

NATUURKUNDE THUIS

Daar gaan we weer! Na een langere periode van online onderwijs in het schooljaar 2019-2020, zal ook (minimaal) in de eerste twee schoolweken van 2021 sprake zijn van thuis-onderwijs. Het continueren van het leerproces van de leerlingen en het zoveel mogelijk voorkomen van leerachterstanden wordt wederom de uitdaging.

Hoewel het misschien niet erg logisch lijkt, is juist een periode van thuis-onderwijs bij uitstek geschikt om de leerlingen aan de slag te zetten met de praktische aspecten van het vak natuurkunde. Het mooie van het vak is immers dat het overal herkenbaar is en dat biedt vele mogelijkheden voor onderzoek. Ook met eenvoudige middelen kan inzicht in de natuurkunde ontwikkeld worden en kunnen leerlingen vaardigheden ontwikkelen.

In dit document zijn een tiental experimenten te vinden, waarbij hulpmiddelen en apparatuur niet of nauwelijks aan de orde zijn. Alle benodigde materialen zijn normaliter bij de leerlingen in huis en de opstellingen zijn steeds eenvoudig te maken.

Er is gekozen voor een half open practicumstructuur met een redelijk beknopte beschrijving. De rol van de docent is daarbij voornamelijk begeleidend en coachend. Er dient wel te worden opgemerkt dat de experimenten redelijk “quick and dirty” zijn ontwikkeld en dus zeker nog voor verbetering vatbaar. Een deel van de experimenten is geschikt voor het vmbo en/of de onderbouw van havo/vwo en een deel is geschikt voor de bovenbouw havo/vwo. In dit document zijn de volgende experimenten opgenomen:



		vmbo en onderbouw havo/vwo	bovenbouw havo/vwo
1.	Rollende bal	x	x
2.	Valversnelling met een rollende bal		x
3.	Krachtconstante van een elastiek	x	
4.	Slinger	x	x
5.	Rendement van een waterkoker	x	
6.	Geluidsniveau van een koptelefoon	x	
7.	Geluidssnelheid met een rietje		x
8.	Geluidssnelheid met een fles		x
9.	Halveringsdikte van papier (1)	x	
10.	Halveringsdikte van papier (2)		x

De experimenten staan volledig los van elke lesmethode. In elke proefbeschrijving is, na een inleiding, een korte weergave van de achterliggende theorie. Vervolgens worden de benodigdheden benoemd. Hiermee kan redelijk flexibel worden omgegaan, er zijn meerdere mogelijkheden een bepaalde opstelling te realiseren. Daarna volgen een omschrijving van de uitvoering en de verwerking van de proef om tot een eindresultaat en/of eindconclusie te kunnen komen.

Veel experimenteer-plezier!

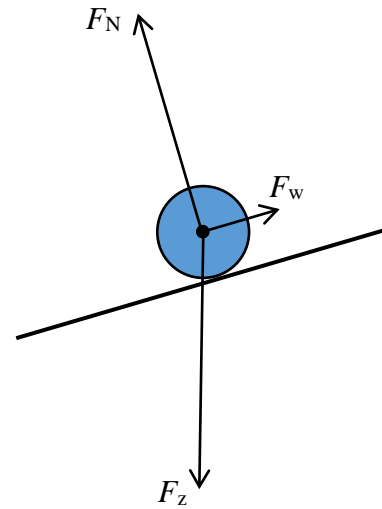
Karel Langendonck
fysikarel@online.nl

Het is voor docenten toegestaan aanpassingen en/of aanvullingen te doen in de practica en de beschrijvingen voor eigen gebruik.

Het gebruik van deze practica in deze vorm door commerciële partijen is zonder toestemming niet toegestaan.

Rollende bal

Als een bal op een helling geplaatst wordt, werken er op deze bal drie krachten: de zwaartekracht, de normaalkracht en een wrijvingskracht. In nevenstaande figuur is deze situatie schematisch getekend. De component van de zwaartekracht die langs de helling gericht is, zal er voor zorgen dat de bal in beweging komt en versneld langs de helling naar beneden zal gaan bewegen. Er ontstaat een (eenparig) versnelde beweging. In een grafiek waarin de plaats van de bal wordt uitgezet tegen de tijd zal een (gedeeltelijke) parabool ontstaan. In dit experiment wordt de beweging van een, langs een helling, rollende bal vastgelegd en nader bestudeerd.



Theorie

Een eenparig versnelde beweging is een beweging die plaatsvindt met een constante versnelling. De versnelling van een bewegend voorwerp kan berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

In deze formule staat a voor de versnelling (in m/s^2), Δv voor het snelheidsverschil (in m/s) en Δt voor een tijdsinterval (in s).

Als een eenparig versnelde beweging wordt vastgelegd in een (x, t) -diagram ontstaat er een parabool. In een dergelijk diagram kan de snelheid bepaald worden door een raaklijn te tekenen en de richtingscoëfficiënt van deze raaklijn te bepalen.

Benodigdheden

- bal of knikker
- tafel die onder een hoek geplaatst kan worden
- stopwatch (bijvoorbeeld op een mobiele telefoon)

Uitvoering

1. Plaats de tafel enigszins schuin door aan een zijde iets onder de tafelpoten te plaatsen.
2. Pas op de tafel een aantal punten af die elk 10 cm van elkaar verwijderd zijn. Plak bijvoorbeeld een stukje tape op de plekken om deze te markeren.
3. Meet de tijd die de bal nodig heeft om over een afstand van 10 cm te rollen. Herhaal deze meting drie keer.
4. Herhaal de vorige meting voor een afstand van 20 cm, 30 cm, 40 cm, enz. Eindig de meetreeks met een afstand van (minimaal) 100 cm (meer metingen zijn toegestaan).

Verwerking

1. Presenteer de meetresultaten in een tabel. Houd je bij het maken van de tabel aan de richtlijnen die gelden voor het maken van tabellen.
2. Bereken voor elke afstand de gemiddelde roltijd van de bal en neem ook dit resultaat op in de tabel.
3. Zet de, door de bal afgelegde, afstand in een grafiek uit tegen de (gemiddelde) roltijd.
4. Bepaal het tijdstip waarop de bal de maximale snelheid bereikt.
5. Bepaal de maximale snelheid die de bal bereikt.
6. Bepaal de versnelling van de bal in het deel van de beweging waarin sprake is van een eenparig versnelde beweging.

Valversnelling met een rollende bal

Een voorwerp in een vrije val zal een eenparig versnelde beweging uitvoeren met een versnelling gelijk aan de valversnelling. De valversnelling bedraagt daarbij $9,81 \text{ m/s}^2$. Een voorwerp dat rolt over een helling en daarbij een slechts zeer geringe wrijvingskracht ondervindt, zal een versnelling hebben die kleiner is dan de valversnelling. De aan de orde zijnde versnelling wordt echter wel bepaald door de valversnelling, in combinatie met de hellingshoek van de helling waarover de beweging plaats vindt. In dit experiment wordt de valversnelling bepaald met behulp van een beweging langs een helling.

Theorie

Een voorwerp dat beweegt met een constante versnelling voert een eenparig versnelde beweging uit. De plaats van het voorwerp als functie van de tijd kan berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$x = \frac{1}{2} at^2$$

In deze formule staat x voor de plaats (in m), a voor de versnelling (in m/s^2) en t voor de tijd (in s).

Op een voorwerp dat langs een helling beweegt en waarop wrijvingskrachten verwaarloosd mogen worden, werken twee krachten: de zwaartekracht F_z en de normaalkracht F_N . In nevenstaande figuur is deze situatie schematisch weergegeven. De zwaartekracht in deze figuur kan ontbonden worden in een (x -)component langs de helling en een (y -)component loodrecht op de helling. In dit experiment gaat het om de component van de zwaartekracht langs de helling. Hiervoor geldt:

$$F_{z,x} = F_z \sin \alpha$$

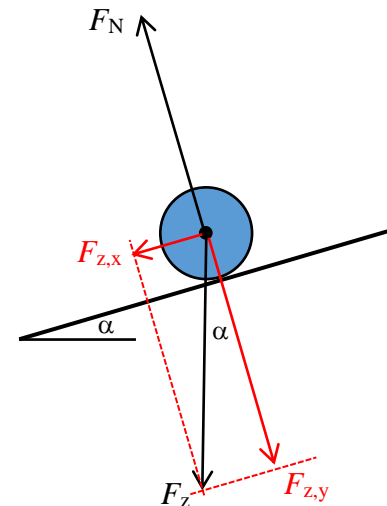
De component van de zwaartekracht langs de helling is daarmee de resulterende kracht. De tweede wet van Newton ($F_r = ma$) en de formule voor de zwaartekracht ($F_z = mg$) kunnen in de bovenstaande formule worden ingevuld. Dit levert op:

$$ma = mg \sin \alpha \quad \rightarrow \quad a = g \sin \alpha$$

In deze uitdrukking staat a voor de versnelling (in m/s^2), g voor de valversnelling ($9,81 \text{ m/s}^2$) en α voor de hellingshoek (in $^\circ$).

Benodigheden

- knikker (of ander hard en rond voorwerp)
- tafel die onder een hoek geplaatst kan worden
- voorwerp(en) waarmee de hoek van de tafel gevarieerd kan worden
- stopwatch (bijvoorbeeld op een mobiele telefoon)
- liniaal en/of rolmaat



Uitvoering

1. Plaats de tafel enigszins schuin door aan een zijde iets onder de tafelpoten te plaatsen.
2. Pas een bepaalde afstand af op de tafel en laat de knikker steeds over deze afstand rollen. Een geschikte afstand ligt in het gebied van 60 cm tot 100 cm.
3. Meet de hellingshoek. Dit kan door bijvoorbeeld de hoogte en lengte van de helling te meten, maar er zijn ook apps beschikbaar waarmee dit direct kan (een geschikte app daartoe is bijvoorbeeld Phyphox)
4. Laat de knikker rollen en meet de tijd die de knikker nodig heeft om de afgepaste afstand af te leggen. Herhaal deze meting drie keer.
5. Verander de hellingshoek door een zijde van de tafel te verhogen (of verlagen) ten opzichte van de vorige meting.
6. Herhaal de stappen 3 t/m 5. Zorg ervoor dat je uiteindelijk metingen hebt voor (minimaal) 8 verschillende hellingshoeken.

Verwerking

1. Presenteer de meetresultaten in een tabel. Houd je bij het maken van de tabel aan de richtlijnen die gelden voor het maken van tabellen.
2. Bereken voor elke hellingshoek de gemiddelde roltijd van de bal en neem ook dit resultaat op in de tabel.
3. Bereken voor elke hellingshoek de versnelling en neem ook dit resultaat op in de tabel.
4. Teken een grafiek waarin je de versnelling a van de knikker uitzet tegen de sinus van de hellingshoek $\sin \alpha$.
5. Bepaal aan de hand van de grafiek de valversnelling g .
6. Maak een inschatting van de in dit experiment aan de orde zijnde meetfouten en de marge die aan de orde zal zijn op de eindwaarde (de valversnelling g).

Krachtconstante van een elastiek

Als er op een flexibel voorwerp een kracht wordt uitgeoefend, zal dit voorwerp vervormen. Een bekend voorbeeld is het uitoefenen van een kracht op een veer. De veer wordt daarmee langer en de relatie tussen de uitrekking van de veer en de werkende kracht kan eenvoudig worden vastgesteld. De waarde die de stijfheid van de veer weergeeft, noemt men ook wel de veerconstante. In dit experiment ga je aan de slag met het bepalen van een vergelijkbare constante voor een elastiek.

Theorie

Een voorwerp dat aan een veer wordt gehangen, oefent op de veer een (gewichts)kracht uit. Hierdoor rekt de veer over een bepaalde afstand uit. Het verband tussen de kracht en de uitrekking wordt beschreven door de wet van Hooke:

$$F = Cu$$

In deze formule staat F voor de kracht die op de veer wordt uitgeoefend (in N), u voor de uitrekking van de veer (in m) en C voor de veerconstante (in N/m). De veerconstante is een maat voor de stijfheid van de veer.

Ook een elastiek kent een bepaalde mate van elasticiteit. Het verband tussen de kracht die op het elastiek wordt uitgeoefend en de uitrekking van het elastiek is vergelijkbaar met de situatie bij een veer. Een belangrijk verschil is echter dat de constante nu geen vaste waarde heeft, maar afhankelijk is van de kracht en de uitrekking. De wet van Hooke wordt dan:

$$F = ku$$

In deze formule staat k voor de krachtconstante (in N/m) van het elastiek bij een bepaalde uitrekking en uitgeoefende kracht.

Benodigheden

- elastiek
- bekertje of klein emmertje
- maatbeker (of ander hulpmiddel waarmee de hoeveel water bepaald kan worden)
- water

Uitvoering

1. Bouw een opstelling, vergelijkbaar met de opstelling zoals te zien is op de nevenstaande foto. In deze opstelling is een emmertje bevestigd aan een elastiek en is het geheel opgehangen. Deze opstelling kan op allerlei andere manieren ook gemaakt worden. Belangrijk is dat de lengte van het elastiek en de kracht die op het elastiek wordt uitgeoefend goed te bepalen / meten zijn.
2. Meet de lengte van het elastiek als alleen het emmertje aan het elastiek hangt. De massa van het emmertje wordt in het vervolg van het experiment verwaarloosd.
3. Doe een hoeveelheid water (bijvoorbeeld 50 of 100 mL) in het emmertje. Hierdoor wordt de massa aan het elastiek groter en wordt hierop dus een (bekende) kracht uitgeoefend.
4. Meet nu de nieuwe lengte van het elastiek.
5. Vergroot de hoeveelheid water in het emmertje en herhaal de voorgaande meting. Zorg ervoor dat je uiteindelijk (minimaal) 10 metingen krijgt.



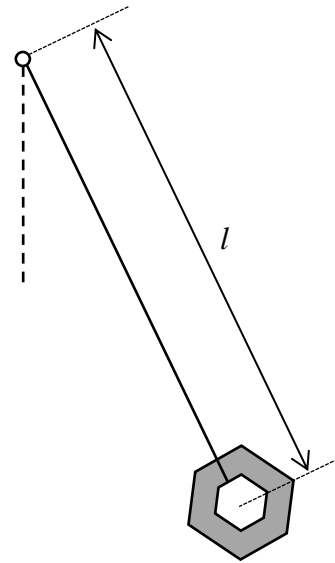
Verwerking

1. Presenteer de meetresultaten in een tabel. Houd je bij het maken van de tabel aan de richtlijnen die gelden voor het maken van tabellen.
2. Bereken voor elke gebruikte hoeveelheid water de kracht die op het elastiek wordt uitgeoefend. Plaats ook deze resultaten in de tabel.
3. Bereken voor elke meting de uitrekking van het elastiek. Plaats ook deze resultaten in de tabel.
(Let op! In de opstelling op de bovenstaande foto rekt het elastiek aan twee kanten uit. De uitrekking is daarbij dus de dubbele waarde ten opzichte van de vergroting van de lengte. Als je het elastiek door knipt en aan het emmertje knoopt, hoeft met dit aspect geen rekening te worden gehouden.)
4. Teken een grafiek waarin de kracht F die op het elastiek wordt uitgeoefend staat uitgezet tegen de uitrekking u van het elastiek.
5. Leg uit of de krachtconstante van het elastiek groter of kleiner wordt bij een grotere waarde voor de kracht op het elastiek.

Slinger

Een voorwerp dat aan een touw wordt bevestigd en wordt opgehangen, vormt een slinger. Het touw zal in een verticale stand hangen. Als het voorwerp een uitwijking gegeven wordt (zie nevenstaande figuur) en wordt losgelaten, zal er een periodieke beweging ontstaan. Onderzoek heeft uitgewezen dat er een verband bestaat tussen de lengte van de slinger en de trillingstijd, de tijd die de slinger nodig heeft voor een volledige slingerbeweging.

In dit experiment wordt dit verband nader onderzocht.



Theorie

Een slinger voert een periodieke beweging uit met een bepaalde trillingstijd. Deze trillingstijd is afhankelijk van de lengte van de slinger volgens de volgende formule:

$$T = k \cdot \sqrt{l}$$

In deze formule staat T voor de trillingstijd (in s), l voor de slingerlengte (in m) en is k een constante. Deze constante kan met de volgende formule berekend worden:

$$k = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$$

In deze formule staat g voor de valversnelling ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Benodigdheden

- touw
- voorwerp (een grote bout is zeer geschikt, maar ook een gum werkt goed)
- stopwatch (bijvoorbeeld op een mobiele telefoon)
- liniaal en/of rolmaat

Uitvoering

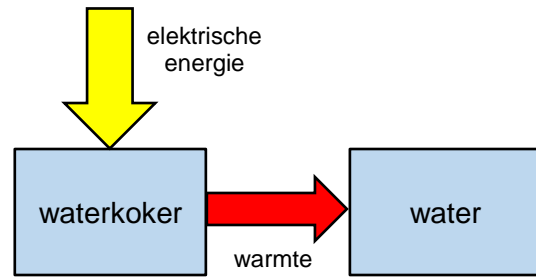
1. Knoop het voorwerp aan het touw en hang de slinger op een plek waar deze vrij kan slingeren.
2. Breng de slinger in beweging en meet de tijd die nodig is voor 10 volledige trillingen.
3. Verander de lengte van de slinger en herhaal de voorgaande meting. Zorg ervoor dat je uiteindelijk (minimaal) 8 metingen hebt. Geschikte slingerlengten liggen in het gebied van ongeveer 20 cm tot ongeveer 80 cm.

Verwerking

1. Presenteer de meetresultaten in een tabel. Houd je bij het maken van de tabel aan de richtlijnen die gelden voor het maken van tabellen.
2. Bereken voor elke meting de trillingstijd van de slinger. Plaats ook deze waarden in de tabel.
3. Maak een grafiek waarin de trillingstijd T van de slinger staat uitgezet tegen de wortel uit de slingerlengte \sqrt{l} .
4. Bepaal met behulp van de grafiek de waarde voor de constante k uit de formule.
5. Bereken met behulp van de constante k de waarde voor de valversnelling g .
6. Maak een inschatting van de in dit experiment aan de orde zijnde meetfouten.

Rendement van een waterkoker

Energie kan overgaan van de ene vorm naar de andere vorm. Daarbij dient de wet van behoud van energie uiteraard altijd in acht te worden genomen. In een waterkoker wordt elektrische energie omgezet in warmte. Een (groot) deel van deze warmte komt ten goede aan het verwarmen van het water. Het percentage warmte dat ontstaat uit de toegevoerde elektrische energie bepaalt het rendement van de waterkoker. In nevenstaande figuur is dit proces schematisch weergegeven.



Theorie

In de waterkoker wordt elektrische energie omgezet in warmte. De elektrische energie kan berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$E_e = Pt$$

In deze formule staat E_e voor de elektrische energie (in J), P voor het elektrische vermogen (in W) en t voor de tijd (in s).

De warmte kan berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$Q = mc\Delta T$$

In deze formule staat Q voor de warmte (in J), m voor de massa (in kg), c voor de soortelijke warmte (in $J/kg\cdot^{\circ}C$) en ΔT voor het temperatuurverschil (in $^{\circ}C$).

Het rendement waarmee een energie-omzetting plaatsvindt, kan berekend worden met de volgende formule:

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{toegevoerd}}} \cdot 100\%$$

In deze formule staat η voor het rendement (in %), E_{nuttig} voor de nuttig ontstane energie (in J) en $E_{\text{toegevoerd}}$ voor de opgenomen energie (in J).

Benodigheden

- waterkoker
- maatbeker (of ander hulpmiddel waarmee de hoeveelheid water bepaald kan worden)
- water
- klok

Uitvoering

1. Zoek op de waterkoker het typeplaatje en noteer het vermogen van de waterkoker.
2. Pas een hoeveelheid water af en giet deze in de waterkoker. Zorg ervoor dat de waterkoker voor minimaal driekwart gevuld is.
3. Zet de waterkoker aan en start tegelijkertijd de meting van de tijd.
4. Op het moment dat het water kookt, schakel je de waterkoker uit (vaak gebeurt dit al automatisch) en bepaal je de tijd die de waterkoker aan heeft gestaan.

Verwerking

1. Bereken de hoeveelheid elektrische energie die de waterkoker heeft opgenomen.
2. Bereken de massa van het water dat in de waterkoker geschonken is.
3. Zoek op en/of schat de temperatuur van water dat uit de kraan komt.
4. Bereken het temperatuurverschil van het water in dit experiment.
5. Bereken de hoeveelheid warmte die het water heeft opgenomen.
6. Bereken het rendement van de waterkoker.
7. Maak een inschatting van meetfouten die in dit experiment aan de orde kunnen zijn en de wijze waarop deze het eindantwoord (het rendement van de waterkoker) kunnen beïnvloeden.

Geluidsniveau van een koptelefoon

Koptelefoons worden enorm veel gebruikt om een gesprek via telefoon te kunnen voeren of te kunnen genieten van muziek. Het nadeel van koptelefoons is echter dat het geluidsniveau aanzienlijk kan zijn en kan leiden tot gehoorschade. Het volume waarop de geluidsbron is ingesteld bepaald het waargenomen geluidsniveau. Ook de tijd die men bloot staat aan een bepaald geluidsniveau bepaald de mate waarin er gehoorschade op kan treden. In dit experiment wordt het geluidsniveau van een koptelefoon geanalyseerd.

Theorie

De sterkte of luidheid waarmee geluid wordt waargenomen, wordt uitgedrukt in decibel (dB). De decibel-schaal kent een wat merkwaardige schaalverdeling, die men ook wel logaritmisch noemt. De reden voor deze vreemde indeling is de enorme gevoeligheid van het menselijke gehoor. De regel dat het geluidsniveau toeneemt met 3 dB als het aantal geluidsbronnen verdubbeld wordt, is algemeen bekend.

Geluid bestaat uit trillingen en kan dus beschouwd worden als een vorm van energie. Om een beter inzicht te krijgen in de hoeveelheid energie die er bij een bepaalde geluidsbron aan de orde is, kan ook gebruik worden gemaakt van de geluidsintensiteit. Deze kan berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$I = I_0 \cdot 10^{(L/10)}$$

In deze formule staat I voor de geluidsintensiteit (in W/m^2), I_0 voor de gehoordrempel (dit is de minimale geluidsintensiteit die nog net door een mens kan worden waargenomen, deze heeft een waarde van 10^{-12} W/m^2) en L voor het geluidsniveau (in dB).

Benodigheden

- koptelefoon
- geluidsbron (bijvoorbeeld een mobiele telefoon of laptop)
- mobiele telefoon met een app waar het geluidsniveau mee gemeten kan worden

Uitvoering

1. Installeer op een mobiele telefoon een app waar het geluidsniveau mee gemeten kan worden. Geschikte apps zijn bijvoorbeeld “Decibel X” of “Phyphox”, maar er zijn er meer.
2. Zet de geluidsbron op het minimale volume en stel een bepaalde schaalverdeling vast. Denk bijvoorbeeld aan volumestand 1 tot 10 of van 0% tot 100%, afhankelijk van de geluidsbron die gebruikt wordt.
3. Meet op elke stand het geluidsniveau met behulp van de app. De koptelefoon houdt je daarbij tegen de microfoon van de mobiele telefoon aan. Zie nevenstaande figuur. Zorg voor minimaal 10 metingen.



Verwerking

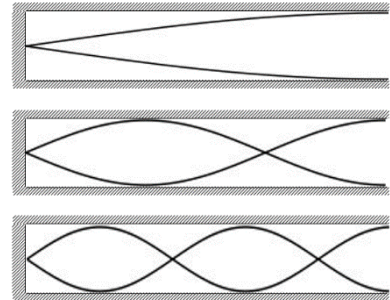
1. Presenteer de meetresultaten in een tabel. Houd je bij het maken van de tabel aan de richtlijnen die gelden voor het maken van tabellen.
2. Maak een grafiek waarin je het geluidsniveau uitzet tegen de stand van de geluidsbron. Je zal zien dat het geluidsniveau niet heel sterk verandert, terwijl je het geluid wel (veel) luider waarneemt bij een hogere stand.
3. Bereken per meting de geluidsintensiteit. Plaats ook deze waarden in de tabel.
4. Maak een grafiek waarin je de geluidsintensiteit uitzet tegen de stand van de geluidsbron.
5. Zoek uit bij welke stand van de geluidsbron er gehoorschade op zal gaan treden en hoe lang je dan aan dit geluidsniveau blootgesteld moet zijn.

Geluidssnelheid met een rietje

De toon die ontstaat in een blaasinstrument is afhankelijk van de lengte van de buis van het instrument. Bij een langere buis ontstaat een toon met een lagere frequentie. Grootheden die hierbij aan de orde zijn, zijn de frequentie, de golflengte en de golfsnelheid (geluidssnelheid). Deze grootheden verhouden zich tot elkaar volgens de formule: $v = \lambda f$. Als de buislengte gevarieerd wordt, zal ook de golflengte veranderen en daarmee ook de frequentie. Deze relatie wordt in dit experiment gebruikt om de geluidssnelheid te bepalen.

Theorie

In een luchtkolom kunnen, onder bepaalde voorwaarden, staande golven ontstaan. Als er sprake is van een luchtkolom met een open en een gesloten uiteinde, zal de staande golf altijd een oneven veelvoud zijn van een kwart van de golflengte. In nevenstaande figuur zijn, van boven naar onder, de grondtoon, de eerste boventoon en de tweede boventoon schematisch weergegeven. Wel met die opmerking dat er in een luchtkolom een longitudinale golf zal ontstaan en in de figuur een transversale golf getekend is. De golflengte van de opeenvolgende tonen kan bepaald worden met behulp van de volgende formule:



$$l = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4} \lambda$$

In deze formule staat l voor de lengte van de luchtkolom (in m), n voor het nummer van de toon (waarbij $n = 1$ staat voor de grondtoon) en λ voor de golflengte (in m).

Op het moment dat de golflengte van een golf bekend is, kan ook de frequentie van de trilling berekend worden die de golf veroorzaakt. Hiertoe bestaat de volgende relatie:

$$v = \lambda f$$

In deze formule staat v voor de golfsnelheid (hier de geluidssnelheid, in m/s), λ voor de golflengte (in m) en f voor de frequentie (in Hz).

Het meten van frequenties is niet eenvoudig. Hier wordt een techniek voor gebruikt die men Fourier-analyse noemt. Deze techniek levert figuren op zoals bijvoorbeeld weergegeven in nevenstaande figuur. De ligging van de pieken in de grafiek bepaalt de grondtoon en de boventonen die bij de geanalyseerde toon aan de orde zijn. Over het algemeen bepaalt de hoogste piek de ligging van de grondtoon en dus de frequentie die wordt waargenomen. Ook de boventonen kunnen in het spectrum worden bepaald, waardoor er ook een indruk van de klankkleur kan ontstaan.

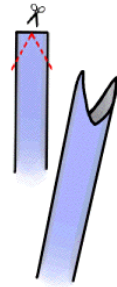


Benodigdheden

- rietje
- liniaal of rolmaat
- schaar
- mobiele telefoon met een app voor frequentie-analyse (bijvoorbeeld Phyphox)

Uitvoering

1. Knip een uiteinde van het rietje spits af, zoals weergegeven in nevenstaande figuur.
2. Blaas op het rietje bij het spitse deel van het rietje (knijp daartoe met je tanden de twee ontstane flapjes iets naar elkaar). Oefen dit een tijdje, zodat je een redelijk stabiele toon uit het rietje weet te krijgen.
3. Meet de frequentie van de (grond)toon die uit het rietje komt.
4. Knip een stukje (bijvoorbeeld ongeveer 3 cm) van het rietje af en blaas opnieuw. Er zal nu een iets hogere toon klinken. Meet ook de frequentie van deze (grond)toon.
5. Herhaal de voorgaande stap en zorg ervoor dat je minimaal 6 meetresultaten hebt.



Verwerking

1. Presenteer de meetresultaten in een tabel. Houd je bij het maken van de tabel aan de richtlijnen die gelden voor het maken van tabellen.
2. Bereken voor elke meting de aan de orde zijnde golflengte.
3. Maak een grafiek waarin je de frequentie f uitzet tegen de reciproke waarde van de golflengte $1/\lambda$.
4. Bepaal aan de hand van de grafiek de geluidssnelheid.
5. Maak een inschatting van de in dit experiment aan de orde zijnde meetfouten en de marge die aan de orde zal zijn op de eindwaarde (de geluidssnelheid).

Geluidssnelheid met een fles

Het is een bekend verschijnsel dat als er over de hals van een fles geblazen wordt, er een toon klinkt. Doorgaans is dit een redelijk zuivere toon, waar de frequentie goed bepaald van kan worden. Een grotere hoeveelheid vloeistof in de fles en dus een kleinere hoeveelheid lucht in de fles zorgt voor een hogere toon. Er bestaat een relatie tussen de hoeveelheid lucht in de fles en de frequentie die waar te nemen is.

In dit experiment wordt deze relatie gebruikt om de geluidssnelheid te bepalen.

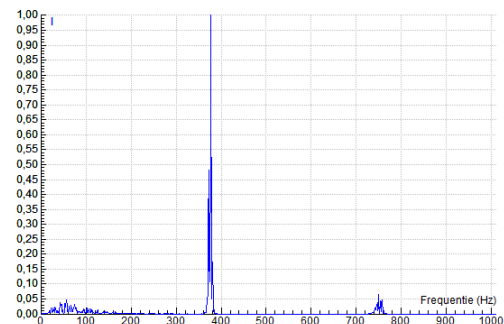
Theorie

Op het moment dat er over de hals van een fles geblazen wordt, zal de fles zich gaan gedragen als een zogenaamde Helmholtz resonator. Met een Helmholtz resonator kon men vroeger uiterst nauwkeurig de frequentie bepalen van tonen en zo tot een stemming komen van muziekinstrumenten. De volgende formule geldt voor een Helmholtz resonator:

$$f = \frac{v}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{A}{Vl}}$$

In deze formule staat f voor de frequentie (in Hz), v voor de geluidssnelheid (in m/s), A voor de grootte van de halsopening (in m^2), V voor het volume van de lucht in de resonator (in m^3) en l voor de lengte van de hals (in m).

Het meten van frequenties is niet eenvoudig. Hier wordt een techniek voor gebruikt die men Fourier-analyse noemt. Deze techniek levert figuren op zoals bijvoorbeeld weergegeven in nevenstaande figuur. De ligging van de pieken in de grafiek bepaalt de grondtoon en de boventonen die bij de geanalyseerde toon aan de orde zijn. Over het algemeen bepaalt de hoogste piek de ligging van de grondtoon en dus de frequentie die wordt waargenomen. Ook de boventonen kunnen in het spectrum worden bepaald, waardoor er ook een indruk van de klankkleur kan ontstaan.



Benodigheden

- fles (een fles met een smalle hals geeft het beste resultaat)
- maatbeker (of ander hulpmiddel waarmee de hoeveel water bepaald kan worden)
- liniaal of geodriehoek
- mobiele telefoon met een app voor frequentie-analyse (bijvoorbeeld Phyphox)

Uitvoering

1. Meet de diameter d van de flesopening. Zie nevenstaande figuur.
2. Meet de lengte l van de hals van de fles. Zie nevenstaande figuur.
3. Blaas over de fles zodat er een mooie stabiele toon klinkt.
4. Meet de frequentie van de (grond)toon die uit de fles komt.
5. Giet een hoeveelheid water in de fles en blaas opnieuw over de fles. Er zal nu een iets hogere toon klinken. Meet ook de frequentie van deze (grond)toon.
6. Herhaal de voorgaande stap en zorg ervoor dat je minimaal 6 metingen hebt.



Verwerking

1. Presenteer de meetresultaten in een tabel. Houd je bij het maken van de tabel aan de richtlijnen die gelden voor het maken van tabellen.
2. Bereken de doorsnede van de opening van de fles.
3. Bereken voor elke meting het volume lucht dat zich in de fles bevindt.
4. Maak een grafiek waarin je de frequentie f uitzet tegen de reciproke waarde van de wortel van het volume $\frac{1}{\sqrt{V}}$.
5. Bepaal aan de hand van de grafiek de geluidssnelheid.
6. Maak een inschatting van de in dit experiment aan de orde zijnde meetfouten en de marge die aan de orde zal zijn op de eindwaarde (de geluidssnelheid).

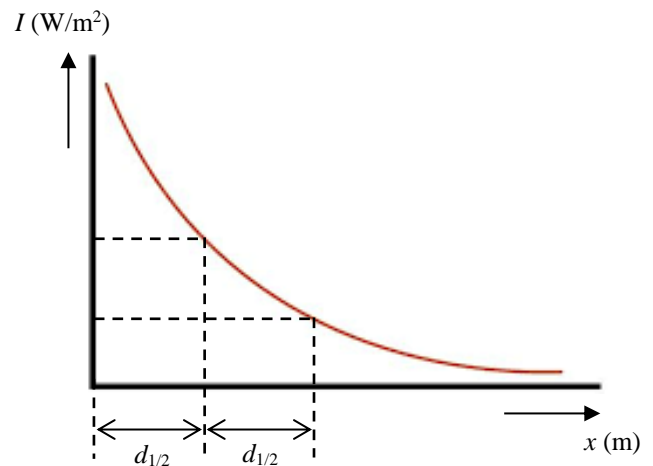
Halveringsdikte van papier (1)

De straling van radioactieve stoffen (α -, β - of γ -straling), maar ook bijvoorbeeld röntgenstraling, kan door stoffen heen dringen. De doordringbaarheid van de straling is daarbij per type straling en per stof verschillend. Als de straling door een stof heen beweegt, verliest deze zijn energie en draagt deze over aan de stof. De mate waarin een stof energie kan absorberen, bepaalt de voor de stof en straling vastgestelde halveringsdikte.

Ook zichtbaar licht bezit een hoeveelheid energie, hoewel deze vele malen lager ligt dan aan de orde bij de straling van radioactieve stoffen. Ook licht wordt, zoals bekend, geabsorbeerd in stoffen. In dit experiment wordt de halveringsdikte van papier bepaald voor zichtbaar licht.

Theorie

De energie van een hoeveelheid straling die door een stof beweegt, wordt geabsorbeerd door de atomen of moleculen in de stof. Hierdoor vermindert de intensiteit van de straling naarmate deze verder door de stof heen beweegt. Het verband tussen de intensiteit van de straling en de afgelegde afstand in een stof is weergegeven in nevenstaande grafiek. Uit deze figuur kan de halveringsdikte van de stof bepaald worden. De halveringsdikte is de afstand waarbij de intensiteit van de straling gehalveerd is. In nevenstaande figuur is op twee plekken de halveringsdikte aangegeven.

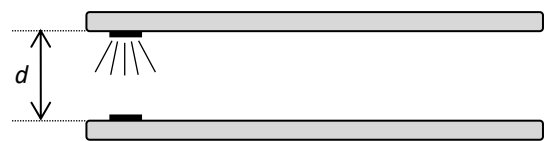


Benodigheden

- mobiele telefoon met een app voor het meten van de lichtsterkte (bijvoorbeeld Light Meter)
- felle lichtbron (de flitslamp van een (andere) mobiele telefoon is erg geschikt)
- papier (bij voorkeur redelijk dun)

Uitvoering

1. Installeer op een mobiele telefoon een app waarmee de lichtsterkte kan worden gemeten. Deze lichtsterkte wordt over het algemeen uitgedrukt in lux. Voor de meting zal de telefoon gebruik maken van de camera.
2. Plaats de telefoon voor een felle lamp. Erg geschikt hiervoor is de flitslamp van een andere mobiele telefoon. Er ontstaat dan de opstelling zoals schematisch weergegeven in nevenstaande figuur. Zorg ervoor dat de afstand d zo klein mogelijk is.
3. Meet de lichtsterkte met behulp van de app op de mobiele telefoon.
4. Plaats een stukje papier tussen de lichtbron en de camera en meet opnieuw de lichtsterkte. Het is aan te bevelen om redelijk dun papier te gebruiken.
5. Herhaal de voorgaande stap met steeds een extra stukje papier tot het moment dat de gemeten lichtsterkte (nagenoeg) gelijk is geworden aan 0 lux.



Verwerking

1. Bereken de dikte van het gebruikte papier. Gebruik hierbij de dichtheid en het oppervlak van het papier. De dichtheid van bijvoorbeeld 80-grams papier is $0,80 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Als er dunner papier gebruikt is, is de dichtheid naar rato kleiner.

2. Presenteer de meetresultaten in een tabel. Houd je bij het maken van de tabel aan de richtlijnen die gelden voor het maken van tabellen.
3. Maak een grafiek waarin je de lichtintensiteit uitzet tegen de dikte van het papier.
4. Bepaal in de grafiek op een aantal plekken de halveringsdikte van het gebruikte papier. Zie de figuur op de vorige pagina. Probeer zo vaak als mogelijk de halveringsdikte te bepalen, want dat levert uiteindelijk het nauwkeurigste resultaat op.
5. Bereken van de bepaalde halveringsdikten de gemiddelde waarde.
6. Maak een inschatting van meetfouten die in dit experiment aan de orde kunnen zijn en de wijze waarop deze het eindantwoord (de halveringsdikte van het gebruikte papier) kunnen beïnvloeden.

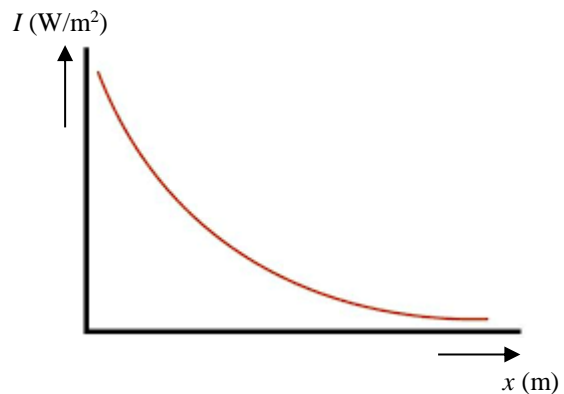
Halveringsdikte van papier (2)

De straling van radioactieve stoffen (α -, β - of γ -straling), maar ook bijvoorbeeld röntgenstraling, kan door stoffen heen dringen. De doordringbaarheid van de straling is daarbij per type straling en per stof verschillend. Als de straling door een stof heen beweegt, verliest deze zijn energie en draagt deze over aan de stof. De mate waarin een stof energie kan absorberen, bepaalt de voor de stof en straling vastgestelde halveringsdikte.

Ook zichtbaar licht bezit een hoeveelheid energie, hoewel deze vele malen lager ligt dan aan de orde bij de straling van radioactieve stoffen. Ook licht wordt, zoals bekend, geabsorbeerd in stoffen. In dit experiment wordt de halveringsdikte van papier bepaald voor zichtbaar licht.

Theorie

De energie van een hoeveelheid straling die door een stof beweegt, wordt geabsorbeerd door de atomen of moleculen in de stof. Hierdoor vermindert de intensiteit van de straling naarmate deze verder door de stof heen beweegt. Het verband tussen de intensiteit van de straling en de afgelegde afstand in een stof is weergegeven in nevenstaande grafiek. Uit deze figuur is op te maken dat er sprake is van een aflopend exponentieel verband tussen de intensiteit van de straling en de afgelegde afstand in de stof. Dit verband kan worden weergegeven met behulp van de volgende formule:



$$I_x = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{x/d_{1/2}}$$

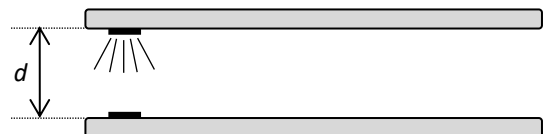
In deze formule staat I_x voor de intensiteit van de straling in de stof (in W/m^2), I_0 voor de intensiteit van de straling voordat deze de stof in gaat (in W/m^2), x voor de afgelegde afstand in de stof (in m) en $d_{1/2}$ voor de halveringsdikte (in m). De halveringsdikte is een eigenschap van de stof voor een specifiek type straling.

Benodigdheden

- mobiele telefoon met een app voor het meten van de lichtsterkte (bijvoorbeeld Light Meter)
- felle lichtbron (de flitslamp van een (andere) mobiele telefoon is erg geschikt)
- papier (bij voorkeur redelijk dun)

Uitvoering

1. Installeer op een mobiele telefoon een app waarmee de lichtsterkte kan worden gemeten. Deze lichtsterkte wordt over het algemeen uitgedrukt in lux, een eenheid equivalent aan W/m^2 . Voor de meting zal de telefoon gebruik maken van de camera.
2. Plaats de telefoon voor een felle lamp. Erg geschikt hiervoor is de flitslamp van een andere mobiele telefoon. Er ontstaat dan de opstelling zoals schematisch weergegeven in nevenstaande figuur. Zorg ervoor dat de afstand d zo klein mogelijk is.
3. Meet de lichtsterkte met behulp van de app op de mobiele telefoon.
4. Plaats een stukje papier tussen de lichtbron en de camera en meet opnieuw de lichtsterkte. Het is aan te bevelen om redelijk dun papier te gebruiken.



5. Herhaal de voorgaande stap met steeds een extra stukje papier tot het moment dat de gemeten lichtsterkte (nagenoeg) gelijk is geworden aan 0 lux.

Verwerking

1. Bereken de dikte van het gebruikte papier. De dichtheid van 80-grams papier bedraagt $0,80 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Als er dunner papier gebruikt is, is de dichtheid naar rato kleiner.
2. Presenteer de meetresultaten in een tabel. Houd je bij het maken van de tabel aan de richtlijnen die gelden voor het maken van tabellen.
3. Maak een grafiek waarin de lichtintensiteit staat uitgezet tegen de dikte van het papier.
4. Het verband tussen de lichtintensiteit en de dikte van het papier zal niet lineair zijn. Om toch te komen tot een lineair verband dient er een coördinatentransformatie te worden uitgevoerd. Pas deze coördinatentransformatie toe en teken een nieuwe grafiek, waarin wel sprake is van een lineair (recht evenredig) verband.
5. Bepaal aan de hand van de grafiek, verkregen na coördinatorentransformatie, de halveringsdikte van het gebruikte papier.
6. Maak een inschatting van de, in dit experiment aan de orde zijnde, meetfouten en bepaal de marge die reëel is op het eindantwoord (de halveringsdikte van het gebruikte papier).