

7 Trillingen en golven

3 vwo

7.1 Wat is een trilling?

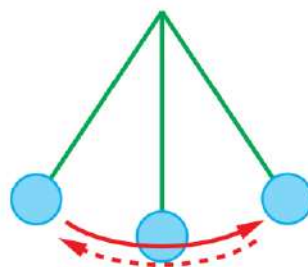
Trillingstijd, frequentie, uitwijking en amplitude

- 1***
- a** Wat is een trilling?
 - b** Wat is de trillingstijd?
 - c** Met welke letters worden de grootte en eenheid van de trillingstijd aangegeven?
 - d** Wat is de periode?
 - e** Wat is de frequentie?
 - f** Wat bedoel je met Hertz (Hz) ?

- 2***
- Leg uit welke van de volgende voorbeelden trillingen zijn.
- a** De trapper van een fiets tijdens het fietsen.
 - b** De beweging van je trommelvlies als je iets hoort.
 - c** Een robot die dozen van een lopende band pakt.
 - d** Eb en vloed aan de kust.
 - e** De beweging van een satelliet om de aarde.
 - f** Een kind op een schommel.
 - g** Een kind op een wipkip.
 - h** Een tak aan een boom die heen-en-weer zwiept.



- 3****
- Een slinger beweegt tussen de uiterste standen A en C. Op een bepaald moment is de slinger in stand A. Over 10 slingeringen doet de slinger 4,0 seconden.
- a** Hoe vaak is de slinger in deze tijd in punt A geweest?
 - b** Hoe vaak is de slinger in deze tijd in punt B geweest?
 - c** Hoe groot is de trillingstijd?
 - d** Bereken de frequentie.



- 4****
- Een naaimachine maakt 300 steken per minuut.
- a** Welke frequentie heeft deze machine?
- Een auto heeft een toerental van 2400 per minuut.
- b** Met welke frequentie draait de motor?



- 5**** Soldaten marcheren met een ritme van 120 stappen per minuut.
a Hoeveel seconde duurt een enkele stap.

Een gemiddelde stap is 80 cm. De soldaten moeten 10 km marcheren.
b Bereken hoeveel minuten ze er over doen.

- 6*** Een fluitketel geeft een fluittoon met een frequentie van 650 Hz.
a Bereken de trillingstijd.



- 7**** Een hondenfluitje maakt een fluittoon van $2,1 \cdot 10^4$ Hz.
a Bereken de trillingstijd.

Je geeft een kort signaal dat 0,20 s duurt.
b Hoeveel trillingen bevat dit signaal?



- 8**** Je laat een blokje aan een touw slingeren. In het begin geef je het blokje een uitwijking van 15 cm. Daarna laat je het blokje los. Het blokje beweegt steeds in 0,20 s van de uiterste stand naar de evenwichtsstand.
a Leg uit wat er NIET verandert als je het blokje een tijdje laat slingeren:
– de frequentie
– de uitwijking
– de amplitude
– de trillingstijd
b Wat weet je van de snelheid in de uiterste stand?
c Wat weet je van de snelheid in de evenwichtsstand?
d Bereken de frequentie van deze slinger.

- 9**** Een tak aan een boom zwiept 18 keer per minuut heen-en-weer door de wind.
a Bereken de trillingstijd.
b Bereken de frequentie.

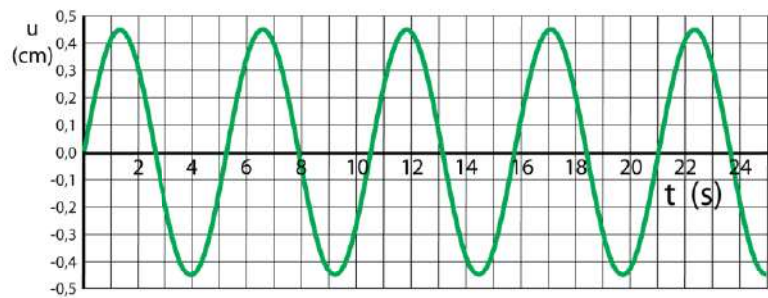
- 10***** Een blokje hangt aan een veer en voert een trilling uit. Met een stopwatch wil je de trillingstijd bepalen.
a Leg uit in welke stand je het beste de stopwatch kunt starten.

Om de trillingstijd te bepalen meet Arend de tijd van één heen en weer gaande beweging. Simon meet de tijd van 10 heen en weer gaande bewegingen en deelt daarna het resultaat door 10.

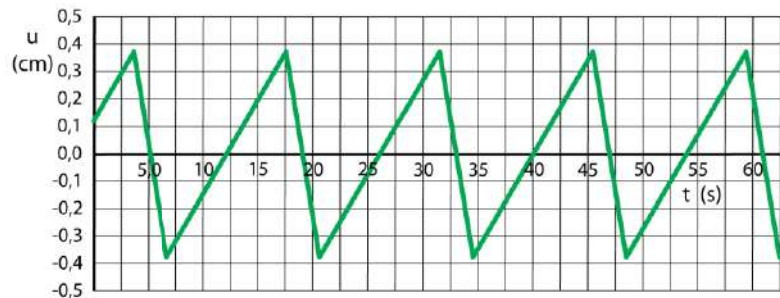
- b** Wie van hen voert de nauwkeurigste meting uit: Arend of Simon, of zijn beide metingen even nauwkeurig?

(u, t)-diagram

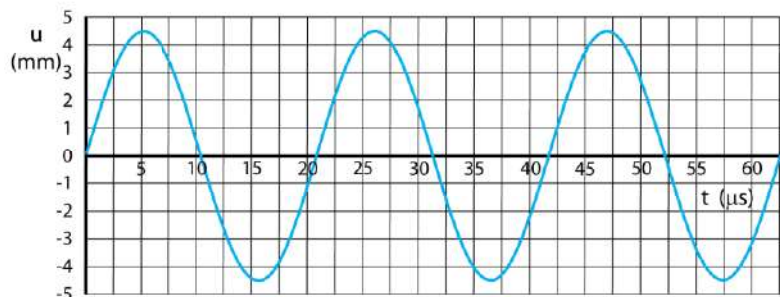
- 11**** De figuur is het (u, t)-diagram van een trilling.
- a** Hoe groot is de amplitude?
 - b** Hoe groot is de trillingstijd?
 - c** Hoe groot is de frequentie?



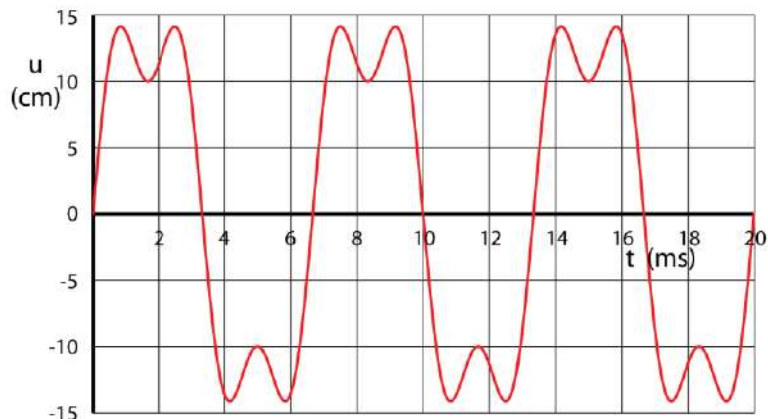
- 12**** De figuur is het (u, t)-diagram van een trilling.
- a** Hoe groot is de amplitude?
 - b** Hoe groot is de trillingstijd?
 - c** Hoe groot is de frequentie?



- 13**** De figuur is het (u, t)-diagram van een trilling.
- a** Hoe groot is de amplitude?
 - b** Hoe groot is de trillingstijd?
 - c** Hoe groot is de frequentie?

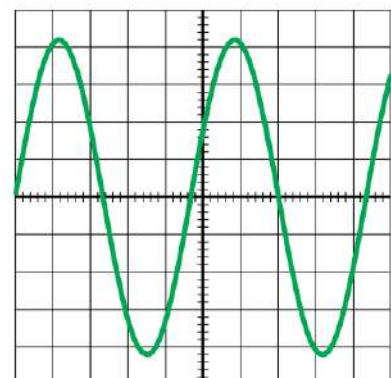


- 14***** De figuur is het (u, t)-diagram van een trilling.
- a** Hoe groot is de amplitude?
 - b** Hoe groot is de trillingstijd?
 - c** Hoe groot is de frequentie?



Trillingen waarnemen

- 15**** De figuur is het beeld op een oscilloscoop.
- De tijdbasis is $20 \mu\text{s} / \text{div}$
 De gevoeligheid is $0,5 \text{ V} / \text{div}$
- a** Bepaal de trillingstijd.
 - b** Bepaal de frequentie.
 - c** Bepaal de amplitude.



16*** De figuur is het beeld op een oscilloscoop.

De tijdbasis is $5 \mu\text{s} / \text{div}$.

De gevoeligheid is $0,2 \text{ mV} / \text{div}$.

a Bepaal de trillingstijd.

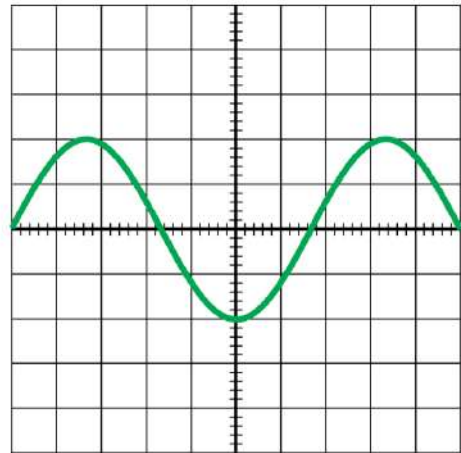
b Bepaal de frequentie.

c Bepaal de amplitude.

Je wilt dat het signaal van boven tot onder het scherm vult.

d Leg uit wat je moet doen met de tijdbasis.

e Leg uit wat je moet doen met de gevoeligheid.



17*** De figuur is het beeld op een oscilloscoop.

De tijdbasis is $50 \text{ ms} / \text{div}$.

De gevoeligheid is $0,2 \text{ V} / \text{div}$.

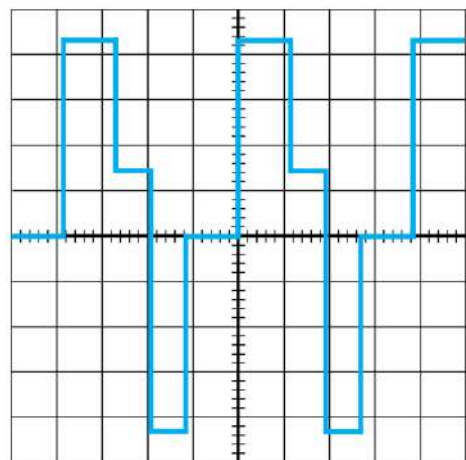
a Bepaal de trillingstijd.

b Bepaal de frequentie.

c Bepaal de amplitude.

Je verandert de tijdbasis van de oscilloscoop naar $20 \text{ mV} / \text{div}$.

d Leg uit of je nu meer of minder trillingen op het scherm ziet.



18*** De figuur is een elektrocardiogram (ECG). De tijdbasis is $20 \text{ ms} / \text{div}$. De gevoeligheid is $200 \mu\text{V} / \text{div}$.



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

b Hoeveel slagen geeft het hart per minuut?

c Hoeveel millivolt is het signaal bij punt R?

7.2 Eigentrilling en resonantie

Massaveersysteem

1** Voor een massaveersysteem geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$.

- a** Bereken de trillingstijd als $m = 400 \text{ g}$ en $C = 2,0 \text{ N/m}$.
- b** Bereken de trillingstijd als $m = 800 \text{ g}$ en $C = 2,0 \text{ N/m}$.
- c** Bereken de trillingstijd als $m = 400 \text{ g}$ en $C = 4,0 \text{ N/m}$.

2** Voor een massaveersysteem geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$.

- a** Bereken de massa als $T = 1,0 \text{ s}$ en $C = 10 \text{ N/m}$.
- b** Bereken de massa als $T = 2,0 \text{ s}$ en $C = 10 \text{ N/m}$.
- c** Bereken de massa als $T = 1,0 \text{ s}$ en $C = 20 \text{ N/m}$.

3*** Voor een massaveersysteem geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$.

- a** Bereken de veerconstante als $T = 10 \text{ s}$ en $m = 5,0 \text{ kg}$.
- b** Bereken de veerconstante als $T = 20 \text{ s}$ en $m = 5,0 \text{ kg}$.
- c** Bereken de veerconstante als $T = 10 \text{ s}$ en $m = 10 \text{ kg}$.

4** Een auto heeft een massa van 950 kg . De veerconstante van de vering van de auto is $4,0 \cdot 10^4 \text{ N/m}$. Op een hobbelige weg gaat de auto op en neer trillen.

- a** Hoe groot is de trillingstijd van de auto?
- b** Hoe groot is de frequentie van de auto?
- c** Waar dienen de schokdempers bij een auto voor?



5*** Een chauffeur bepaalt haar massa met een verende stoel. De veerconstante van de stoel is 800 N/m . De lege stoel trilt met $1,00 \text{ Hz}$. Als de chauffeur op de stoel zit is de frequentie $0,500 \text{ Hz}$.

- a** Bereken de massa van de stoel.
- b** Bereken de massa van de chauffeur.

6*** Je hangt een blokje met een massa van 20 gram aan een veer en laat het blokje trillen. De trillingstijd is $0,50 \text{ s}$. Je wilt een trillingstijd van precies één seconde krijgen.

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

Je kunt ook een trillingstijd van precies één seconde krijgen door niet extra gewicht toe te voegen maar door een andere veer te nemen.

- b** Leg uit of je een veer moet kiezen met een grotere of met een kleinere veerconstante.
c Beredeneer met behulp van de formule $T = 2\pi\sqrt{m/C}$ hoeveel groter of kleiner de veerconstante moet zijn.

7**** In de wieg van een baby hangt een poppetje aan een veer. De massa van het poppetje is 50 gram. Als je het poppetje naar beneden trekt en daarna loslaat gaat hij trillen met een trillingstijd van 0,80 s.

- a** Bereken de veerconstante van de veer.

Als het poppetje stil hangt heeft de veer een lengte van 20 cm.

- b** Bereken de lengte van de veer als er geen poppetje aan hangt.

HINT gebruik $F = C \cdot u$ met $F = F_z = m \cdot g$

8**** Je hangt een blokje van 250 gram aan een spiraalveer. De veer rekt hierdoor 150 mm uit.

- a** Bereken de veerconstante van de spiraalveer.

HINT gebruik $F = C \cdot u$ met $F = F_z = m \cdot g$

Daarna breng je het blokje in trilling door de veer 5,0 cm verder uit te rekken en daarna los te laten.

- b** Hoe groot is de amplitude?
c Met welke trillingstijd gaat het blokje trillen?
d Hoe groot is de frequentie?
e Hoeveel trillingen zijn er per minuut?

Slinger

9** Voor een slinger geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

- a** Bereken de trillingstijd als $\ell = 2,0$ m.
b Bereken de frequentie als $\ell = 4,0$ cm.

10** Voor een slinger geldt: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

- a** Bereken de lengte als $T = 4,0$ s.
b Bereken de lengte als $T = 1,6$ minuten.
c Bereken de lengte als $T = 25$ ms (milliseconden).

11** Ella zit op een schommel. Sofie trekt de schommel 1 meter naar achteren en laat dan los. Ella beweert dat ze een amplitude heeft van 2 m. Sofie beweert dat Ella een uitwijking heeft van 2 m.

- a Wie heeft er gelijk, Ella, Sofie of geen van beiden?
- b Wanneer is tijdens het schommelen de snelheid nul?
- c Wanneer is de snelheid maximaal?

Sofie wil ook op de schommel. Sofie is zwaarder dan Ella.

- d Wie heeft de grootste trillingstijd, Ella, Sofie of is de trillingstijd gelijk?



12** Op de wereldtentoonstelling van 1851 in Parijs werd de eerste slinger van Foucault tentoongesteld. Met zo'n slinger kan de draaisnelheid van de aarde om haar as worden bepaald. Het bijzondere is dat dit kan gebeuren in een afgesloten ruimte, dus zonder zicht op de zon of de sterren of andere astronomische waarnemingen. De originele slinger van Foucault bestond uit een bol van 28 kg die met een lang koord aan het plafond van het Panthéon in Parijs was vastgemaakt.



De afstand tussen het zwaartepunt van de bol en het ophangpunt aan het plafond is 67 m. De slinger heeft een maximale uitwijking van 3,0 m.

- a Bereken de trillingstijd van deze slinger met de formule $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.
- b Bereken de frequentie van deze slinger.

13*** Drie slingers van verschillende lengte zijn naast elkaar opgehangen. Hun lengtes zijn 1,0 m, 4,0 m en 9,0 m.

- a Bereken voor iedere slinger de trillingstijd. Gebruik $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.
- b Bereken de verhouding van de trillingstijden.

14**** Een sloopkogel hangt aan een lange kabel. Hij wordt met een touw naar rechts getrokken en vervolgens losgelaten zonder beginsnelheid. De kabel is precies verticaal op het moment dat de kogel tegen een muur botst. De tijdsduur tussen het loslaten van het touw en het botsen tegen de muur van de kogel is 2,6 s.



- a Bereken de lengte van de kabel. Gebruik $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$.

Resonantie

- 15**** Als je een stemvork aanslaat gaat hij met 440 Hz trillen. Je hoort dan zachtjes de muziknoot a1. Om het geluid harder te maken kun je de stemvork met de achterkant tegen een raam houden.

a Leg uit waardoor er versterking optreedt.

Als je de stemvork tegen het raam houdt dooft het geluid sneller uit.

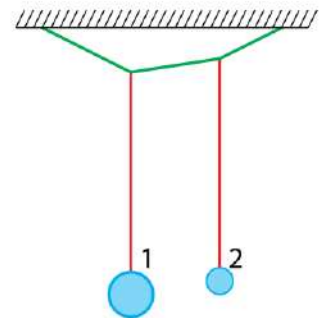
b Leg uit waarom dit het geval is.

- 16**** Twee slingers zijn naast elkaar opgehangen, zie figuur. De massa van slinger 1 is vijf keer zo groot als de massa van slinger 2. Slinger 1 heeft een lengte van 1,5 m

Slinger 1 wordt in trilling gebracht en na een poosje gaat slinger 2 ook bewegen. Er is sprake van resonantie.

a Leg uit wat met resonantie wordt bedoeld.

b Bereken de lengte van slinger 2.



- 17****** Een auto rijdt over een weg waarop iedere 10 meter een hobbel is aangebracht. De auto is geveerd met $C = 5,0 \cdot 10^4 \text{ N/m}$. Bij een snelheid van 12 m/s gaat de auto heftig op en neer vanwege resonantie.

a Hoe groot is de massa van de auto met chauffeur?

HINT bereken de tijd tussen twee hobbels en stel dit gelijk aan T_{eigen}



Er stappen 2 passagiers in de auto met een gezamenlijke massa van 150 kg.

b Bereken bij welke snelheid er nu resonantie optreedt.

HINT bereken eerst T_{eigen}

7.3 Lopende golven

1* In een golfslagbad worden golven opgewekt met een trillingstijd van 5,0 s en een golflengte van 7,5 m.

- a** Hoe groot is de frequentie?
- b** Hoe groot is de golfsnelheid?

2** In een stadion ontstaat een "wave" doordat de mensen die naast elkaar zitten vlak na elkaar opstaan, hun armen omhoogsteken en daarna weer gaan zitten. Hierdoor ontstaat een golf die horizontaal door het stadion beweegt.



- a** Leg uit of deze golf transversaal of longitudinaal is.

In het stadion is de afstand tussen het midden van twee stoeltjes 50 cm. De tijd tussen het opstaan van twee mensen die naast elkaar zitten is 0,40 s.

- b** Bereken de snelheid waarmee de golf beweegt.

Bij een bepaalde rij is een rondje in het stadion 400 meter lang.

- c** Bereken hoe lang de golf erover doet om één keer rond te gaan.

3** In een eend met haar kuikens zwemt in de sloot. Er vaart een boot voorbij die een golf veroorzaakt.

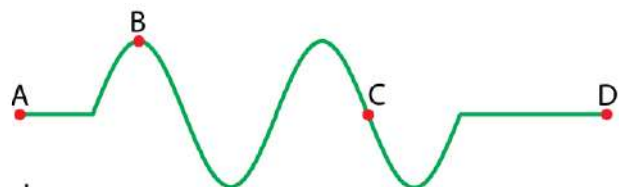


- a** Leg uit of de eendjes hierdoor horizontaal of verticaal gaan bewegen.

Als de golf voorbij is kijkt eend achterom om te zien of haar kuikens niet zijn afgedreven.

- b** Leg uit of de afstand tussen de kuikens na de golf groter is geworden, kleiner is geworden of gelijk is gebleven.

4*** In de figuur zie je een koord waarin een golf naar rechts beweegt.



- a** Begint de trilling in punt A vanuit de evenwichtsstand omhoog of omlaag?
- b** Bepaal hoeveel trillingen B heeft uitgevoerd.
- c** Bepaal hoeveel trillingen C heeft uitgevoerd.
- d** De snelheid van punt B is op dit moment nul. Leg dit uit.
- e** Geef met een pijl de richting van de snelheid van punt C aan.

Neem aan dat er geen demping is.

- f** Leg uit of de hoeveelheid energie in het koord groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.
- g** Leg uit of de amplitude waarmee punt C trilt groter, kleiner of gelijk is aan de amplitude van punt B.

Neem aan dat er wel demping is.

- h** Leg uit of de hoeveelheid energie in het koord groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.
- i** Leg uit of de amplitude waarmee punt C trilt groter, kleiner of gelijk is aan de amplitude van punt B.

5**

Een schip vaart over een rivier en veroorzaakt daarbij een golf. De golf heeft een snelheid van 2,3 m/s. De afstand tussen het schip en de oever is 46 m.

- a** Hoelang doet de golf erover om van het schip naar de oever te gaan?



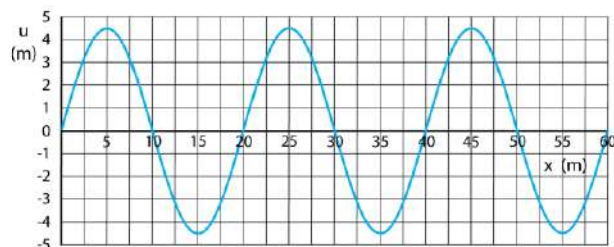
Aan de oever staat iemand te vissen. Als de watergolf zijn dobber bereikt begint de dobber op en neer te bewegen. Het duurt steeds 0,80 s voordat de dobber opnieuw zijn hoogste punt bereikt.

- b** Bereken de golflengte van de golf.
- c** Hoeveel golven zijn er tussen het schip en de oever?

6**

In de figuur zie je een (u, x) -diagram van een golf. De golfsnelheid is 840 m/s.

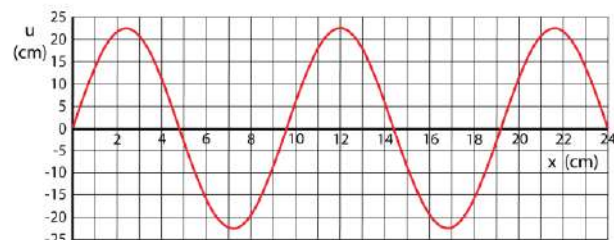
- a** Bepaal de golflengte.
- b** Bepaal de amplitude.
- c** Hoe groot is de frequentie?



7**

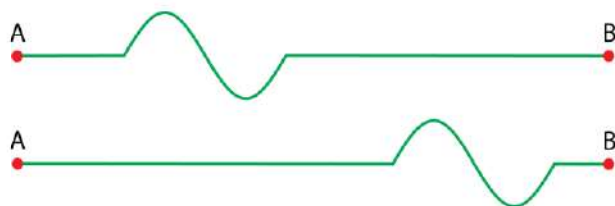
In de figuur zie je een (u, x) -diagram van een golf. De frequentie is 50 Hz.

- a** Bepaal de golflengte.
- b** Bepaal de amplitude.
- c** Hoe groot is de golfsnelheid?



8***

In een koord beweegt een golf naar rechts. Van het koord zijn twee foto's gemaakt. Zie figuur. De onderste foto is 0,40 s later opgenomen dan de bovenste foto. In het werkboek zijn de foto's 20 keer verkleind.



- a Bepaal de golflengte.
- b Bepaal de golfsnelheid.
- c Bereken de frequentie.
- d Hoelang heeft punt A getrild?
- 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.

9*** Door een aardbeving onder water kan een tsunami worden veroorzaakt. Een tsunami die ontstaat in Hawaï doet er 12,5 uur over om de kust van Zuid-Amerika te bereiken en heeft dan een afstand van 9000 km afgelegd.

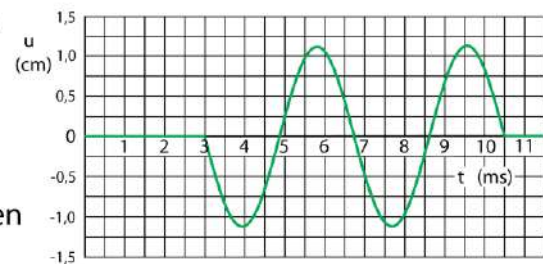
- a Bereken de golfsnelheid van de tsunami.



De golfsnelheid is recht evenredig met de wortel van de waterdiepte $v_{\text{golf}} = C \cdot \sqrt{d}$. C is een vast getal. Als de golf in ondiep water komt verandert de golflengte maar de frequentie blijft hetzelfde.

- b Leg uit waarom de frequentie niet verandert.
- c Leg uit of in ondiep water de golflengte groter of kleiner wordt.

10**** Tussen de punten A en B is een koord gespannen. Punt A begint op $t = 0$ te trillen en voert twee volledige trillingen uit. Hierdoor ontstaat een lopende transversale golf in het koord. Op het $t = 3,0$ ms bereikt de golf punt P dat 1,8 m vanaf A ligt. Het (u, t) -diagram van punt P is weergegeven in de figuur. Een positieve uitwijking u is naar boven gericht.

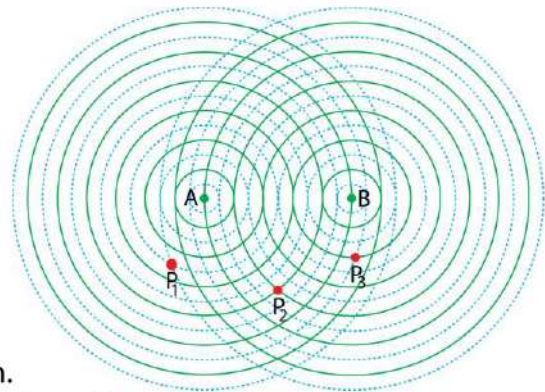


- a Beredeneer of A op $t = 0$ omhoog of omlaag begon te bewegen.
 - b Bepaal de amplitude van de lopende golf.
 - c Bepaal de golflengte van de lopende golf.
- HINT** bereken eerst de golfsnelheid en bepaal daarna de frequentie

7.4 Interferentie

- 1**** In de figuur zie je het golfpatroon veroorzaakt door twee coherente trillingsbronnen A en B. In de figuur zijn de groene getrokken cirkels golfbergen en de blauwe gestreepte cirkels golfdalen. In de figuur zijn de punten P_1 , P_2 en P_3 aangegeven.

a Leg uit wanneer twee trillingsbronnen coherent zijn.

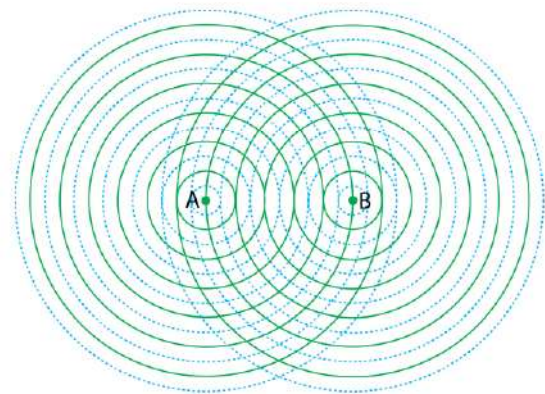


In de figuur zijn de punten P_1 , P_2 en P_3 aangegeven.

- b** Leg uit of de golven uit A en B elkaar in P_1 versterken of verzwakken.
c Leg uit of de golven uit A en B elkaar in P_2 versterken of verzwakken.
d Leg uit of de golven uit A en B elkaar in P_3 versterken of verzwakken.

- 2**** In de figuur zie je het golfpatroon veroorzaakt door twee coherente trillingsbronnen A en B. In de figuur zijn de groene getrokken cirkels golfbergen en de blauwe gestreepte cirkels golfdalen.

- a** Schets de buiklijnen in de figuur in het werkboek.
b Schets de knooppijnen in de figuur in het werkboek.

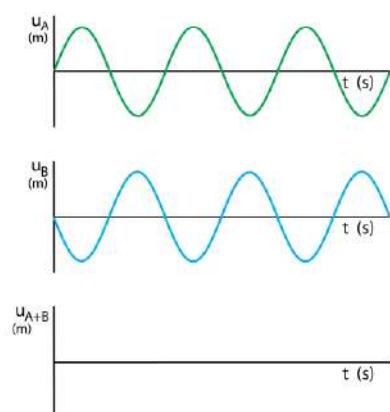


- 3***** Het patroon van buiklijnen en knooppijnen kan worden beïnvloed.

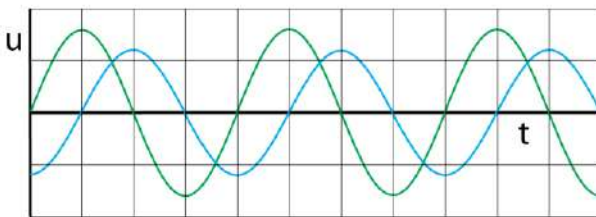
- a** Leg uit hoe het patroon verandert als de frequentie van de trillingsbronnen toeneemt en de golfsnelheid gelijk blijft. **HINT gebruik $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda$**
b Leg uit hoe het patroon verandert als de golfsnelheid toeneemt en de frequentie gelijk blijft. **HINT gebruik $v_{\text{golf}} = f \cdot \lambda$**

- 4***** In de figuur zie je (u, t) -diagrammen van punt P. Het bovenste diagram hoort bij de golf veroorzaakt door bron A. Het onderste diagram hoort bij de golf veroorzaakt door bron B.

- a** Lig punt P op een buiklijn of op een knooppijn?
b Schets het (u, t) -diagram in punt P veroorzaakt door de bronnen A en B samen.

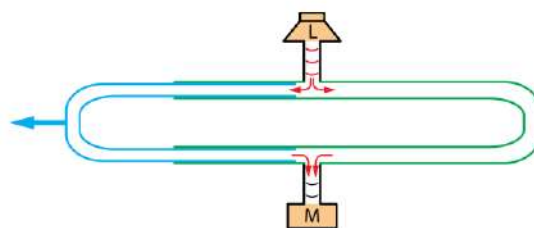


5**** In de figuur zie je (u, t) -diagrammen van punt P. De groene grafiek met de grootste amplitude hoort bij de golf veroorzaakt door bron A. De blauwe grafiek met de kleinste amplitude hoort bij de golf veroorzaakt door bron B.



- a** Licht punt P op een buiklijn, op een knooplijn of tussen een buiklijn en een knooplijn in?
HINT als twee golfbergen tegelijk aankomen ligt P op een buiklijn en als een golfberg tegelijk aankomt met een golfdal ligt P op een knooplijn
- b** Schets in de figuur het (u, t) -diagram veroorzaakt door de bronnen A en B samen.

6**** In de figuur zie je het toestel van Quincke. Met dit toestel heeft Georg Hermann Quincke eind 19^e eeuw de voorplantingssnelheid van geluid in lucht bepaald.



Het toestel van Quincke bestaat uit twee pijpen die, net als bij een trombone, in elkaar schuiven. Bovenin is een opening, waarop luidspreker L is aangesloten. Onderin is een andere opening met microfoon M. Als de geluidsgolven bij de vertakking komen worden ze gesplitst. De helft gaat linksom en de andere helft rechtsom. Bij de microfoon komen de golven weer samen. De golven die linksom gaan leggen een grotere afstand af dan de golven rechtsom. Als het verschil in afstand gelijk is aan de golflengte versterken de golven elkaar.

- a** Leg dit uit.
- b** Wat gebeurt er met de golven als het verschil in afstand de helft is van de golflengte?

De frequentie van het geluid is 500 Hz. De golfsnelheid van geluid is 343 m/s.

- c** Hoe groot is het verschil in afstand als de golven elkaar versterken?
- d** Hoe groot is het verschil in afstand als de golven elkaar uitdoven?
- e** Hoever moet de linkerbuis worden uitgetrokken om voor de eerste keer uitdoving te krijgen?
- f** Hoever moet de linkerbuis worden uitgetrokken om voor de tweede keer uitdoving te krijgen?

7.5 Geluid

- 1**** Je gehoor is het gevoeligst voor geluid met een frequentie van $4,5 \cdot 10^3$ Hz.
a Bereken de trillingstijd van je trommelvlies als je deze frequentie hoort.

De hoogste toon die je kunt horen heeft een frequentie van 20 kHz en de laagste toon een frequentie van 20 Hz.

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

- 2**** Een stemvork trilt met 261,63 Hz (muzieknoet c1). De snelheid van geluid in lucht bij 20 °C is 343 m/s.
a Bereken de golflengte in lucht bij een temperatuur van 20 °C.

In de winter is de temperatuur gedaald tot 0 °C.

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

De snelheid van geluid in lucht bij 0 °C is 332 m/s.

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



- 3**** Een blokfluit maakt een toon met een golflengte van 780 mm. De temperatuur is 20 °C. De snelheid van geluid in lucht bij 20 °C is 343 m/s.
a Bereken de frequentie van de toon.



Op een warme dag is de temperatuur opgelopen tot 40 °C. De snelheid van geluid in lucht bij 40 °C is 354 m/s.

- b** Bereken de golflengte van dezelfde toon in millimeter.

- 4**** Een dolfijn maakt een fluitend geluid met een frequentie van 800 Hz. De geluidssnelheid in zeewater is 1510 m/s. De snelheid van geluid in lucht bij 20 °C is 343 m/s.
a Bereken de golflengte van deze toon in zeewater.
b Bereken de golflengte van deze toon in lucht bij een temperatuur van 20 °C.



- 5**** Ultrasoon geluid heeft een frequentie hoger dan 20.000 Hz. Mensen kunnen dit geluid niet horen. Dolfijnen communiceren met elkaar door ultrasone tonen te maken. Een dolfijn maakt op zeker moment een ultrasone toon met een golflengte van 25 mm. De geluidssnelheid in zeewater is 1510 m/s.

- a** Bereken de frequentie van deze toon in kHz.

Infrasoon geluid heeft een frequentie lager dan 20 Hz. Mensen kunnen dit geluid niet horen maar als het hard genoeg is wel voelen. Olifanten communiceren met infrasoon geluid van bijvoorbeeld 14 Hz. De snelheid van geluid in lucht bij 20 °C is 343 m/s.

- b** Bereken de golflengte van een toon van 14 Hz.

- 6***** Om te onderzoeken met welke snelheid geluid zich in ijzer voortplant, slaat Jan met een hamer op de spoorrails. Op 150 m afstand ligt Cato met één oor op de rails. Cato hoort vlak na elkaar twee klappen. De geluidssnelheid in lucht is 343 m/s. De geluidssnelheid in ijzer is 5100 m/s.

- a** Leg uit waarom ze niet één maar twee klappen hoort
b Hoeveel tijd er zit tussen de klappen die Cato hoort?



Bij een tweede experiment boort Jan een gaatje in de rails. De boormachine heeft een toerental van 18000 toeren per minuut wat te horen is als fluittoon.

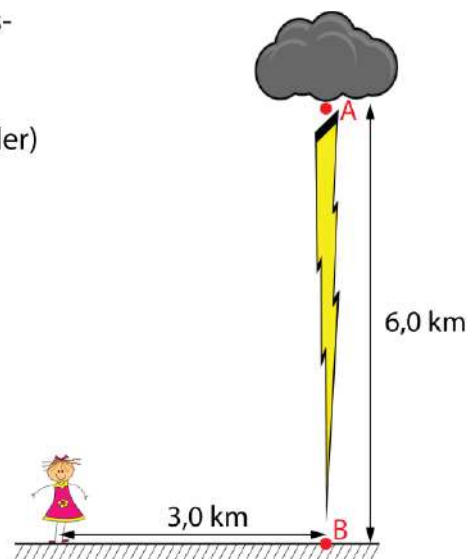
- c** Leg uit of Cato één of twee verschillende toonhoogten hoort.
d Bereken de golflengte van de toon in ijzer
e Bereken de golflengte van de toon in lucht.

- 7****** Op 6,0 km hoogte bevindt zich op plaats A een onweerswolk. Zie figuur. Plotseling springt er een bliksem uit de wolk naar de aarde en slaat in op punt B. De bliksem verwarmt de lucht waardoor er een harde knal (de donder) ontstaat. De geluidssnelheid in lucht is 343 m/s. Vera bevindt zich op 3,0 km afstand van punt B. Zie figuur.

- a** Bereken de afstand tussen Vera en punt A.

De tijd waarmee de bliksem van A naar B gaat is te verwaarlozen. Ook de tijd waarin het licht naar Vera gaat mogen we ook verwaarlozen.

- b** Hoeveel tijd zit er tussen het moment waarop Vera de bliksem ziet en het moment waarop ze de donder begint te horen?



Het valt Vera op dat de donder enige tijd aanhoudt.

- c** Bereken hoe lang de donder aanhoudt.

In werkelijkheid duurt de donder langer dan het antwoord bij c.

- d** Leg uit wat hiervan een reden kan zijn.

De decibelschaal

- 8**** Een kind zingt een liedje met een geluidssterkte van 54 decibel. Na een tijdje gaat een tweede kind even hard meezingen.

a Bereken de nieuwe geluidssterkte in decibel.

Er komen nog 6 kinderen bij die allemaal even hard meezingen.

b Hoeveel kinderen zingen er nu in totaal?

c Welke geluidssterkte produceren deze kinderen samen?

- 9**** De geluidssterkte van een fanfare is 65 decibel. Op een bepaald moment spelen ze twee keer zo zacht.

a Bereken de geluidssterkte die je dan hoort.

Daarna spelen ze marsmuziek met een geluidssterkte van 71 decibel.

b Hoeveel keer sterker is het geluid van 71 dB in vergelijking met de 65 dB die er eerst was?



- 10**** Sofie luistert graag naar 3FM. Het geluid uit de luidsprekers heeft een sterkte van 78 dB. Als er een liedje van Adele wordt gespeeld zet ze haar radio twee keer zo hard.

a Hoeveel decibel is de geluidssterkte bij het liedje van Adele?

De vader van Sofie vindt dat het geluid nu veel te hard staat en zegt dat ze de radio 10 keer zo zacht moet zetten. Sofie vindt van niet, maar doet toch wat vader zegt.

b Bereken hoeveel decibel de geluidssterkte nu is.

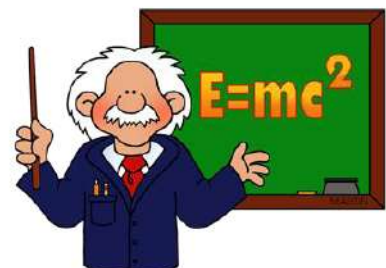
- 11**** Op een parkeerplaats langs de snelweg is het geluid midden op een drukke dag 80 dB. Om 7 uur 's avonds is het veel rustiger en rijdt er 8 keer zo weinig verkeer.

a Bereken hoeveel decibel je dan op de parkeerplaats hoort.

Nog later om 12 uur 's nachts is de geluidssterkte afgenomen tot 68 decibel. Stel dat er midden op de drukke dag iedere minuut 320 auto's voorbijrijden.

b Bereken hoeveel auto's er om 12 uur 's nachts per minuut voorbij rijden.

- 12***** Van je docent natuurkunde mag je met elkaar fluisteren bij het samenwerken. De fluisterende leerlingen produceren een geluidssterkte van 45 decibel. Bij een moeilijke opgave gaan twee leerlingen hardop praten. De geluidssterkte wordt hierdoor 60 decibel.



- Volgens Anna is het geluid nu 15 keer zo hard geworden, want $60 - 45 = 15$.
- Volgens Bea is het geluid bijna anderhalf keer zo hard geworden, want $60 : 45 = 1,3$.
- Volgens Carla is het geluid nu meer dan 30 keer zo hard geworden.

- a** Leg uit wie er gelijk heeft: Anna, Bea of Carla.
- b** Bereken hoeveel harder het geluid is geworden toen de leerlingen hardop zijn gaan praten.

De leraar wordt boos en zegt met een stem die vier keer zo hard is dan het geluid van 60 dB dat iedereen stil moet zijn.

- c** Hoeveel decibel produceert de boze leraar?

Hierna wordt het stil in de klas. Zelfs 10 keer zo stil als toen iedereen nog fluisterde.

- d** Hoeveel decibel is er nu aanwezig?

Afstand tot de geluidsbron

13** In een discotheek is de geluidssterkte op 1 meter afstand van de boxen 97 dB.

- a** Bereken de geluidssterkte op 2 meter afstand.
- b** Bereken de geluidssterkte op 4 meter afstand.

Je wilt even uitrusten bij een geluidssterkte van 73 dB.

- c** Hoe ver moet je van de boxen gaan staan?

Je vader belt op om te vragen hoe laat je naar huis komt. Om hem goed te kunnen verstaan mag het geluid niet harder zijn dan 61 dB.

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

14*** In de klas zit je vlak naast Tim die een enorme kletskaus is. Als hij praat hoor je soms wel 64 dB. De afstand tussen jou en Tim is 50 cm. De leraar staat aan de andere kant van de klas op een afstand van 8 meter van Tim.

- a** Hoeveel decibel hoort de leraar als alleen Tim praat?

Als Tim niks in de gaten heeft loopt de leraar naar hem toe. Op een zeker moment hoort de leraar Tim praten met een geluidsterkte van 52 dB.

- b** Hoeveel meter heeft de leraar gelopen?

15** Tijdens een onweer slaat de bliksem 10 meter van je vandaan in. Je hoort een keiharde knal van 120 dB.

- a** Leg uit of je hierdoor schade aan je oren kunt oplopen.

Je vriend woont een paar straten verderop op een afstand van 320 meter van de inslag.

- b** Hoeveel decibel hoort je vriend?

16**** Met een drillboor maakt Harrie een gat in een betonnen vloer en is daarbij blootgesteld aan een geluidssterkte van 110 dB. Om geen gehoorbeschadiging te krijgen draag hij gehoorbescherming. De geluidssterkte wordt hierdoor 80 dB.

- a** Hoeveel procent van de geluidsenergie houdt de gehoorbescherming tegen?

De afstand tussen de drillboor en Harry is 1,5 m.

- b** Op welke afstand van de drillboor moet je gaan staan om zonder gehoorbescherming aan 80 dB te worden blootgesteld.



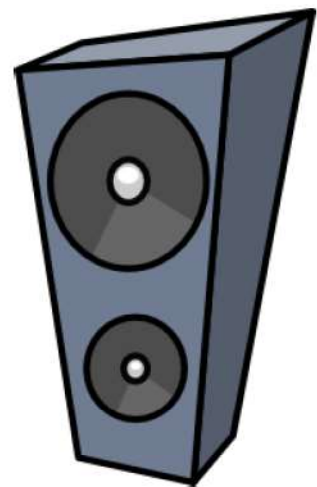
17**** Je gaat naar een popconcert. Op 2,0 m afstand van de luidsprekers is de geluidssterkte 114 dB. Om geen gehoorbeschadiging op te lopen mag de geluidssterkte niet groter zijn dan 90 dB.

- a** Hoever moet je van de luidspreker gaan staan om geen gehoorbeschadiging op te lopen?

Je doet oordopjes in die 99% van de geluidsenergie tegenhouden.

- b** Met hoeveel dB is de geluidssterkte door de oordopjes verminderd?

- c** Hoe dicht mag je met oordoppen in bij de luidspreker staan om 88 dB geluidssterkte te horen?

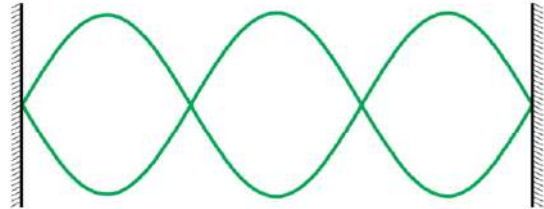


7.6 Staande golven

Twee vaste uiteinden (snaarinstrumenten)

1** In de figuur zie je een staande golf in een aan twee kanten vastgemaakt koord.

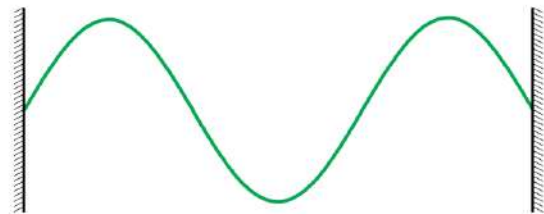
- a** Geef in de figuur de plaatsen van de buiken en van de knopen aan.



Het koord heeft een lengte van 2,4 m.

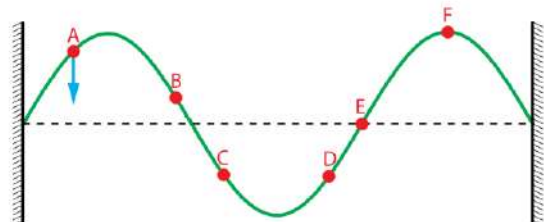
- b** Bepaal de golflengte van de staande golf.

2** In de figuur zie je een staande golf in een aan twee kanten vastgemaakt koord. De stand van het koord op $t=0$ is te zien. Op $t=0$ heeft het koord zijn uiterste stand. Bij de vragen a t/m d ga je de stand van het koord op een later tijdstip tekenen. Gebruik steeds een andere kleur.



- a** Teken de stand van het koord op $t = \frac{1}{4} T$ (een kwart trillingstijd later).
b Teken de stand van het koord op $t = \frac{1}{2} T$ (een halve trillingstijd later).
c Teken de stand van het koord op $t = \frac{3}{4} T$ (een $\frac{3}{4}$ trillingstijd later).
d Teken de stand van het koord op $t = T$ (één trillingstijd later).

3** In de figuur zie je een staande golf in een aan twee kanten vastgemaakt koord. De richting waarin punt A beweegt is met een pijl aangegeven.



- a** Teken de richtingen waarin de punten B t/m F bewegen.
b Zet de punten A t/m F in volgorde van de hoogste naar de laagste snelheid.

Timo beweert dat er bij een staande golf momenten zijn waarin alle punten van het koord stilstaan. Lucas is het niet met Timo eens en beweert dat alleen de knopen stilstaan en alle andere punten altijd bewegen.

- c** Wie heeft er gelijk, Timo, Lucas of geen van beiden?

4** Gebruik de figuur in het werkboek.

- a** Teken een staande golf met 1 buik.
b Teken een staande golf met 2 buiken.
c Teken een staande golf met 5 knopen.



- 5**** In een aan twee kanten vastgemaakte snaar zijn 5 buiken.
a Welke boventoon heeft deze staande golf?

De grondtoon van de snaar heeft een frequentie van 200 Hz.

- b** Welke frequentie heeft deze boventoon met 5 buiken?

- 6***** Een snaar met een lengte van 60 cm trilt met een grondtoon van 300 Hz.
a Bereken de golflengte van de staande golf in de snaar.
b Bereken de golfsnelheid.
c Bereken de frequentie van de tweede boventoon.
d Bereken de frequentie van de vijfde boventoon.

- 7****** Een gitarist gebruikt soms een capo. Dit is een klem die op de snaren wordt gezet. Zie figuur.
a Waarom brengt een gitarist een capo aan?



Een gitaarsnaar met een lengte van 75 cm trilt met een grondtoon van 280 Hz. De gitarist zet een capo op 25 cm vanaf de kop van de gitaar (waar de stemknoppen zitten).

- b** Bereken de frequentie van de grondtoon waarmee de snaar met capo gaat trillen.

HINT bereken eerst de golfsnelheid

De gitarist wil een grondtoon maken van 500 Hz.

- c** Op welke plaats, gerekend vanaf de kop van de gitaar, moet hij de capo zetten?

- 8***** Een viool is een snaarinstrument. De A-snaar trilt met een frequentie van 440 Hz. De golven in de snaar hebben een snelheid van 290 m/s.
a Bereken de lengte van de snaar. **HINT** bereken eerst de golflengte.



Met je vinger kun je een snaar afklemmen, zodat deze korter wordt. Een violist wil een octaaf hoger spelen. De frequentie is dan 880 Hz.

- b** Op welke plaats moet de violist de snaar afklemmen?

De violist wil met dezelfde snaar een toon maken met een frequentie van 587 Hz. De snaar trilt tussen de vinger en de kam midden op de viool. Zie figuur.

- c** Op welke afstand van de kam moet hij de snaar afklemmen?

- 9****** Een piano is een snaarinstrument. Zie figuur. Om een piano te stemmen worden de snaren strakker of minder strak gespannen.
a Leg uit of bij het stemmen van een piano de lengte van de snaar verandert.



Om een snaar met een hogere frequentie te laten trillen moet de golfsnelheid in de snaar groter worden gemaakt.

b Leg uit waarom dit het geval is.

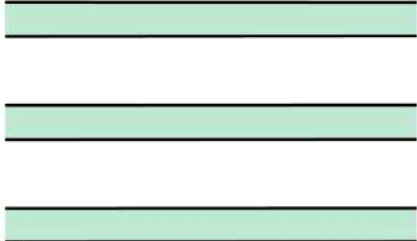
Voor een snaar geldt de volgende formule: $v_{\text{golf}} = \sqrt{\frac{F_s \cdot \ell}{m}}$

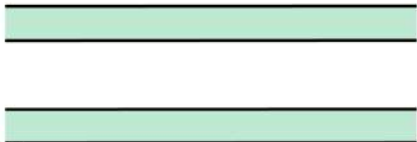
- v_{golf} is de golfsnelheid (m/s)
- F_s is de spankracht van de snaar (N)
- ℓ is de lengte van de snaar (m)
- m is de massa van de snaar (kg)

Victor beweert dat je de spankracht kleiner moet maken om de snaar hoger te stemmen. Mats beweert dat je de spankracht groter moet maken.

c Leg uit wie er gelijk heeft, Victor, Mats of geen van beiden.

Twee losse uiteinden (orgelpijp)

10** In de figuur zie je drie pijpen die aan beide kanten open zijn.  1^e

a Geef met letter B de plaatsen van de buiken en met letter K de plaatsen van de knopen aan voor de 1^e, de 2^e en de 3^e boventoon.  2^e

De tweede boventoon heeft een frequentie van 300 Hz.

b Bereken de frequentie van de grondtoon.

c Bereken de frequenties van de 1^e en van de 3^e boventoon.

11**** In de figuur zie je een sopraanblokfluit.

a Leg uit waarom je door alle gaatjes dicht te maken de laagste toon krijgt.



De laagste toon van de fluit is een C met een frequentie van 523 Hz. Een blokfluit heeft twee open uiteinden. De bovenkant van de fluit begint bij de inkeping. Bij 20 °C is de geluidssnelheid in lucht 343 m/s.

b Bereken hoe lang de fluit is van de inkeping tot het uiteinde aan de rechterkant.

c Welke gaatjes moet je dicht houden als je een G speelt met een frequentie van 784 Hz?

12*** In de Sint Bavokerk (Grote Kerk) in Haarlem bevindt zich het indrukwekkende Müllerorgel uit 1738. Aan de zijkanten zijn twee "pedaaltorens", waarin pijpen van bijna 11 meter lang staan opgesteld. De grondtoon uit deze pijpen geeft bij 20 °C de toon C0 met een frequentie van 16,35 Hz.

a Leg uit of je deze toon kunt horen.



Een orgelpijp heeft twee open uiteinden. De onderkant van de pijp begint bij de inkeping. Bij 20 °C is de geluidssnelheid in lucht 343 m/s.

b Bereken de lengte van de langste orgelpijp van de inkeping tot het uiteinde.

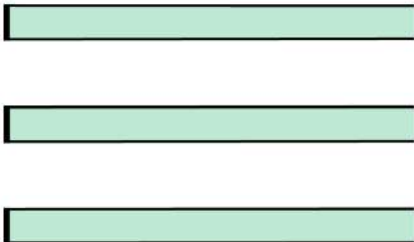
De hoogste toon van het orgel (E3) heeft bij 20 °C een frequentie van 1318,5 Hz.

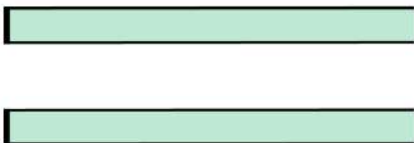
c Bereken de lengte van de kortste orgelpijp van de inkeping tot het uiteinde.

Het orgel heeft 5000 pijpen verdeeld over 64 registers. Met deze registers kunnen verschillende klanken worden gemaakt.

d Leg uit hoe verschillende registers verschillende klanken kunnen maken.

Een vast en een los uiteinde

13*** In de figuur zie je drie pijpen die aan één kant dicht zijn en aan één kant open.  1^e

a Geef met letter B de plaatsen van de buiken en met letter K de plaatsen van de knopen aan voor de 1^e, de 2^e en de 3^e boventoon.  2^e

De eerste boventoon heeft een frequentie van 300 Hz.  3^e

b Bereken de frequentie van de grondtoon.

c Bereken de frequenties van de 2^e, de 3^e en de 4^e boventoon.

14** In een luchtkolom zitten 3 knopen en 3 buiken.

a Heeft deze luchtkolom twee open uiteinden of één open en één dicht uiteinde?

b Welke boventoon is aanwezig in de buis?

15*** Een buis met een open en een dicht uiteinde heeft een lengte van 60 cm.  Voor het open uiteinde wordt een luidspreker geplaatst. Bij 20 °C is de geluidssnelheid in lucht 343 m/s.

a Bereken de frequentie van de tweede boventoon in de buis.

HINT bereken eerst de golflengte

b Geef met letter B de plaatsen van de buiken en met letter K de plaatsen van de knopen aan voor de 4^e boventoon.

c Bereken de frequentie van de vierde boventoon in de buis.



16*** De laagste toon die een hoorn kan voortbrengen bij kamertemperatuur (20 °C) is de B van 61,74 Hz. De plaats waar de lippen trillen is een dicht uiteinde. Het andere uiteinde is open. Bij 20 °C is de geluidssnelheid in lucht 343 m/s.

a Hoe lang is de buis van een hoorn?

b Bereken de frequentie van de eerste boventoon.



Als je een ventiel indrukt wordt de buis korter.

c Leg uit of de toon hierdoor lager of hoger wordt.

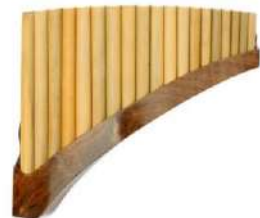
Als de hoornist een tijdje aan het spelen is krijgt de lucht in zijn instrument een hogere temperatuur. Hierdoor neemt de golfsnelheid in lucht toe.

d Leg uit of de toon hierdoor lager of hoger wordt.

17**** Een panfluit bestaat uit een aantal buisjes die aan de onderkant dicht zijn. Bij een panfluit heeft de langste buis een lengte van 32,8 cm. Bij 20 °C is de geluidssnelheid in lucht 343 m/s.

a Bereken de frequentie van de grondtoon bij $T = 20\text{ °C}$.

b Zoek op welke muzieknoot dit is.



De frequentie die het kortste buisje voortbrengt is vier keer zo groot als die van de het langste buisje.

c Bereken de lengte van het kortste buisje.

Door hard over een buisje te blazen kan de fluitist de eerste boventoon maken.

d Bereken de frequentie van de eerste boventoon van het langste buisje.

e Zoek op welke muzieknoot dit is.

f Bereken de frequentie van de eerste boventoon van het kortste buisje.

18**** De frequentie van de eerste boventoon is drie keer zo groot als de frequentie van de grondtoon.

a Zijn er twee gesloten uiteinden, twee open uiteinden, één open en één gesloten uiteinde, of geen van drie?

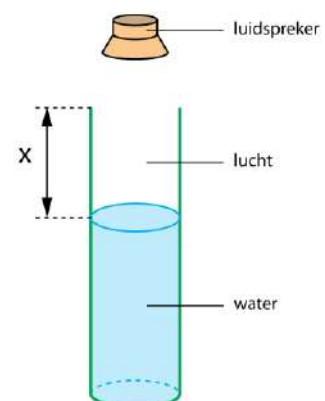
De frequentie van de tweede boventoon is vier keer zo groot als de frequentie van de grondtoon.

b Zijn er twee gesloten uiteinden, twee open uiteinden, één open en één gesloten uiteinde, of geen van drie?

19+ Een luidspreker geeft een toon van 500 Hz en wordt boven een gedeeltelijk met water gevulde buis geplaatst. Zie figuur. De afstand van het wateroppervlak tot de bovenkant van de buis noemen we x . Bij bepaalde waarden van x ontstaan staande golven in de luchtkolom boven het water.

Op het grensvlak van water en lucht ontstaat altijd een knoop. De buik die bij het open uiteinde ontstaat, ligt 2,4 cm boven de rand van de buis. Bij 20 °C is de geluidssnelheid in lucht 343 m/s.

a Bereken de kleinste afstand x waarbij resonantie optreedt.



Vervolgens laten we het waterniveau zakken totdat opnieuw resonantie optreedt.

b Bereken hoeveel cm het waterniveau hierbij is gedaald.