

7 Trillingen en golven

3 havo

7.1 Wat is een trilling?

- 1***
- a** Wat is een trilling?
- een trilling is een periodieke beweging om een evenwichtsstand
- b** Wat is de trillingstijd?
- de trillingstijd is de tijd waarin één volledige trilling wordt uitgevoerd
- c** Met welke letters worden de grootte en eenheid van de trillingstijd aangegeven?
- grootte: hoofdletter T | eenheid kleine letter s (seconde)
- d** Wat is de periode?
- hetzelfde als de trillingstijd
- e** Wat is de frequentie?
- het aantal trillingen dat per seconde wordt uitgevoerd
- f** Wat bedoel je met Hertz?
- Hertz (Hz) is de eenheid van de frequentie
- 2***
- a** De trapper van een fiets tijdens het fietsen.
- geen trilling → wel periodieke beweging maar geen evenwichtsstand
- b** De beweging van je trommelvlies als je iets hoort.
- wel trilling → periodieke beweging en een evenwichtsstand
- c** Een robot die dozen van een lopende band pakt.
- geen trilling → wel periodieke beweging maar geen evenwichtsstand
- d** Eb en vloed aan de kust.
- wel trilling → periodieke beweging en een evenwichtsstand
- e** De beweging van een satelliet om de aarde.
- geen trilling → wel periodieke beweging maar geen evenwichtsstand
- f** Een kind op een schommel.
- wel trilling → periodieke beweging en een evenwichtsstand

- g** Een kind op een wipkip.
- wel trilling → periodieke beweging en een evenwichtsstand
- h** Een tak aan een boom die heen-en-weer zwaait.
- wel trilling → periodieke beweging en een evenwichtsstand

- 3****
- a** Hoe vaak is de slinger in deze tijd in punt A geweest?
- na 10 slingeren is de slinger 10 keer in punt A geweest
- b** Hoe vaak is de slinger in deze tijd in punt B geweest?
- in één periode gaat de slinger twee keer door de evenwichtsstand
 - na 10 slingeren is de slinger 20 keer in punt B geweest
- c** Hoe groot is de trillingstijd?
- 10 slingeren in 4,0 seconde → 1 slinger in 0,40 s
- d** Bereken de frequentie.
- $T = 0,40 \text{ s} \quad | \quad f = \dots \text{ Hz}$
 - $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ Hz}$

- 4****
- a** Welke frequentie heeft deze machine?
- 300 steken per minuut is $\frac{300}{60} = 5,0$ steken per seconde
 - de machine heeft een frequentie van 5,0 Hz
- b** Met welke frequentie draait de motor?
- 2400 toeren per minuut is $\frac{2400}{60} = 40$ toeren per seconde
 - de motor heeft een frequentie van 40 Hz

- 5****
- a** Hoeveel seconde duurt een enkele stap.
- 120 stappen per minuut → 120 stappen in 60 seconden
 - één stap duurt $\frac{60}{120} = 0,50 \text{ s}$
- b** Bereken hoe lang ze daar over doen.
- iedere 0,50 s één stap van 80 cm
 - iedere seconde leggen de soldaten 1,6 meter af
 - 10 km = 10000 m

- aantal seconden: $\frac{10000}{1,6} = 6250 \text{ s}$
- $t = 6250 \text{ s} = \frac{6250}{60} = 104,16667 = 104 \text{ minuten}$

6* a Bereken de trillingstijd.

- $f = 650 \text{ Hz} \quad | \quad T = \dots \text{ s}$
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{f}$
- $T = \frac{1}{650} = 0,00154 \text{ s}$

7** a Bereken de trillingstijd.

- $f = 2,1 \cdot 10^4 \text{ Hz} \quad | \quad T = \dots \text{ s}$
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{f} \rightarrow T = \frac{1}{2,1 \cdot 10^4} = 4,76 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

b Hoeveel trillingen bevat dit signaal?

- $t = 0,20 \text{ s} \quad | \quad f = 2,1 \cdot 10^4 \text{ Hz} \quad (f \text{ is aantal trillingen per seconde})$
- aantal trillingen = $2,1 \cdot 10^4 \cdot 0,2 = 4,2 \cdot 10^3$

8** a Leg uit wat er NIET verandert als je het blokje een tijdje laat slingeren:

- de frequentie NIET: in 0,20 s van de uiterste stand naar de evenwichtsstand
- de uitwijking WEL: bij een trilling verandert de uitwijking voortdurend
- de amplitude WEL: want de trilling dempt en wordt uiteindelijk nul
- de trillingstijd NIET: in 0,20 s van de uiterste stand naar de evenwichtsstand

b Wat weet je van de snelheid in de uiterste stand?

- in de uiterste stand is de snelheid nul

c Wat weet je van de snelheid in de evenwichtsstand?

- in de evenwichtsstand is de snelheid maximaal

d Bereken de frequentie van deze slinger.

- in 0,10 s van de uiterste stand naar de evenwichtsstand
- van de uiterste stand naar de evenwichtsstand is $\frac{1}{4}$ trilling
- een hele trilling duurt $4 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ s}$
- $T = 0,80 \text{ s}$
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ Hz}$

- 9****
- a** Bereken de trillingstijd.
- 18 keer per minuut → 18 keer in 60 seconden
 - $T = \frac{60}{18} = 3,333 \text{ s}$
- b** Bereken de frequentie.
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{3,333} = 0,30 \text{ Hz}$

- 10*****
- a** Leg uit in welke stand je het beste de stopwatch kunt starten.
- start op de uiterste stand want dan staat het blokje even stil en dat is goed te zien
- b** Wie van hen voert de nauwkeurigste meting uit: Arend of Simon, of zijn beide metingen even nauwkeurig?
- vanwege de reactietijd maak je bij het indrukken van de stopwatch een kleine fout
 - bij Arend komt deze meetfout in het resultaat
 - bij Simon wordt deze meetfout gedeeld door 10 en komt pas daarna in het resultaat
 - de meting van Simon is dus nauwkeuriger dan die van Arend

(u, t)-diagram

- 11****
- a** Hoe groot is de amplitude?
- aflezen: maximale uitwijking → $A = 0,45 \text{ cm}$
- b** Hoe groot is de trillingstijd?
- aflezen: 4 trillingen in 21 seconden
 - $T = \frac{21}{4} = 5,25 \text{ s}$
- c** Hoe groot is de frequentie?
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{5,25} = 0,19 \text{ Hz}$

- 12****
- a** Hoe groot is de amplitude?
- aflezen: maximale uitwijking → $A = 0,38 \text{ cm}$
- b** Hoe groot is de trillingstijd?
- aflezen: 4 trillingen in $61 - 5 = 56 \text{ s}$
 - $T = \frac{56}{4} = 14 \text{ s}$
- c** Hoe groot is de frequentie?
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{14} = 0,0714 \text{ Hz}$

- 13****
- a** Hoe groot is de amplitude?
- aflezen: maximale uitwijking → $A = 4,5 \text{ mm}$
- b** Hoe groot is de trillingstijd?
- aflezen: 3 trillingen in $62,5 \text{ } \mu\text{s}$ (microseconde)
 - één trilling duurt $\frac{62,5 \cdot 10^{-6}}{3} = 20,8333 \cdot 10^{-6} \text{ s}$
- c** Hoe groot is de frequentie?
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{20,8333 \cdot 10^{-6}} = 48000 = 4,8 \cdot 10^4 \text{ Hz}$

- 14*****
- a** Hoe groot is de amplitude?
- aflezen: maximale uitwijking → $A = 14 \text{ cm}$
- b** Hoe groot is de trillingstijd?
- aflezen: 3 trillingen in 20 ms (milliseconden)
 - één trilling duurt $\frac{0,020}{3} = 0,006667 \text{ s}$
- c** Hoe groot is de frequentie?
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{0,006667} = 150 \text{ Hz}$

Trillingen waarnemen

- 15****
- a** Bepaal de trillingstijd.
- aflezen: er zijn 1,5 trillingen in 7 hokjes
 - 1 hokje = $20 \text{ } \mu\text{s}$
 - 1,5 trillingen in $7 \cdot 20 = 140 \text{ } \mu\text{s}$
 - 1 trilling in $\frac{140}{1,5} = 93,33 \text{ } \mu\text{s}$
- b** Bepaal de frequentie.
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{93,33 \cdot 10^{-6}} = 10.714 \text{ Hz} \quad (1,07 \cdot 10^4 \text{ Hz})$
- c** Bepaal de amplitude.
- aflezen: maximale uitwijking → 4,2 hokjes
 - 1 hokje = $0,5 \text{ V}$
 - 4,2 hokjes is $4,2 \cdot 0,5 = 2,1 \text{ V}$

- 16*****
- a** Bepaal de trillingstijd.
- aflezen: er zijn 1,5 trillingen in 10 hokjes
 - 1 hokje = 5 μs
 - 1,5 trillingen in $10 \cdot 5 = 50 \mu\text{s}$
 - 1 trilling duurt $\frac{50}{1,5} = 33,333 = 33 \mu\text{s}$
- b** Bepaal de frequentie.
- $T = 33,333 \mu\text{s} = 33,333 \cdot 10^{-6} \text{ s}$
 - $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{33,333 \cdot 10^{-6}} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ Hz}$
- c** Bepaal de amplitude.
- aflezen: maximale uitwijking $\rightarrow 2,0$ hokjes
 - 1 hokje = 0,2 mV
 - 2,0 hokjes = 0,40 mV
- d** Leg uit wat je moet doen met de tijdbasis.
- je hoeft niets met de tijdbasis te doen, want het signaal moet verticaal worden vergroot
- e** Leg uit wat je moet doen met de gevoeligheid.
- je moet de gevoeligheid 2,5 keer groter maken (wordt 0,5 mV / div)

- 17*****
- a** Bepaal de trillingstijd.
- aflezen: er is 1 trillingen in 3,8 hokjes
 - 1 hokje = 50 ms
 - 1 trilling duurt $3,8 \cdot 50 = 190 \text{ ms}$
- b** Bepaal de frequentie.
- $T = 190 \text{ ms} = 0,19 \text{ s}$
 - $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{0,19} = 5,263 = 5,3 \text{ Hz}$
- c** Bepaal de amplitude.
- aflezen: maximale uitwijking $\rightarrow 4,3$ hokjes
 - 1 hokje = 0,2 V
 - 4,3 hokjes = $4,3 \cdot 0,2 = 0,86 \rightarrow A = 0,86 \text{ V}$
- d** Leg uit of je nu meer of minder trillingen op het scherm ziet.
- de tijdbasis wordt korter
 - er zijn minder trillingen op het scherm te zien

18***

a Hoeveel tijd zit er tussen de punten P en T?

- tussen de punten P en T zitten 11,3 hokjes
- 1 hokje = 20 ms = 0,020 s
- $11,3 \cdot 0,02 = 0,226$ s

b Hoeveel slagen geeft het hart per minuut?

- tussen twee hoge pieken zitten 25 hokjes
- 1 hokje = 20 ms = 0,020 s
- $25 \cdot 0,02 = 0,50$ s
- 1 hartslag duur 0,50 s → aantal per minuut is $\frac{60}{0,5} = 120$ hartslagen

c Hoeveel millivolt is het signaal bij punt R?

- gerekend vanaf de lijn tussen twee hartslagen is de piek bij R 12 hokjes hoog
- 1 hokje = $200 \mu\text{s} = 200 \cdot 10^{-6}$ s
- $12 \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-3}$ V = 2,4 mV

7.2 Eigentrilling en resonantie

Massaveersysteem

1** a Bereken de trillingstijd als $m = 400 \text{ g}$ en $C = 2,0 \text{ N/m}$.

- $m = 0,4 \text{ kg}$ | $C = 2,0 \text{ N/m}$ | $T = \dots \text{ s}$

- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0,4}{2}} \rightarrow T = 2,8 \text{ s}$

b Bereken de trillingstijd als $m = 800 \text{ g}$ en $C = 2,0 \text{ N/m}$.

- $m = 0,8 \text{ kg}$ | $C = 2,0 \text{ N/m}$ | $T = \dots \text{ s}$

- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0,8}{2}} \rightarrow T = 4,0 \text{ s}$

c Bereken de trillingstijd als $m = 400 \text{ g}$ en $C = 4,0 \text{ N/m}$.

- $m = 0,4 \text{ kg}$ | $C = 4,0 \text{ N/m}$ | $T = \dots \text{ s}$

- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0,4}{4}} \rightarrow T = 2,0 \text{ s}$

2** a Bereken de massa als $T = 1,0 \text{ s}$ en $C = 10 \text{ N/m}$.

- $T = 1,0 \text{ s}$ | $C = 10 \text{ N/m}$ | $m = \dots \text{ kg}$

- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow 1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{10}} \rightarrow \frac{1}{2\pi} = \sqrt{\frac{m}{10}}$

- kwadrateren: $\left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 = \frac{m}{10} \rightarrow 0,02533 = \frac{m}{10}$

- $m = 0,02533 \cdot 10 = 0,25 \text{ kg}$

b Bereken de massa als $T = 2,0 \text{ s}$ en $C = 10 \text{ N/m}$.

- $T = 2,0 \text{ s}$ | $C = 10 \text{ N/m}$ | $m = \dots \text{ kg}$

- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow 2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{10}} \rightarrow \frac{2}{2\pi} = \sqrt{\frac{m}{10}}$

- kwadrateren: $\left(\frac{2}{2\pi}\right)^2 = \frac{m}{10} \rightarrow 0,10132 = \frac{m}{10}$

- $m = 0,10132 \cdot 10 = 1,01 \text{ kg}$

c Bereken de massa als $T = 1,0 \text{ s}$ en $C = 20 \text{ N/m}$.

- $T = 1,0 \text{ s}$ | $C = 20 \text{ N/m}$ | $m = \dots \text{ kg}$

- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow 1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{20}} \rightarrow \frac{1}{2\pi} = \sqrt{\frac{m}{20}}$

- kwadrateren: $\left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 = \frac{m}{20} \rightarrow 0,02533 = \frac{m}{20}$
- $m = 0,02533 \cdot 20 = 0,51 \text{ kg}$

3* a** Bereken de veerconstante als $T = 10 \text{ s}$ en $m = 5,0 \text{ kg}$.

- $T = 10 \text{ s} \mid m = 5,0 \text{ kg} \mid C = \dots \text{ N/m}$
- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow 10 = 2\pi\sqrt{\frac{5}{C}} \rightarrow \frac{10}{2\pi} = \sqrt{\frac{5}{C}}$
- kwadrateren: $\left(\frac{10}{2\pi}\right)^2 = \frac{5}{C} \rightarrow 2,533 = \frac{5}{C}$
- $C = \frac{5}{2,533} = 2,0 \text{ N/m}$

b Bereken de veerconstante als $T = 20 \text{ s}$ en $m = 5,0 \text{ kg}$.

- $T = 20 \text{ s} \mid m = 5,0 \text{ kg} \mid C = \dots \text{ N/m}$
- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow 20 = 2\pi\sqrt{\frac{5}{C}} \rightarrow \frac{20}{2\pi} = \sqrt{\frac{5}{C}}$
- kwadrateren: $\left(\frac{20}{2\pi}\right)^2 = \frac{5}{C} \rightarrow 10,132 = \frac{5}{C}$
- $C = \frac{5}{10,132} = 0,49 \text{ N/m}$

c Bereken de veerconstante als $T = 10 \text{ s}$ en $m = 10 \text{ kg}$.

- $T = 10 \text{ s} \mid m = 10 \text{ kg} \mid C = \dots \text{ N/m}$
- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow 10 = 2\pi\sqrt{\frac{10}{C}} \rightarrow \frac{10}{2\pi} = \sqrt{\frac{10}{C}}$
- kwadrateren: $\left(\frac{10}{2\pi}\right)^2 = \frac{10}{C} \rightarrow 2,533 = \frac{10}{C}$
- $C = \frac{10}{2,533} = 3,95 \text{ N/m}$

4 a** Hoe groot is de trillingstijd van de auto?

- $m = 950 \text{ kg} \mid C = 4,0 \cdot 10^4 \text{ N/m} \mid T = \dots \text{ s}$
- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{950}{4,0 \cdot 10^4}} \rightarrow T = 0,9683 = 0,97 \text{ s}$

b Hoe groot is de frequentie van de auto?

- $T = 0,9683 \text{ s} \rightarrow f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{0,9683} = 1,0323 = 1,03 \text{ Hz}$

- b** Waar dienen de schokdempers bij een auto voor?
- om de trilling snel te laten stoppen (dempen)

5***

a Bereken de massa van de stoel.

- $f = 1,0 \text{ Hz} \rightarrow T = \frac{1}{f} \rightarrow T = \frac{1}{1} = 1,0 \text{ s}$
- $T = 1,0 \text{ s} \mid C = 800 \text{ N/m} \mid m = \dots \text{ kg}$
- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow 1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{800}} \rightarrow \frac{1}{2\pi} = \sqrt{\frac{m}{800}}$
- kwadrateren: $\left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 = \frac{m}{800} \rightarrow 0,02533 = \frac{m}{800}$
- $m = 0,02533 \cdot 800 = 20,264 = 20,3 \text{ kg}$

b Bereken de massa van de chauffeur.

- $f = 0,5 \text{ Hz} \rightarrow T = \frac{1}{f} \rightarrow T = \frac{1}{0,5} = 2,0 \text{ s}$
- $T = 2,0 \text{ s} \mid C = 800 \text{ N/m} \mid m = \dots \text{ kg}$
- $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow 2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{800}} \rightarrow \frac{2}{2\pi} = \sqrt{\frac{m}{800}}$
- kwadrateren: $\left(\frac{2}{2\pi}\right)^2 = \frac{m}{800} \rightarrow 0,10132 = \frac{m}{800}$
- $m = 0,10132 \cdot 800 = 81,057 \text{ kg}$
- massa chauffeur: $m = 81,057 - 20,264 = 60,7927 = 60,8 \text{ kg}$

6***

a Beredeneer met behulp van de formule $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ hoeveel extra massa die je aan de veer moet hangen.

- T moet 2 keer zo groot worden
- \sqrt{m} moet 2 keer zo groot worden $\rightarrow m$ moet 4 keer zo groot worden
- nieuwe massa is 80 gram
- je moet 60 gram toevoegen

b Leg uit of je een veer moet kiezen met een grotere of met een kleinere veerconstante.

- T moet groter worden
- C staat in de noemer van een breuk en moet dus kleiner worden

- c Bereken met behulp van de formule $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ hoeveel groter of kleiner de veerconstante moet zijn.
- T moet 2 keer zo groot worden
 - \sqrt{C} moet 2 keer zo klein worden
 - C moet 4 keer zo klein worden

7****

- a Bereken de veerconstante van de veer.
- $m = 50 \text{ g} = 0,050 \text{ kg}$ | $T = 0,80 \text{ s}$ | $C = \dots \text{ N/m}$
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$
 - $0,8 = 2\pi\sqrt{\frac{0,05}{C}} \rightarrow \frac{0,8}{2\pi} = \sqrt{\frac{0,05}{C}} \rightarrow 0,126106 = \frac{0,05}{\sqrt{C}}$
 - $C = \frac{0,05}{0,126106^2} = 3,08425 = 3,1 \text{ N/m}$
- b Bereken de lengte van de veer als er geen poppetje aan hangt.
- $C = 3,08425 \text{ N/m}$ | $m = 0,050 \text{ kg}$ | $u = \dots \text{ m}$
 - $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,050 \cdot 9,81 = 0,4905 \text{ N}$
 - $F = C \cdot u \rightarrow u = \frac{F}{C}$
 - $u = \frac{0,4905}{3,08425} = 0,15903 \text{ m} = 15,9 \text{ cm}$
 - $\ell = \ell_0 + u \rightarrow \ell_0 = \ell - u$
 - $\ell_0 = 20 - 15,9 = 4,1 \text{ cm}$

8****

- a Bereken de veerconstante van de spiraalveer.
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 0,25 \cdot 9,81 = 2,4525 \text{ N}$
 - $F = 2,4525 \text{ N}$ | $u = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$ | $C = \dots \text{ N/m}$
 - $F = C \cdot u \rightarrow 2,4525 = C \cdot 0,15 \rightarrow C = 16,35 \text{ N/m}$
- b Hoe groot is de amplitude?
- de veer wordt 5,0 cm uitgerekt $\rightarrow A = 0,050 \text{ m}$
- c Met welke trillingstijd gaat het blokje trillen?
- $m = 0,25 \text{ kg}$ | $C = 16,35 \text{ N/m}$ | $T = \dots \text{ s}$
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0,25}{16,35}} \rightarrow T = 0,77695 = 0,78 \text{ s}$
- d Hoe groot is de frequentie?
- $T = 0,77695 \text{ s} \rightarrow f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{0,77695} = 1,287 = 1,29 \text{ Hz}$

- e Hoeveel trillingen zijn er per minuut?
- het blokje maakt 1,287 trillingen per seconde
 - een minuut heeft 60 seconden
 - aantal trillingen per minuut: $1,287 \cdot 60 = 77,225 = 77,2$ trillingen per minuut

Slinger

- 9****
- a Bereken de trillingstijd als $\ell = 2,0$ m.
- $\ell = 2,0$ m | $g = 9,81$ m/s² | $T = \dots$ s
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{2,0}{9,81}} = 2,837 = 2,8$ s
- b Bereken de frequentie als $\ell = 4,0$ cm.
- $\ell = 4,0$ cm = 0,040 m | $g = 9,81$ m/s² | $T = \dots$ s
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0,040}{9,81}} = 0,4012$ s
 - $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{0,4012} = 2,4924 = 2,5$ Hz

- 10**** Voor een slinger geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$
- a Bereken de lengte als $T = 4,0$ s.
- $T = 4,0$ s | $g = 9,81$ m/s² | $\ell = \dots$ m
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow 4 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{9,81}} \rightarrow \frac{4}{2\pi} = \sqrt{\frac{\ell}{9,81}}$
 - kwadrateren: $\left(\frac{4}{2\pi}\right)^2 = \frac{\ell}{9,81} \rightarrow 0,40528 = \frac{\ell}{9,81}$
 - $\ell = 0,40528 \cdot 9,81 = 3,9758 = 4,0$ m
- b Bereken de lengte als $T = 1,8$ minuten.
- $T = 1,8$ minuten = 96 s | $g = 9,81$ m/s² | $\ell = \dots$ m
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow 96 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{9,81}} \rightarrow \frac{96}{2\pi} = \sqrt{\frac{\ell}{9,81}}$
 - kwadrateren: $\left(\frac{96}{2\pi}\right)^2 = \frac{\ell}{9,81} \rightarrow 233,444 = \frac{\ell}{9,81}$
 - $\ell = 233,444 \cdot 9,81 = 2290$ m (2,29 km)
- c Bereken de lengte als $T = 25$ ms (milliseconden).
- $T = 25$ ms = 0,025 s | $g = 9,81$ m/s² | $\ell = \dots$ m

- $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow 0,025 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{9,81}} \rightarrow \frac{0,025}{2\pi} = \sqrt{\frac{\ell}{9,81}}$
- kwadrateren: $\left(\frac{0,025}{2\pi}\right)^2 = \frac{\ell}{9,81} \rightarrow 1,583 \cdot 10^{-5} = \frac{\ell}{9,81}$
- $\ell = 1,583 \cdot 10^{-5} \cdot 9,81 = 1,553 \cdot 10^{-4} \text{ m} \quad (0,1553 \text{ mm})$

- 11****
- a** Wie heeft er gelijk, Ella, Sofie of geen van beiden?
- de amplitude is de maximale uitwijking en is 1 meter
 - Ella en Sofie hebben beiden geen gelijk
- b** Wanneer is tijdens het schommelen de snelheid nul?
- in de uiterste stand is de snelheid nul
- c** Wanneer is tijdens het schommelen de snelheid maximaal?
- in de evenwichtsstand is de snelheid maximaal
- d** Wie heeft de grootste trillingstijd, Ella, Sofie of is de trillingstijd gelijk?
- voor de trillingstijd van een slinger geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$
 - in de formule komt de massa niet voor
 - de trillingstijd is voor beiden gelijk

- 12****
- a** Bereken de trillingstijd van deze slinger.
- $\ell = 67 \text{ m} \quad | \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad | \quad T = \dots \text{ s}$
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{67}{9,81}} = 16,42 = 16 \text{ s}$
- b** Bereken de frequentie van deze slinger.
- $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{16,42} = 0,0609 \text{ Hz}$

- 13*****
- a** Bereken voor iedere slinger de trillingstijd.
- $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ met $\ell = 1,0 \text{ m} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g}} = 2,0 \text{ s}$
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ met $\ell = 4,0 \text{ m} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{4}{g}} = 4,0 \text{ s}$
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ met $\ell = 9,0 \text{ m} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{9}{g}} = 6,0 \text{ s}$

- b** Bereken de verhouding van de trillingstijden.
- verhouding lentes $1 : 4 : 9$
 - verhouding trillingstijden $1 : \sqrt{4} : \sqrt{9} = 1 : 2 : 3$

- 14****** **a** Bereken de lengte van de kabel.
- tussen het loslaten en het botsen tegen de muur voort de kogel voert $\frac{1}{4}$ trilling uit
 - $\frac{1}{4}T = 2,6 \text{ s} \rightarrow T = 10,4 \text{ s}$
 - $T = 10,4 \text{ s} \mid g = 9,81 \text{ m/s}^2 \mid \ell = \dots \text{ m}$
 - $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \rightarrow 10,4 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{9,81}} \rightarrow \frac{10,4}{2\pi} = \sqrt{\frac{\ell}{9,81}}$
 - kwadrateren: $\left(\frac{10,4}{2\pi}\right)^2 = \frac{\ell}{9,81} \rightarrow 2,73972 = \frac{\ell}{9,81}$
 - $\ell = 2,73972 \cdot 9,81 = 26,8767 = 27 \text{ m}$

Resonantie

- 15**** **a** Leg uit waardoor er versterking optreedt.
- de trillende stemvork is de aandrijvende kracht voor het raam
 - resonantie \rightarrow het raam gaat met dezelfde frequentie meetrillen
 - de amplitude van het trillende raam wordt groot
 - grote amplitude \rightarrow hard geluid
- b** Leg uit waarom dit het geval is.
- trillingsenergie wordt van de stemvork naar het raam overgedragen
 - de stemvork verliest snel zijn trillingsenergie
 - het raam draagt trillingsenergie over op de lucht
 - het raam verliest snel zijn trillingsenergie

- 16**** **a** Leg uit wat met resonantie wordt bedoeld.
- door een uitwendige kracht gaat een voorwerp trillen
 - als de aandrijffrequentie gelijk is aan de eigenfrequentie treedt er resonantie op
 - bij resonantie wordt de amplitude van het trillende voorwerp heel groot
- b** Bereken de lengte van slinger 2.
- het bewegen van slinger 1 is de aandrijvende kracht voor slinger 2
 - resonantie: $f_{\text{eigen 1}} = f_{\text{eigen 2}}$
 - slingers hebben dezelfde trillingstijd $\rightarrow T_1 = T_2$
 - $2\pi\sqrt{\frac{\ell_1}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell_2}{g}}$ (merk op dat de massa er niet toe doet)
 - resonantie als $\ell_1 = \ell_2 \rightarrow \ell_2 = 1,5 \text{ m}$

7.3 Lopende golven

- 1****
- a** Leg uit of deze golf transversaal of longitudinaal is.
- de beweging van de mensen is verticaal en de golf beweegt horizontaal
 - het is een transversale golf
- b** Bereken de snelheid waarmee de golf beweegt.
- $s = 50 \text{ cm} = 0,50 \text{ m}$ | $t = 0,40 \text{ s}$ | $v_{\text{gem}} = \dots \text{ m/s}$
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t$
 - $v_{\text{gem}} = \frac{0,5}{0,4} = 1,25 \text{ m/s}$
- c** Bereken hoe lang de golf erover doet om één keer rond te gaan.
- $s = 400 \text{ m}$ | $v = 1,25 \text{ m/s}$ | $t = \dots \text{ s}$
 - $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 400 = 1,25 \cdot t \rightarrow t = 320 \text{ s}$
- 2****
- a** Leg uit of de eendjes hierdoor horizontaal of verticaal gaan bewegen.
- de golf is transversaal
 - de eendjes gaan verticaal bewegen
- b** Leg uit of de afstand tussen de kuikens na de golf groter is geworden, kleiner is geworden of gelijk is gebleven.
- de beweging van de eend en de kuikens is alleen verticaal
 - als de golf voorbij is is de afstand tussen de kuikens gelijk gebleven
- 3*****
- a** Leg uit hoe punt A zijn beweging is begonnen, vanuit de evenwichtsstand omhoog of omlaag.
- de golf beweegt van links naar rechts
 - aan de rechterkant begint het koord omlaag te bewegen
 - punt A is ook begonnen met een beweging omlaag
- b** Bepaal hoeveel trillingen B heeft uitgevoerd.
- kijk van rechts naar links (tegen de bewegingsrichting van de golf)
 - tel $1\frac{3}{4}$ trilling
 - B heeft $1\frac{3}{4}$ trilling uitgevoerd
- c** Bepaal hoeveel trillingen C heeft uitgevoerd.
- kijk van rechts naar links (tegen de bewegingsrichting van de golf)
 - tel $\frac{1}{2}$ trilling
 - C heeft $\frac{1}{2}$ trilling uitgevoerd

- d** De snelheid van punt B is op dit moment nul. Leg dit uit.
- B heeft de maximale uitwijking
 - B gaat omlaag bewegen, zijn bewegingsrichting keert om
 - op dat moment staat punt B heel even stil
- e** Geef met een pijl de richting van de snelheid van punt C aan.
- kijk aan de linkerkant van C (tegen de richting van de golf)
 - er komt een golfberg aan
 - C gaat omhoog bewegen
 - teken een pijl die begint in punt C en verticaal omhoog gaat
- f** Leg uit of de hoeveelheid energie in het koord groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.
- er is geen demping → de energie in het koord blijft gelijk
- g** Leg uit of de amplitude waarmee punt C trilt groter, kleiner of gelijk is aan de amplitude van punt B.
- er is geen demping
 - alle punten van het koord hebben dezelfde amplitude
- h** Leg uit of de hoeveelheid energie in het koord groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.
- er is demping
 - energie wordt omgezet in warmte → de energie in het koord wordt kleiner
- i** Leg uit of de amplitude waarmee punt C trilt groter, kleiner of gelijk is aan de amplitude van punt B.
- er is demping
 - grotere afstand van de trillingsbron
 - in de tijd waarin de golf van B naar C beweegt verliest het koord energie
 - C heeft een kleinere amplitude dan B

4* a Hoe groot is de frequentie?

- $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{5} = 0,20 \text{ Hz}$

b Hoe groot is de golfsnelheid?

- $f = 0,20 \text{ Hz} \mid \lambda = 7,5 \text{ m} \mid v_{\text{golf}} = \dots \text{ m/s}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda$
- $v_{\text{golf}} = 0,2 \cdot 7,5 = 1,5 \text{ m/s}$

5** a Hoe lang doet de golf erover om van het schip naar de oever te gaan?

- $v_{\text{golf}} = 2,3 \text{ m/s} \mid s = 46 \text{ m} \mid t = \dots \text{ s}$

- $s = v_{\text{gem}} \cdot t$ met $v_{\text{gem}} = v_{\text{golf}}$
- $46 = 2,3 \cdot t \rightarrow t = 20 \text{ s}$

b Bereken de golflengte van de golf.

- $T = 0,80 \text{ s} \rightarrow f = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ Hz}$
- $f = 1,25 \text{ Hz} \mid v_{\text{golf}} = 2,3 \text{ m/s} \mid \lambda = \dots \text{ m}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda$
- $2,3 = 1,25 \cdot \lambda \rightarrow \lambda = 1,84 \text{ m}$

c Hoeveel golven zijn er tussen het schip en de oever?

- $\lambda = 1,84 \text{ m} \mid s = 46 \text{ m} \mid \text{aantal golven} = \dots$
- $\text{aantal golven} = \frac{46}{1,84} = 25$

6**

a Bepaal de golflengte.

- aflezen: 3 golven in 60 m
- de golflengte is $\frac{60}{3} = 20 \text{ m}$

b Bepaal de amplitude.

- aflezen: de amplitude is 4,5 m

c Hoe groot is de frequentie?

- $v_{\text{golf}} = 840 \text{ m/s} \mid \lambda = 20 \text{ m} \mid f = \dots \text{ Hz}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow 840 = 20 \cdot f \rightarrow f = 42 \text{ Hz}$

7**

a Bepaal de golflengte.

- aflezen: 2,5 golven in 24 cm
- de golflengte is $\frac{0,24}{2,5} = 0,096 \text{ m}$

b Bepaal de amplitude.

- aflezen: de amplitude is 22,5 cm

c Hoe groot is de golfsnelheid?

- $f = 50 \text{ Hz} \mid \lambda = 0,096 \text{ m} \mid v_{\text{golf}} = \dots \text{ m/s}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow v_{\text{golf}} = 50 \cdot 0,096 = 4,8 \text{ m/s}$

8***

a Bepaal de golflengte.

- je ziet één golf
- opmeten $\lambda = 3,7\text{cm}$
- 20 keer verkleind $\rightarrow \lambda = 20 \cdot 3,7 = 74\text{ cm} = 0,74\text{ m}$

b Bepaal de golfsnelheid.

- opmeten: afstand tussen voorkanten van de golf bij de bovenste en onderste foto
- $s = 6,2\text{ cm}$ \rightarrow 20 keer verkleind $\rightarrow s = 20 \cdot 6,2 = 124\text{ cm}$
- $s = 1,24\text{ m}$ | $t = 0,40\text{ s}$ | $v_{\text{gem}} = \dots\text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 1,24 = v_{\text{gem}} \cdot 0,4 \rightarrow v_{\text{gem}} = v_{\text{golf}} = 3,1\text{ m/s}$

c Bereken de frequentie.

- $\lambda = 0,74\text{ m}$ | $v_{\text{golf}} = 3,1\text{ m/s}$ | $f = \dots\text{ Hz}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow 3,1 = f \cdot 0,74 \rightarrow f = 4,189 = 4,2\text{ Hz}$

d Hoe lang heeft punt A getrild?

- er is één golf gemaakt
- A heeft één periode getrild
- $T = \frac{1}{f} \rightarrow T = \frac{1}{4,189} = 0,2387 = 0,24\text{ s}$

e Bepaal hoeveel tijd er is verstreken tussen het moment waarop A in trilling is gebracht en het moment waarop de onderste opname is gemaakt.

- opmeten: afstand van punt A tot de voorkant van de golf bij de onderste foto
- $s = 12,3\text{ cm}$ | 20 keer verkleind $\rightarrow s = 20 \cdot 12,3 = 246\text{ cm}$
- $s = 2,46\text{ m}$ | $v_{\text{golf}} = v_{\text{gem}} = 3,1\text{ m/s}$ | $t = \dots\text{ s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 2,46 = 3,1 \cdot t \rightarrow t = 0,7935 = 0,79\text{ s}$

9***

a Bereken de golfsnelheid van de tsunami.

- $s = 9000\text{ km}$ | $t = 12,5\text{ h}$ | $v_{\text{gem}} = \dots\text{ km/h}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 9000 = v_{\text{gem}} \cdot 12,5 \rightarrow v_{\text{gem}} = v_{\text{golf}} = 720\text{ km/h}$

b Leg uit waarom de frequentie niet verandert.

- bij een golf wordt de trilling van een trillingsbron doorgegeven aan de omgeving
- de frequentie wordt bepaald door de trillingsbron en verandert onderweg niet

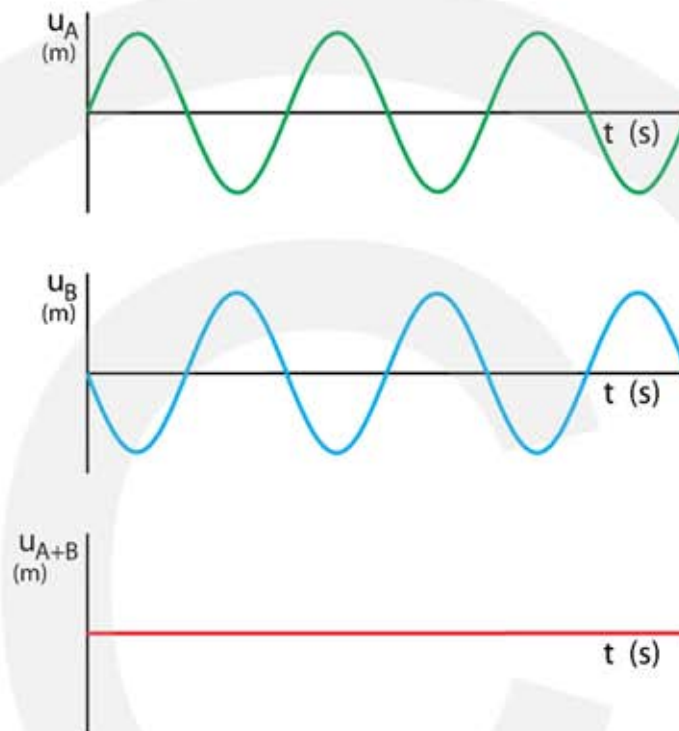
c Leg uit of in ondiep water de golflengte groter of kleiner wordt.

- $v_{\text{golf}} = C \cdot \sqrt{d}$ d wordt kleiner en C blijft constant $\rightarrow v_{\text{golf}}$ wordt kleiner
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda$
- v_{golf} wordt kleiner en f blijft constant $\rightarrow \lambda$ wordt kleiner

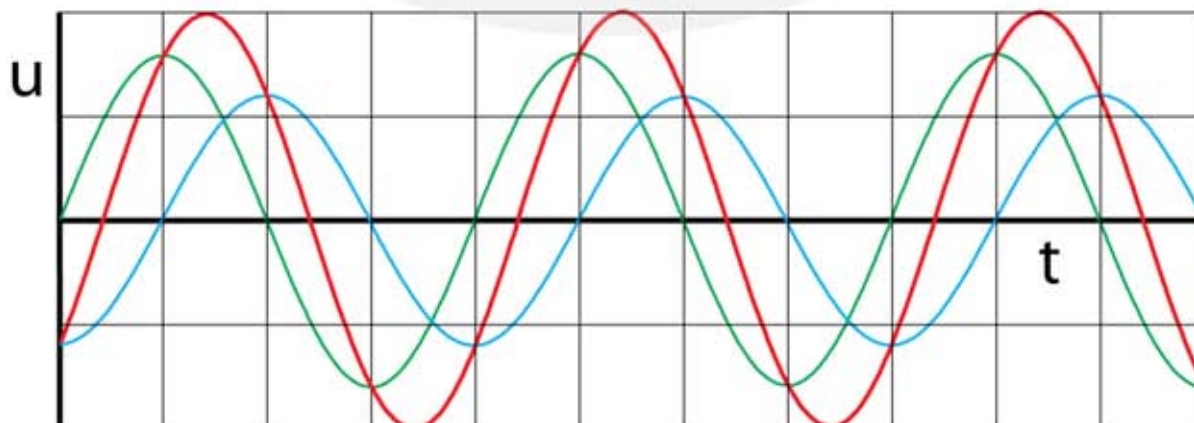
7.4 Interferentie

- 1****
- a** Leg uit wanneer twee trillingsbronnen coherent zijn.
- ze hebben dezelfde frequentie
 - ze hebben dezelfde amplitude
 - ze beginnen op hetzelfde moment aan een nieuwe trilling
- b** Leg uit of de golven uit A en B elkaar in P_1 versterken of verzwakken.
- P_1 ligt op een golfdal van bron A en op een golfdal van bron B
 - er treedt versterking op (constructieve interferentie)
- c** Leg uit of de golven uit A en B elkaar in P_2 versterken of verzwakken.
- P_2 ligt op een golfberg van bron A en op een golfberg van bron B
 - er treedt versterking op (constructieve interferentie)
- d** Leg uit of de golven uit A en B elkaar in P_3 versterken of verzwakken.
- P_3 ligt op een golfdal van bron A en op een golfberg van bron B
 - er treedt verzwakking op (destructieve interferentie)
- 2****
- a** Schets de buiklijnen in het linker figuur.
- buiklijnen: faseverschil is n met $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
 - buiklijnen gaan door de snijpunten van twee groene getrokken cirkels en door de snijpunten van twee blauwe gestreepte cirkels
- b** Schets de knooplijnen in het rechter figuur.
- knooplijnen: faseverschil is $n + \frac{1}{2}$ met $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
 - knooplijnen gaan door de snijpunten van een groene getrokken cirkel en een blauwe gestreepte cirkel
- 3*****
- a** Leg uit hoe het patroon verandert als de frequentie van de trillingsbronnen toeneemt en de golfsnelheid gelijk blijft.
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda$
 - v_{golf} blijft gelijk | f neemt toe $\rightarrow \lambda$ wordt kleiner
 - de afstand tussen buiklijnen en knooplijnen neemt af
- b** Leg uit hoe het patroon verandert als de golfsnelheid toeneemt en de frequentie gelijk blijft.
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda$
 - v_{golf} neemt toe | f blijft gelijk $\rightarrow \lambda$ wordt groter
 - de afstand tussen buiklijnen en knooplijnen neemt toe

- 4*** a Ligt punt P op een buiklijn of op een knooplijn?
- de golf uit B gaat omlaag als de golf uit A omhoog gaat
 - P ligt op een knooplijn
- b Schets het (u, t) -diagram in punt P veroorzaakt door de bronnen A en B samen.



- 5**** a Ligt punt P op een buiklijn, op een knooplijn of tussen een buiklijn en een knooplijn in?
- de golf uit A en B versterken elkaar niet en doven elkaar ook niet uit
 - P ligt tussen een buiklijn en een knooplijn
- b Schets in de figuur het (u, t) -diagram veroorzaakt door de bronnen A en B samen.
- op ieder tijdstip is de uitwijking de som van de uitwijking van golf A en golf B



6****

a Leg dit uit.

- de microfoon zendt golfbergen en golfdalen uit
- een golfberg die via de linkerbuis gaat ontmoet in M een golfberg die één periode eerder is uitgezonden en via de rechterbuis is gegaan
- in M komen twee golfbergen elkaar tegen
- dit geeft een verdubbeling van de amplitude → versterking

b Wat gebeurt er met de golven als het verschil in afstand gelijk is aan de helft van de golflengte?

- de microfoon zendt golfbergen en golfdalen uit
- een golfberg die via de linkerbuis gaat ontmoet in M een golfdal die één periode eerder is uitgezonden en via de rechterbuis is gegaan
- in M komt een golfberg een golfdal tegen
- de amplitude wordt nul → uitdoving

c Hoe groot is het verschil in afstand als de golven elkaar versterken?

- $f = 500 \text{ Hz}$ | $v_{\text{golf}} = 343 \text{ m/s}$ | $\lambda = \dots \text{ m}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow 343 = 500 \cdot \lambda \rightarrow \lambda = 0,686 \text{ m}$
- bij versterking is het verschil in afstand $0,686 \text{ m}$

d Hoe groot is het verschil in afstand als de golven elkaar uitdoven?

- bij uitdoving is het verschil in afstand de helft van de golflengte
- bij uitdoving is het verschil in afstand $\frac{0,686}{2} = 0,343 \text{ m}$

7.5 Geluid

1 a** Bereken de trillingstijd van je trommelvlies als je deze frequentie hoort.

- $f = 4,5 \cdot 10^3 \text{ Hz} \quad | \quad T = \dots \text{ s}$

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

- $T = \frac{1}{4,5 \cdot 10^3} = 2,2222 \cdot 10^{-4} = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ s}$

b Bereken de trillingstijd van je trommelvlies als je de hoogste toon en als je de laagste toon hoort.

- hoogste toon $\rightarrow f = 20 \cdot 10^3 \text{ Hz} \quad | \quad T = \dots \text{ s}$

- $T = \frac{1}{20 \cdot 10^3} = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

- laagste toon $\rightarrow f = 20 \text{ Hz} \quad | \quad T = \dots \text{ s}$

- $T = \frac{1}{20} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ s}$

2 a** Bereken de golflengte in lucht bij een temperatuur van 20°C .

- $f = 261,63 \text{ Hz} \quad | \quad v_{\text{geluid}} = 343 \text{ m/s} \quad | \quad \lambda = \dots \text{ m}$

- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow \lambda = \frac{v_{\text{golf}}}{f}$

- $\lambda = \frac{343}{261,63} = 1,269 = 1,27 \text{ m}$

b Leg uit of de stemvork bij deze temperatuur hogere toon, een lagere toon of dezelfde toonhoogte geeft.

- de frequentie is de eigenfrequentie van de stemvork
- de eigenfrequentie is onafhankelijk van de temperatuur
- de stemvork geeft bij 0°C dezelfde toonhoogte

c Bereken de golflengte in lucht bij een temperatuur van 0°C .

- $f = 261,63 \text{ Hz} \quad | \quad v_{\text{geluid}} = 332 \text{ m/s} \quad | \quad \lambda = \dots \text{ m}$

- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow \lambda = \frac{v_{\text{golf}}}{f}$

- $\lambda = \frac{332}{261,63} = 1,269 = 1,27 \text{ m}$

- 3**** a Bereken de frequentie van de toon.
- $v_{\text{geluid}} = 343 \text{ m/s}$ | $\lambda = 780 \text{ mm} = 0,78 \text{ m}$ | $f = \dots \text{ Hz}$
 - $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow f = \frac{v_{\text{golf}}}{\lambda}$
 - $f = \frac{343}{0,78} = 439,74 = 440 \text{ Hz}$

b Bereken de golflengte van dezelfde toon in millimeter.

- $f = 261,63 \text{ Hz}$ | $v_{\text{geluid}} = 354 \text{ m/s}$ | $\lambda = \dots \text{ m}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow \lambda = \frac{v_{\text{golf}}}{f}$
- $\lambda = \frac{354}{439,74} = 0,805 \text{ m} = 805 \text{ mm}$

4** a Bereken de golflengte van deze toon in zeewater.

- $f = 800 \text{ Hz}$ | $v_{\text{geluid}} = 1510 \text{ m/s}$ | $\lambda = \dots \text{ m}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow \lambda = \frac{v_{\text{golf}}}{f}$
- $\lambda = \frac{1510}{800} = 1,8875 \text{ m} = 1,89 \text{ m}$

b Bereken de golflengte van deze toon in lucht als $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

- $f = 800 \text{ Hz}$ | $v_{\text{geluid}} = 343 \text{ m/s}$ | $\lambda = \dots \text{ m}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow \lambda = \frac{v_{\text{golf}}}{f}$
- $\lambda = \frac{343}{800} = 0,42875 \text{ m} = 0,429 \text{ m}$

5** a Bereken de frequentie van deze toon.

- $v_{\text{golf}} = 1510 \text{ m/s}$ | $\lambda = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$ | $f = \dots \text{ Hz}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow 1510 = f \cdot 0,025 \rightarrow f = 60400 \text{ Hz} = 60,4 \text{ kHz}$

b Bereken de golflengte van een toon van 14 Hz.

- $v_{\text{golf}} = 343 \text{ m/s}$ | $f = 14 \text{ Hz}$ | $\lambda = \dots \text{ m}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow 343 = 14 \cdot \lambda \rightarrow \lambda = 24,5 \text{ m}$

6*** a Leg uit waarom ze niet één maar twee klappen hoort

- het geluid door de rails is eerder bij Cato dan het geluid door de lucht
- Cato hoort eerst de klap van het geluid door de rails
- Cato hoort daarna de klap van het geluid door de lucht

b Bereken hoeveel tijd er zit tussen de klappen.

- $s = 150 \text{ m} \mid v_{\text{golf lucht}} = 343 \text{ m/s} \mid v_{\text{golf ijzer}} = 5100 \text{ m/s} \mid t = \dots \text{ s}$
- door de lucht: $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 150 = 343 \cdot t \rightarrow t = 0,43718 \text{ s}$
- door het ijzer: $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 150 = 5100 \cdot t \rightarrow t = 0,029412 \text{ s}$
- verschil: $\Delta t = 0,43718 - 0,029412 = 0,407768 = 0,41 \text{ s}$

c Leg uit of Cato één of twee verschillende toonhoogten hoort.

- de frequentie wordt bepaald door de trillingsbron
- Cato hoort maar één toonhoogte

d Bereken de golflengte van de toon in ijzer.

- 18.000 toeren per minuut is $\frac{18000}{60} = 300$ toeren per seconden
- de frequentie van de boormachine is 300 Hz
- $f = 300 \text{ Hz} \mid v_{\text{golf ijzer}} = 5100 \text{ m/s} \mid \lambda = \dots \text{ m}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow 5100 = 300 \cdot \lambda \rightarrow \lambda = 17 \text{ m}$

e Bereken de golflengte van de toon in lucht

- de frequentie van de boormachine is 300 Hz
- $f = 300 \text{ Hz} \mid v_{\text{golf lucht}} = 343 \text{ m/s} \mid \lambda = \dots \text{ m}$
- $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda \rightarrow 343 = 300 \cdot \lambda \rightarrow \lambda = 1,14333 = 1,14 \text{ m}$

De decibelschaal

7**

a Bereken de nieuwe geluidssterkte in decibel.

- het geluid wordt 2 keer zo intens
- aantal dB neemt met 3 toe
- $54 + 3 = 57 \text{ dB}$

b Hoeveel kinderen zingen er nu in totaal?

- $2 + 6 = 8$ kinderen

c Welke geluidssterkte produceren deze kinderen samen?

- het geluid wordt 8 keer zo intens
- $8 = 2 \cdot 2 \cdot 2$
- het geluid wordt 3 keer verdubbeld
- aantal dB neemt toe met $3 + 3 + 3 = 9$
- $54 + 9 = 63 \text{ dB}$

8**

a Bereken de geluidssterkte die je dan hoort.

- de intensiteit halveert
- aantal dB neemt af met 3
- $65 - 3 = 62 \text{ dB}$

- b** Hoeveel keer sterker is het geluid van 71 dB in vergelijking met de 65 dB die er eerst was?
- van 65 naar 71 dB is 6 dB erbij
 - $6 = 3 + 3$
 - de intensiteit wordt 2 keer verdubbeld
 - geluid van 71 dB is 4 keer zo intens dan geluid van 65 dB

- 9**** **a** Hoeveel decibel is de geluidssterkte bij het liedje van Adele?
- het geluid wordt 2 keer zo intens
 - aantal dB neemt met 3 toe
 - $78 + 3 = 81$ dB
- b** Bereken hoeveel decibel de geluidssterkte nu is.
- het geluid wordt 10 keer zachter
 - aantal dB neemt met 10 af
 - $81 - 10 = 71$ dB

- 10**** **a** Bereken hoeveel decibel je dan op de parkeerplaats hoort.
- het geluid wordt 8 keer minder intens
 - $8 = 2 \cdot 2 \cdot 2$
 - het geluid wordt 3 keer gehalveerd
 - aantal dB neemt af met $3 + 3 + 3 = 9$
 - $80 - 9 = 71$ dB
- b** Bereken hoeveel auto's er om 12 uur 's nachts per minuut voorbij rijden.
- het verschil tussen 80 dB en 68 dB is 12 dB
 - $12 = 3 + 3 + 3 + 3$
 - het geluid wordt 4 keer gehalveerd
 - $320 \rightarrow 160 \rightarrow 80 \rightarrow 40 \rightarrow 20$
 - om 12 uur 's nachts rijden er 20 auto's per minuut voorbij

- 11***** **a** Leg uit wie er gelijk heeft: Anna, Bea of Carla.
- het verschil tussen 45 dB en 60 dB is 15 dB
 - $15 = 3 + 3 + 3 + 3 + 3$
 - het geluid wordt 5 keer verdubbeld
 - $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 16 \rightarrow 32$
 - Carla heeft gelijk
- b** Bereken hoeveel harder het geluid is geworden toen de leerlingen hardop zijn gaan praten.
- 32 keer (zie antwoord op a)

c Hoeveel decibel produceert de boze leraar?

- het geluid wordt 4 keer zo intens
- $4 = 2 \cdot 2$
- het aantal dB neemt toe met $3 + 3 = 6$
- de geluidssterkte is $60 + 6 = 66$ dB

d Hoeveel decibel is er nu aanwezig?

- het geluid wordt 10 keer minder intens
- het aantal dB neemt met 10 af
- de geluidssterkte is $45 - 10 = 35$ dB

Afstand tot de geluidsbron

12**

a Bereken de geluidssterkte op 2 meter afstand.

- de afstand wordt verdubbeld
- de geluidssterkte neemt met 6 dB af
- $97 - 6 = 91$ dB

b Bereken de geluidssterkte op 4 meter afstand.

- de afstand wordt nogmaals verdubbeld
- de geluidssterkte neemt nogmaals met 6 dB af
- $91 - 6 = 85$ dB

c Hoe ver moet je van de boxen gaan staan?

- afname geluidssterkte: $97 - 73 = 24$ dB
- $24 = 6 + 6 + 6 + 6$
- de afstand wordt 4 keer verdubbeld
- $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 16$
- je moet op 16 meter van de boxen gaan staan

d Bereken hoe ver je van de boxen moet gaan staan.

- afname geluidssterkte: $97 - 61 = 36$ dB
- $36 = 6 + 6 + 6 + 6 + 6 + 6$
- de afstand wordt 6 keer verdubbeld
- $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 16 \rightarrow 32 \rightarrow 64$
- je moet op 64 meter van de boxen gaan staan

13***

a Hoeveel decibel hoort de leraar als alleen Tim praat?

- $0,5 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8$
- de afstand wordt 4 keer verdubbeld
- de geluidssterkte wordt 4 keer $6 = 24$ dB minder
- $64 - 24 = 40$ dB

- b** Hoeveel meter heeft de leraar gelopen?
- afname geluidssterkte: $64 - 52 = 12$ dB
 - $12 = 6 + 6$
 - de afstand wordt 2 keer verdubbeld
 - $0,5 \rightarrow 1 \rightarrow 2$
 - de afstand van de leraar verandert van 8 naar 2 meter
 - de leraar heeft 6 meter gelopen

- 14** a** Leg uit of je hierdoor schade aan je oren kunt oplopen.
- gehoorschade begint bij 100 dB
 - bij 120 dB kan je gehoorschade oplopen
- b** Hoeveel decibel hoort je vriend?
- $10 \rightarrow 20 \rightarrow 40 \rightarrow 80 \rightarrow 160 \rightarrow 320$
 - de afstand wordt 5 keer verdubbeld
 - de geluidssterkte wordt 5 keer $6 = 30$ dB minder
 - $120 - 30 = 90$ dB