Proef van Melde; Voortplantingssnelheid in een koord

Doel

De voortplantingssnelheid (v) van golven in een gespannen koord hangt van de spankracht (F_S) en de massa per lengte-eenheid van het koord (m/l) af. De theoretisch af te leiden formule is:

$$v = \sqrt{\frac{F_S}{m/l}}$$

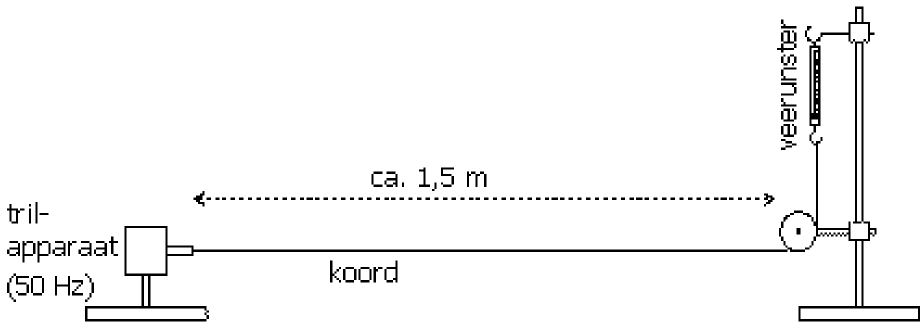
In deze proef gaan we na of dit in de praktijk klopt.

Materiaal

Trilapparaat (50 Hz), statief met katrol en haak, veerunsters (van 1 N en van 3 N), 2 koorden van ca. 1,5 m lengte (het ene koord heeft per meter een vier maal zo grote massa), maatlat of rolmaat.

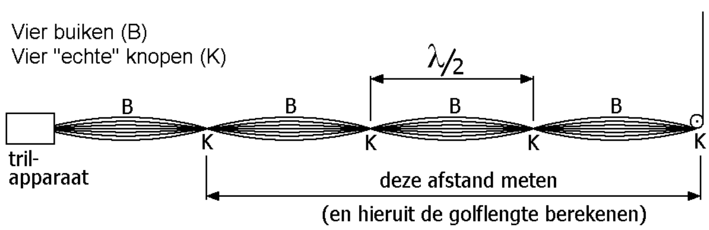
Uitvoering

Bouw de opstelling zoals hiernaast is geschetst; eerst met het dunne koord.



Het trilapparaat trilt met 50 Hz. Let goed op de richting waarin het trilapparaat zijn trillingen uitvoert. Bij een horizontale trillingsrichting (natuurlijk loodrecht op de richting van het koord!) moet je het koord van boven af bekijken om de knopen en buiken te zien. Bij een verticale trillingsrichting moet je juist horizontaal kijken om het trillingspatroon te zien.

Ga na bij welke waarden van de spankracht het koord resoneert (met échte knopen, waar de amplitude nul is!). Meet deze spankrachten én de bijbehorende golflengtes zo nauwkeurig mogelijk. Als de spankracht kleiner is dan 1 N gebruik je natuurlijk de veerunster van 1 N.



De golflengte bepaal je door de afstand te meten tussen de twee verst weg gelegen knopen. Ga er daarbij van uit dat het koorduiteinde bij het trilapparaat geen echte knoop is. Dat punt trilt immers, weliswaar met een kleine amplitude. Zie bijvoorbeeld de figuur hiernaast met vier buiken en vier “echte” knopen.

Meetresultaten
Varieer de spankracht zodanig dat je resonantietoestanden krijgt met 2, 3, 4, 5 en 6 buiken. Bij 1 buik kun je de golflengte niet bepalen omdat je de plaats van de knoop bij het trilapparaat niet precies weet. Noteer je meetgegevens in de onderstaande tabel en vul de tabel verder in.

	Totaal aantal buiken	Spankracht F_S (N)	Afstand tussen uiterste (gemeten) knopen (cm)	Golflengte λ (m)	Voortplantings-snelheid v (m/s)
Dun koord	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
Dik koord	2				
	3				
	4				
	5				
	6				

Herhaal de metingen met het dikke koord.
Laat dit controleren voordat je verder gaat.

Verwerking van de meetresultaten.
Open een Excel-werkblad. Gebruik vier kolommen voor gegevens uit de tabel.
Zet in de eerste kolom de spankrachten van het dunne koord.
Zet in de tweede kolom de voortplantingssnelheden in het dunne koord.
Zet in de derde kolom de spankrachten van het dikke koord.
Zet in de vierde kolom de voortplantingssnelheden in het dikke koord.

Maak een grafiek voor het dunne touw waarin v tegen F_S wordt uitgezet. Laat als trendlijn een zogenaamde machtsfunctie tekenen van de vorm:

$$v = c_1 \cdot F^{c_2}$$

Excel bepaalt wat de beste waarden van c_1 en c_2 zijn.
Herhaal dit voor het dikke touw.

Dun touw: c_1 =_________________; c_2 =_________________.

Dik touw: c_1 =_________________; c_2 =_________________.

Laat dit controleren voordat je verder gaat.

Conclusies
Ga voor het dunne en het dikke touw na of de voortplantingssnelheid evenredig is met de wortel van de spankracht (zoals uit de formule zou volgen).

Laat dit controleren voordat je verder gaat.

Ga na of de voortplantingssnelheid omgekeerd evenredig is met de wortel van de massa per lengte-eenheid van het koord (zoals uit de formule zou volgen). Bedenk hierbij dat het dikke koord bestaat uit vier dunne koorden die in elkaar gevlochten zijn.

Laat dit controleren.

Proof van Melde;
Bepaling v/d massa per lengte-eenheid v/e koord

Doel

De voortplantingssnelheid (v) van golven in een gespannen koord hangt van de spankracht (F_S) en de massa per lengte-eenheid van het koord (m/l) af. De theoretisch af te leiden formule is:

$$v = \sqrt{\frac{F_S}{m/l}}$$

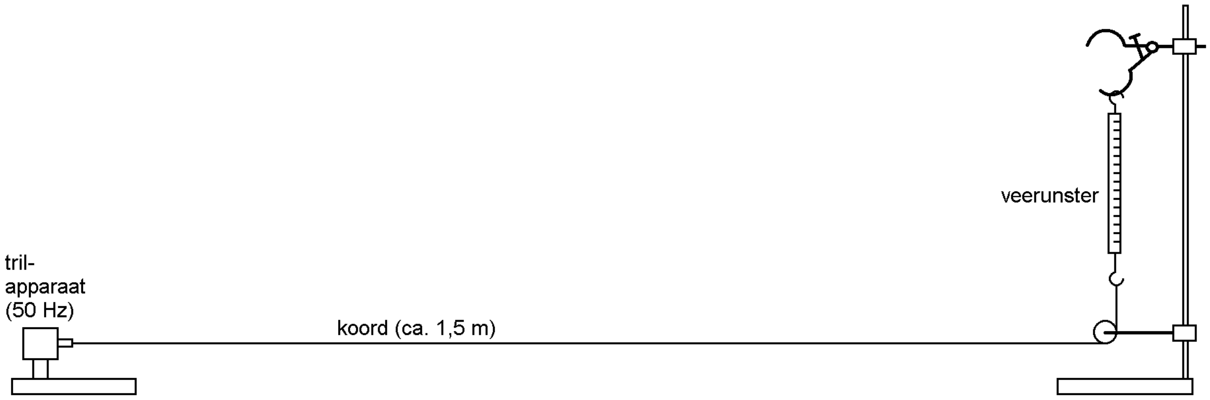
In deze proef gaan we de massa per lengte-eenheid van het koord bepalen door staande golven in dit koord op te wekken.

Materiaal

Trilapparaat (50 Hz), statief met katrol en klem, veerunster(s), koord van ca. 1,5 m lengte, rolmaat.

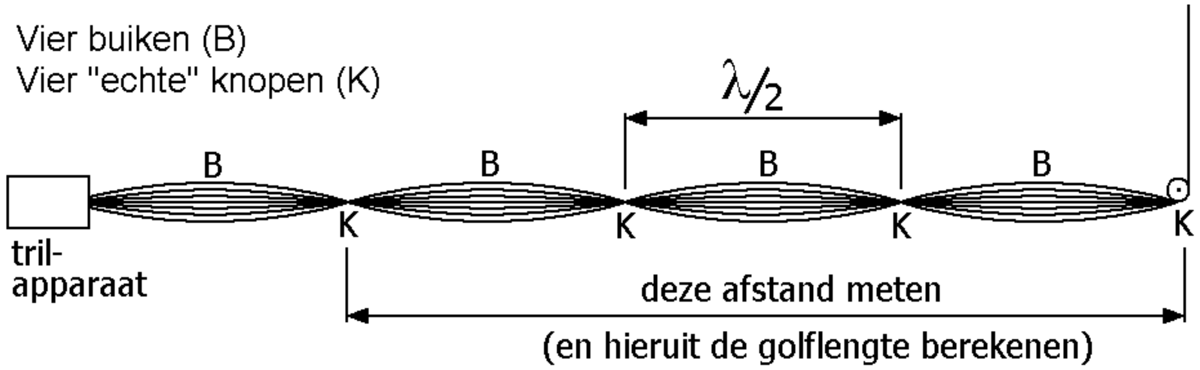
Uitvoering

Bouw de opstelling zoals hieronder is geschetst. Gebruik zo nodig twee parallelle veerunsters bij grote spankrachten.



Ga na bij welke waarden van de spankracht het koord resoneert (met échte knopen, waar de amplitude nul is!). De spankracht kan ingesteld worden door het statief (aan de rechter kant van de tekening) in zijn geheel te verschuiven (grofregeling) of door de klem, waar de veerunster aan hangt, te verstellen (fijnregeling) .Meet deze spankrachten én de bijbehorende golflengtes zo nauwkeurig mogelijk. Gebruik de onderstaande tabel.

De golflengte bepaal je door de afstand te meten tussen de twee verst weg gelegen knopen. Ga er daarbij van uit dat het koorduiteinde bij het trilapparaat geen echte knoop is. Dat punt trilt immers, weliswaar met een kleine amplitude. Zie bijvoorbeeld de volgende figuur met vier buiken en vier “echte” knopen.



Meetresultaten

Varieer de spankracht zodanig dat je resonantietoestanden krijgt met 2, 3, 4, 5 en 6 buiken. Bij 1 buik kun je de golflengte niet bepalen omdat je de plaats van de knoop bij het trilapparaat niet precies weet. Noteer je meetgegevens in de onderstaande tabel en vul de tabel verder in.

Totaal aantal buiken	Spankracht F_S (N)	Afstand tussen uiterste (gemeten) knopen (cm)	Golflengte λ (m)	Voortplantings-snelheid v (m/s)
2				
3				
4				
5				
6				

Laat dit controleren voordat je verder gaat.

Verwerking van de meetresultaten.

Open een spreadsheetprogramma.
Neem uit de tabel de waarden van de spankracht en de waarden van de voortplantingssnelheid over.
Zet deze waarden in een diagram tegen elkaar uit op een zodanige manier dat er volgens de theorie een rechte trendlijn door de meetpunten gaat.
Laat het spreadsheetprogramma ook de vergelijking van de trendlijn weergeven.
Bepaal uit de steilheid van de trendlijn de massa per lengte-eenheid van het gebruikte koord.

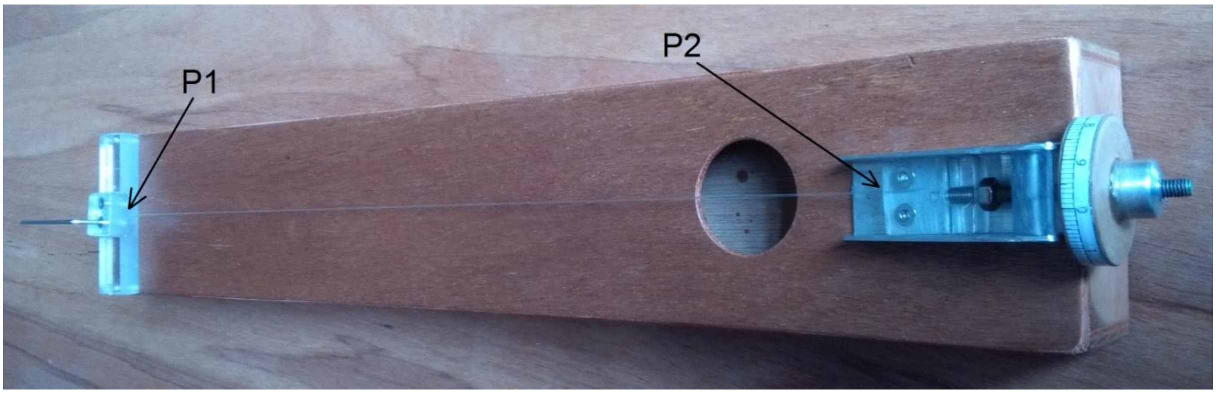
Naam: _______________________________________ Klas: ______

Practicum:
Bepaling elasticiteitsmodulus met trillende snaar

Dit practicum is afgeleid van het artikel ‘Snaartheorie in de praktijk’ in de NVOX, februari 2017. De praktische uitvoering van dit practicum is verzorgd door Nop Velthuizen. Verder dank aan Bram van Leeuwen voor zijn waardevolle suggesties.

Doel van de proef
In deze proef wordt de elasticiteitsmodulus bepaald van het materiaal van een trillende snaar. Dit wordt gedaan door de trillingsfrequentie van de snaar te bepalen als functie van de uitrekking van de snaar.

Opstelling van de proef
De onderstaande figuur toont de proef. Een snaar is gespannen tussen een vast punt P1 en een verplaatsbaar punt P2. Met een draaiknop kan P2 over kleine afstanden naar rechts of naar links bewogen worden. De snaar wordt in trilling gebracht en het geluid wordt versterkt door de klankkast onder de snaar. De frequentie van de grondtoon wordt met een gedownloade app op een smartphone gemeten.



De lengte van de snaar, dus de afstand tussen P1 en P2, wordt in dit practicum aangegeven met L. Door P2 naar rechts te bewegen, neemt L toe met ΔL. We noemen ΔL de uitrekking van de snaar. Gedurende het hele practicum blijft ΔL veel kleiner dan L. De waarde van L ligt in de orde van 50 centimeters en de uitrekking ΔL is maximaal 5 mm.

De draaiknop draait om een M6-bout. De spoed hiervan is 1 mm. Dat wil zeggen dat de draaiknop 1 mm naar rechts of naar links verschuift per omwenteling. Omdat de schaal van de draaiknop 100 schaaldelen heeft, kan de uitrekking van de snaar op 0,01 mm nauwkeurig ingesteld worden.

Achterliggende theorie bij de proef

Voor de trillingsfrequentie f van de snaar geldt:

$$f = \frac{v}{\lambda}.$$

Hierin is v de golfsnelheid in de snaar en λ de golflengte die hoort bij frequentie f.
Voor de grondtoon kan dit verband geschreven worden als:

$$f = \frac{v}{2 \cdot L}. \qquad \text{(formule I)}$$

Een bekende formule voor de golfsnelheid in een snaar is:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}.$$

Hierin is F de spankracht in de snaar en μ de massa per lengte-eenheid van de snaar. Als A de oppervlakte van de doorsnede van de snaar is en σ de trekspanning, geldt per definitie:

$$F = \sigma \cdot A.$$

Als de snaar massa m heeft en gemaakt is van een stof met dichtheid ρ, dan geldt:

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{\rho \cdot L \cdot A}{L} = \rho \cdot A.$$

We vinden dan voor de golfsnelheid:

$$v = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}. \qquad \text{(formule II)}$$

Merk op dat de oppervlakte A van de doorsnede van de draad uit de laatste formule verdwenen is.

Combineren van de formules I en II geeft:

$$f^2 = \frac{\sigma}{4 \cdot \rho \cdot L^2} \qquad \text{(formule III)}$$

Als E de elasticiteitsmodulus van het materiaal van de snaar is, geldt per definitie voor de trekspanning:

$$\sigma = E \cdot \frac{\Delta L_o + \Delta L}{L}.$$

Hierin is ΔL_0 de uitrekking van de snaar aan het begin van de proef. Dankzij deze 'beginuitrekking' staat de snaar al strak voordat de snaar met de draaiknop verder wordt uitgerekt.
Als we deze formule combineren met formule III, vinden we tenslotte:

$$\boxed{f^2 = \frac{E}{4 \cdot \rho \cdot L^3} \cdot (\Delta L_0 + \Delta L)}$$

Metingen

Bepaal de lengte L van de snaar in de opstelling.

Zoek de dichtheid ρ van het materiaal, waar de snaar van gemaakt is, op.

Meet de frequentie f van de snaar bij een toenemende uitrekking ΔL van bijvoorbeeld 0,0 mm, 0,1 mm, 0,2 mm enzovoort tot maximaal 0,5 mm bij een stalen draad of van 0,0 mm, 0,5 mm, 1,0 mm enzovoort tot maximaal 4,0 mm bij een nylon draad. Volg hierbij de instructies van de docent. Let op: bij elke meetserie moet de snaar stapsgewijs LANGER worden, niet korter!

Verwerking van de meetresultaten
Zet de waarden van f en ΔL in een spreadsheet-programma (bijvoorbeeld Excel).
Laat het spreadsheet-programma f^2 berekenen.
Laat het spreadsheet-programma een diagram maken waarin f^2 tegen ΔL uitstaat.
Laat het spreadsheet-programma de vergelijking van de trendlijn weergeven waarbij de steilheid in drie significante cijfers is gegeven.
Ga na of f^2 lineair afhangt van ΔL.
Bepaal uit de vergelijking van de trendlijn de elasticiteitsmodulus E.
Bepaal uit de vergelijking van de trendlijn de beginuitrekking ΔL_0.

Optionele opdracht:
Neem een los stuk snaar.
Bepaal de lengte van het stuk snaar.

Bepaal de diameter van de snaar.

Bepaal de massa van het stuk snaar.

Bereken uit deze meetwaarden de dichtheid van de stof waar de snaar van gemaakt is. Bereken vervolgens het procentuele verschil met de literatuurwaarde.

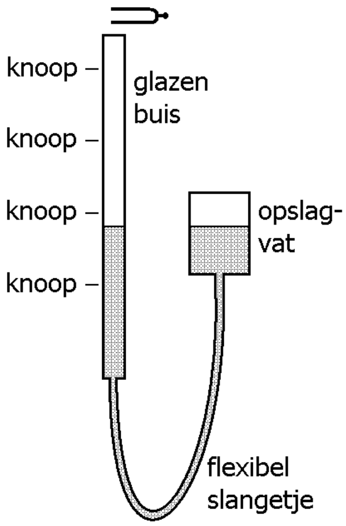
Practicum: Resonantie van een luchtkolom

Doel
Het bepalen van de geluidssnelheid in lucht.

Materiaal
Glazen buis, verbonden met een slang aan een opslagvat voor water; statiefmateriaal; 2 stemvorken:1700 en 2000 Hz, hamer om de stemvorken mee aan te slaan, viltstiften en liniaal.

Inleiding en theorie:
De geluidssnelheid in lucht is zo groot dat hij niet eenvoudig te bepalen is door de afgelegde afstand te delen door de daarvoor benodigde tijdsduur. Daarvoor is de tijdsduur simpelweg te klein. In dit practicum bepalen we de voortplantingssnelheid daarom op een andere manier, namelijk door de luchtkolom in een buis in resonantie te brengen. Door de lengte van de luchtkolom te variëren, wordt meerdere keren resonantie verkregen. Hieruit wordt de geluidssnelheid berekend.

Uitvoering van de proef
De figuur hiernaast toont de opstelling. De luchtkolom in de glazen buis wordt met behulp van een stemvork in trilling gebracht. De stemvork wordt vlak boven de glazen buis gehouden. De benen van de stemvork trillen in verticale richting. De trillende benen mogen het glas niet raken want dan kan het glas kapot trillen. In het onderste deel van de glasbuis en het opslagvat zit water. De stand van het waterniveau in de buis is te regelen door het opslagvat omhoog of omlaag te bewegen.



Voer de onderstaande opdrachten eerst uit met een stemvork van 1700 Hz en daarna met een stemvork van 2000 Hz.

Houd het opslagvat zo hoog zodat het water bijna tot aan de rand van de glazen buis staat. Sla de stemvork aan en houd hem boven de buis. Laat het water eerst een keer snel zakken en luister naar de sterkte van het geluid. Bij zeer bepaalde niveaus van het water wordt het geluid van de stemvork duidelijk versterkt (resonantie). Er ontstaat dan in de luchtkolom een staande longitudinale golf met een buik vlak boven de opening van de buis en een knoop bij het wateroppervlak.

Laat het water daarna opnieuw zakken, maar nu langzaam. Zet met een viltstift streepjes op de glasbuis bij alle waterniveaus waarbij resonantie goed hoorbaar optreedt. Als de stemvork te sterk gedoofd is, kun je hem opnieuw aanslaan. Op deze manier krijg je een serie streepjes op de buis.

Meet de afstand tussen de bovenkant van de glazen buis en elk streepje.

Verwerking van de meetgegevens

Geef ieder streepje een eigen nummer. Geef het bovenste streepje nummer 0, het een na bovenste streepje nummer 1 enzovoort. Maak met Excel een grafiek waarin de gemeten afstanden zijn uitgezet tegen de streepjesnummers. Laat Excel de vergelijking van de trendlijn weergeven. Gebruik deze vergelijking voor de volgende opdrachten. Maak GEEN gebruik van de oorspronkelijke metingen (de gemeten afstanden)!

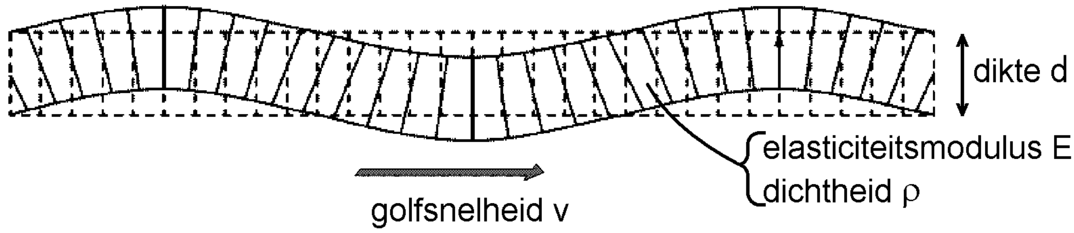
Bereken de geluidssnelheid.
Bereken hoever de bovenste buik zich boven de opening van de buis bevindt.

Practicum: Snelheid van buiggolven

Doel
Het bepalen van het verband tussen de snelheid van buiggolven en de frequentie.

Theorie
In de onderstaande figuur is een staaf getekend waarin zich een buiggolf van links naar rechts beweegt. Kenmerkend voor een buiggolf is dat de staaf binnen een dwarsdoorsnede aan één kant ingedrukt wordt en aan de andere kant uitgerekt wordt. De volgende stofeigenschappen van het materiaal van de staaf spelen bij buiggolven een rol:

1) de elasticiteitsmodulus E;
2) de dichtheid ρ.



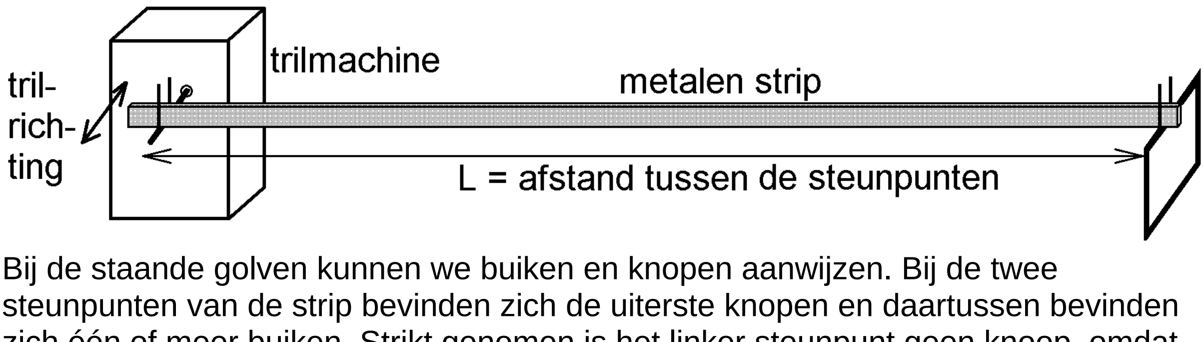
Theoretisch kan aangetoond worden dat de snelheid v van de buiggolf evenredig is met de wortel van de frequentie f. We kunnen dit schrijven als:

$$v = A \cdot \sqrt{f}$$

Als we ons beperken tot een staaf met een rechthoekige doorsnede waarvan de dikte d is, geldt voor de evenredigheidsconstante A:

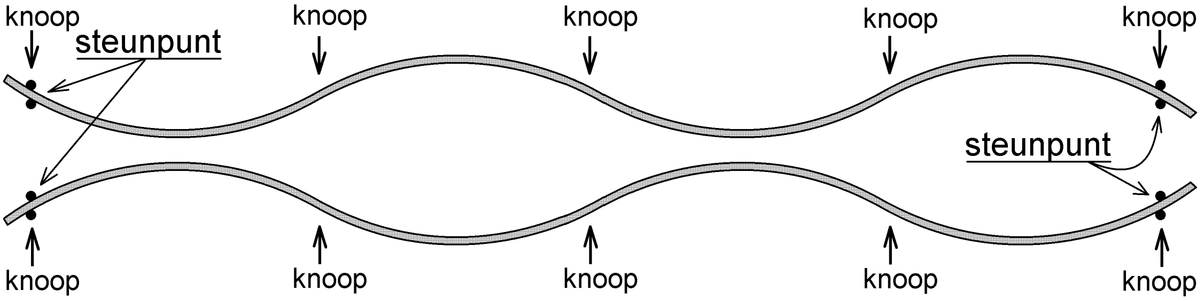
$$A = \sqrt{\frac{\pi \cdot d}{\sqrt{3}}} \cdot \left(\frac{E}{\rho}\right)^{\frac{1}{4}}$$

Opstelling
De onderstaande figuur toont schematisch de opstelling in dit practicum. De trilmachine brengt het linker uiteinde van een metalen strip in trilling door dit met een kleine amplitude voortdurend naar voren en naar achteren te bewegen. De golf die hierdoor in de strip ontstaat, wordt bij het rechter uiteinde weerkaatst. Bij bepaalde frequenties, resonantiefrequenties genoemd, treedt er een staande golf op.



Bij de staande golven kunnen we buiken en knopen aanwijzen. Bij de twee steunpunten van de strip bevinden zich de uiterste knopen en daartussen bevinden zich één of meer buiken. Strikt genomen is het linker steunpunt geen knoop, omdat dit punt trilt. Zijn amplitude is echter voldoende klein om het toch als knoop op te kunnen vatten.

De twee steunpunten zijn smalle sleuven waar de metalen strip doorheen loopt. De strip moet bij de steunpunten nog een zekere bewegingsvrijheid hebben om alle knopen gelijkwaardig te laten zijn. Een starre inklemming van de uiteinden van de strip is dus ongewenst. Zie de onderstaande figuren waarin de twee uiterste standen van de strip in bovenaanzicht zijn weergegeven bij vier buiken (n = 4).



Theoretisch verband tussen de resonantiefrequentie en het aantal buiken

In dit practicum is L de afstand tussen de steunpunten en n het aantal buiken in de strip. Omdat er bij resonantie een geheel aantal halve golflengtes tussen de steunpunten zit, moet het volgende gelden.

$$n \cdot \frac{\lambda}{2} = L$$

Hieruit volgt:

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

Voor de resonantiefrequenties f kunnen we dan schrijven:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L} \cdot n = \frac{A \cdot \sqrt{f}}{2L} \cdot n$$

Hieruit volgt dan:

$$f = \left(\frac{A}{2L}\right)^2 \cdot n^2.$$

Blijkbaar is de resonantiefrequentie evenredig met het kwadraat van het aantal buiken.

Als we tenslotte de bovenstaande uitdrukking voor A in de laatste vergelijking substitueren, krijgen we:

$$f = \left(\frac{\pi}{4\sqrt{3}} \cdot \frac{d}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}\right) \cdot n^2$$

Opdracht 1: berekenen van E / ρ uit de literatuurwaarden van E en ρ

Zoek de elasticiteitsmodulus E en de dichtheid ρ van het metaal op waar de strip van gemaakt is. Bereken hieruit de waarde van E / ρ en druk deze uit in SI-grondeenheden.

Opdracht 2: maken van diagram

Bepaal bij een oplopend aantal buiken n steeds de resonantiefrequentie f.
Zet in een diagram f tegen n^2 uit.
Leg uit of uit het diagram blijkt dat f evenredig is met het kwadraat van n.

Opdracht 3: empirische bepaling van E / ρ

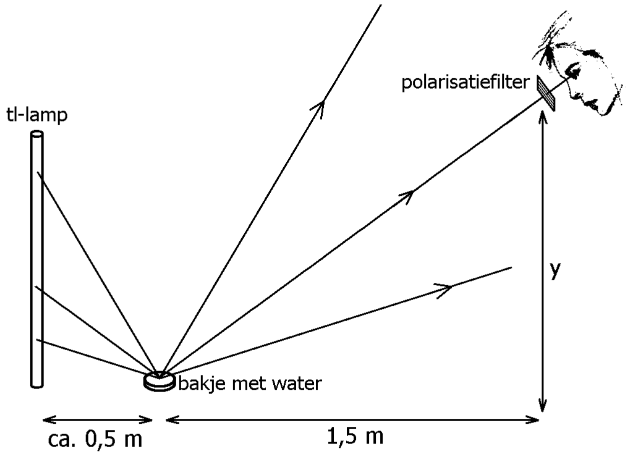
Meet de stripdikte d op. Meet de afstand L tussen de steunpunten.
Bepaal de steilheid van de trendlijn in het diagram van opdracht 2.
Bepaal uit deze steilheid de waarde van E / ρ.

Opdracht 4: vergelijking van beide waarden van E / ρ

Bereken het procentuele verschil tussen beide gevonden waarden van E / ρ.
Verklaar eventuele verschillen.

Practicum: Bepaling van de Brewsterhoek en de brekingsindex van water

In de figuur hiernaast is een verticaal opgestelde tl-lamp op de vloer geplaatst. Op 50 cm afstand van de tl-lamp bevindt zich op de vloer een klein bakje (zoals een petrischaaltje) dat met water gevuld is. Iemand staat op enige afstand, zeg 1,8 m, van het bakje en kijkt door een polarisatiefilter naar het spiegelbeeld van de tl-lamp. Omdat het spiegelende wateroppervlak klein is, zie je slechts een klein deel van de totale lengte van de tl-lamp. De horizontale afstand tussen het bakje en het filter bedraagt 1,5 m.



Het teruggekaatste licht is in meer of mindere mate gepolariseerd. Bij de juiste stand van het polarisatiefilter (als zijn polarisatierichting loodrecht op die van licht staat) is het spiegelbeeld van de tl-lamp dus slechts zwak zichtbaar.

De persoon gaat langzaam door de knieën en kijkt vanuit een steeds lager wordende positie naar het spiegelbeeld van de tl-lamp. Bij een bepaalde hoogte y boven de grond is het polarisatiefilter in staat het spiegelbeeld volledig weg te filteren. De hoek van inval (= hoek van terugkaatsing) die bij deze hoogte hoort, is gelijk aan de Brewsterhoek.

Opmerking: bij gebruik van een plastic petrischaaltje kan lichtreflectie tegen de bodem van het schaaltje de proef verstoren. De mechanische spanningen in het plastic hebben namelijk invloed op de polarisatierichting van het weerkaatste licht. Het verdient dan aanbeveling om het petrischaaltje voor de proef zwart te verven.

<u>Opdracht.</u>
Voer deze proef zelf uit.
Bepaal bij welke hoogte y het filter het spiegelbeeld volledig onzichtbaar kan maken. Houd daarbij de horizontale afstand tussen het bakje en het filter op 1,5 m.
Bereken uit de gemeten hoogte de Brewsterhoek van water en daaruit de brekingsindex van water.

Practicum:
Draaiing van polarisatievlak in suikeroplossing

Doel

Het onderzoeken van de draaiing van het polarisatievlak van licht in suikerwater.

Opstelling

Polarimeter

Inleiding

Zie bijgeleverde tekst.

Metingen

Gebruik de groene LED als (monochromatische) lichtbron.

- Bepaal de hoekverdraaiing van het polarisatievlak door 30,0 cm suikerwater bij de volgende concentraties: 100 g/L, 200 g/L en 300 g/L.
- Bepaal de hoekverdraaiing van het polarisatievlak door suikerwater met een concentratie van 200 g/L bij de volgende weglengtes: 10,0 cm, 20,0 cm en 30,0 cm.

Gebruik de rode LED en de blauwe LED.

- Bepaal de hoekverdraaiing van het polarisatievlak door suikerwater bij deze kleuren (golflengtes).

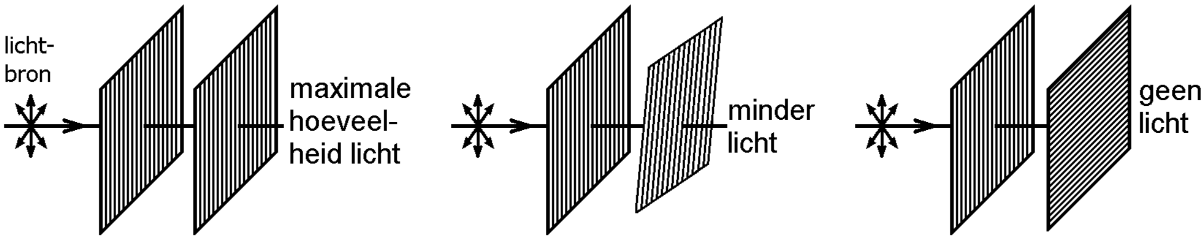
Minimale eisen aan de verwerking van de meetgegevens

- Toon met de meetwaarden aan dat de hoekverdraaiing evenredig is met de weglengte in de suikeroplossing.
- Toon met de meetwaarden aan dat de hoekverdraaiing (bij benadering) evenredig is met de concentratie van de suikeroplossing.
- Bereken uit de meetwaarden de specifieke rotatie van suiker. Ga hierbij uit van de vergelijking van de trendlijn die Excel berekend heeft.
- Ga na hoe de specifieke hoekverdraaiing van de golflengte afhangt.

Practicum:
Twee polarisatiefilters gecombineerd

Doel
In dit practicum wordt het verband onderzocht tussen de lichtdoorlaatbaarheid van een combinatie van twee polarisatiefilters en de hoek tussen hun polarisatierichtingen.

Theorie
In de onderstaande drie figuren valt er licht op twee evenwijdige polarisatiefilters. In de linker figuur zijn de polarisatierichtingen van beide filters gelijk. De intensiteit van het doorgelaten licht is dan maximaal. In de middelste figuur zijn de polarisatierichtingen van de filters ongelijk aan elkaar. De intensiteit van het doorgelaten licht is dan kleiner. In de rechter figuur is de hoek tussen de polarisatierichtingen 90º en is de lichtintensiteit voorbij de filters nul.

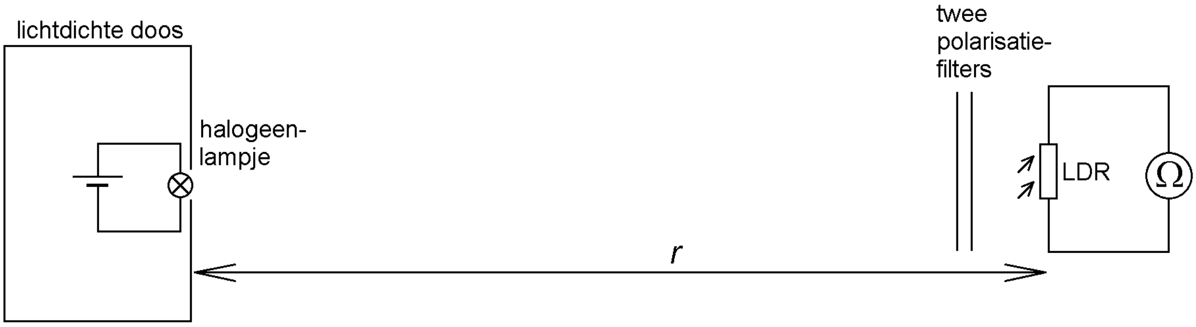


We voeren nu de volgende grootheden in.
I = de intensiteit van het licht dat door beide polarisatiefilters heen komt (in W/m^2).
I_0 = de intensiteit I als de filters dezelfde polarisatierichting hebben (in W/m^2).
ϴ = de hoek tussen de polarisatierichtingen.
Uiteraard is I ten hoogste gelijk aan I_0.
Je kunt de verhouding I / I_0 de verzwakkingsfactor noemen ten gevolge van het niet evenwijdig zijn van de polarisatierichtingen van de filters. Deze verzwakkingsfactor hangt van ϴ af. Volgens de theorie van gepolariseerd licht geldt:

$$\frac{I}{I_0} = \cos^2(\theta).$$

Uitvoering van de proef

De onderstaande opstelling wordt gebruikt in een totaal verduisterde kamer. In een lichtdichte doos bevindt zich een brandend halogeenlampje. Het lampje schijnt licht naar buiten door een klein gaatje in de doos. Het lampje wordt opgevat als een puntvormige lichtbron. Op ruime afstand r van deze lichtbron bevindt zich een LDR (= lichtgevoelige weerstand). Zijn weerstand R_{LDR} wordt met een multimeter bepaald. Tussen de lichtbron en de LDR bevinden zich de twee polarisatiefilters.



In het begin worden de polarisatiefilters gelijk gericht (ϴ = 0º) en is de afstand tussen de lichtbron en de LDR het grootst (zeg 2 meter). Deze afstand wordt met r_0 aangeduid. In deze situatie wordt de weerstand R_{LDR} gemeten. Vervolgens wordt hoek ϴ stapsgewijs vergroot (bijvoorbeeld ϴ = 10º, 20º, 30º enzovoort). Bij elke waarde van ϴ wordt de afstand r tussen de lichtbron en de LDR zodanig verkleind, dat de weerstand R_{LDR} gelijk blijft aan die bij de eerste meting. Je zou dus kunnen zeggen dat een verminderde doorlaatbaarheid van de polarisatiefilters wordt gecompenseerd door een kleinere afstand tussen de lichtbron en de LDR.

Als we ervan uitgaan dat de intensiteit van het licht omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de afstand r tot de lichtbron, dan geldt voor de verzwakkingsfactor van de polarisatiefilters:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{r^2}{r_0^2}.$$

Metingen

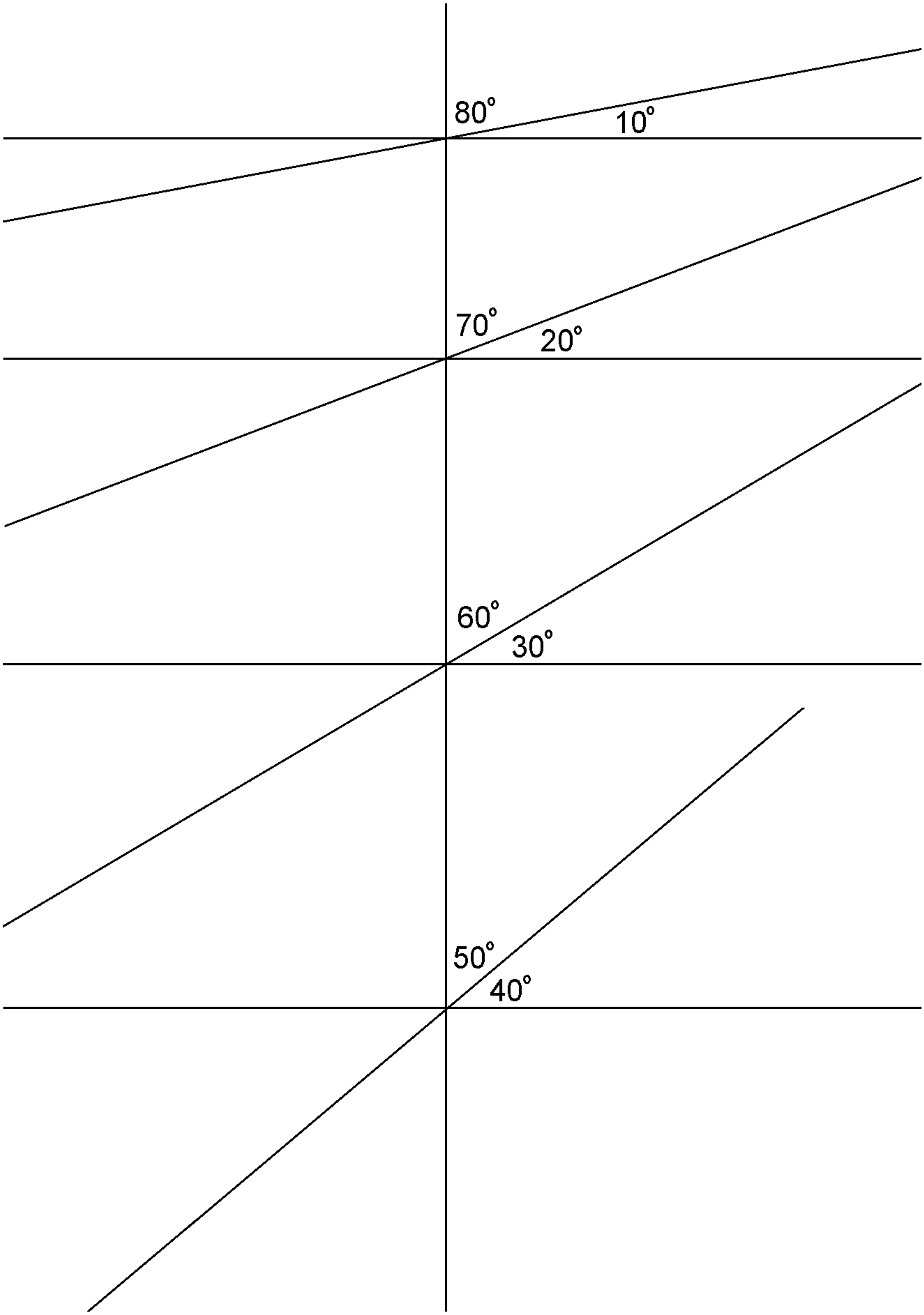
Voor de bovenbeschreven proef uit en vul de onderstaande tabel in. Gebruik eventueel de volgende bladzijde waarmee de hoeken tussen de polarisatiefilters kunnen worden ingesteld.

R_{LDR} = ______________________________

Ɵ	r (cm)
0º	
10º	
20º	
30º	
40º	
50º	
60º	
70º	
80º	

Uitwerking van de meetgegevens

Bepaal het verband tussen de verzwakkingsfactor I / I_0 en Ɵ. Ga na of dit verband overeenkomt met het theoretische verband.


80°
10°
70°
20°
60°
30°
50°
40°