0,120 \cdot 1,4 = 1,05.. \text{ m/s}$

$E_{\text{k,max}} = \frac{1}{2}m \cdot v_{\text{max}}{}^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,100 \cdot 1,05..^2 = 0,0557.. = 56 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ — 56 mJ

b

$E_{\text{k,max}} = E_{\text{v,max}} = \frac{1}{2}C \cdot A^2$

$\Rightarrow 0,0557.. = \frac{1}{2}C \cdot 0,120^2 = 0,0072 \cdot C \Rightarrow C = 7,73.. = 7,7 \text{ N/m}$ — 7,7 N/m

c1

$E_v = \frac{1}{2}C \cdot u^2 = \frac{1}{2} \cdot 7,73.. \cdot 0,040^2 = 0,00619.. = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ — 6,2 mJ

c2

$E_{\text{k}} = E_{\text{totaal}} - E_{\text{v}} = 0,0557.. - 0,00619.. = 0,0495.. = 50 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ — 50 mJ

c3

$E_k = \frac{1}{2}m \cdot v^2 \Rightarrow 0,0495.. = \frac{1}{2} \cdot 0,100 \cdot v^2$

$\Rightarrow v^2 = 0,990.. \Rightarrow v = 0,995.. = 1,0 \text{ m/s}$ — 1,0 m/s

9 a

Het middelste belletje. Daarvan is de slingerlengte, dus de eigenfrequentie, even groot als die van de bol links. — _

b

Er is resonantie als $T_{\text{slinger}} = T_{\text{veer}}$, dus als

$2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \Rightarrow \frac{\ell}{g} = \frac{m}{C}$

$\Rightarrow \frac{\ell}{9,81} = \frac{0,200}{7,0} \Rightarrow \ell = 0,280.. = 0,28 \text{ m}$ — 28 cm

Opgaven 6.2 – De *u(t)*- grafiek van de harmonische trilling

10 ***a***

$$\alpha = \frac{360 \cdot t}{T} = \frac{360 \cdot 1{,}20}{3{,}45} = 125{,}2.. = 125°$$

125°

b

$u = A \cdot \sin \alpha = 12{,}0 \cdot \sin(125{,}2..) = 9{,}803.. = 9{,}80$ cm

9,80 cm

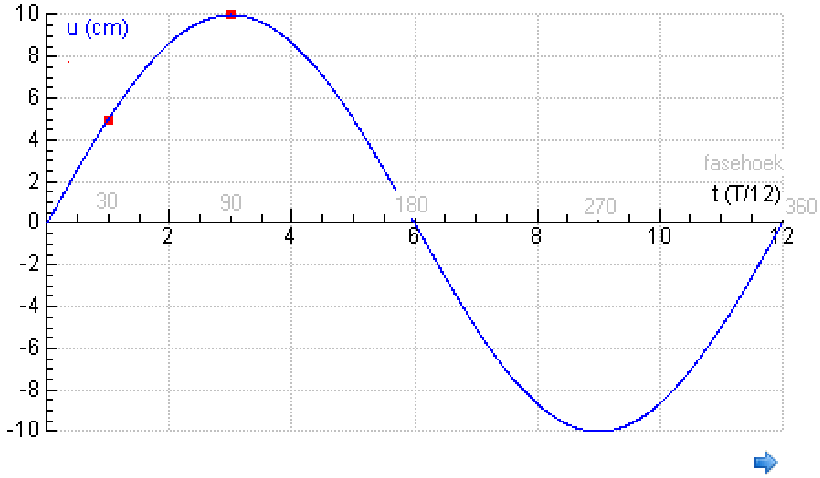
N.B. u>0 en v>0 geldt in het eerste kwart van de beweging, dus
$0 < \alpha < 90°$ en $t < \frac{1}{4}T = \frac{1}{4} \cdot 3{,}45 = 0{,}8625$ s

11 ***a***

u(t) is sinusvormig: de uitwijking van de evenwichtstand naar ½*A* duurt korter dan van ½*A* naar *A*. Een kwart trilling duurt dus korter dan 2 x 2,0 = 4,0 s, dus *T*<16 s

–

b



12 s

$u = A \cdot \sin \alpha$

$5{,}0 = 10{,}0 \cdot \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{5{,}0}{10{,}0} = 0{,}50..$

$\Rightarrow \alpha = \sin^{-1}(0{,}50..) = 30° = \frac{1}{12} \cdot 360°$

Bij het eerste rode punt hoort dus $\alpha = 30°$ en $t = \frac{1}{12}T$ en bij het tweede hoort

$\alpha = 90°$ en $t = \frac{1}{4}T$

Dus is de verandering in 2,0 s

$$\left.\begin{array}{l} u = \frac{1}{2}A \text{ na } \frac{1}{12}T \\ u = A \text{ na } \frac{1}{4}T \end{array}\right\} \Rightarrow 2{,}0 = \frac{1}{4}T - \frac{1}{12}T = \left(\frac{3}{12} - \frac{1}{12}\right) \cdot T = \frac{2}{12}T = \frac{1}{6}T$$

$\Rightarrow T = 6 \cdot 2{,}0 = 12$ s

c

$t(\text{top}) = \frac{1}{4}T = 3{,}0 \text{ s} \Rightarrow t = 3{,}0 + 5{,}0 = 8{,}0$ s

$$\Rightarrow \alpha = \frac{360 \cdot t}{T} = \frac{360 \cdot 8{,}0}{12} = 240°$$

$\Rightarrow u = 10{,}0 \cdot \sin 240 = -8{,}66.. = -8{,}7$ cm

-8,7 cm

12

$$v_{max} = \frac{2\pi \cdot A}{T} = 2\pi \cdot f \cdot A$$

$v_{max} = 2\pi \cdot 1{,}5 \cdot 10^{13} \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-12} = 113{,}.. = 1{,}1 \cdot 10^{2}$ m/s

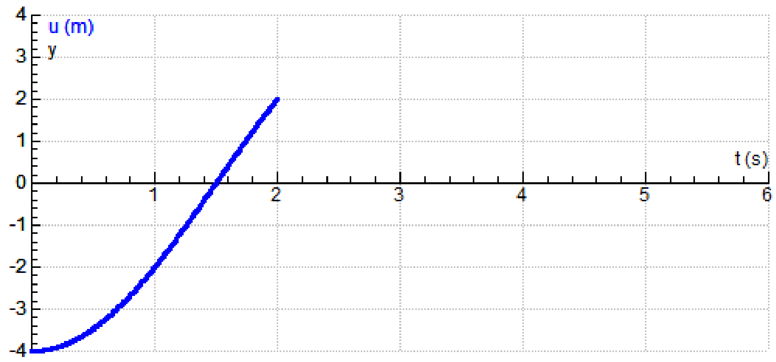
$1{,}1 \cdot 10^{2}$ m/s

13 ***a***

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{9{,}00}{9{,}81}} = 6{,}018.. = 6{,}02 \text{ s}$$

6,02 s

b



De grafiek is gemaakt met dit model:
t := t + dt
u = -4*cos(2*pi*t/6) 'voor de perriode is 6 s genomen
als t >2 dan stop eindals

c *Eerste manier*:
Uit de grafiek volgt dat de fles het schip raakt op t = 2 s (= T/3)

Tweede manier:
Voorbij de evenwichtstand gaat de fles door tot $u = \frac{1}{2}A$. — 2,01 s
Dat duurt nog $\frac{1}{12}T$.
Dus $t = \frac{1}{4}T + \frac{1}{12}T = (\frac{3}{12} + \frac{1}{12})\cdot T = \frac{4}{12}T$
$\Rightarrow t = \frac{4}{12}\cdot 6{,}018.. = 2{,}006.. = 2{,}01\text{ s}$

d [1] $\phi(0) = -\frac{1}{4}$ of $\phi(0) = \frac{3}{4}$
want een kwart periode na het loslaten gaat de fles door de evenwichtstand met $v > 0$; je mist ¾ sinus links van de oorsprong. — 3/4

d [2] Tussen het loslaten en de klap is de faseverandering
$\Delta\phi = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} = \frac{4}{12}$
$\Rightarrow \phi = \frac{3}{4} + \frac{4}{12} = \frac{9}{12} + \frac{4}{12} = \frac{13}{12}$ — 13/12
Je mag ook 1/12 als antwoord geven, want 1/12 na passeren van de evenwichtsstand.

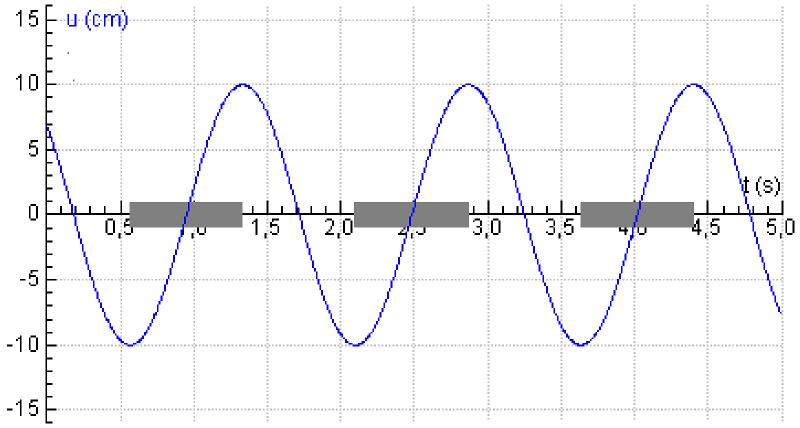
14 ***a*** $\phi(0) = \frac{1}{4} = 0{,}25$ — 0,25
want de bol begint in de eerste uiterste stand na het gebruikelijke beginpunt.

b Na 1,5·T
want na 0,5·T is de bol voor de eerste keer in het laagste punt. Na nog een periode is hij daar opnieuw. — 1,5

c $\phi = 0{,}25 + 1{,}5 = 1{,}75 \Rightarrow \phi^* = 0{,}75$ — 0,75
Vanaf het gebruikelijke beginpunt heeft de bol driekwart van zijn trilling voltooid.

15 ***a*** $0{,}25 < \phi(0) < 0{,}5$
want gerekend vanaf het gebruikelijke beginpunt (u = 0, v > 0) is het gewicht bezig aan het tweede kwart van zijn beweging. — –

b Het gewicht beweegt naar rechts betekent: $v > 0$.



16 ***a*** Uif de figuur blijkt

$5 \cdot T = 9{,}2 - 1{,}0 = 8{,}2$ ms

$\Rightarrow T = \frac{1}{5} \cdot 8{,}0 = 1{,}64$ ms

1,64 ms

b $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{1{,}64 \cdot 10^{-3}} = 609{,}7.. = 6{,}10 \cdot 10^{2}$ Hz

$6{,}10 \cdot 10^{2}$ Hz

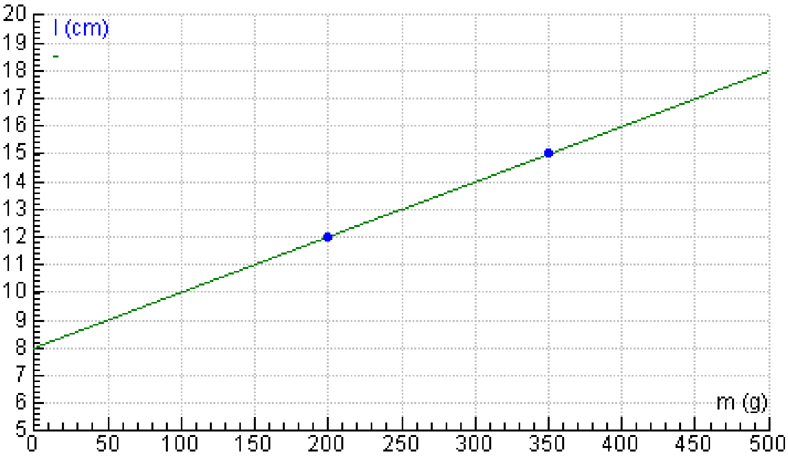
Opgaven hoofdstuk 6

17 - Bij de walvis kun je maar twee periodes aflezen, bij de mens negen:

$2T_{\text{walvis}}$ = 6,0 s ⇒ 20 slagen per minuut — 20

$9T_{\text{mens}}$ = 6,6 s ⇒ 82 slagen per minuut — 82

18 Je kunt voor ***a*** en ***b*** gebruik maken van een grafiek, maar het hoeft niet.



ℓ (cm)	*m* (g)	*u* (cm)	Δ*m* (g)
12	200	0	0
15	350	3	150
		1	50
17	? → 200 + 250	5	? → 250
? → 12 + 6	500	? → 6	300

a $u = \Delta\ell$ = 15 – 12 = 3 cm bij Δm = 350 – 200 = 150 g
dus u = 1 cm bij Δm = 50 g
Dan is $u = \Delta l$ = 17 – 12 = 5 cm bij Δm = 5 x 50 = 250 g
en m = 200 + 250 = 450 g — 450 g

b Bij Δm = 500 – 200 = 300 g (= 6 x 50 g) hoort $\Delta\ell$ = 6 cm
dus ℓ = 12 + 6 = 18 cm — 18 cm

c

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \sim \sqrt{m} \Rightarrow T_1 : T_4 = \sqrt{200} : \sqrt{500} = 1 : 1{,}58..$$

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f_1 : f_4 = 1{,}58.. : 1 = 1{,}6 : 1$$

1,6 : 1

19

$$\left.\begin{array}{l} T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{C}} \sim \sqrt{m} \\ m_{\text{bol}} = \rho \cdot V_{\text{bol}} \Rightarrow m \sim \rho \end{array}\right\} T \sim \sqrt{\rho}$$

$$\Rightarrow \frac{T_{\text{aluminium}}}{T_{\text{lood}}} = \frac{\sqrt{\rho_{\text{aluminium}}}}{\sqrt{\rho_{\text{lood}}}} = \frac{\sqrt{2{,}70 \cdot 10^3}}{\sqrt{11{,}3 \cdot 10^3}} = \frac{1}{2{,}045..} = \frac{1}{2{,}05}$$

1 : 2,05

20 ***a***

$$v_{\text{max}} = \frac{2\pi A}{T} \sim A$$

A is is 5/2 = 2,5 x kleiner geworden, dus ook v_{max}= 2,5 x kleiner geworden. — 2,5

b $E_{\text{k,max}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{max}}{}^2 \sim v_{\text{max}}{}^2$ $E_{\text{k,max}}$ is $2{,}5^2$ = 6,25 x kleiner geworden.

Er is weggelekt $(1 - \frac{1}{6{,}25}) \cdot E_{\text{k,max}} = 0{,}84 \cdot E_{\text{k,max}} \rightarrow 84\%$ — 84%

21 Blijkbaar geldt voor de eigentrilling T = 1/f = $2 \cdot 10^{-14}$ s

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-14} = 2\pi\sqrt{\frac{3,4 \cdot 10^{-26}}{C}} = \frac{1,15.. \cdot 10^{-12}}{\sqrt{C}}$$

$$\Rightarrow \sqrt{C} = \frac{1,15.. \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 10^{-14}} = 57,9.. \Rightarrow C = (57,9..)^2 = 3355,.. = 3,4 \cdot 10^3 \text{ N/m}$$

$3,4 \cdot 10^3$ N/m

22 Door de resonantie maakt de klankkast de amplitude van de geluidstrilling groter: het geluid klinkt luider.
Maar de klankkast maakt niet de geluidsenergie groter. De energie van een stemvork is eerder ‘op’ als hij op een klankkast staat.

–

23 De eigen trillingstijd van de auto is

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{980}{1,3 \cdot 10^5}} = 0,545.. \text{ s}$$

Er ontstaat resonantie als de auto juist met die tussenpozen een ribbel raakt:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{11}{0,545..} = 20,1.. = 20 \text{ m/s } (= 72,5.. = 73 \text{ km/h})$$

(Ook bij de helft van deze snelheid kan resonantie ontstaan. Maar niet bij de dubbele snelheid.)

73 km/h

24 ***a*** De auto zakt in door het gewicht van de passagiers.

$$F = C \cdot u$$

$$\Rightarrow 250 \cdot 9,81 = 5,0 \cdot 10^4 \cdot u \Rightarrow u = 0,0490.. = 0,049 \text{ m}$$

4,9 cm

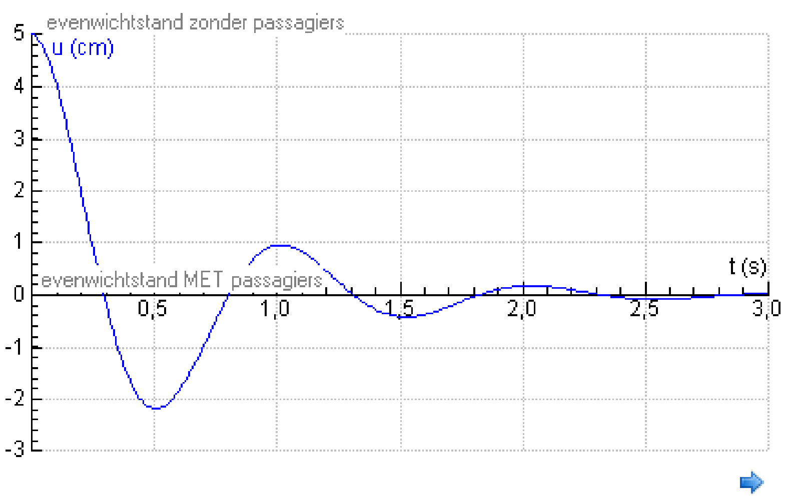
b De gehele massa, auto én passagiers, trilt.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{1250}{5,0 \cdot 10^4}} = 0,993.. = 0,99 \text{ s}$$

0,99 s

c De grafiek is met dit model gemaakt. De startwaarden voor *C*, *m*, *x* en *u* komen uit de opgave; *x* in m is daarna omgerekend naar *u* in cm.
k is proefondervindelijk bepaald.

MODEL	STARTWAARDEN
t := t + dt	t = 0 dt = 0,01
a = (-C*x - k*v)/m v := v + a*dt x := x + v*d t	C = 50000 x = 0,05 k = 4000 v = 0 m = 1250
u = 100*x	u = 100*x



25 ***a*** Een trilling is harmonische als de wet van Hooke geldt.

–

b $C = \dfrac{0{,}033}{0{,}055} = 0{,}60\ \text{N/m}$

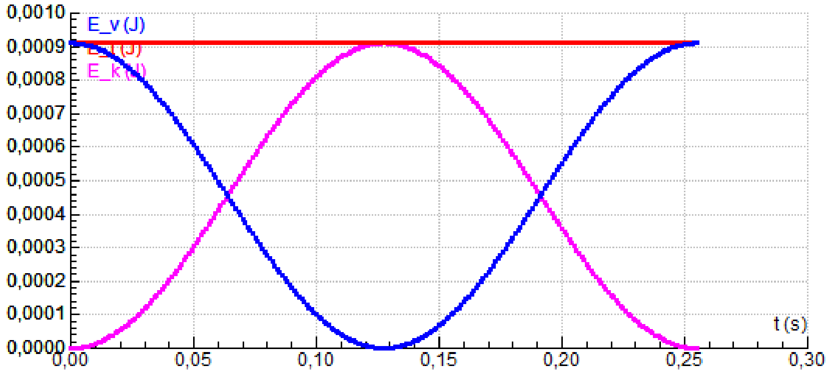
$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{4\cdot 10^{-3}}{0{,}60}} = 0{,}51\ \text{s}$

0,60 N/m
0,51 s

c $E_{v,max} = ½CA^2 = ½\cdot 0{,}60\cdot 0{,}055^2 = 9{,}1\cdot 10^{-4}$ J

d $E_v = ½Cu^2$ met $u = -A\cdot\cos(2\pi t/T)$

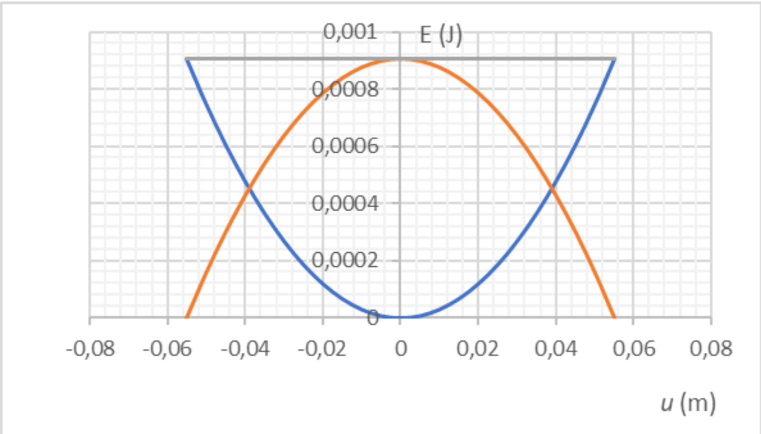
Dit zijn de grafieken als functie van de tijd *t*:



Het model is gemaakt met:
t := t + dt
E_v = 0,5*0,6*0,055^2*(cos(2*pi*t/0,51))^2
E_t = 9,1e-4
E_k = E_t - E_v
als t > 0,51/2 dan stop eindals

$9{,}1\cdot 10^{-4}$ J

Dit zijn de grafieken als functie van de uitwijking *u*:



Blauw $E_v(u)$ en oranje $E_k(u)$.

d Vervolg.
Voor de grafieken als functie *u* is Excel gebruikt:

u (m)	E_veer (J)	Ek (J)	E_tot (J)
-0,055	0,0009075	0	0,0009075
-0,05	0,00075	0,0001575	0,0009075
-0,045	0,0006075	0,0003	0,0009075
-0,04	0,00048	0,0004275	0,0009075
-0,035	0,0003675	0,00054	0,0009075
-0,03	0,00027	0,0006375	0,0009075
-0,025	0,0001875	0,00072	0,0009075
-0,02	0,00012	0,0007875	0,0009075
-0,015	0,0000675	0,00084	0,0009075
-0,01	0,00003	0,0008775	0,0009075
-0,005	0,0000075	0,0009	0,0009075
0	0	0,0009075	0,0009075
0,005	0,0000075	0,0009	0,0009075
0,01	0,00003	0,0008775	0,0009075
0,015	0,0000675	0,00084	0,0009075
0,02	0,00012	0,0007875	0,0009075
0,025	0,0001875	0,00072	0,0009075
0,03	0,00027	0,0006375	0,0009075
0,035	0,0003675	0,00054	0,0009075
0,04	0,00048	0,0004275	0,0009075
0,045	0,0006075	0,0003	0,0009075
0,05	0,00075	0,0001575	0,0009075
0,055	0,0009075	0	0,0009075

C =	0,6	N/m

e $u = 0{,}01$ m $\Rightarrow$ $E_v = ½·0{,}60·0{,}01^2 = 3{,}0·10^{-5}$ J $\Rightarrow$ $E_k = 9{,}1·10^{-4} - 3{,}0·10^{-5} = 8{,}8·10^{-4}$ J
$½·4{,}0·10^{-3}·v^2 = 8{,}8·10^{-4}$ $\Rightarrow$ $v = 0{,}66$ m/s

0,66 m/s

26 $T = 2\sqrt{R} = 2\sqrt{2} = 2{,}82..$ s en 10 s $= \frac{10}{2{,}82..} = 3{,}53..$

De skater stond rechtsboven. Na 3,5 perioden staat hij linksboven. In elke periode passeert hij 2 x het onderste punt. In totaal 3,5 x 2 = 7 x.

7

27 ***a***

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \Rightarrow 0{,}83 = 2\pi\frac{\sqrt{0{,}250}}{\sqrt{C}} = \frac{3{,}14..}{\sqrt{C}}$$

$$\Rightarrow C = (\tfrac{3{,}14..}{0{,}83})^2 = 14{,}3.. = 14 \text{ N/m}$$

14 N/m

b

$$C = \frac{F}{u} = \frac{m \cdot g}{u} \Rightarrow 14{,}3.. = \frac{0{,}250 \cdot 9{,}81}{u}$$

$$\Rightarrow u = \frac{0{,}250 \cdot 9{,}81}{14{,}3..} = 0{,}171.. \text{ m } = 17{,}1.. \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \ell_{veer} = 15{,}0 + 17{,}1.. = 32{,}1 \text{ cm}$$

32,1 cm

c

$$T_z = 2 \cdot T_d = 2 \cdot 0{,}83 = 1{,}66 \text{ s} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

$$\Rightarrow 1{,}66 = 2\pi\frac{\sqrt{\ell}}{\sqrt{9{,}81}} = 2{,}00.. \cdot \sqrt{\ell} \Rightarrow \ell = (\tfrac{1{,}66}{2{,}00..})^2 = 0{,}684.. \text{ m}$$

$$\Rightarrow L = \ell - \ell_{veer} = 0{,}684.. - (0{,}321.. + 0{,}02) = 0{,}34 \text{ m}$$

Die 2 cm is een schatting van de afstand van de onderkant van de veer tot het middelpunt van de bol.

34 cm

28 ***a***

Zeven halve perioden duren 4,8 s $\Rightarrow$

$T = \frac{1}{3,5} \cdot 4,8 = 1,37.. = 1,4$ s

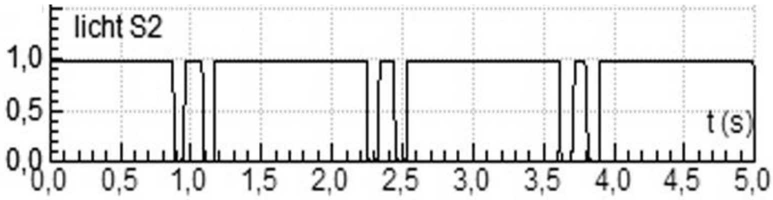
1,4 s

b

De snelheid van de bol is bij S_1 (evenwichtstand) groter dan bij S_2. Bij S_2 duurt de verduistering bij het passeren langer.

–

c



–

29 ***a***

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{13}{8000}} = 0,253..\ \text{s}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,253..} = 3,94.. = 3,9\ \text{Hz}$$

3,9 Hz

b

Als je op de plank staat, trilt er een grotere massa. Stel, je massa is 60 kg, dan

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{73}{8000}} = 0,600..\ \text{s} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,600..} = 1,66.. = 1,7\ \text{Hz}$$

Je zou met die frequentie op de plank moeten dansen om resonantie te krijgen

1,7 Hz

30 ***a***

Als het touwtje strak staat, doet een deel van de veer niet mee.
C is dan groter en *T* kleiner.

–

b

Gebied 1 hoort bij de blokkade.

–

c

$T_1 : T_2$ = (0,50 − 0,05) : (1,04 − 0,50) = 0,45 : 0,54 = 1 : 1,2

1 : 1,2

d

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \Rightarrow C = \frac{4\pi^2 m}{T^2} \quad \Rightarrow \quad C_1 : C_2 = 1 : 1,2^{-2} = 1 : 0,69$$

1 : 0,69

e

C_2 is de *C* van de hele veer − als het touwtje slap is.

C_1 is de *C* van het niet-geblokkeerde deel van de veer. Dat deel is dus 0,69× zo lang als de hele veer, ofwel $\ell_1 = 0,69 \cdot \ell_{veer}$ $\Rightarrow$ er wordt 31% van de veer geblokkeerd.

31%