

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

9.1 Trillingen**Opgave 1**

Of er sprake is van een trilling leg je uit met de beschrijving van het begrip trilling.

Een trilling is een herhaalde beweging rond een vaste evenwichtsstand.

- a Er is sprake van een herhaalde beweging door een evenwichtsstand. Alleen bij constante wind kan er sprake zijn van een periodieke beweging en in dat geval dus van een trilling. Dit komt echter niet veel voor.
- b Als de draaisnelheid van de zweefmolen constant is, dan voert een stoeltje elke keer dezelfde cirkelbeweging uit. Er is sprake van een periodieke beweging. Er is geen evenwichtsstand op de doorlopen cirkel en dus is het geen trilling.
- c Bij een constant toerental beweegt de zuiger rond een vaste evenwichtsstand. Het is een trilling.
- d Het is een periodieke beweging, maar doordat de paal steeds dieper de grond in gaat, verschuift de evenwichtsstand. Het is dus geen trilling.

Opgave 2

- a De trillingstijd volgt uit de tijdsduur van één trilling.

De trillingstijd is het aantal seconden dat nodig is voor één trilling.
Er worden 46 trillingen in één minuut = 60 seconden uitgevoerd.

$$\text{De trillingstijd is } T = \frac{60}{46} = 1,304 \text{ s.}$$

Afgerond: $T = 1,3 \text{ s}$.

- b De frequentie volgt uit het aantal trillingen in één seconde.

De frequentie is het aantal trillingen in één seconde.

$$\text{De frequentie is } f = \frac{46}{60} = 0,7666 \text{ Hz.}$$

Afgerond: $f = 0,77 \text{ Hz}$.

Opgave 3

- a Na een bepaalde tijd herhaalt de beweging zich. Dus de beweging van het hart is een periodieke beweging.
- b De stukken horizontale lijn kun je beschouwen als de vaste evenwichtsstand van de beweging.
De beweging van het hart is dus een trilling.
- c De frequentie bereken je met de formule voor de frequentie.
De periode bepaal je met behulp van figuur 9.8 van het boek.

In figuur 9.8 van het boek is de afstand tussen de twee R-pieken 5,0 cm.

1 cm komt overeen met 0,25 s.

De periode T is $5,0 \times 0,25 = 1,25 \text{ s}$.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{1,25} = 0,80 \text{ Hz}$$

0,80 Hz betekent 0,80 slagen per seconde.

In 1 minuut zijn er dan $60 \times 0,80 = 48$ slagen.

De frequentie is dus 48 min^{-1} .

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

- d De hoogte van de spanningspiek bepaal je met de hoogte boven de vlakke lijn tussen twee hartslagen.

De top van de R-piek ligt 2,40 cm boven de vlakke lijn tussen twee hartslagen.
1 cm komt overeen met 500 μV .

De grootte van de spanningspiek is dus $2,4 \times 500 \mu\text{V} = 1,20 \cdot 10^3 \mu\text{V} = 1,20 \text{ mV}$.

Afgerond: de grootte van de spanningspiek is 1,2 mV.

Opgave 4

- a De frequentie bereken je met de formule voor de frequentie.
De periode bereken je met de tijd die nodig is voor tien volledige trillingen.

Kees meet 7,9 s over tien volledige trillingen.

De trillingstijd T is dus $\frac{7,9}{10} = 0,79 \text{ s}$.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{0,79}$$

$$f = 1,265 \text{ Hz}$$

Afgerond: $f = 1,3 \text{ Hz}$.

- b Bij een tijdmeting met de hand hangt de meetonzekerheid voornamelijk af van de reactietijd bij het starten en stoppen van de stopwatch of timer. Die reactietijd is ongeveer dezelfde voor elke meting. Bij een meting van tien trillingstijden wordt de meetonzekerheid verdeeld over tien trillingstijden. De meetonzekerheid per trillingstijd is dan kleiner dan bij het meten van slechts één trillingstijd.
- c Kees kan het beste de stopwatch indrukken in de uiterste stand boven of onder. Dan lijkt het blokje even stil te hangen. De evenwichtsstand is moeilijk waar te nemen omdat het blokje dan te snel beweegt.

Opgave 5

- a De amplitude is de maximale uitwijking ten opzichte van de evenwichtsstand.
Deze maximale uitwijking bepaal je in figuur 9.9 van het boek.

In figuur 9.9 lees je af dat de maximale uitwijking 1,2 meter is.

$$A = 1,2 \text{ m}$$

- b De frequentie bereken je met de formule voor de frequentie.
De trillingstijd bepaal je in figuur 9.9.

In figuur 9.9 zijn twee volledige trillingen afgebeeld in 6,0 s.

De trillingstijd bedraagt dus 3,0 s.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{3,0}$$

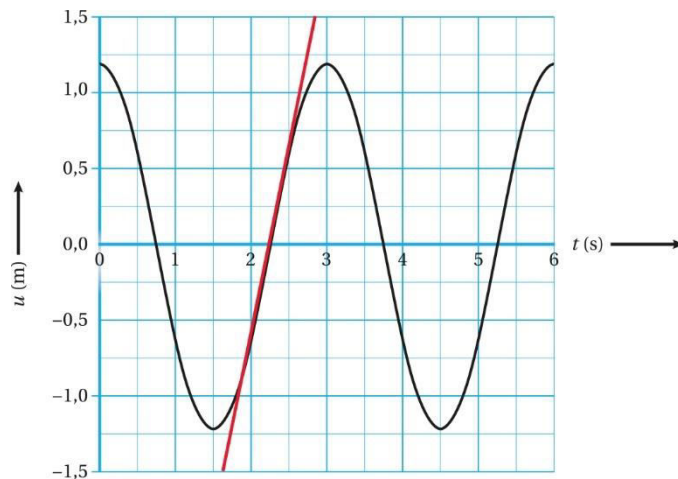
$$f = 0,333 \text{ Hz}$$

Afgerond: $f = 0,33 \text{ Hz}$.

- c De maximale snelheid volgt uit de steilheid van de grafiek in een (u, t) -diagram.
De snelheid is het grootst wanneer de steilheid van de raaklijn het grootst is.

Zie figuur 9.1.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

**Figuur 9.1**

$$\text{steilheid} = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{1,5 - (-1,5)}{2,8 - 1,7} = 2,72 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\text{max}} = 2,7 \text{ m s}^{-1}$$

Opgave 6

- a Uit figuur 9.10 van het boek blijkt dat de beweging zich na elke 0,125 s herhaalt. Je ziet in figuur 9.10 ook dat de evenwichtsstand $u = 0$ steeds wordt gepasseerd.
- b De amplitude bepaal je uit de maximale uitwijking ten opzichte van de evenwichtsstand.

In figuur 9.10 blijkt dat de uitwijking varieert tussen $-4,0 \text{ cm}$ en $+4,0 \text{ cm}$.

Dus $A = 4,0 \text{ cm}$.

- c De frequentie bereken je met de formule voor de frequentie.

$$f = \frac{1}{T}$$

In figuur 9.10 lees je af dat $2T = 0,250 \text{ s}$.

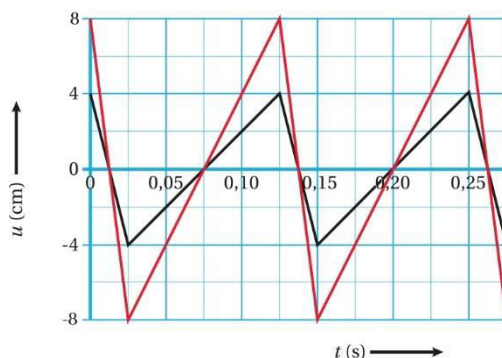
Dus $T = 0,125 \text{ s}$.

$$\text{Invullen levert } f = \frac{1}{0,125}.$$

$$f = 8,00 \text{ Hz}$$

- d Een twee keer zo grote amplitude betekent dat de uiterste standen twee keer zo ver, dus $8,0 \text{ cm}$, van de evenwichtsstand af liggen.

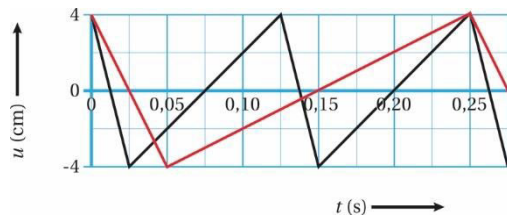
Zie figuur 9.2.

**Figuur 9.2**

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

- e Een twee keer zo kleine frequentie betekent dat de trillingstijd twee keer zo groot is.

Zie figuur 9.3.



Figuur 9.3

Opgave 7

- a De frequentie bereken je met de formule voor de frequentie.
De trillingstijd bepaal je met het aantal trillingen op het scherm en de tijdsduur om die trillingen te maken
De tijdsduur om de trillingen te maken bereken je met de tijdbasis en het aantal schaaldelen op het scherm.
Het aantal schaaldelen lees je af in figuur 9.11 van het boek.

Figuur 9.11a

In dit oscillogram zie je 2,25 trillingen voor 10 schaaldelen.

De tijdbasis is 0,5 ms/div.

$$2,25T = 10 \times 0,5 = 5,0 \text{ ms}$$

$$\text{De trillingstijd } T = 2,222 \text{ ms} = 2,222 \cdot 10^{-3} \text{ s.}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{2,222 \cdot 10^{-3}}$$

$$f = 4,5 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

Figuur 9.11b

In dit oscillogram zie je 1,5 trilling voor 10 schaaldelen.

De tijdbasis is 1 ms/div.

$$1,5T = 10 \times 1 = 10 \text{ ms}$$

$$\text{De trillingstijd } T = 6,666 \text{ ms} = 6,666 \cdot 10^{-3} \text{ s.}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{6,666 \cdot 10^{-3}}$$

$$f = 1,5 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

- b De instelling van de tijdbasis bereken je met de tijdsduur om de trillingen in het oscillogram te maken en het aantal schaaldelen op het scherm.
De tijdsduur van het aantal trillingen bereken je met het aantal trillingen en de trillingstijd.
De trillingstijd bereken je met de frequentie.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$300 = \frac{1}{T}$$

$$T = 3,333 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

Figuur 9.12a

In dit oscillogram zie je 6 trillingen over 10 schaaldelen.
Deze 6 trillingen duren $6 \times 3,333 \cdot 10^{-3} = 0,0200$ s.

Een schaaldeel is dan $\frac{0,0200}{10} = 0,00200$ s = 2,00 ms.

In twee significante cijfers is de tijdbasis 2,0 ms/div.

Figuur 9.12b

In dit oscillogram zie je 1,5 trillingen over 10 schaaldelen.
Deze 1,5 trillingen duren $1,5 \times 3,333 \cdot 10^{-3} = 0,00500$ s.

Een schaaldeel is dan $\frac{0,00500}{10} = 0,000500$ s = 0,500 ms.

In twee significante cijfers is de tijdbasis dus 0,50 ms/div.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

9.2 Harmonische trilling

Opgave 8

- a Welke kracht haar in het laagste punt omhoog doet bewegen leg je uit met richtingen van de krachten die werken in het laagste punt van de trilling.

De krachten die in het laagste punt op de bungeejumper werken zijn de zwaartekracht en de veerkracht van het elastiek. De zwaartekracht is naar beneden gericht. Dus de veerkracht van het elastiek doet Berna weer omhoog bewegen.

- b De trillingstijd bereken je met de formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$$

$$m = 65 \text{ kg}$$

$$C = 95 \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{Invullen levert } T = 2\pi\sqrt{\frac{65}{95}}.$$

$$T = 5,197 \text{ s}$$

$$\text{Afgerond: } T = 5,2 \text{ s.}$$

- c Of het trillen een harmonische trilling is, leg je uit met de beschrijving van een harmonische trilling.

Een harmonische trilling is sinusvormig. Dan blijft de amplitude gelijk.

Bij de bungeejumper neemt de amplitude af tot nul.

Er is dus geen sprake van een harmonische trilling.

Opgave 9

- a Of de trilling harmonisch is, leg je uit met de beschrijving van een harmonische trilling.

Bij een harmonische trilling is de (u,t) -grafiek sinusvormig. Dat is in figuur 9.20 het geval.

- b De amplitude is de maximale uitwijking.

Aflezen in figuur 9.20 levert $A = 1,0 \text{ cm}$.

- c De massa van het blokje bereken je met de formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem.

De trillingstijd bepaal je met behulp van figuur 9.20 in het boek.

In figuur 9.20 lees je af dat er 1,5 trillingen zijn in 3,0 s.

Dus $T = 2,0 \text{ s}$.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$$

$$C = 2,5 \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{Invullen levert } 2,0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2,5}}.$$

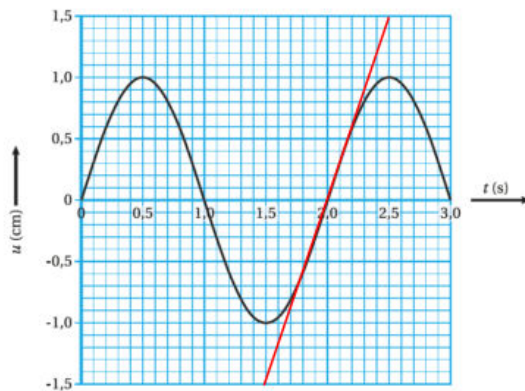
$$m = 0,2533 \text{ kg}$$

$$\text{Afgerond: } m = 0,25 \text{ kg.}$$

- d De maximale snelheid volgt uit de steilheid van de grafiek in een (u,t) -diagram. De snelheid is het grootst wanneer de steilheid van de raaklijn het grootst is, dat is in een evenwichtsstand.

Zie figuur 9.4.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen



Figuur 9.4

$$\text{steilheid} = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{1,50 - (-1,50)}{2,50 - 1,50} = 3,00 \text{ cm s}^{-1}$$

Afgerond: $v_{\text{max}} = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$.

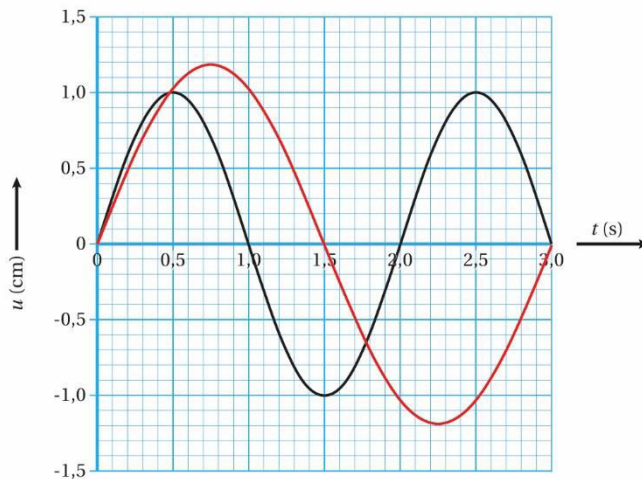
- e De (u, t) -grafiek van blokje B schets je met een sinusvormige grafiek.
Een sinusvormige grafiek schets je met behulp van de waarden voor de amplitude en de trillingstijd.
De trillingstijd bereken je met de formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem.

Als de massa 2,25 keer zo groot is, is de trillingstijd $\sqrt{2,25} = 1,5$ keer zo groot.

De trillingstijd is dus 3,0 s. Er past één trilling in figuur 9.20.

De amplitude is 1,2 cm.

Zie figuur 9.5.



Figuur 9.5

Opgave 10

- a De veerconstante bereken je met de formule voor de veerkracht.
De veerkracht bereken je met de eerste wet van Newton en de zwaartekracht.
De zwaartekracht bereken je met de formule voor de zwaartekracht.

$$F_{\text{zw}} = m \cdot g$$

$$m = 150 \text{ g} = 0,150 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{Invullen levert } F_{\text{zw}} = 9,81 \times 0,150 = 1,4715 \text{ N}$$

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

Op het blokje werken de veerkracht en de zwaartekracht. Het blokje is in rust. Volgens de eerste wet van Newton zijn de veerkracht en de zwaartekracht aan elkaar gelijk.

$$F_v = F_{zw}$$

$$F_v = C \cdot u$$

$$u = 13,5 \text{ cm} = 13,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert } 1,4715 = C \times 13,5 \cdot 10^{-2}.$$

$$C = 10,90 \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } C = 10,9 \text{ N m}^{-1}.$$

- b De veerconstante bereken je met de formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem. De trillingstijd bereken je met de tijd voor tien trillingen.

$$10T = 7,37 \text{ s}$$

$$T = 0,737 \text{ s}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$$

$$m = 150 \text{ g} = 0,150 \text{ kg}$$

$$\text{Invullen levert } 0,737 = 2\pi\sqrt{\frac{0,150}{C}}.$$

$$C = 10,90 \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } C = 10,9 \text{ N m}^{-1}.$$

- c Of Elise een andere waarde voor de trillingstijd zou hebben gemeten, leg je uit met de grootheden die voorkomen in de formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$$

Door het blokje verder omlaag te trekken, ontstaat een trilling met een grotere amplitude A . De trillingstijd hangt niet af van A . De massa en de veerconstante veranderen niet door een grotere amplitude en daardoor de trillingstijd ook niet.

- d Elise kan een grotere massa aan de veer hangen of zij kan een slappere veer met een kleinere veerconstante gebruiken.

Opgave 11

- a De auto heeft vanwege vering en massa een bepaalde eigenfrequentie. Tijdens het rijden met constante snelheid op de hobbelige weg krijgt de auto met een bepaalde frequentie schokken. Deze frequentie hangt af van de snelheid waarmee de auto rijdt. Als de frequentie van de schokken dezelfde is als de eigenfrequentie, treedt resonantie op.
- b De veerconstante bereken je met de formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem. De trillingstijd is bij resonantie de tijd tussen twee hobbels. De tijd tussen twee hobbels bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$s = 10 \text{ m}$$

$$v = 80 \text{ km h}^{-1} = \frac{80}{3,6} = 22,22 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{Invullen levert } 10 = 22,22 \times t.$$

$$t = 0,45 \text{ s}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$$

$$T = t = 0,45 \text{ s}$$

$$m = 960 \text{ kg}$$

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

$$\text{Invullen levert } 0,45 = 2\pi\sqrt{\frac{960}{C}}.$$

$$C = 1,871 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } C = 1,9 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-1}.$$

- c Of deze snelheid hoger of lager is beredeneer je met de formule voor verplaatsing bij eenparige beweging en de formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$$

Door de auto zwaarder te beladen, neemt de massa m toe. De veerconstante verandert niet. Dus neemt de trillingstijd T waarbij resonantie optreedt toe.

De resonantie treedt dan op bij een grotere tijd tussen twee hobbels.

$$s = v \cdot t$$

De afstand s tussen de hobbels verandert niet.

De tijd t neemt toe. Dus treedt resonantie op bij een lagere snelheid.

Opgave 12

- a De eenheid van de rechterterm leid je af met de eenheden van de grootheden in die term.

$$\left[2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \right] = \sqrt{\frac{[l]}{[g]}} = \sqrt{\frac{\text{m}}{\text{ms}^{-2}}} = \sqrt{\frac{1}{\text{s}^{-2}}} = \sqrt{\text{s}^2} = \text{s}$$

- b De tijdsduur van 10 slingerbewegingen bereken je met de trillingstijd van een slinger. De trillingstijd van een slinger bereken je met de gegeven formule.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

$$\ell = 50,0 \text{ cm} = 0,500 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{0,500}{9,81}}$$

$$T = 1,418 \text{ s}$$

Voor 10 slingerbewegingen bedraagt de tijd $10 \times 1,418 = 14,18 \text{ s}$.

Afgerond: 14,2 s.

- c De lengte van de tweede slinger is $4\times$ zo groot als die van de eerste. Uit de formule blijkt dat de slingertijd toeneemt met een factor $\sqrt{4}$. Dit betekent dat de tijd $2\times$ zo groot wordt en dus 28,4 s bedraagt.
- d Dat Yara minder lang over tien slingeringen doet verklaar je met de formule voor trillingstijd van een slinger.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

De waarde van g is niet veranderd en de waarde van T is kleiner geworden. Dan is de waarde van ℓ kleiner geworden.

Doordat Yara op de schommel staat, is het zwaartepunt van Yara dichterbij het ophangpunt gekomen. Daardoor is de afstand van het ophangpunt tot het zwaartepunt van de slinger kleiner dan 200 cm.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

Opgave 13

- a Of deze trilling binnen het frequentiegebied valt bepaal je door de frequentie van de trilling te vergelijken met het frequentiegebied.
De frequentie volgt uit het aantal trillingen in 1,0 s.

Uit het (v,t) -diagram van figuur 9.21 in het boek volgt dat er 2,75 trillingen zijn in 1,0 s.

Dus $f = 2,75 \text{ Hz}$.

Dit ligt in het gebied van 2,0 Hz tot 80 Hz.

- b Voorbij 2,0 Hz is de verhouding $\frac{A_{\text{stoel}}}{A_{\text{vw}}} < 1$.

Dit betekent dat de amplitude van de beweging van de stoel kleiner is dan die van de vrachtwagen. Door dit veersysteem te gebruiken, worden de problemen vanaf 2,0 Hz minder.

- c De massa van de stoel bereken je met de totale massa en de massa van de chauffeur.
De totale massa bereken je met de formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem.
De trillingstijd bereken je met de frequentie.
De frequentie volgt uit de eigenfrequentie.
De eigenfrequentie bepaal je met figuur 9.22 in het boek.

Uit figuur 9.22 volgt dat de eigenfrequentie gelijk is aan 0,50 Hz.

Dus $f = 0,50 \text{ Hz}$.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\text{Invullen levert } 0,50 = \frac{1}{T}.$$

$$T = 2,0 \text{ s}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_{\text{tot}}}{C}}$$

$$C = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{Invullen levert } 2,0 = 2\pi\sqrt{\frac{m_{\text{tot}}}{1,3 \cdot 10^3}}.$$

$$m_{\text{tot}} = 131,7 \text{ kg}$$

De massa van de chauffeur is 90 kg.

Dus de massa van de stoel is $131,7 - 90 = 41,7 \text{ kg}$

Afgerond: $m_{\text{stoel}} = 42 \text{ kg}$.

- d De veerconstante volgt uit de formule voor de veerkracht.

$$F_v = C \cdot u$$

De veerconstante C neemt toe als bijvoorbeeld de kracht twee keer zo groot wordt en de uitrekking minder dan twee keer zo groot wordt.

Dat is het geval bij veer C.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

9.3 Lopende golven

Opgave 14

- a Of het een transversale of longitudinale golf is, beredeneer je met de beschrijvingen van die begrippen en de trillingsrichting en de voortplantingsrichting bij een 'Mexican wave'.

De golf loopt in horizontale richting door het stadion. De trilling bestaat uit mensen die op en neer gaan. Dit is loodrecht op de voortplantingsrichting van de golf.

De 'Mexican wave' is dus een transversale golf.

- b De frequentie bereken je met de trillingstijd.
De trillingstijd is de tijd die nodig is voor opstaan en weer gaan zitten.

$$T = 8,0 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\text{Invullen levert } f = \frac{1}{8,0}.$$

$$f = 0,25 \text{ Hz}$$

$$\text{Afgerond: } f = 0,13 \text{ Hz.}$$

- c De golfsnelheid volgt uit de snelheid waarmee de kop van de golf zich verplaatst.
De snelheid waarmee de kop van de golf zich verplaatst, bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$s = 60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

$$t = 0,40 \text{ s}$$

$$0,60 = v \times 0,40$$

$$v = 1,5 \text{ m s}^{-1}$$

- d De golflengte bereken je met de formule voor de golfsnelheid.

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = 1,5 \text{ m s}^{-1}$$

$$T = 8,0 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert } 1,5 = \frac{\lambda}{8,0}.$$

$$\lambda = 12 \text{ m}$$

of

De afstand tussen twee personen is 0,60 m.

Na 0,40 s staat een volgende persoon op.

De trillingstijd duurt 8,0 s.

In die tijd zijn $\frac{8,0}{0,40} = 20$ personen opgestaan.

De golflengte is dan $0,6 \times 20 = 12 \text{ m}$.

Opgave 15

- a Om te bepalen hoe een beweging is begonnen, kijk je in figuur 9.30 van het boek naar de kop van de golf.

De golf gaat van A naar D. De kop van de golf bevindt zich in de buurt van D.

Aan de rechterkant van het koord zie je dat het eerste deel van het touw omlaag beweegt.

Dus A is zijn beweging richting omlaag begonnen.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

- b Hoeveel trillingen punt B heeft uitgevoerd bepaal je met het deel van de puls dat B is gepasseerd.

Het deel van de golf dat rechts van B ligt, is B al gepasseerd. In figuur 9.30 zijn rechts van B 1,75 golflengten zichtbaar. B heeft dus 1,75 trillingen uitgevoerd.

- c Dat de amplitude van punt C gelijk is aan die van punt B leg je uit met de beschrijving van het begrip lopende golf.

Bij een lopende golf voeren de punten na elkaar dezelfde trilling uit. Als er geen sprake is van demping, trilt C dus met dezelfde amplitude als B.

- d De richting waarin punt C bezig is zich te verplaatsen volgt uit de beweging die het punt vlak naast C heeft gemaakt.
Het punt vlak naast C volgt uit de richting waarin de golf zich beweegt.

De beweging van de golf is van A naar B. De punten links van C geven dus de richting aan. De berg links van C geeft aan hoe C zich zal gaan verplaatsen.
Dus is C bezig zich omhoog te verplaatsen.

- e De tijd dat punt C in rust is, bereken je met de verhouding van de afstanden tot de punten C en D en de tijd totdat de kop van de *puls* punt D bereikt.
De afstanden meet je op in figuur 9.30.

In figuur 9.30 is de afstand van A tot C gelijk aan 7,0 cm en die van A tot D aan 10,0 cm.
Zie tabel 1.

	afstand (cm)	tijd (s)
A tot C	7,0	x
A tot D	10,0	5,0

Tabel 9.1

Uit tabel 9.1 volgt: $x = 3,5$ s.

- f De grafiek van de beweging van punt C bestaat uit twee tijdsduren:
- de tijdsduur dat de kop van de puls bij punt C aankomt
 - de tijdsduur dat de kop van de puls van punt C naar punt D gaat

Punt C is gedurende $5,0 - 3,5 = 1,5$ s in beweging totdat de kop van de golf punt D bereikt.

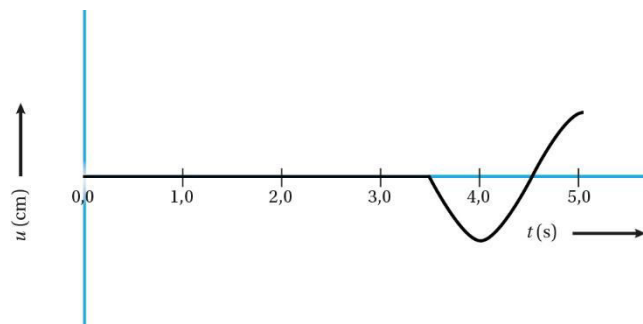
De trillingstijd is 2,0 s.

Dus maakt punt C een trilling van 1,75 golflengte.

Punt C begint op $t = 3,5$ s met een beweging omlaag.

Totdat de kop van de puls bij punt C aankomt is punt C in rust.

Zie figuur 9.6.



Figuur 9.6

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

Opgave 16

- a Of het een transversale of longitudinale golf is, beredeneer je met de beschrijvingen van die begrippen en de trillingsrichting en voortplantingsrichting bij een golf van de aardbeving.

De aardbeving vindt plaats ten oosten van het meetstation. De golven bewegen dus van oost naar west. De voortplantingsrichting is dus oost-west.

Als een trilling in oost-westrichting wordt doorgegeven, is die richting dezelfde als de richting van de voortplantingssnelheid. Dit zijn dus longitudinale golven.

Trillingen in de noord-zuid richting en op-neerrichting staan loodrecht op de oost-westrichting, en dus op de richting van de voortplantingssnelheid. Deze worden dus doorgegeven door transversale golven.

- b De golflengte bereken je met de formule voor de golfsnelheid.

$$v = f \cdot \lambda$$

$$v = 3,4 \text{ km s}^{-1} = 3,4 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

$$f = 1,2 \text{ Hz}$$

$$3,4 \cdot 10^3 = 1,2 \times \lambda$$

$$\lambda = 2,83 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } \lambda = 2,8 \cdot 10^3 \text{ m} = 2,8 \text{ km.}$$

- c Het tijdsverschil bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$s = 155 \text{ km}$$

Voor de longitudinale golven geldt $v = 4,9 \text{ km s}^{-1}$.

$$\text{Invullen levert } 155 = 4,9 \times t_{\text{long.}}$$

$$t_{\text{long}} = 31,6 \text{ s}$$

De transversale golven hebben een snelheid $v = 3,4 \text{ m s}^{-1}$.

$$155 = 3,4 \times t_{\text{trans}}$$

$$t_{\text{trans}} = 45,5 \text{ s}$$

Het tijdsverschil is $45,5 - 31,6 = 13,9 \text{ s}$.

Afgerond: het tijdsverschil is 14 s.

- d Als je hebt berekend hoe ver van een meetstation het epicentrum is, kun je een bol tekenen rondom het meetstation. Met de gegevens van een tweede meetstation vind je een tweede bol. Die twee bollen snijden elkaar in een cirkel, dus het epicentrum ligt op die cirkel. Met gegevens van een derde meetstation krijg je een derde bol. Deze snijdt de cirkel van de eerste twee bollen in twee punten. De gegevens van een vierde meetstation maken duidelijk welke van deze twee punten het epicentrum is. Er zijn dus meestal vier meetstations nodig.

Opgave 17

- a De voortplantingssnelheid bereken je met de formule voor de snelheid.
De tijd die de golf erover doet om de afstand Hawaï tot La Punta te overbruggen, bepaal je in figuur 9.31 van het boek.

$$t = 12,8 \text{ uur} \quad (\text{aflezen in figuur 9.31})$$

$$s = v \cdot t$$

$$s = 9000 \text{ km}$$

$$\text{Invullen levert } 9000 = v \cdot 12,8.$$

$$v = 7,031 \cdot 10^2 \text{ km h}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v = 7,0 \cdot 10^2 \text{ km h}^{-1}.$$

- b Een golf is een doorgegeven trilling. De eigenschappen van die trilling, zoals de frequentie, veranderen daarbij niet. Als in de formule $v = f \cdot \lambda$ de golfsnelheid verandert maar de frequentie niet, dan moet de golflengte dus veranderen.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

- c De amplitude bij een diepte van 10 m bereken je met de amplitude bij een diepte van 5000 m en een factor die volgt uit de afname van de golfsnelheid op 5000 m en die op 10 m.

Voor de golfsnelheid geldt $v = k \cdot \sqrt{d}$. De diepte verandert van 5000 m naar 10 meter. Dat scheelt een factor 500. De golfsnelheid neemt dan af met een factor $\sqrt{500}$.

De amplitude is omgekeerd evenredig met de golfsnelheid, dus deze neemt met dezelfde factor toe. De amplitude bij een diepte van 10 m is dus $0,40 \times \sqrt{500} = 8,9$ m.

- d Bij het naderen van de kust worden de golfbergen hoger en de dalen dieper: het water moet ergens vandaan komen. Er wordt eerst water van de kust weggetrokken om de golfberg te vormen voordat de verwoestende golfberg aanspoelt.

Opgave 18

- a De frequentie bereken je met de trillingstijd.
De trillingstijd bepaal je in figuur 9.32 van het boek.

In figuur 9.32 zie je een halve trillingstijd tussen $t = 1,0$ en $4,0$ ms.

Dus $0,5T = 3,0$ ms.

Hieruit volgt $T = 6,0$ ms = $6,0 \cdot 10^{-3}$ s.

$$f = \frac{1}{T}$$

Invullen levert $f = \frac{1}{6,0 \cdot 10^{-3}}$.

$$f = 1,66 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

Afgerond: $f = 1,7 \cdot 10^2$ Hz.

- b De golfsnelheid bereken je met de formule voor golfsnelheid.
De golflengte bepaal je met behulp van figuur 9.33 van het boek.

$$3\lambda = 45 \text{ cm} \quad (\text{aflezen in figuur 9.33 van het boek})$$

$$\lambda = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

$$f = 1,7 \cdot 10^2 \text{ Hz (zie vraag a)}$$

$$v = 1,7 \cdot 10^2 \times 0,15$$

$$v = 25,5 \text{ m s}^{-1}$$

Afgerond: $v = 26 \text{ m s}^{-1}$.

- c Het tijdstip volgt uit de beweging die punt C even later gaat maken.
De beweging die punt C gaat maken volgt uit figuur 9.33.

De golf is bij A begonnen. Uit figuur 9.33 volgt dat de golf van links naar rechts beweegt.

Hieruit volgt dat C bezig is zich omhoog te verplaatsen.

In figuur 9.32 gebeurt dat na $t = 4$ ms.

De momentopname van het koord is dus gemaakt op $t = 4,0$ ms = $4,0 \cdot 10^{-3}$ s.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

9.4 Geluid

Opgave 19

- a Het frequentiegebied zoek je op in BINAS tabel 19B.

Volgens BINAS tabel 19B horen bij korte golven frequenties in de orde van grootte van 10^7 Hz. Dit is een frequentie in het MHz-gebied.

- b Het frequentiebereik volgt uit de kleinste en de grootste waarde van de frequentie. Een frequentie bereken je met de formule voor de golfsnelheid. De golfsnelheid is de lichtsnelheid.

$$v = c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

$$\lambda = 10 \text{ m}$$

$$3,00 \cdot 10^8 = f \times 10$$

$$f = 3,0 \cdot 10^7 \text{ Hz} = 30 \text{ MHz}$$

$$\lambda = 150 \text{ m}$$

$$3,00 \cdot 10^8 = f \times 150$$

$$f = 2,0 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 2 \text{ MHz}$$

Het frequentiebereik van de korte golf is 2 tot 30 MHz.

- c Via internet kun je de Nederlandse zenders overal ter wereld ontvangen.

Opgave 20

- a De golflengte bereken je met de formule voor de golfsnelheid.

$$v = f \cdot \lambda$$

$$v = 0,343 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 15A})$$

$$f = 120 \text{ kHz} = 120 \cdot 10^3 \text{ Hz} \quad (\text{De kleinste golflengte hoort bij de hoogste frequentie.})$$

$$\text{Invullen levert } 0,343 \cdot 10^3 = 120 \cdot 10^3 \cdot \lambda.$$

$$\lambda = 2,858 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } \lambda = 2,86 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

- b In de tekst staat dat voorwerpen kleiner dan de golflengte van het geluid niet goed waarneembaar zijn. Ook staat er dat geluiden met een hogere frequentie minder ver dragen. Om ver te kunnen waarnemen, zijn dus geluiden met een lage frequentie nodig, maar deze geluiden hebben een grote golflengte en geven dus minder detail. Daarom schakelen dolfijnen over op hogere frequenties als ze dichterbij het voorwerp zijn.
- c De afstand tussen het voorwerp en de dolfijn bereken je met de helft van de verplaatsing van het geluid. De verplaatsing van het geluid bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$v = 1,51 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 15A})$$

$$t = 0,33 \text{ s}$$

$$\text{Invullen levert } s = 1,51 \cdot 10^3 \times 0,33.$$

$$s = 4,983 \cdot 10^2 \text{ m}$$

$$\text{De afstand tussen het voorwerp en de dolfijn is de helft ervan: } 2,4915 \cdot 10^2 \text{ m.}$$

$$\text{Afgerond: } s = 2,5 \cdot 10^2 \text{ m.}$$

Opgave 21

- a De frequentie bereken je met de trillingstijd. De trillingstijd bepaal je met figuur 9.38.

In figuur 9.38 lees je af dat zeven trillingstijden overeenkomen met 0,048 s.

$$\text{Dus } T = 6,857 \cdot 10^{-3} \text{ s.}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

$$\text{Invullen levert } f = \frac{1}{6,857 \cdot 10^{-3}} = 1,458 \cdot 10^2 \text{ Hz.}$$

Afgerond: $f = 1,5 \cdot 10^2 \text{ Hz}$.

- b Of de frequentie hoger of lager is beredeneer je met de formule voor de golfsnelheid.

$$v = f \cdot \lambda$$

Volgens BINAS tabel 15A neemt de golfsnelheid toe als de temperatuur toeneemt.
De golflengte verandert niet. Dus de frequentie is hoger.

Opgave 22

- a Om de flits te kunnen zien, moet het licht naar je toe komen.
Om de donder te kunnen horen, moet het geluid je oren bereiken.
De snelheid van het licht is vele malen groter dan de snelheid van het geluid, waardoor je de flits ziet voordat je de donder hoort.
- b De snelheid van het licht is zo groot dat de tijd die het licht nodig heeft te verwaarlozen is.
Of 6 km een goede schatting is leg je uit door 6 km te vergelijken met de afstand die het geluid aflegt in 6 s.
De tijd die het geluid aflegt bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s = v \cdot t$$

$$v = 0,343 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 15A})$$

$$t = 6 \text{ s}$$

$$s = 0,343 \cdot 10^3 \times 6 = 2058 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } s = 2 \text{ km.}$$

De schatting is dus niet goed.

(Een betere schatting: Elke 3 s komt overeen met een kilometer.)

Opgave 23

- a De frequentie bereken je met de trillingstijd.
De trillingstijd bepaal je met de tijdbasis en het aantal schaaldelen per periode.
Het aantal schaaldelen per periode bepaal je uit het oscillogram.

In figuur 9.40 van het boek zie je 6 trillingen voor 10 schaaldelen.

$$\text{Een periode duurt } \frac{10}{6} = 1,666 \text{ schaaldelen.}$$

De tijdbasis is 0,50 ms/div.

$$T = 1,666 \times 0,50 = 0,833 \text{ ms} = 8,33 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{8,33 \cdot 10^{-4}}$$

$$f = 1,20 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

$$\text{Afgerond: } f = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Hz.}$$

- b Het bovenste oscillogram laat het signaal van de microfoon zien. Het signaal dat de microfoon registreert, beweegt door de lucht. Hoe groter de afstand die het geluid aflegt, des te meer vertraging loopt dit signaal op.
- c Omdat de afstand tussen microfoon en luidspreker groter wordt, wordt de hardheid van het geluid bij de microfoon kleiner. Dit zie je als een kleinere amplitude.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

Opgave 24

- a Dat Emilie de geluidspulsen niet kan horen volgt uit een vergelijking van de frequentie met de frequenties in het hoorbare gebied.

De frequentie bereken je met de formule voor de frequentie.

De trillingstijd bereken je met het aantal trillingen en de tijdsduur ervan.

Er zijn 15 trillingen in 0,30 ms. Dus $T = 0,020 \text{ ms} = 0,020 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.

$$f = \frac{1}{T}$$

Invullen levert $f = \frac{1}{0,020 \cdot 10^{-3}} = 5,0 \cdot 10^4 \text{ Hz} = 50 \text{ kHz}$.

Dit is hoger dan de frequentie van 20 kHz die mensen kunnen horen.

- b Als een voorwerp op korte afstand staat, is de reistijd voor de echo zo kort dat hij al terug is als de puls nog niet geheel is uitgezonden. Brongeluid en echo lopen dan door elkaar. Als de tijdsduur van de puls 0,30 ms is en de geluidssnelheid is 343 m s^{-1} , dan vindt dit al plaats als de afstand gelijk is aan $343 \times 0,30 \cdot 10^{-3} = 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$.
- c Er is dan al een tweede puls uitgezonden voordat de eerste terug is. Ze moet het aantal pulsen per seconde lager instellen.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

9.5 Muziekinstrumenten

Opgave 25

- a De golfsnelheid bereken je met de formule voor de golfsnelheid.
De golflengte bereken je met de lengte van de snaar.

Voor de grondtoon van een snaar geldt $\ell = \frac{1}{2} \lambda$.

$$\ell = 38,0 \text{ cm} = 38,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert } 38,0 \cdot 10^{-2} = \frac{1}{2} \lambda.$$

$$\lambda = 76,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

$$f = 261,3 \text{ Hz}$$

$$\text{Invullen levert } v = 261,3 \times 76,0 \cdot 10^{-2} = 1,985 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}.$$

$$\text{Afgerond: } v = 1,99 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}.$$

- b De frequentie van de tweede boventoon leg je uit met het aantal halve golflengten bij de tweede boventoon.
Het aantal halve golflengten volgt uit het patroon van knopen en buiken.

Voor de tweede boventoon is het patroon van knopen en buiken:

K B K B K B K

Dus de lengte van de snaar komt overeen met drie keer een halve golflengte.

De golflengte is dus drie keer zo klein.

Omdat de golfsnelheid hetzelfde is, is de frequentie dus drie keer zo groot.

- c Het patroon van knopen en buiken verdeelt de snaar in zes gelijke stukken. De afstand tussen een knoop en een buik is dus $\frac{38,0}{6} = 6,333 \text{ cm}$.

Afgerond: de afstand is 6,33 cm.

Opgave 26

- a De snelheid van radiogolven is de lichtsnelheid.
Dus $v = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$.
- b Dat de kabeltjes geschikt zijn, toon je aan door de (geschatte) lengte van de kabeltjes te vergelijken met de lengte die hoort bij $\frac{1}{4} \lambda$.
De golflengte bereken je met de formule voor de golfsnelheid.

$$v = f \cdot \lambda$$

$$v = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$f = 96,8 \text{ MHz} = 96,8 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\text{Invullen levert } 3,00 \cdot 10^8 = 96,8 \cdot 10^6 \times \lambda.$$

$$\lambda = 3,099 \text{ m}$$

Hieruit volgt dat $\frac{1}{4} \lambda$ ongeveer overeenkomt met 75 cm.

De kabeltjes van de oordopjes hebben een vergelijkbare lengte.

Opgave 27

- a De voortplantingssnelheid bereken je met de formule voor de golfsnelheid.
De trillingstijd volgt uit de metingen van Tessa.
De golflengte bereken je met de lengte van het touw.

De beweging van het touw kun je vergelijken met de beweging van een snaar in de grondtoon.

Voor de grondtoon van een snaar (touw) geldt $\ell = \frac{1}{2} \lambda$.

$$\ell = 6,5 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert } 6,5 = \frac{1}{2} \lambda.$$

$$\lambda = 13 \text{ m}$$

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

Uit de metingen van Tessa volgt $10T = 6,5$ s. Dus $T = 0,65$ s.

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Invullen levert $v = \frac{13}{0,65}$.

$$v = 20 \text{ m s}^{-1}$$

- b De massa per lengte-eenheid bereken je met de gegeven formule.

$$v = \sqrt{\frac{F}{m_{\text{meter}}}}$$

$$v = 20 \text{ m s}^{-1}$$

$$F = 15,2 \text{ N}$$

Invullen levert $20 = \sqrt{\frac{15,2}{m_{\text{meter}}}}$.

$$m_{\text{meter}} = 3,80 \cdot 10^{-2} \text{ kg m}^{-1}$$

Afgerond: $m_{\text{meter}} = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ kg m}^{-1}$.

- c Of het aantal klappen per seconde toeneemt of afneemt leg je uit met het begrip frequentie. De frequentie beredeneer je met de formule voor de golfsnelheid. De golfsnelheid beredeneer je met de gegeven formule.

$$v = \sqrt{\frac{F}{m_{\text{meter}}}}$$

Doordat Tessa de lijn strakker spant, wordt de spankracht F groter. Omdat de massa per lengte-eenheid m_{meter} niet verandert, wordt de voortplantingssnelheid dus groter.

$$v = f \cdot \lambda$$

De golflengte λ is constant, omdat de lengte van de vlaggenlijn niet verandert. Als de voortplantingssnelheid groter is, dan is de frequentie dus ook groter.

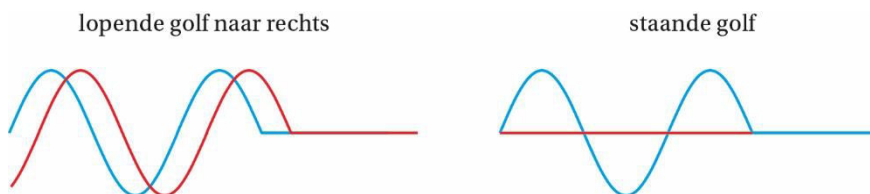
De frequentie is vergelijkbaar met het aantal klappen per seconde.

Het aantal klappen per seconde neemt dus toe.

Opgave 28

- a Bij een lopende golf gaan de punten na elkaar door de evenwichtsstand. Een kwart trillingstijd later heeft de kop van de golf zich een kwart golflengte verplaatst. Bij een staande golf gaan de punten tegelijkertijd door de evenwichtsstand. Een kwart trillingstijd later heeft elk punt zich vanuit de uiterste stand verplaatst naar de evenwichtsstand.

Zie figuur 9.7.



Figuur 9.7

Toelichting

Bij de lopende golf schuift de golf een kwart golflengte naar rechts.

Bij de staande golf zie je een horizontale lijn. Alle punten gaan op dat moment door de evenwichtsstand.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

- b De snelheid waarmee de trilling zich in de E-snaar voortplant, bereken je met de formule voor de golfsnelheid.
De golflengte bereken je met de lengte van de snaar.

Voor de grondtoon van een snaar geldt $\ell = \frac{1}{2} \lambda$.

$$\ell = 65,0 \text{ cm} = 65,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert } 65,0 \cdot 10^{-2} = \frac{1}{2} \lambda$$

$$\lambda = 1,30 \text{ m}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

$$f = 330 \text{ Hz}$$

Invullen levert $v = 330 \times 1,30$.

$$v = 429 \text{ m s}^{-1}$$

- c De toonhoogte hangt samen met de frequentie.
De frequentie volgt uit de formule voor de golfsnelheid.
De golflengte volgt uit de lengte van de snaar.
Door de snaar tegen een fret te drukken, wordt het trillende deel ℓ kleiner en daardoor ook de golflengte λ .

$$v = f \cdot \lambda$$

De voorplantingssnelheid blijft gelijk. Als de golflengte kleiner wordt, wordt dus de frequentie groter. Een hogere frequentie hoort bij een hogere toon. Dus door de snaar tegen een fret te drukken, wordt de toon hoger.

- d Dit verschijnsel heet resonantie.
- e Komt de trilling in een snaar overeen met de eigentrilling van een andere snaar, dan gaat deze snaar meetrillen. De frequentie van de aangeslagen snaar moet dan overeenkomen met de grondtoon of met een van de boventonen van de meetrillende snaar.
Sla je de snaar met de hoogste toon aan, dan kan deze overeenkomen met boventonen in andere snaren waardoor ze gaan meetrillen.
Sla je de snaar met de laagste toon aan, dan ontstaan er ook boventonen in deze snaar. Zo'n boventoon kan overeenkomen met de grondtoon van andere snaren waardoor ze gaan meetrillen.

Opgave 29

- a De frequentie bereken je met de formule voor de golfsnelheid.
De golflengte volgt uit de lengte van de klankkast.

De klankkast heeft een open en een gesloten uiteinde.

In de grondtoon is er één knoop K en één buik B.

Dus voor de lengte van de klankkast geldt: $\ell = \frac{1}{4} \lambda$.

$$\ell = 17,8 \text{ cm} = 17,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$17,8 \cdot 10^{-2} = \frac{1}{4} \lambda$$

$$\lambda = 7,12 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

$$v = 0,343 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 15A bij } 293 \text{ K} = 20^\circ \text{C})$$

$$0,343 \cdot 10^3 = f \cdot 7,12 \cdot 10^{-1}$$

$$f = 4,817 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

Afgerond: $f = 482 \text{ Hz}$.

- b De buik ligt iets buiten de kast. De lengte ℓ van de trillende kolom is dus groter dan 17,8 cm.
Uit $\ell = \frac{1}{4} \lambda$ volgt dan dat de golflengte λ groter is dan berekend.

Omdat de golfsnelheid hetzelfde is, volgt uit $v = f \cdot \lambda$ dat bij een grotere golflengte de frequentie kleiner is dan berekend bij vraag a.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

Opgave 30

- a In de buis ontstaat onder bepaalde omstandigheden een staande golf. Bij een staande golf hoort een bepaalde golflengte en daarmee een bepaalde eigenfrequentie die samenhangt met de lengte van de buis.
Door het blazen wordt de lucht in de buis in trilling gebracht. Hierbij ontstaan trillingen met alle mogelijke frequenties. Als een frequentie van een trilling gelijk is aan de eigenfrequentie van de luchtkolom in de buis, dan treedt resonantie op en hoor je een toon.
- b De omlooptijd bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparig beweging.
De afstand die het uiteinde van de buis aflegt, bereken je met de omtrek van een cirkelbaan.

$$s = 2\pi \cdot r$$

$$r = \ell = 70 \text{ cm} = 0,70 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert } s = 2\pi \times 0,70.$$

$$s = 4,398 \text{ m}$$

$$s = v \cdot t$$

$$v = v_{\text{draai}} = 13,8 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{aflezen in figuur 9.60 van het boek})$$

$$4,398 = 13,8 \times t$$

$$t = 0,318 \text{ s}$$

$$\text{Afgerond: } t = 0,32 \text{ s.}$$

- c De golflengte bereken je met de formule voor de golfsnelheid.

$$v = f \cdot \lambda$$

$$v = 0,343 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{aflezen in BINAS tabel 15A bij } 293 \text{ K} = 20 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$f = 7,0 \cdot 10^2 \text{ Hz} \quad (\text{aflezen in figuur 9.60 van het boek})$$

$$0,343 \cdot 10^3 = 7,0 \cdot 10^2 \cdot \lambda$$

$$\lambda = 0,490 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } \lambda = 0,49 \text{ m.}$$

- d Als toon 1 de laagst mogelijke toon is, dan is het de grondtoon.
De muziekslang is een buis met twee open uiteinden.
Het patroon van knopen (K) en buiken (B) is dan BKB.
Voor de golflengte geldt dan $\ell = \frac{1}{2} \lambda$.

Methode 1

$$\ell = \frac{1}{2} \lambda$$

$$\ell = 70 \text{ cm} = 0,70 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert } 0,70 = \frac{1}{2} \lambda.$$

$$\lambda = 1,40 \text{ m}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

$$v = 0,343 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{aflezen in BINAS tabel 15A bij } 293 \text{ K} = 20 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\text{Invullen levert } 0,343 \cdot 10^3 = f \cdot 1,40.$$

$$f = 245 \text{ Hz}$$

Dit is veel lager dan toon 1. Dus toon 1 is niet de laagst mogelijke toon.

Methode 2

$$v = f \cdot \lambda$$

$$f = 4,8 \cdot 10^2 \text{ Hz} \quad (\text{aflezen in figuur 9.60 van het boek bij toon 1})$$

$$v = 0,343 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (\text{aflezen in BINAS tabel 15A bij } 293 \text{ K} = 20 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\lambda = 0,71 \text{ m}$$

De berekende golflengte is ongeveer de lengte van de buis.

Bij de grondtoon geldt $\ell = \frac{1}{2} \lambda$. Dan is de golflengte twee keer de lengte van de buis.

Dus de frequentie bij toon 1 is niet de grondtoon en daardoor niet de laagst mogelijke frequentie.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

Opgave 31

- a Welk figuur hoort bij gat A leg je uit met de lengte van een lipje en de golflengte.
De golflengte bereken je met de frequentie van een grondtoon.
De frequentie bepaal je met figuur 9.62.

Een lipje zit aan een kant vast. Aan die kant zit een knoop (K). Het andere uiteinde kan vrij bewegen. Daar komt dus een buik (B).

In de grondtoon is er één knoop K en één buik B.

Dus voor de lengte van een lipje geldt: $\ell = \frac{1}{4} \lambda$.

Bij gat A hoort een langer lipje dan bij gat B. Omdat het lipje langer is, is de bijbehorende golflengte groter.

Volgens $v = f \cdot \lambda$ is bij een grotere golflengte de erbij behorende frequentie juist kleiner. Dit komt doordat het materiaal van de lipjes hetzelfde is. Alleen de lengte verschilt.

De frequentie is het aantal trillingen per tijdseenheid. Figuur 9.62a laat meer trillingen zien per 20 ms dan figuur 9.62b. Dus figuur 9.62b hoort bij lipje A.

- b De frequentie bereken je met de trillingstijd.
De trillingstijd bepaal je in figuur 9.62a.

In figuur 9.62a ligt de eerste top bij 0,3 ms en de negende top bij 18,5 ms.

Dit zijn dus 8 trillingen verdeeld over $18,5 - 0,3 = 18,2 \text{ ms} = 18,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.

$$T = \frac{18,2 \cdot 10^{-3}}{8} = 2,275 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\text{Invullen levert } f = \frac{1}{2,275 \cdot 10^{-3}} \cdot$$

$$f = 439,5 \text{ Hz}$$

Volgens BINAS 15C heet die toon a1.

- c De voortplantingssnelheid bereken je met de formule voor de golfsnelheid.
De golflengte volgt uit de lengte van het lipje.

Voor de lengte van een lipje geldt:

$$\ell = \frac{1}{4} \lambda \text{ (zie vraag a)}$$

$$\ell = 1,20 \text{ cm} = 1,20 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert } 1,20 \cdot 10^{-2} = \frac{1}{4} \lambda \cdot$$

$$\lambda = 4,80 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

$$f = 392 \text{ Hz}$$

$$v = 392 \times 4,80 \cdot 10^{-2}$$

$$v = 18,81 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v = 18,8 \text{ m s}^{-1}.$$

- d Zie figuur 9.8.

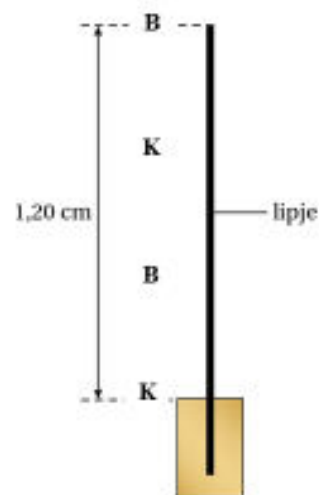
Toelichting

Aan het vaste uiteinde zit een knoop K.

Aan het vrije uiteinde een buik B.

Omdat het lipje trilt in de eerste boventoon, bevinden zich tussen de twee uiteinden nog een knoop en een buik.

De knopen en buiken bevinden zich op gelijke afstand van elkaar.



Figuur 9.8

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

9.7 Afsluiting

Opgave 32

- a De frequentie van de grondtoon bereken je met de formule voor golfsnelheid.
De golflengte volgt uit de lengte van de snaar.

$$\ell = \frac{1}{2} \lambda$$

$$\ell = 45 \text{ cm} = 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Invullen levert } 0,45 = \frac{1}{2} \lambda.$$

$$\lambda = 0,90 \text{ m}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

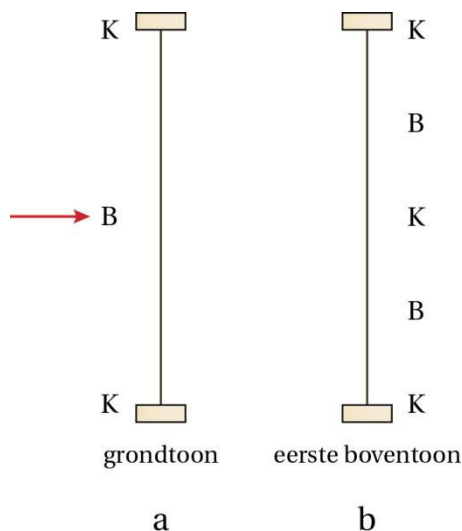
$$v = 4,0 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Invullen levert } 4,0 \cdot 10^2 = f \times 0,90.$$

$$f = 4,444 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

$$\text{Afgerond: } f = 4,4 \cdot 10^2 \text{ Hz.}$$

- b Uit $\ell = \frac{1}{2} \lambda$ volgt dat een langere snaar leidt tot een grondtoon met een grotere golflengte.
Uit $v = f \cdot \lambda$ volgt dat bij dezelfde golfsnelheid de frequentie kleiner is.
Een langere snaar geeft dus een lagere grondtoon.
- c Zie figuur 9.9a.



Figuur 9.9

Toelichting

De punten waar de snaar ingeklemd zit, kunnen niet bewegen en zijn dus per definitie knooppunten. Bij de grondtoon is er maar één buik precies in het midden tussen de knopen.

- d Zie figuur 9.9b.
Bij de eerste boventoon komt er een buik en een knoop bij.
- e Zie figuur 9.9a. De harpist dempt de snaar in het midden. Daardoor ontstaat daar een knoop op de plaats die overeenkomt met de eerste boventoon.
- f resonantie
- g De houten stok werkt als medium en geleidt de geluidsgolven van de piano naar de harp.

Havo 5 Hoofdstuk 9 Uitwerkingen

Opgave 33

- a Bij een transversale golf is de richting van de trilling loodrecht op de richting waarin de golf beweegt.
Bij een longitudinale golf is de richting van de trilling dezelfde als de richting waarin de golf beweegt.
- b De golflengte bereken je met de formule voor golfsnelheid.

$$v = f \cdot \lambda$$

$$v = 3,4 \text{ km s}^{-1} = 3,4 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

$$f = 1,2 \text{ Hz}$$

$$\text{Invullen levert } 3,4 \cdot 10^3 = 1,2 \times \lambda.$$

$$\lambda = 2,83 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$\text{Afgerond: } \lambda = 2,8 \text{ km.}$$

- c De veerconstante bereken je met de formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem.
De trillingstijd bereken je met de formule voor frequentie.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 0,37 \text{ Hz}$$

$$0,37 = \frac{1}{T}$$

$$T = 2,70 \text{ s}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$$

$$m = 4,2 \text{ kg}$$

$$\text{Invullen levert } 2,70 = 2\pi \sqrt{\frac{4,2}{C}}.$$

$$C = 2,27 \cdot 10^1 \text{ N m}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } C = 2,3 \cdot 10^1 \text{ N m}^{-1}.$$

- d De gemiddelde snelheid van de longitudinale golven bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.
De tijd bereken je met de tijdsduur voor de transversale golven en het tijdverschil tussen de transversale en de longitudinale golven.
Het tijdverschil bepaal je met behulp van figuur 9.68 in het boek.
De tijdsduur van de transversale golven bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.

$$s_{\text{trans}} = v_{\text{trans}} \cdot t_{\text{trans}}$$

$$s_{\text{trans}} = 2,3 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$v_{\text{trans}} = 3,4 \text{ km s}^{-1}$$

$$2,3 \cdot 10^3 = 3,4 \times t_{\text{trans}}$$

$$t_{\text{trans}} = 6,764 \cdot 10^2 \text{ s}$$

In figuur 9.68 van het boek lees je af dat het tijdverschil tussen de transversale en de longitudinale golven 3,5 minuut = $3,5 \times 60 = 210 \text{ s}$ is.

$$t_{\text{long}} = 6,764 \cdot 10^2 - 210 = 4,664 \cdot 10^2 \text{ s}$$

$$s_{\text{long}} = v_{\text{long}} \cdot t_{\text{long}}$$

$$s_{\text{long}} = 2,3 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$t_{\text{long}} = 4,664 \cdot 10^2 \text{ s}$$

$$2,3 \cdot 10^3 = v_{\text{long}} \times 4,664 \cdot 10^2$$

$$v_{\text{long}} = 4,93 \text{ km s}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } v_{\text{long}} = 4,9 \text{ km s}^{-1}.$$