

**Basisexperimenten
Fysica**

**6^{de} jaar S.O. deel 2
Trillingen en golven**

M. De Cock, G. Janssens, J. Vanhaecht

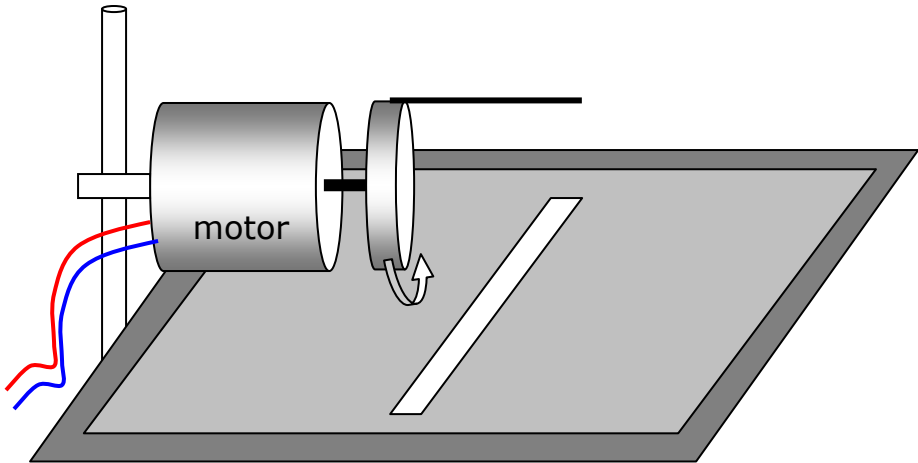
woensdag 5 november 2008

INHOUD

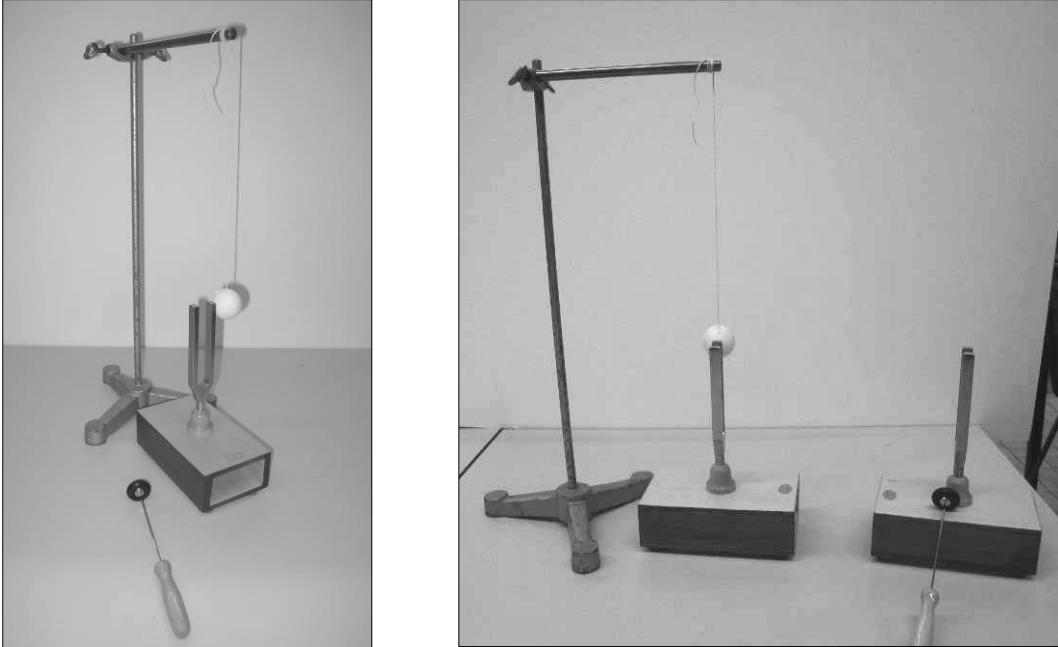
<i>Harmonische trilling als projectie van een ECB</i>	3
<i>Trilling van een stemvork zichtbaar maken</i>	4
<i>Trilling van een membraan zichtbaar maken</i>	5
<i>Harmonische trillingen - stemvork op oscilloscoop</i>	7
<i>Massa-veer systeem: verband tussen periode (T) en amplitude (A)</i>	8
<i>Massa-veer systeem: verband tussen periode (T) en massa (m)</i>	9
<i>Massa-veer systeem: verband tussen periode (T) en veerconstante (k)</i>	12
<i>Massa-veer systeem: bepalen van de frequentie (f) m.b.v. een bewegingssensor</i>	14
<i>Massa-veer systeem: horizontale trilling van wagentje aan 2 veren</i>	16
<i>Massa-veer systeem: horizontale trilling van een wagentje tussen 2 veren</i>	17
<i>Slinger: verband tussen periode T en amplitude A</i>	18
<i>Slinger: verband tussen periode T en massa m</i>	19
<i>Slinger: verband tussen de periode T en de lengte l</i>	20
<i>Resonantie – 2 stemvorken</i>	22
<i>Resonantie – Gekoppelde slingers</i>	23
<i>Resonantie: strips met verschillende lengte</i>	24
<i>Massa-veer systeem: gedempte/gedwongen trilling</i>	25
<i>Samenstellen van trillingen op oscilloscoop</i>	26
<i>Zwevingen op oscilloscoop</i>	27
<i>Geluidsgolven onder vacuïumstolp</i>	28
<i>Transversale en longitudinale golven</i>	29
<i>Rimpeltank</i>	30
<i>Interferentie bij beeldschermen</i>	31
<i>Bepalen van de geluidssnelheid</i>	32
<i>Kortsluiten van drukfluctuaties bij een stemvork</i>	33
<i>Doppler Rocket</i>	34
<i>Transversale staande golven met lange spiraalveer</i>	36
<i>Staande golven met elektrische tandenborstel</i>	37
<i>Staande golven in massa-veer systeem</i>	38
<i>Staande golven: Chladni figuren</i>	39
<i>Staande golven in een drinkbeker</i>	40
<i>Buiging van licht</i>	42
<i>Proef van Young</i>	43

Polarisatie..... 44
Labo: Lichtintensiteit..... 45



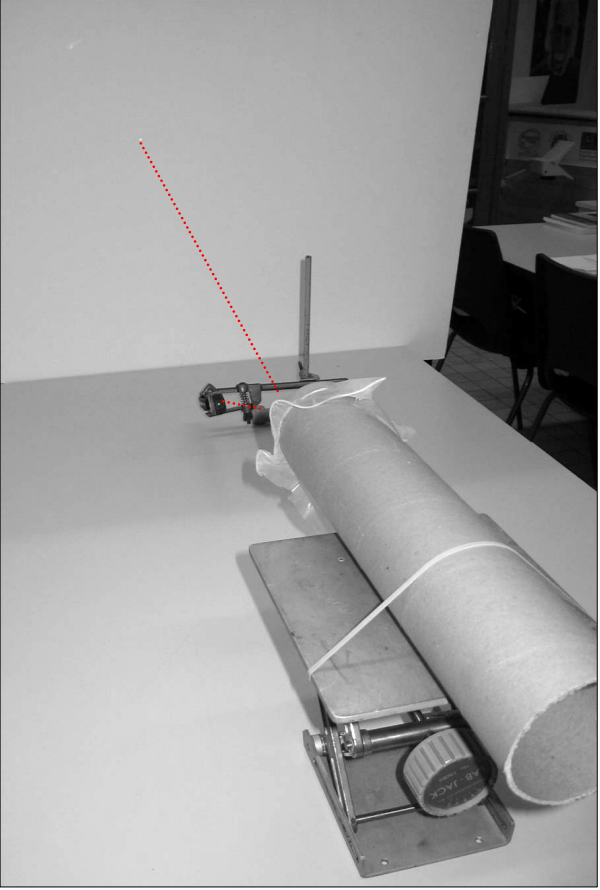
Harmonische trilling als projectie van een ECB

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: projectie ECB
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: Overhead-projector, motor met regelbare snelheid (of accu-schroevendraaier), (saté-stokje), karton met spleet van 2 cm	
Uitvoering: Bevestig het stokje aan de motor zodat het excentrisch draait. Plaats de motor zodanig dat het stokje vlak boven de projector draait (net boven spleet).	
Opdrachten/Vragen: Hoe beweegt de projectie van het stokje op het scherm? Is de snelheid constant? Waar is de snelheid het grootst, waar het kleinst?	
Tips bij de uitvoering: - De begrippen: periode, frequentie, amplitude, ... kunnen hier ingevoerd worden. - De wiskundige uitdrukking $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ kan zo eenvoudig ingevoerd worden. - Hang een massa aan een veer en bekijk beide bewegingen. Ze zijn analoog.	
Meetresultaten: We zien een op en neergaande beweging. De snelheid is bovenaan en onderaan nul, en het grootst in het midden.	

Trilling van een stemvork zichtbaar maken

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: Trilling stemvork
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: Pingpongballetje, dun touw of garendraad, stemvork+hamertje, statief	
Uitvoering: Bevestig de draad aan het pingpongballetje met kleefband of een druppel lijm. Hang dit aan een statief zodanig dat het balletje ter hoogte van het bovenste gedeelte van de stemvork hangt. Sla de stemvork aan en breng hem dan voorzichtig tot tegen het balletje.	
Opdrachten/Vragen: Wat toont het wegspringen van het balletje aan? Hoe komt het dat het balletje soms hard wegbotst en soms weinig of niet?	
Tips bij de uitvoering: - Klop niet op de stemvork als het balletje er al tegen hangt want dan krijgt men de indruk dat het balletje ‘weggeklopt’ wordt. - Via een 2 ^e stemvork kan je door resonantie hetzelfde effect bekomen.	
Meetresultaten: We zien het balletje wegspringen van de stemvork. Soms wordt het tegengehouden en botst het blijkbaar niet. Dit is als de stemvork op dat moment juist meegaat met het balletje. Het botst hard weg als de stemvork juist naar het balletje toe beweegt op het moment dat ze elkaar raken.	

Trilling van een membraan zichtbaar maken

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: Trilling membraan
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
  	
<p>Materiaal: Buis (diameter > 8 cm), membraan (bv. Latexhandschoen), klein stukje spiegel (mag niet te zwaar zijn), laser(pointer) op statief, eventueel toongenerator + luispreker (maar zingen werkt ook goed)</p>	
<p>Uitvoering: Span het membraan over de buis en kleef er het spiegeltje op. Fixeer de buis (bv. op verhoogtafeltje) zodanig dat ze niet kan bewegen en richt de laser(pointer) een beetje schuin op het spiegeltje. Zorg ervoor dat het gereflecteerde lichtpunt op een wit oppervlak (muur, plafond, wit blad papier) terechtkomt en goed zichtbaar is. Als er nu geluid gemaakt wordt (praten, muziek, zingen in buis), zal het gereflecteerde laserlichtpunt snel bewegen waardoor er een 'lijn'-tekening tevoorschijn komt.</p>	
<p>Opdrachten/Vragen: Welk verschil zie je bij zacht en sterk geluid? Welk verschil zie je bij hoge en lage tonen? Hoe komt het dat het laserlichtpunt een 2D-figuur maakt?</p>	

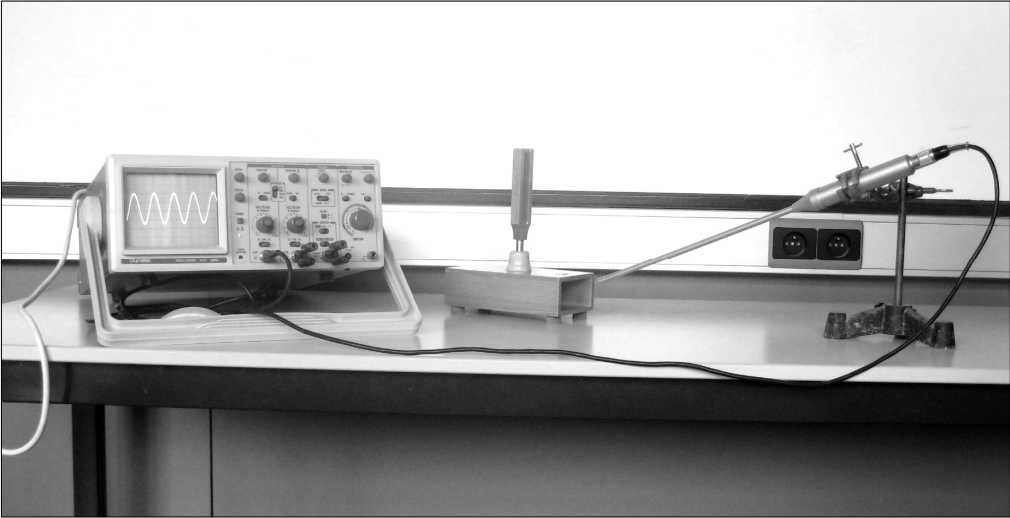
Tips bij de uitvoering:

- Zing (of laat een leerling zingen) een constante toon in de buis. Afhankelijk van de toonhoogte verschijnt er dan een 'lissajousfiguur'.
- Met een luidspreker en een toongenerator kan je natuurlijk stabielere figuren creëren omdat de toonhoogte en geluidsterkte dan constant zijn.


Meetresultaten:

Sterker geluid geeft een grotere uitwijking van het lichtpunt (grotere amplitude). Een hogere toon levert een sneller bewegend lichtpunt (grotere frequentie). Bij sommige zuivere tonen verschijnt een mooie lissajousfiguur.


Harmonische trillingen - stemvork op oscilloscoop

3de graad – Harmonische trillingen <input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	Onderwerp: trilling op oscilloscoop <input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: oscilloscoop, (dynamische) microfoon, stemvorken op klankkast + hamertje	
Uitvoering: Sluit de microfoon aan op de oscilloscoop. Bij een stemvork met $f = 440$ Hz (dus periode $T = 2,27$ ms) regel je de tijdsverdeling (X-as) zodanig dat je enkele periodes van de sinusfunctie ziet (bv. Time/div = 1 ms). De Y-as regel je zodanig dat je een mooie sinusfunctie ziet waarvan de amplitude afneemt als de geluidssterkte daalt (bv. Volts/div = 20 mV/div, afhankelijk van microfoon)	
Opdrachten/Vragen: - Bepaal de periode (en frequentie) van de sinusfunctie op de oscilloscoop en vergelijk dit met hetgeen op de stemvork staat. - Doe de meting opnieuw met een stemvork met een andere frequentie. - Waarmee komt de amplitude overeen? (<i>geluidssterkte</i>) - Waarmee komt de frequentie overeen? (<i>toonhoogte</i>)	
Tips bij de uitvoering:	
Meetresultaten: Een stemvork geeft een heel zuivere klank en dus een mooie sinusfunctie waarvan de amplitude afneemt als de geluidssterkte daalt. Een stemvork van hogere frequentie geeft een sinusfunctie met kleinere periode.	

Massa-veer systeem: verband tussen periode (T) en amplitude (A)

3de graad - Harmonische Trillingen	Onderwerp: massa-veer systeem-1 T(A)															
<input type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk															
																
<p>Materiaal: Spiraalveer, ijkmassa, chronometer, meetlat, statief met klemmen en een haak</p>																
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Bepaling van de evenwichtspositie. Kies een ijkmassa die voor de veer bruikbaar is. Hang de spiraalveer aan de haak van het statief. Noteer de positie van het uiteinde van de veer. Hang de ijkmassa aan de spiraalveer. Noteer de nieuwe positie. Bepaling van de trilamplitude. Trek de ijkmassa uit zijn evenwichtsstand en noteer de nieuwe positie. Bepaling van de eigenfrequentie van het systeem. Laat de ijkmassa nu los om de trilling te starten. Start de chronometer als de massa tijdens de trilling het onderste punt bereikt. Bepaal de tijdsduur van 10 periodes. Bereken hieruit de periode (T) en de frequentie (f) van het systeem. Herneem de meting voor verschillende amplitudes. 																
<p>Opdrachten/Vragen: Welke invloed heeft de beginuitwijking van een massa aan een veer op de trilfrequentie? Wijzig enkel de amplitude van het massa-veer systeem. Herneem de metingen voor een ander systeem. Welke besluiten kun je formuleren?</p>																
<p>Tips bij de uitvoering: De keuze van een geschikte ijkmassa is zeer belangrijk. Controleer of het massa-veersysteem een regelmatig trilpatroon blijft houden. Pas de grootte van de amplitude aan aan het massa-veersysteem dat je bestudeert.</p>																
<p>Meetresultaten: Voor een veer met $k = 19 \text{ N/m}$ waaraan een massa $m = 200\text{g}$ hangt; in rust is de lengte van de uitgerekte veer 17 cm:</p> <table border="1" data-bbox="459 1798 1134 1989"> <thead> <tr> <th>A (cm)</th> <th>T (s)</th> <th>f (Hz)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5,0</td> <td>0,66</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>0,67</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>0,66</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		A (cm)	T (s)	f (Hz)	5,0	0,66	1,5	2,5	0,67	1,5	1,0	0,66	1,5			
A (cm)	T (s)	f (Hz)														
5,0	0,66	1,5														
2,5	0,67	1,5														
1,0	0,66	1,5														

Massa-veer systeem: verband tussen periode (T) en massa (m)

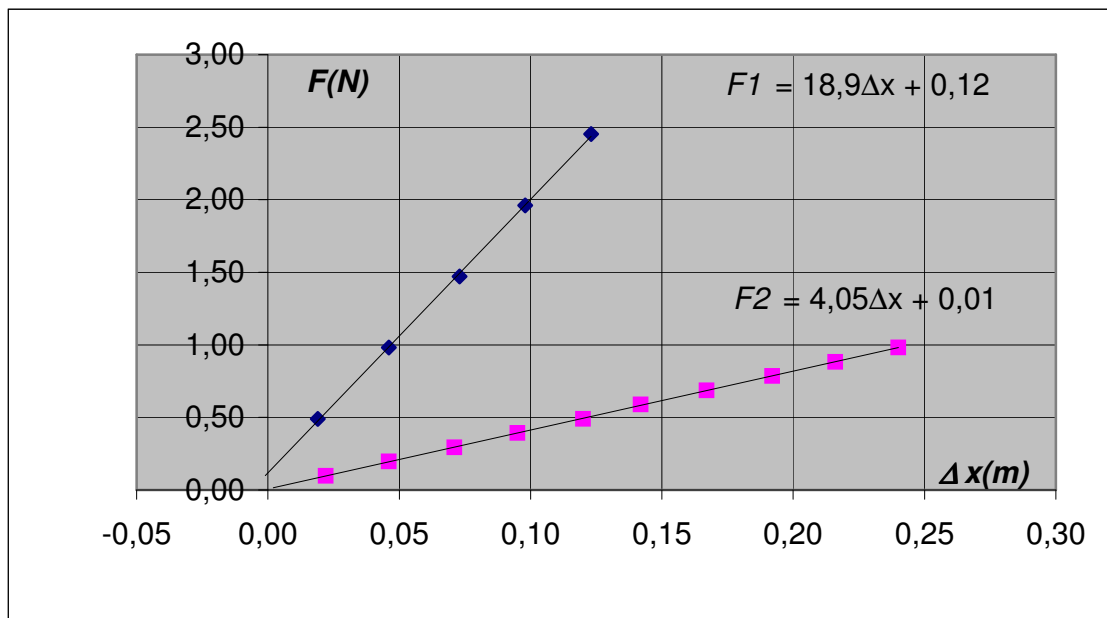
3de graad – Harmonische Trillingen	Onderwerp: massa-veer systeem-2 $T(m)$
<input type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
<p>Materiaal: spiraalveer met merkteken op het onderste uiteinde, ijkmassa's, chronometer, meetlat, statief met klemmen en een haak</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Statische bepaling van de veerconstante. Hang de spiraalveer aan de haak van het statief. Noteer de positie van het uiteinde van de veer. Hang een ijkmassa aan de spiraalveer. Noteer de nieuwe positie. Herneem voor meerdere ijkmassa's. Bereken telkens de uitrekking van de veer en bereken de veerconstante uit de helling van de kracht(uitwijking)-grafiek $F(\Delta x)$. Bepaling van de eigenfrequentie. Hang een ijkmassa aan de spiraalveer. Trek de ijkmassa uit zijn evenwichtsstand en laat los om de trilling te starten. Start de chronometer als de massa tijdens de trilling het onderste punt bereikt. Bepaal de tijdsduur van 10 periodes. Bereken de eigenperiode T en de eigenfrequentie $f=1/T$ Herneem de meting voor verschillende ijkmassa's. 	
<p>Opdrachten/Vragen: Welke invloed heeft de grootte van de massa op de trilfrequentie van een massa-veer systeem voor een welbepaalde veer? Hoe kun je de metingen overzichtelijk weergeven? Welke besluiten kun je formuleren? Herneem de metingen voor een tweede veer.</p>	
<p>Tips bij de uitvoering:</p> <ul style="list-style-type: none"> Leid de veerconstante af uit de grafiek van de statische metingen. De keuze van een geschikte reeks ijkmassa's is zeer belangrijk. Controleer of het systeem massa-veer een regelmatig trilpatroon blijft houden. Pas ook de grootte van de amplitudes aan volgens het massa-veersysteem dat je bestudeert. Begin het aantal periodes te tellen bij nul op het ogenblik dat de chronometer start. Begin met de grotere massa's en laat deze stapsgewijs afnemen. De metingen met kleine massa's zijn belangrijk om het niet-lineair verloop duidelijk te maken. De massa nul maken kan niet: je kan dus niet controleren of $T=0$ als $m=0$. Werk alles uit in Excel. 	

veer1 massa = 26,9 g

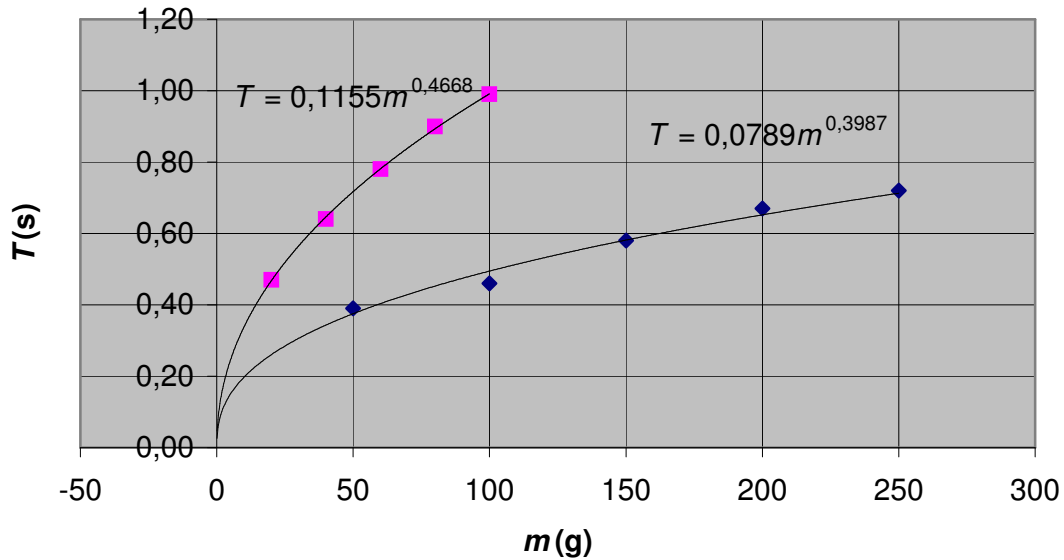
m(g)	x(cm)	Δx_1 (cm)	k(N/m)	T(s)	Fv(N)	Δx_1 (m)	f(Hz)	T ² (s ²)	m(kg)
0	20,3			0,00				0,000	0,000
50	22,2	1,9	25,8	0,38	0,49	0,019	2,6	0,144	0,050
100	24,9	4,6	21,3	0,46	0,98	0,046	2,2	0,212	0,100
150	27,6	7,3	20,2	0,58	1,47	0,073	1,7	0,336	0,150
200	30,1	9,8	20,0	0,67	1,96	0,098	1,5	0,449	0,200
250	32,6	12,3	19,9	0,72	2,45	0,123	1,4	0,518	0,250

veer2 massa = 6,6 g

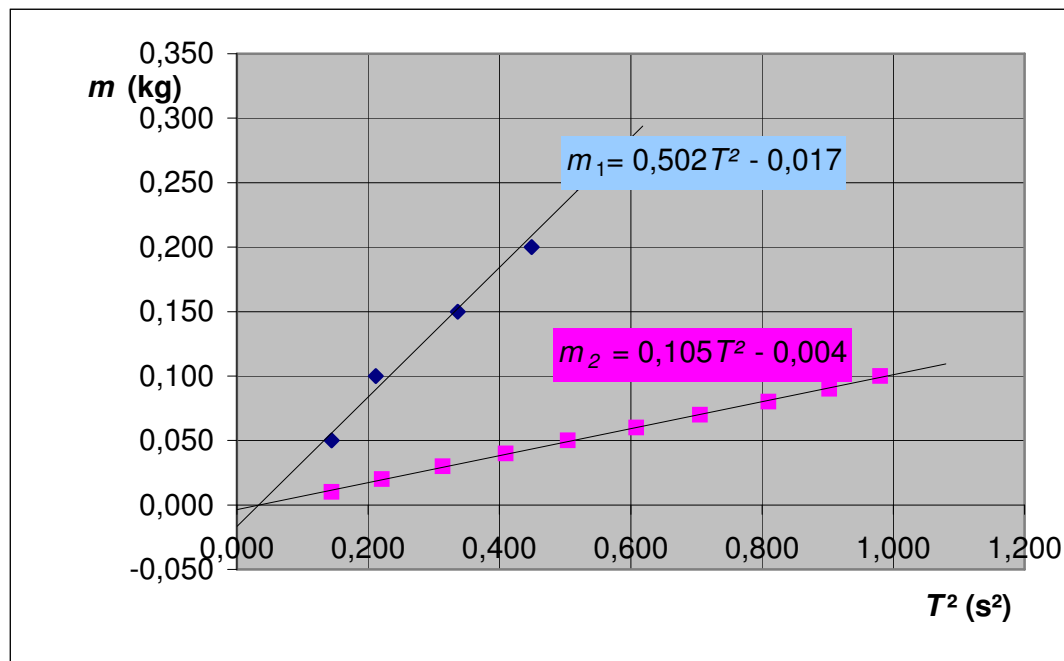
m(g)	x(cm)	Δx_2 (cm)	k(N/m)	T(s)	Fv(N)	Δx_2 (m)	f(Hz)	T ² (s ²)	m(kg)
0	17,0			0,00				0,000	0,000
10	19,2	2,2	4,5	0,38	0,10	0,022	2,6	0,144	0,010
20	21,6	4,6	4,3	0,47	0,20	0,046	2,1	0,221	0,020
30	24,1	7,1	4,1	0,56	0,29	0,071	1,8	0,314	0,030
40	26,5	9,5	4,1	0,64	0,39	0,095	1,6	0,410	0,040
50	29,0	12,0	4,1	0,71	0,49	0,120	1,4	0,504	0,050
60	31,2	14,2	4,1	0,78	0,59	0,142	1,3	0,608	0,060
70	33,7	16,7	4,1	0,84	0,69	0,167	1,2	0,706	0,070
80	36,2	19,2	4,1	0,90	0,78	0,192	1,1	0,810	0,080
90	38,6	21,6	4,1	0,95	0,88	0,216	1,1	0,903	0,090
100	41,0	24,0	4,1	0,99	0,98	0,240	1,0	0,980	0,100

Meetresultaten: **$k_1 = 18,9 \text{ N/m}$ $k_2 = 4,05 \text{ N/m}$**

Noteer het verschil tussen de waarden voor k berekend in de tabel en de waarden berekend uit de richtingscoëfficiënt van de rechte in de grafiek.. Daarin is k geen constante. Dit is een eerste aanwijzing dat de massa van de veer een rol speelt.

**Bespreking:**

De grafiek is niet lineair en loopt niet door de oorsprong. Om de grafiek te lineariseren, wordt m uitgezet als functie van T^2 . Zoek in de $m(T^2)$ -grafiek het snijpunt met de verticale as. De massa die overeenkomt met de absolute waarde van het afgesneden stuk op de m -as moet bijgeteld worden om een rechtevenredig verband te bekomen tussen T^2 en m .



De massa van de veer moet voor een deel meegeteld worden. Hier is $\Delta m = 2/3 m_{\text{veer}}$. (zie ook artikel W. Herreman Velewe, 34(1990),4 theoretisch: $\Delta m = 1/3 m_{\text{veer}}$)

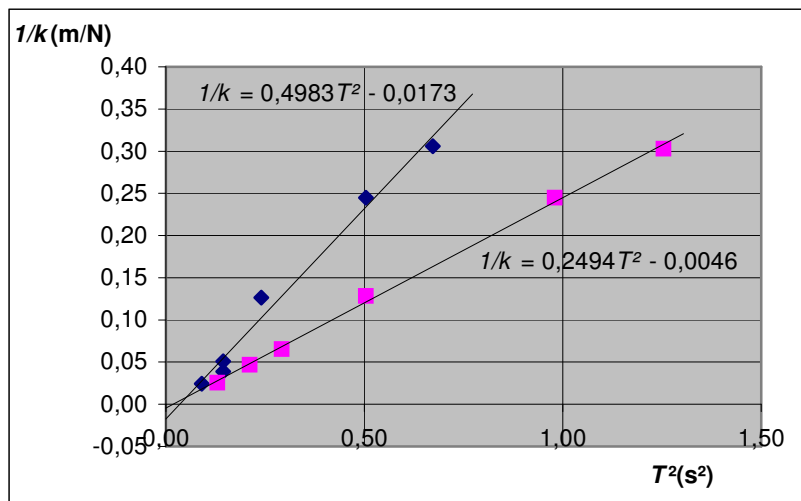
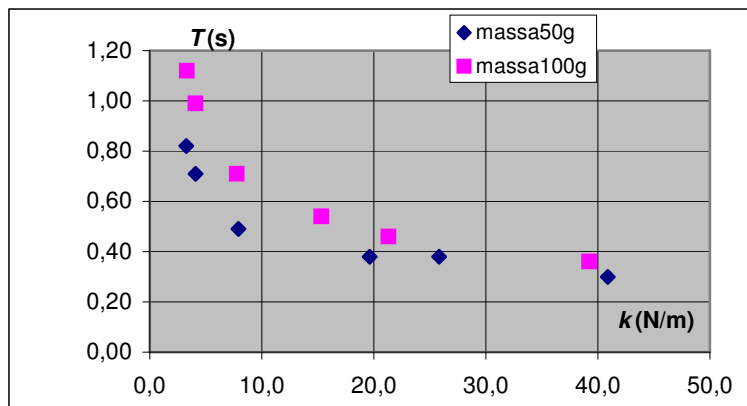
Zoek het verband met de veerconstante. Gebruik de formule. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Gebruik voor k en m de waarden die uit de grafieken zijn afgeleid.

Massa-veer systeem: verband tussen periode (T) en veerconstante (k)



3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: massa-veer systeem- $T(k)$
<input type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
<p>Materiaal: Verschillende spiraalveren met merkteken op het onderste uiteinde, ijkmassa's, chronometer, meetlat, statief met klemmen en een haak</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Statische bepaling van de veerconstante. Hang de spiraalveer aan de haak van het statief. Noteer de positie van het uiteinde van de veer. Hang een ijkmassa aan de spiraalveer. Noteer de nieuwe positie. Herneem voor meerdere ijkmassa's. Bereken voor elke spiraalveer de veerconstante. Bepaling van de eigenfrequentie van het systeem. Kies een ijkmassa die voor alle veren bruikbaar is. Hang die ijkmassa achtereenvolgens op aan elke veer. Trek de massa uit zijn evenwichtsstand en laat los om de trilling te starten. Start de chronometer als de massa tijdens de trilling het onderste punt bereikt. Bepaal de tijdsduur van 10 periodes. Bereken hieruit de periode (T) en de eigenfrequentie (f) van het systeem. Herneem de meting voor de verschillende spiraalveren. 	
<p>Opdrachten/Vragen: Vergelijk meerdere veren met elkaar. Hang daartoe eenzelfde massa aan veren met verschillende veerconstante. Hoe kun je de metingen overzichtelijk weergeven? Welke besluiten kun je formuleren? Herneem de metingen met een andere massa.</p>	
<p>Tips bij de uitvoering: De keuze van een geschikte ijkmassa is zeer belangrijk. Controleer of het systeem massa-veer een regelmatig trilpatroon blijft houden. Pas de grootte van de amplitudes aan volgens het massa-veersysteem dat je bestudeert.</p>	
<p>Meetresultaten: De metingen werden uitgevoerd met 6 verschillende veren voor de ijkmassa's 50g en 100g. De veerconstante werd berekend uit 2 metingen en niet gecorrigeerd. (zie $T(m)$-verband in een vorige proef)</p> <p>De formule $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ werd gecontroleerd door $1/k$ $T^2()$ in grafiek te plaatsen en het product $T^2.k$ te vergelijken met $4\pi^2 m$.</p> <p>De overeenkomst tussen beide uitdrukkingen is niet voor alle veren duidelijk. Door k en m te corrigeren kan dat verbeterd worden. Voor veer nr 1 met gecorrigeerde waarde $k = 18,9 \text{ N/m}$ en $m = 50 \text{ g} + 17 \text{ g} = 67 \text{ g}$ is de berekende periode $T_{corr} = 0,37 \text{ s}$. Deze waarde komt overeen met de gemeten periode $T = 0,38 \text{ s}$.</p>	

massa belasting m= 50g					$4\pi^2m=1,97$ (kg)	
veer nr	k(N/m)	T(s)	T ² (s ²)	1/k(m/N)	T ² .k	
1	25,8	0,38	0,14	0,04	3,7	
2	4,1	0,71	0,50	0,24	2,1	
5	20	0,38	0,14	0,05	2,8	
6	3,3	0,82	0,67	0,31	2,2	
7	7,9	0,49	0,24	0,13	1,9	
8	41	0,30	0,09	0,02	3,7	

massa belasting m= 100g					$4\pi^2m=3,95$ (kg)	
veer nr	k(N/m)	T(s)	T ² (s ²)	1/k(m/N)	T ² .k	
1	21,3	0,46	0,21	0,05	4,5	
2	4,1	0,99	0,98	0,24	4,0	
5	15	0,54	0,29	0,07	4,5	
6	3,3	1,12	1,25	0,30	4,1	
7	7,8	0,71	0,50	0,13	3,9	
8	39	0,36	0,13	0,03	5,1	



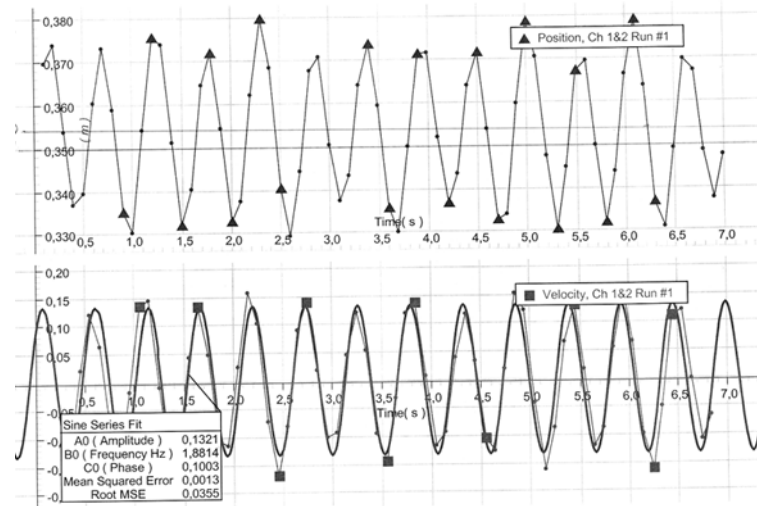
Massa-veer systeem: bepalen van de frequentie (f) m.b.v. een bewegingssensor

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: massa-veer systeem-4 f bepalen met bewegingssensor
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<p>Materiaal: spiraalveer met ijkmassa's, eventueel klein reflectievlak (=vlag), statief met klemmen en een haak, bewegingssensor en computer + software.</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Stel het meetprogramma van de bewegingssensor in. Kies een voldoende aantal meetpunten (20-tal) per periode en stel de meettijd in zodat ongeveer 5 periodes opgemeten worden. Opname van het trilpatroon. Hang de spiraalveer aan de haak van het statief. Hang een ijkmassa aan de spiraalveer. Zet de vlag vast op de onderkant van de ijkmassa. Plaats de bewegingssensor op een geschikte afstand onder de vlag. Trek de ijkmassa uit zijn evenwichtsstand en laat los om de trilling te starten. Start het meetprogramma. Bestudeer het trilpatroon $y(t)$ op het scherm of druk het af. Bepaling van de eigenfrequentie. Bepaal uit één of meerdere trilperiodes op de tijdsas de periode van de trilling. Herneem de meting voor verschillende ijkmassa's. Bepaal telkens de frequentie. 	
<p>Opdrachten/Vragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Door welke wiskundige functie kunnen de meetpunten $y(t)$ beschreven worden? • Controleer of alle constanten in $y(t) = A \sin(\omega t + \phi_0) + D$ overeenkomen met de parameters van het experiment. • Hoe komt de evenwichtspositie in de formule voor? Controleer door de veer wat hoger op te hangen en de proef te hernemen. • Breng ook de $v(t)$ en de $a(t)$- functie op het scherm. Zorg ervoor dat de tijdsassen overeenkomen met elkaar. Controleer dat de $v(t)$-functie de afgeleide functie is van $y(t)$, en dat de $a(t)$-functie de tweede afgeleide is. • Bereken hieruit ook de $F(t)$, $E_k(t)$ en $E_{pot}(t)$ en de som van deze 2 (totale energie). 	


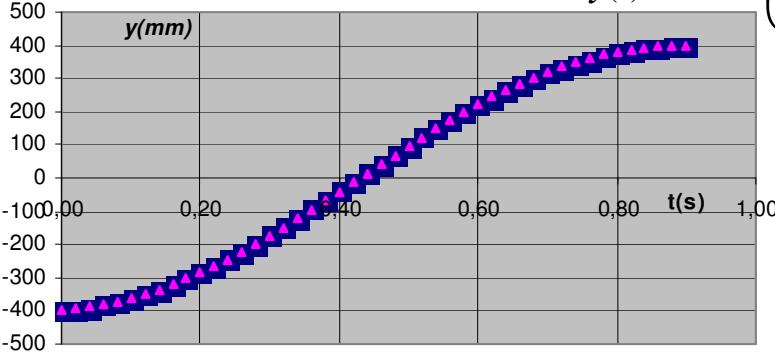
Tips bij de uitvoering: De keuze van een geschikte reeks ijkmassa's is zeer belangrijk. Controleer of het systeem massa-veer een regelmatig trilpatroon blijft houden. Pas ook de grootte van de amplitudes aan volgens het massa-veersysteem dat je bestudeert.

Controleer het bereik van de bewegingssensor, zowel qua afstand als qua meetopening.

Meetresultaten:



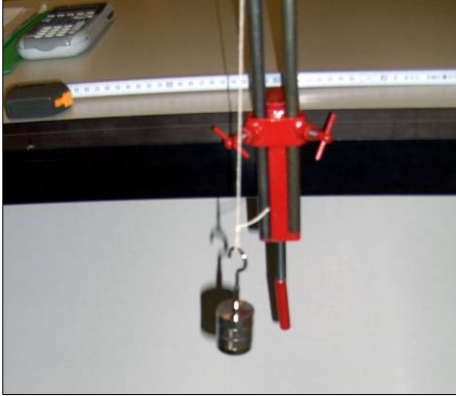
Massa-veer systeem: horizontale trilling van wagentje aan 2 veren

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: massa-veer systeem- horizontale trilling wagentje aan 2 veren met elektrische triller
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: vrij lopend wagentje op horizontale baan, massablokken, 2 identieke veren, elektrische triller + meetbandje	
Uitvoering: <ol style="list-style-type: none"> Meetsysteem opstellen. Neem een meetbandje met een lengte gelijk aan die van de meetbaan. Maak het meetbandje vast aan de wagen. Plaats de triller aan één uiteinde van de baan. Trek het wagentje tussen de twee veren naar die kant, hou het met de hand even vast op die plaats en steek het meetbandje in de triller. Opname van het trilpatroon. Start de triller en laat daarna het wagentje los om de meting op te nemen. Stop het wagentje als het door het andere uiteinde van de baan geweest is. Op het meetbandje is een halve periode geregistreerd. Bepaling van de positiefunctie $y(t)$. Meet het bandje op en breng de meetgegevens over in Excel. 	
Opdrachten/Vragen: <ul style="list-style-type: none"> Stel de $y(t)$ grafiek op. Bepaal hieruit de amplitude A, de evenwichtspositie y_0, de beginfase ϕ_0 en de periode T. Laat het programma de y-waarden berekenen met de gegevens die je uit de grafiek haalde. Zet die berekende waarden op dezelfde grafiek. Corrigeer de constanten van de functie $y(t) = A \sin(\omega t + \phi_0) + cte$ tot beide grafieken elkaar overlappen. 	
Tips bij de uitvoering: Plaats eventueel bijkomende massa's op het wagentje om een periode van een paar seconden te krijgen.	
Meetresultaten: <div style="text-align: right; margin-right: 10%;"> $y(t) = 397 \sin\left(\frac{2\pi}{1,8}(t + 0,02) - \frac{\pi}{2}\right)$ </div> 	


Massa-veer systeem: horizontale trilling van een wagentje tussen 2 veren

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: massa-veer systeem horizontale trilling wagentje met 2 veren
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
<p>Materiaal: vrij lopend wagentje op horizontale baan, massablokken, kartonnen of plastic reflectievlak (=vlag), 2 identieke veren, bewegingssensor en computer + software</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Stel het meetprogramma van de bewegingssensor in. Kies een voldoende aantal meetpunten (100-tal) per periode (cfr punt 2.) en stel de meettijd in zodat iets meer dan 1 periode opgemeten wordt. Opname van het trilpatroon. Maak een veer vast aan de voorkant en één aan de achterkant van het wagentje. Maak de andere uiteinden van de veren vast aan de uiteinden van de meetbaan. Zet de vlag verticaal vast op het wagentje. Plaats de bewegingssensor op één van de uiteinden van de meetbaan. Trek het wagentje uit zijn evenwichtsstand en laat los om de trilling te starten. Start het meetprogramma. Bestudeer de harmonische functies $y(t)$, $v(t)$, $a(t)$ op het scherm. 	
<p>Opdrachten/Vragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Laat in het programma de trendlijn opzoeken door de meetpunten $y(t)$, $v(t)$, $a(t)$. Laat van de functie $y(t)$ de afgeleide functie berekenen en vergelijk met $v(t)$. Laat van de functie $v(t)$ de afgeleide functie berekenen en vergelijk met $a(t)$. Laat de functies E_k, E_{elast}, E_{tot} berekenen en zet deze 3 functies op één tijdsgrafiek. 	
<p>Tips bij de uitvoering:</p> <ul style="list-style-type: none"> Plaats eventueel bijkomende massa's op het wagentje om een periode van een paar seconden te krijgen. Controleer het bereik van de bewegingssensor, zowel qua afstand als qua meetopening. 	
<p>Meetresultaten: wagen: $m = 500$ g ; 2 veren in serie met $k = 4,5$ N/m ; $T = 1,8$s ; $k = m\omega^2 = 6,0$ N/m</p>	

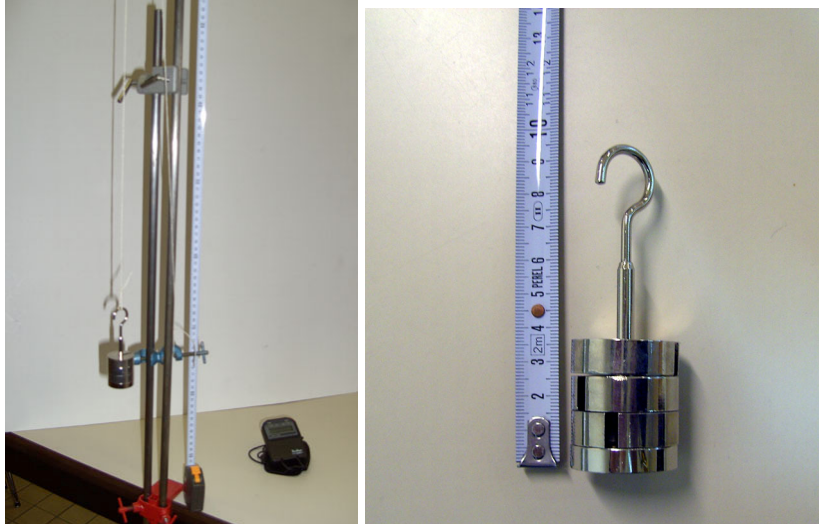
Slinger: verband tussen periode T en amplitude A

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: slinger-1 $T(A)$												
<input type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk												
													
<p>Materiaal: Stevig dun touw van ongeveer 150 cm lang, massa met haakje, chronometer, meetlat, statief met klemmen .</p>													
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Bepaling van de evenwichtspositie. Hang de massa aan het touw over de haak van het statief. Noteer de evenwichtspositie van het verticale touw op de horizontaal geplaatste meetlat. Bepaling van de trilamplitude. Trek de massa uit zijn evenwichtsstand en noteer de vertrekpositie. De hoek tussen het touw in de vertrekpositie ten opzichte van de verticale mag niet groter zijn dan 10°. Meet de beginamplitude horizontaal ten opzichte van de evenwichtspositie. Bepaling van de eigenfrequentie van het systeem. Trek de massa uit zijn evenwichtspositie in de vertrekpositie en laat los om de trilling te starten. Start de chronometer als de massa tijdens de trilling het vertrekpunt opnieuw bereikt. Bepaal de tijdsduur van 10 periodes. Bereken hieruit de eigenfrequentie. Herneem de meting voor verschillende amplitudes. 													
<p>Opdrachten/Vragen: Komt de amplitude voor in de slingerformule? Op welke voorwaarde mag je de amplitude van de slingerbeweging horizontaal meten? (en niet volgens de boog?)</p>													
<p>Tips bij de uitvoering: Begin met de grootste amplitude en laat die in de volgende metingen duidelijk afnemen (halveren). Start het tellen van het aantal amplitudes vanaf nul bij de start van de chronometer.</p>													
<p>Meetresultaten: $l = 110$ cm, $m = 200$g</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>$A(\text{cm})$</th> <th>$T(\text{s})$</th> <th>$f(\text{Hz})$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>2,09</td> <td>0,48</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2,11</td> <td>0,47</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2,09</td> <td>0,48</td> </tr> </tbody> </table>		$A(\text{cm})$	$T(\text{s})$	$f(\text{Hz})$	20	2,09	0,48	10	2,11	0,47	5	2,09	0,48
$A(\text{cm})$	$T(\text{s})$	$f(\text{Hz})$											
20	2,09	0,48											
10	2,11	0,47											
5	2,09	0,48											

Slinger: verband tussen periode T en massa m

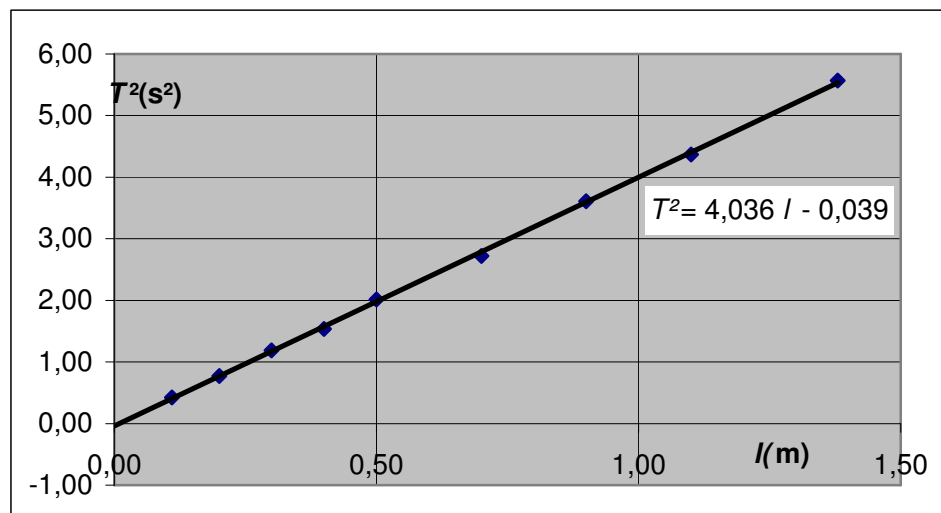
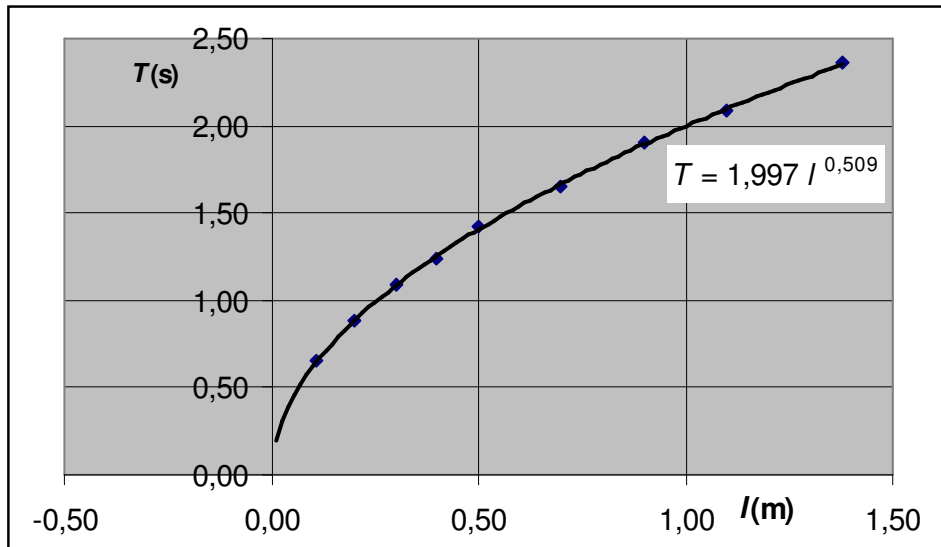
3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: slinger-2 $T(m)$												
<input type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk												
													
<p>Materiaal: Stevig dun touw van ongeveer 150 cm lang, verschillende (ijk)massa's met haakje, chronometer, meetlat, statief met klemmen .</p>													
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Bepaling van de massa. Weeg elke massa nauwkeurig of gebruik ijkmassa's. Bepaling van de evenwichtspositie. Hang de massa aan het touw aan de haak van het statief. Neem een lengte van minstens 100cm. Noteer het ophangpunt van de slinger bovenaan en de evenwichtspositie van de onderkant van de massa in rust op een verticaal geplaatste meetlat. Bepaling van de eigenfrequentie van het systeem. Trek de massa uit zijn evenwichtsstand. De hoek tussen het touw in de vertrekpositie en de verticale mag niet groter zijn dan 10°. Laat los om de trilling te starten. Start de chronometer als de massa tijdens de trilling het vertrekpunt opnieuw bereikt. Bepaal de tijdsduur van 10 periodes. Bereken hieruit de eigenfrequentie. Herneem de meting voor verschillende massa's. 													
<p>Opdrachten/Vragen: Komt de massa voor in de slingerformule? Kan je een slinger maken zonder massa? Waar zit de massa van een ideale slinger? Kan je een wiskundige slinger maken?</p>													
<p>Tips bij de uitvoering:</p> <ul style="list-style-type: none"> Start het tellen van het aantal amplitudes vanaf nul bij de start van de chronometer. Om de massa te veranderen zonder de afmetingen te wijzigen neem je best identieke bollen uit verschillend materiaal (vb isomo, rubber, aluminium, ijzer, ...) of ijkmassa's op een massahouder . 													
<p>Meetresultaten: $l = 110$ cm</p> <table border="1" data-bbox="673 1749 1059 1910" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>$m(\text{kg})$</th> <th>$T(\text{s})$</th> <th>$f(\text{Hz})$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,200</td> <td>2,09</td> <td>0,48</td> </tr> <tr> <td>0,100</td> <td>2,10</td> <td>0,48</td> </tr> <tr> <td>0,050</td> <td>2,09</td> <td>0,48</td> </tr> </tbody> </table>		$m(\text{kg})$	$T(\text{s})$	$f(\text{Hz})$	0,200	2,09	0,48	0,100	2,10	0,48	0,050	2,09	0,48
$m(\text{kg})$	$T(\text{s})$	$f(\text{Hz})$											
0,200	2,09	0,48											
0,100	2,10	0,48											
0,050	2,09	0,48											

Slinger: verband tussen de periode T en de lengte l

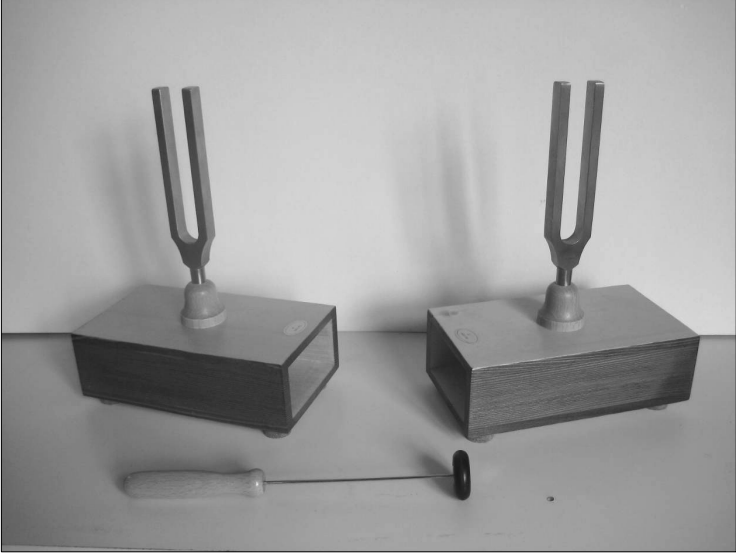
3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: slinger-3 $T(l)$
<input type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
<p>Materiaal: Stevig dun touw tot 2m lang, massa met haakje, chronometer, rolmeter (2m of meer), tafelklem met lang statiefijzer.</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Bepaling van de evenwichtspositie. Hang de massa aan het touw aan de haak van het statief. Maak het andere uiteinde vast aan een verschuifbare klem om de lengte te regelen. Meet nauwkeurig de lengte van het touw vanaf het ophangpunt van het touw tot aan de onderkant van de massa in de evenwichtspositie (= ruststand van de slinger). Meet de afstand tussen de bovenkant en de onderkant van de massa. Bepaling van de eigenfrequentie van het systeem. Trek de massa uit zijn evenwichtsstand en noteer de vertrekpositie. De hoek tussen het touw in de vertrekpositie en de verticale mag niet groter zijn dan 10°. Laat los om de trilling te starten. Start de chronometer als de massa tijdens de trilling het vertrekpunt opnieuw bereikt. Bepaal de tijdsduur van 10 periodes. Bereken hieruit de eigenfrequentie. Herneem de meting voor verschillende touwlengtes. 	
<p>Opdrachten/Vragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hoe kun je de metingen overzichtelijk weergeven? Is er een (lineair) verband tussen de lengte en de periode van de slinger? Welke grootheden moet je op de assen van de grafiek uitzetten om een lineair verband te bekomen (= lineariseren van de grafiek)? Welke besluiten kun je formuleren? 	
<p>Tips bij de uitvoering:</p> <ul style="list-style-type: none"> Start het tellen van het aantal amplitudes vanaf nul bij de start van de chronometer. Begin de metingen met een touw van ongeveer 50 cm en verminder de touwlengte per 10 cm. Vergroot daarna de lengte per 20 cm of meer tot de maximale lengte van 2 m. Voor grotere lengtes kan je de slinger bijvoorbeeld opstellen in een trappenhal. De nauwkeurigheid van de reeks metingen kan je controleren door g te berekenen aan de hand van de meetresultaten. 	

Meetresultaten:

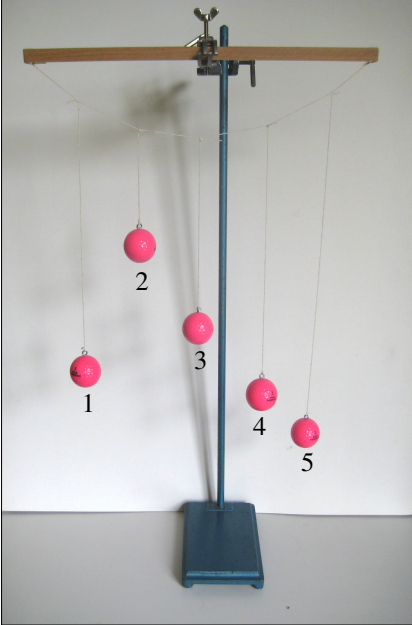
l (m)	T (s)	T^2 (s ²)	l/T^2 (m/s ²)	g (m/s ²)
0,11	0,65	0,42	0,260	10,3
0,20	0,88	0,77	0,258	10,2
0,30	1,09	1,19	0,253	10,0
0,40	1,24	1,54	0,260	10,3
0,50	1,42	2,02	0,248	9,8
0,70	1,65	2,72	0,257	10,2
0,90	1,90	3,61	0,249	9,8
1,10	2,09	4,37	0,252	9,9
1,38	2,36	5,57	0,248	9,8
		gemidd:	0,25	10,0



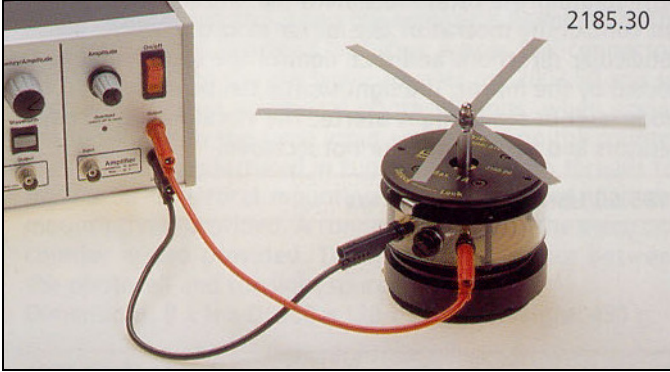
Resonantie – 2 stemvorken

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: 2 stemvorken
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
<p>Materiaal: 2 identieke stemvorken op klankkast, hamertje, ruitertje om 1 stemvork te verzwaren</p>	
<p>Uitvoering: Plaats de stemvorken met de opening van de klankkasten naar elkaar. Sla 1 stemvork aan en demp die terug door deze vast te nemen. Plaats op 1 van de stemvorken een ruitertje zodat deze zwaarder wordt en dus een lagere toon weergeeft. Sla de stemvorken één voor één afzonderlijk aan om te laten horen dat ze een andere toon hebben. Herhaal het eerste proefje.</p>	
<p>Opdrachten/Vragen: - Hoe komt de 2^e stemvork aan het trillen? Hoe kunnen de luchttrillingen de zware stemvork in beweging krijgen? - Waarom werkt dit niet als de stemvorken een verschillende eigenfrequentie hebben?</p>	
<p>Tips bij de uitvoering: Je kan ook met een toongenerator een stemvork laten resoneren. Ook door de juiste zuivere toon te zingen, kan een stemvork in resonantie gebracht worden.</p>	
<p>Meetresultaten: - Als de 2 stemvorken dezelfde eigenfrequentie hebben, zullen de luchttrillingen uit de klankkast van de aangeslagen stemvork de 2^e klankkast en dus de 2^e stemvork aan het trillen brengen met voldoende grote amplitude. - Als de eigenfrequenties verschillen, trilt de 2^e stemvork weinig of niet mee.</p>	

Resonantie – Gekoppelde slingers

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: Gekoppelde slingers
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: Statief, houten lat (± 40 cm), dun stevig touw, minimum 5 (golf-)balletjes	
Uitvoering: Bevestig een horizontaal touw tussen de uiteinden van de houten lat. Bevestig aan de balletjes een touwtje (eventueel oogvijsje in de balletjes draaien) en hang deze op aan het horizontale touw zoals op de bovenstaande foto. Twee slingers (1 en 4) moeten exact even lang zijn. Monteer de lat op een statief. Geef dan balletje 1 een uitwijking zodat het begint te slingeren in het vlak loodrecht op het vlak van de 5 slingers.	
Opdrachten/Vragen: - Wat stel je na een tijdje vast? - Waarom krijgt slinger 4 een opmerkelijk grotere amplitude dan 2, 3 en 5? - Waarom valt slinger 1 stil als 4 in beweging komt?	
Tips bij de uitvoering: Een veel voorkomend antwoord is: "Slinger 4 gaat meeslingeren omdat die op dezelfde hoogte hangt". Je kan dit onnauwkeurig antwoord weerleggen door het latje wat te kantelen zodanig dat 1 en 4 toch niet meer even hoog hangen. Toch zal nog steeds 4 gaan meetrillen.	
Meetresultaten: - Slinger 1 brengt het horizontaal touw een klein beetje in beweging. Hierdoor gaan de 4 andere slingers meeslingeren maar enkel slinger 4 krijgt een grote amplitude omdat deze slinger dezelfde lengte en dus dezelfde eigenfrequentie heeft. - Slinger 1 geeft zijn energie door en valt hierdoor zelf stil (behoud van energie). Daarna keert het fenomeen om en zal slinger 4 slinger 1 aandrijven.	

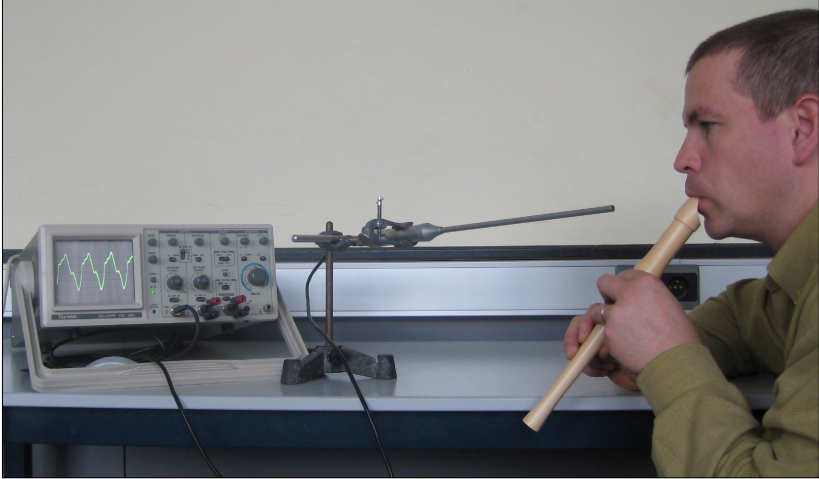
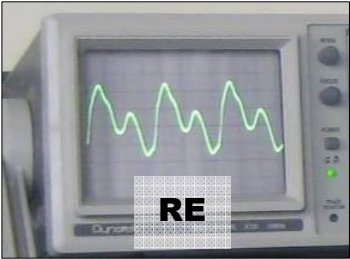
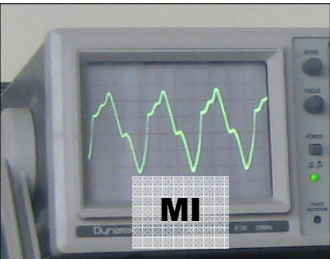
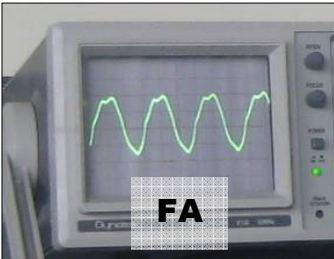
Resonantie: strips met verschillende lengte

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: strips met verschillende lengte
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
<div style="text-align: right; margin-bottom: 0;">2185.30</div>  <p style="text-align: right; margin-top: 0;">(foto: firma S.Frederiksen)</p>	
Materiaal: trilgenerator (trilblok + frequentiegenerator), stalen strips met verschillende lengte.	
Uitvoering: 4. Opstelling. Bevestig de bundel stalen strips op het trilblok 5. Observatie van resonantie. Zet de frequentiegenerator aan en varieer de frequentie stapsgewijs in een ruim gebied. Zoek achtereenvolgens de resonatiefrequentie op voor elke strip afzonderlijk.	
Opdrachten/Vragen: <ul style="list-style-type: none"> • Hoe herken je een resonatiefrequentie? • Welk verband is er tussen de resonatiefrequentie en de lengte van de strips? 	
Tips bij de uitvoering: Kies bij aanvang een niet te kleine amplitude en verminder deze eventueel als de resonatiefrequentie bereikt wordt.	
Meetresultaten: eigenfrequenties van de strips zijn 11, 15, 21, 36 en 50 Hz. Bij frequenties tot 300Hz zie je staande golven en tot 900Hz hoor je resonantie.	

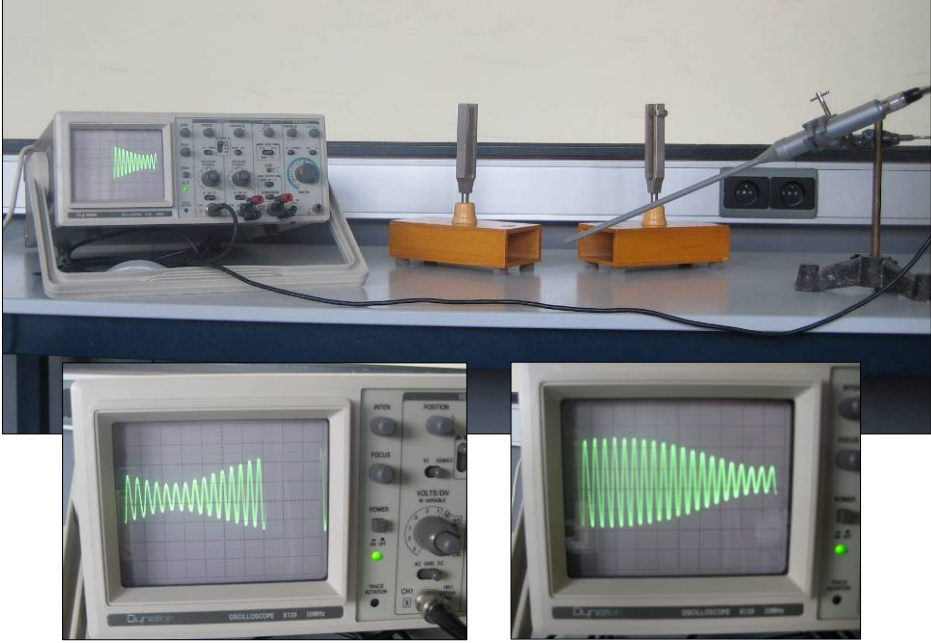
Massa-veer systeem: gedempte/gedwongen trilling

3de graad – Harmonische trillingen	Onderwerp: massa-veer systeem gedempte/gedwongen trilling
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input checked="" type="checkbox"/> moeilijk
	
<p>Materiaal: spiraalveer met geschikte massa, kartonnen schijven (= vlag) met verschillende groottes, trilgenerator (trilblok + frequentiegenerator), dun touw, statief met klemmen en een katrol.</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Opstelling. Hang de spiraalveer aan een lus in het touw. Laat het touw lopen over de katrol die vastzit op het statief. Maak het andere uiteinde van het touw vast aan de trilgenerator. Hang een massa aan de spiraalveer zodat de periode ongeveer 1 seconde bedraagt. Zet een kartonnen schijf vast op de onderkant van de massa. Studie van het trilpatroon. Trek de ijkmassa uit zijn evenwichtsstand en laat los om de trilling te starten. Vergroot de vlag voor een gedempte trilling. Bepaling van de eigenfrequentie. Bepaal uit de tijdsduur van 10 trillingen de periode en de frequentie van de trilling. Gedwongen trilling. Zet de frequentiegenerator aan en varieer de frequentie stapsgewijs in een ruim gebied: groter, gelijk en kleiner dan de eigenfrequentie. Zoek de resonatiefrequentie op. 	
<p>Opdrachten/Vragen: Hoe herken je de resonatiefrequentie?</p>	
<p>Tips bij de uitvoering: Kies een soepele veer en pas de massa aan zodat de eigenfrequentie van het systeem tussen 1 en 2 Hz is. Als je beschikt over een functiegenerator met frequenties < 1Hz kan je nog beter een lagere eigenfrequentie uitzoeken om het resonantie-effect duidelijk te laten zien.</p>	
<p>Meetresultaten:</p>	

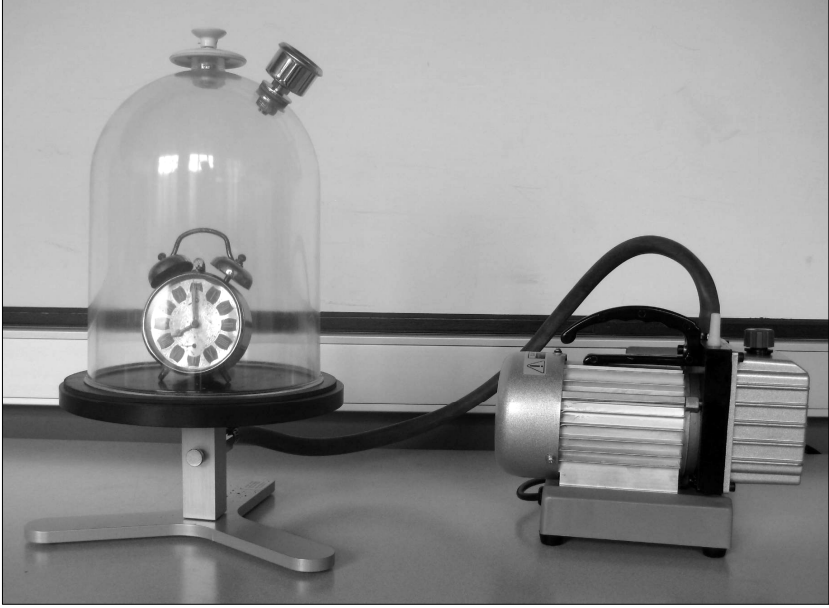
Samenstellen van trillingen op oscilloscoop

3de graad – Harmonische trillingen <input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	Onderwerp: zwevingen op oscilloscoop <input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
<div style="text-align: center;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>RE</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>MI</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>FA</p> </div> </div>	
Materiaal: oscilloscoop, (dynamische) microfoon, blokfluit	
Uitvoering: Sluit de microfoon aan op de oscilloscoop. Speel met de blokfluit een bepaalde toon in de microfoon.	
Opdrachten/Vragen: Waarom wordt er geen zuivere sinusfunctie weergegeven, zoals bij een stemvork? Waarom klinkt een sol uit een trompet anders dan een sol uit een dwarsfluit, m.a.w. waarom hebben verschillende instrumenten een andere klankkleur (timbre)?	
Tips bij de uitvoering: Als je harder blaast op de blokfluit (= luider) komen er meer boventonen tevoorschijn. Bij de laagste tonen krijg je het best de boventonen te zien op de oscilloscoop.	
Meetresultaten: We zien geen zuivere sinusfunctie meer maar een samenstelling van sinusfuncties: naast de grondtoon zien we immers ook harmonische boventonen. De samenstelling van harmonische trillingen die zich verhouden als gehele getallen, is opnieuw een periodieke trilling (met de periode van de grondtoon) maar geen harmonische trilling meer (geen sinusfunctie).	



Zwevingen op oscilloscoop

3de graad – Harmonische trillingen <input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	Onderwerp: zwevingen op oscilloscoop <input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: oscilloscoop, (dynamische) microfoon, stemvorken op klankkast + hamertje, ruitertje	
Uitvoering: Sluit de microfoon aan op de oscilloscoop. Sla beide stemvorken aan. Regel de tijdsverdeling (X-as) zodanig dat je duidelijk de op en neergaande amplitude waarneemt (zie bovenstaande afbeeldingen). De Y-as regel je zodanig dat je een mooie functie ziet waarvan de amplitude afneemt als de geluidsterkte daalt (bv. Volts/div = 20 mV/div, afhankelijk van microfoon).	
Opdrachten/Vragen: Wat hoor je? Hoe neem je dit waar op de oscilloscoop?	
Tips bij de uitvoering: Bij dit experiment kan je er op wijzen dat dit zwevingfenomeen de oorzaak is van het onaangenaam geluid als er in het samenspel van instrumenten eentje 'vals' speelt (= een klein beetje naast de toon).	
Meetresultaten: Als 2 harmonische trillingen met licht verschillende frequentie worden samengesteld, ontstaan er zwevingen. De amplitude van de trilling varieert harmonisch met frequentie $ f_1 - f_2 /2$. De omhullende op de oscilloscoop is dus terug een sinusfunctie. Wiskundig: $x(t) = x_1(t) + x_2(t) = A \sin 2\pi f_1 t + A \sin 2\pi f_2 t = 2A \cos \left[2\pi \left(\frac{f_1 - f_2}{2} \right) t \right] \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{f_1 + f_2}{2} \right) t \right]$ Als f_1 en f_2 weinig verschillen (bv. 10 Hz), is de frequentie waarmee de amplitude verandert dus klein (5 Hz) en duidelijk waarneembaar.	

Geluidsgolven onder vacuümstolp

3de graad – Lopende golven	Onderwerp: geluidsgolven
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
<p>Materiaal: Vacuümpomp + (kunststof)stolp, wekker of elektrische bel of GSM</p>	
<p>Uitvoering: Laat de wekker aflopen onder de stolp (onder atmosferische druk) zodat je kan vaststellen hoeveel lawaai die maakt. Stel dan de wekker in zodat die ongeveer een minuut later afloopt. Zuig de stolp vacuüm. Terwijl je de wekker ziet bellen, kan je snel terug lucht in de stolp laten komen om het verschil waar te nemen. <u>GSM-variant:</u> Bel naar de GSM onder de stolp.</p>	
<p>Opdrachten/Vragen: - Waarom horen we de wekker/bel/GSM niet? - We zien de wekker/bel/GSM nog wel. Wat betekent dit voor lichtgolven?</p>	
<p>Tips bij de uitvoering: - Het beste resultaat wordt verkregen met een kunststofstolp. Een glazen stolp houdt ook in atmosferische druk al te veel het geluid tegen. - Sommige elektrische bellen laten de stolp trillen waardoor er via contactgeluid toch behoorlijk wat geluid afstraalt. Een dempingsmatje onder het onderstel verhelpt dit grotendeels. Bij de GSM zet je best ook de trilfunctie af.</p>	
<p>Meetresultaten: Onder atmosferische druk nemen we het geluid goed waar. Als de lucht uit de stolp is, horen we het geluid (bijna) niet meer. Geluid heeft een medium nodig om zich voort te planten. Het is een mechanische of elastische golf. Lichtgolven kunnen zich wel voortplanten in vacuum.</p>	

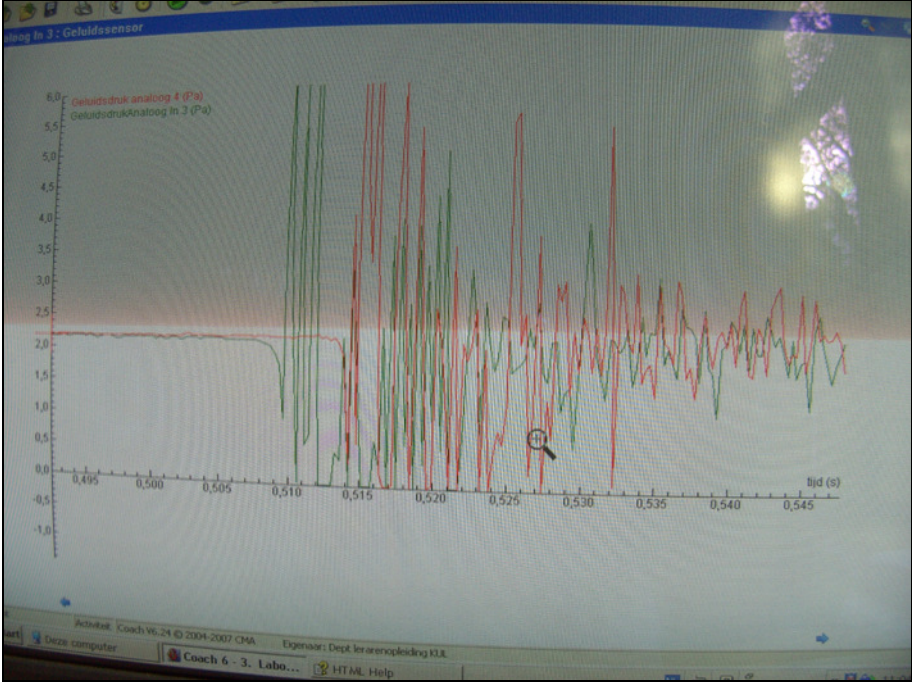
Transversale en longitudinale golven

3de graad – Lopende Golven	Onderwerp: transversale en longitudinale golven
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<p>Materiaal: lange veer met grote ringen, lange veer met kleine vaste ringen (slinky), rubberdarm of tuinslang, bevestig op een aantal plaatsen een lintje.</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Opstelling. Maak één uiteinde van de veer vast aan een statief. 2. Opwekken van golven. <ul style="list-style-type: none"> • Beweeg het vrije uiteinde éénmaal op en neer of heen en weer. Observeer de lintjes, observeer de hele veer. • Laat het vrije uiteinde ook een paar trillingen uitvoeren. • Knijp een aantal ringen aan het vrije uiteinde samen en laat ze weer los. Observeer de lintjes, observeer de hele veer. 	
<p>Opdrachten/Vragen: Hoe staat de trilrichting t.o.v. de voortplantingsrichting voor de 2 soorten golven?</p>	
<p>Tips bij de uitvoering: Door wat harder of minder hard aan de veer of de rubberen darm te trekken kan je de spanning wijzigen. Zoek de geschikte spanning om een duidelijk patroon te krijgen.</p>	
<p>Meetresultaten:</p>	

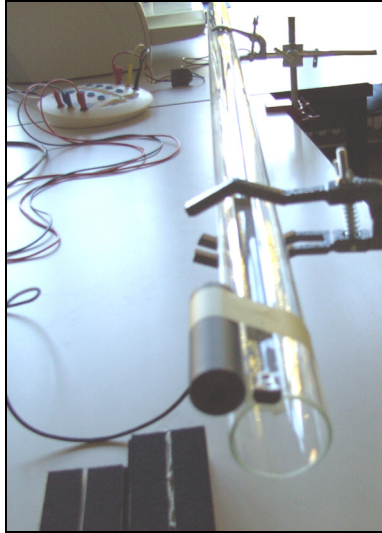
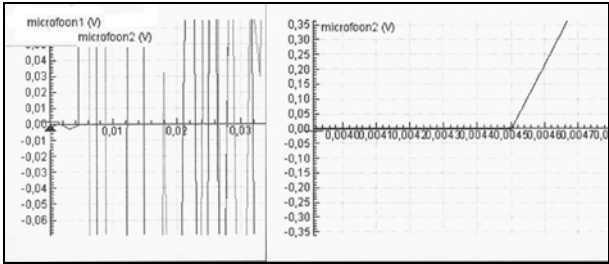
Rimpeltank

3de graad – Lopende golven	Onderwerp: Rimpeltank
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input checked="" type="checkbox"/> moeilijk
	
(firma S. Frederiksen)	
<p>Materiaal: Doorschijnende waterbak met 1 à 2 cm water, overheadprojector, trilgenerator (trilblok met arm en bijhorende opzetstukken + frequentiegenerator) of rimpeltank met projectiemogelijkheid (eventueel stroboscopische belichting), plaatjes en staven als hindernissen in het water.</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Opstelling. Monteer de rimpeltank of plaats de waterbak op de overheadprojector. Stel de trilgenerator op zodat het uiteinde van de arm als bron van trillingen werkt op het wateroppervlak. Opwekken van golven. Optimaliseer de belichting en de frequentie van de bron om een goed zichtbare golflengte te bekomen. Beginsel van Huygens. Monteer achtereenvolgens een stift, een kam en een horizontale staaf op de trilarm. Observeer de golffronten. (cirkels / vlak) Weerkaatsing. Plaats een rechte hindernis volgens een hoek van 45° t.o.v. de vlakke golffronten. Observeer de voortplantingsrichting van de weerkaatste golffronten t.o.v. die van de invallende fronten. Varieer daarna de hoek. Buiging. Plaats twee rechte staafjes in elkaars verlengde zodat een hindernis gevormd wordt met een kleine opening. Observeer hoe vlakke golffronten overgaan in concentrische cirkelvormige golffronten. Varieer de opening. Interferentie. Monteer 2 stiften op de trilarm. Observeer de interferentiepatronen. Varieer de trilfrequentie, varieer de afstand tussen de 2 stiften. Breking. Monteer opnieuw de horizontale staaf op de trilarm. Voeg water toe tot er een waterfilm is boven een doorzichtige plexiglazen balk. Plaats de lengterichting van de balk schuin t.o.v. de golffronten. Observeer breking van de vlakke golven in die dunne waterfilm. Vergelijk met golven die het strand bereiken. 	
<p>Opdrachten/Vragen: Wat zijn golffronten, golfstralen, golflengte, golfrequentie, golfsnelheid?</p>	
<p>Tips bij de uitvoering: Zoek telkens de geschikte frequentie om een duidelijk patroon te krijgen.</p>	

Interferentie bij beeldschermen

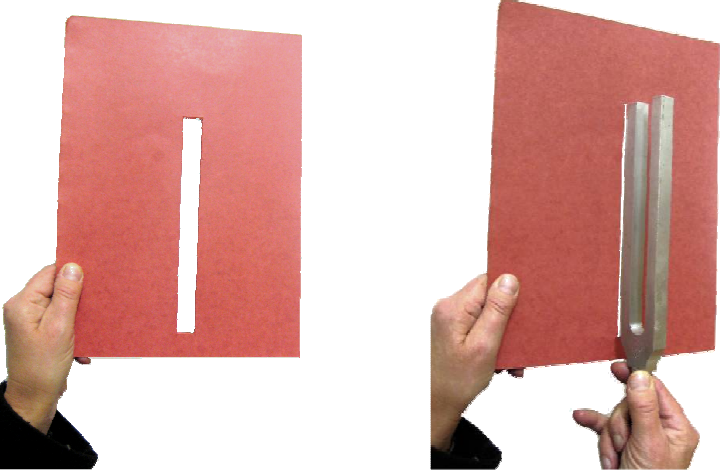
3de graad – Lopende golven	Onderwerp: Interferentie bij beeldschermen
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: CRT-computerscherm of TV, digitaal fotoestel met scherm	
Uitvoering: <ol style="list-style-type: none"> Opstelling. Maak een digitale foto van een afbeelding op een computerscherm. Observatie van interferentie. <ul style="list-style-type: none"> Er loopt een donkere band verticaal door het beeld als je het scherm observeert in het scherm van het digitale fotoestel. Het digitaal scherm van het fotoestel bevat moiré-beelden. Vastleggen op foto. Beide verschijnselen kan je fotograferen. 	
Opdrachten/Vragen: <ul style="list-style-type: none"> Hoe verklaar je deze verschijnselen? Zoek de roosterdichtheid op van beide schermen. 	
Tips bij de uitvoering:	
Meetresultaten:	

Bepalen van de geluidssnelheid

3de graad – Lopende golven	Onderwerp: Bepalen van geluidssnelheid
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input checked="" type="checkbox"/> moeilijk
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<p>Materiaal: Lange glazen of PVC buis, 2 microfoons verbonden met computer en meetprogramma, 2 houten blokjes, rolmeter.</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Opstelling. Stel de buis horizontaal op en plaats een microfoon aan elk uiteinde. Laat het meetprogramma starten door het ingangssignaal van de eerste microfoon als triggersignaal te kiezen. Plaats de uitgangssignalen van beide microfoons op dezelfde tijdsgrafiek. Uitvoering experiment. Sla 2 houten blokjes kort tegen elkaar vlakbij de eerste microfoon. Bestudeer de grafiek: zoom in op de beginsituatie en bepaal hieruit het tijdsverschil tussen de twee signalen opgepikt door de microfoons. Herneem het experiment voor verschillende afstanden tussen de microfoons. 	
<p>Opdrachten/Vragen: Bereken de geluidssnelheid uit de afstand tussen de 2 microfoons en het tijdsinterval tussen de twee signalen.</p>	
<p>Tips bij de uitvoering: De omgevingsgeluiden worden gedempt door de proef in een lange buis uit te voeren. Ook detectie op een oscilloscoop kan het tijdsinterval leveren: trigger op de eerste microfoon en lees het moment af wanneer het geluid de tweede microfoon bereikt.</p>	
<p>Meetresultaten: Voor een afstand $\Delta x = 1,50$ m is $\Delta t = 4,50$ ms. $v = 333$ m/s .</p>	

Kortsluiten van drukfluctuaties bij een stemvork

Vrije bewerking van een artikel uit "Hoor je beter in het donker p. 104" van Jo Hermans

3de graad – Samenstellen van lopende golven	Onderwerp: Kortsluiten van drukfluctuaties bij een stemvork
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: Stemvork, karton	
Uitvoering: Snij in het karton een opening iets groter dan de benen van de stemvork. Sla de stemvork aan en breng deze (langs achter) tot tegen de opening zonder dat de stemvork het karton raakt.	
Opdrachten/Vragen: Waarom maakt een stemvork amper geluid als er geen klankkast is? Waarom horen we de stemvork wel duidelijk als die tegen de opening wordt gebracht? Wat is de golflengte van de geluidsgolf die door de stemvork wordt voortgebracht? Hou de voet van de trillende stemvork eens tegen het karton. Trilt het karton dan mee zodat het als geluidsversterker dienst doet, zoals een klankkast?	
Tips bij de uitvoering:	
Meetresultaten: Als de stemvork tegen de opening wordt gehouden, klinkt die beduidend sterker. <i>Verklaring:</i> Een stemvork van bv. 440 Hz produceert een geluidsgolf met $\lambda = \frac{v}{f} = 77 \text{ cm}$, veel groter dan de stemvork zelf. Hierdoor hebben de drukfluctuaties alle tijd om 'kort te sluiten' om de benen van de stemvork heen. Terwijl één kant van een been de luchtdruk wil verhogen, wil de andere kant hem juist verlagen. De twee kanten werken elkaar tegen waardoor er van geluid weinig terecht komt. Als de voet van de stemvork tegen het karton wordt gehouden, gaat dit niet meetrillen. Het werkt niet als klankkast.	

Doppler Rocket

3de graad – Lopende golven	Onderwerp: geluidsgolven
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
 <p style="text-align: right;"><i>Foto's Pasco</i></p>	
Materiaal: Doppler Rocket Pasco WA-9826	
Uitvoering: Schakel de zoemer (± 620 Hz) in. De Doppler Rocket kan op 2 manieren gebruikt worden. <ul style="list-style-type: none"> - Ronddraaien boven de hoofden, diameter 2 à 3 meter. - Horizontaal door de klas (eventueel boven hoofden van de leerlingen) aan hoge snelheid over de touwen laten glijden. Twee personen staan respectievelijk voor- en achteraan in de klas en trekken om beurten de touwen snel open waardoor de Doppler Rocket wegschiet. 	
Opdrachten/Vragen: <ul style="list-style-type: none"> - Wat neem je waar wat betreft de toonhoogte? - Schat de snelheid van de Doppler Rocket (bij horizontale beweging door klaslokaal) en bepaal hiermee de frequentieverschuiving. 	
Tips bij de uitvoering: Bij het ronddraaien er op letten dat er voldoende ruimte is en het touw stevig vasthouden. Bij het horizontaal bewegen over de touwen moeten de leerlingen erop gewezen worden de handvaten stevig vast te houden en de armen pas (snel) open te doen nadat de Doppler Rocket tegen de handvaten gebotst is.	

Meetresultaten:

Als de Doppler Rocket zich verwijderd, hoort men een lagere toon (kleinere frequentie). Als hij nadert, hoort men een hogere toon (= grotere frequentie).

Frequentieverschuiving (waarnemer in rust, bron in beweging):

$$\Delta f = f \cdot \left(1 - \frac{v}{v - v_b} \right) \text{ met } v \text{ de geluidssnelheid en } v_b \text{ de snelheid van de bron (} v_b > 0$$

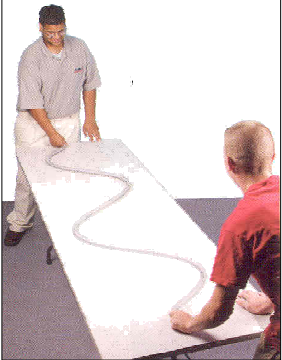
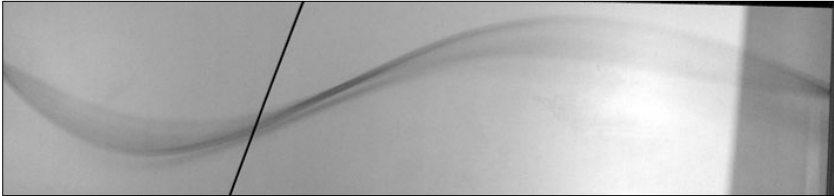

bij verwijderen, $v_b < 0$ bij naderen).

Bv.

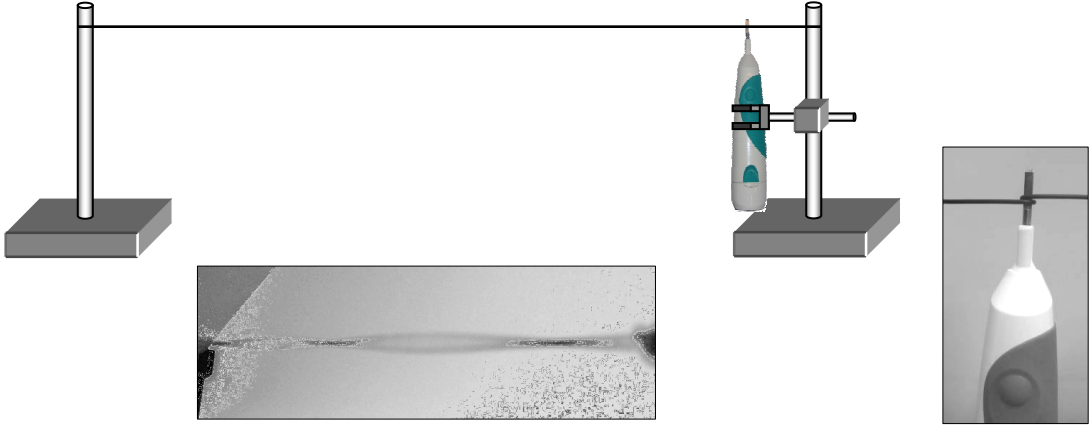
$v_b = 15$ m/s (verwijderen), $v = 340$ m/s en $f = 620$ Hz geeft een frequentieverschuiving van $\Delta f = -29$ Hz (= frequentieverlaging);

$v_b = -15$ m/s (naderen) geeft een frequentieverschuiving van $\Delta f = 26$ Hz (= frequentieverhoging).

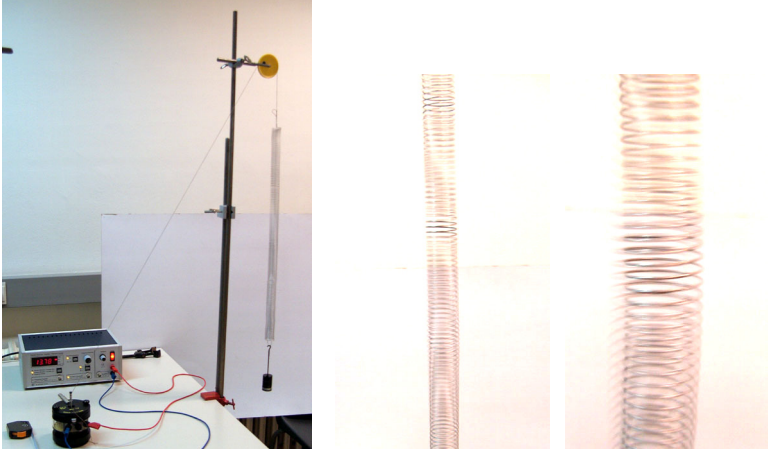
Transversale staande golven met lange spiraalveer

3de graad – Staande golven	Onderwerp: Transversale staande golven met lange spiraalveer
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
 <p><i>Foto Pasco</i></p>	
Materiaal: Lange spiraalveer (bv. Pasco WA-7334 of SE-7331), eventueel tafelklem	
Uitvoering: Zet eventueel enkele tafels achter elkaar zodat je de veer hierop tot 3 à 4 meter kan uitrekken op de tafels. 1 persoon houdt één uiteinde van de veer vast. Je kan de veer ook met één uiteinde bevestigen aan een tafelklem. Een tweede persoon neemt het andere uiteinde van de veer en beweegt de veer heen en weer. Afhankelijk van de frequentie van het heen en weer bewegen ontstaat er een staande golfpatroon met 1 of meerdere knooppunten.	
Opdrachten/Vragen: - Tel het aantal knopen en buiken. - Bepaal de frequentie van het heen en weer bewegen door de tijd op te meten van bv. 10 perioden.	
Tips bij de uitvoering: De proef kan ook eenvoudig op de grond worden uitgevoerd.	
Meetresultaten: Afhankelijk van de frequentie van het heen en weer bewegen ontstaat er een staande golfpatroon met 1 of meerdere knooppunten. <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; margin-top: 10px;">   </div>	

Staande golven met elektrische tandenborstel

3de graad – Staande golven	Onderwerp: Staande golven met elektrische tandenborstel
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: 2 statieven, klem, dunne elastiek (1 à 1,5 m), elektrische tandenborstel	
Uitvoering: Bevestig de elastiek met de uiteinden aan de statieven. Klem de elektrische tandenborstel (zonder opzettandenborsteltje!) aan één van de statieven zoals weergegeven in bovenstaand schema. Wikkel de elastiek één keer rond het staafje van de elektrische tandenborstel. Zet de tandenborstel aan en regel – door één statief te verschuiven – de spanning in de elastiek zodanig dat er een duidelijk staande golfpatroon verschijnt.	
Opdrachten/Vragen: - Tel het aantal knopen en buiken. - Zoek op hoe de spanning in de elastiek mee bepaalt of er al dan niet staande golven ontstaan.	
Tips bij de uitvoering: Eventueel kan m.b.v. een spanningsbron en een potentiometer de frequentie van de motor worden aangepast.	
Meetresultaten: Bij een bepaalde spanning ontstaan staande golven in de elastiek. <u>Theorie:</u> De frequenties waarbij er op een begrensde touw staande golven kunnen worden opgewekt, zijn $f_n = n \frac{v}{2l}$ met v de golfsnelheid, l de lengte van het touw en $n \in \mathbb{N}_0$. Vermits v wordt bepaald door de spankracht in het touw, nl. $v = \sqrt{\frac{F}{\rho_l}}$ met F de spankracht en ρ_l de lineaire massadichtheid, bepaalt de grootte van deze spankracht dus mee of er al dan niet een staande golfpatroon ontstaat.	

Staande golven in massa-veer systeem


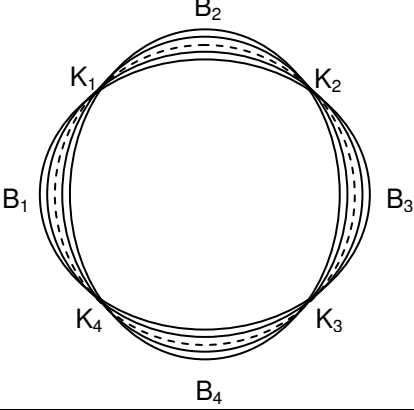
3de graad – Staande golven	Onderwerp: Massa-veersysteem
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input checked="" type="checkbox"/> moeilijk
	
<p>Materiaal: spiraalveer met geschikte massa, trilgenerator (trilblok + frequentiegenerator), dun touw, statief met klemmen en een katrol.</p>	
<p>Uitvoering:</p> <ol style="list-style-type: none"> Opstelling. Hang de spiraalveer aan een lus in het touw. Laat het touw lopen over de katrol die vastzit op het statief. Maak het andere uiteinde van het touw vast aan de trilgenerator. Hang een vrij zware massa aan de spiraalveer zodat de periode meer dan 1 seconde bedraagt. Staande golven in de veer. Zet de frequentiegenerator aan en varieer de frequentie stapsgewijs in een gebied van frequenties veel hoger dan de eigenfrequentie. Zoek de frequenties op waarbij staande golven optreden in de veer. 	
<p>Opdrachten/Vragen: Hoe herken je de staande golven? Tel het aantal knopen (en buiken). Zoek het verband tussen het aantal (halve) golflengtes in de veer en de frequenties waarbij staande golven optreden. Ook in het touw kunnen (bij andere frequenties) staande golven optreden. Welk zijn transversale en welke zijn longitudinale golven?</p>	
<p>Tips bij de uitvoering:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kies een soepele veer en pas de massa aan zodat de eigenfrequentie van het systeem tussen 1 en 2 Hz is. • Plaats een scherm achter de veer om duidelijk het patroon van buiken en knopen te tonen. • Als je tweekleurig paktouw neemt, zijn de staande golven in het touw duidelijker te zien. 	
<p>Meetresultaten: De eigenfrequentie van het systeem is 1,5 Hz. Er treden staande golven op o.a. bij 13,8 Hz, 23,8 Hz en 33,6 Hz.</p>	

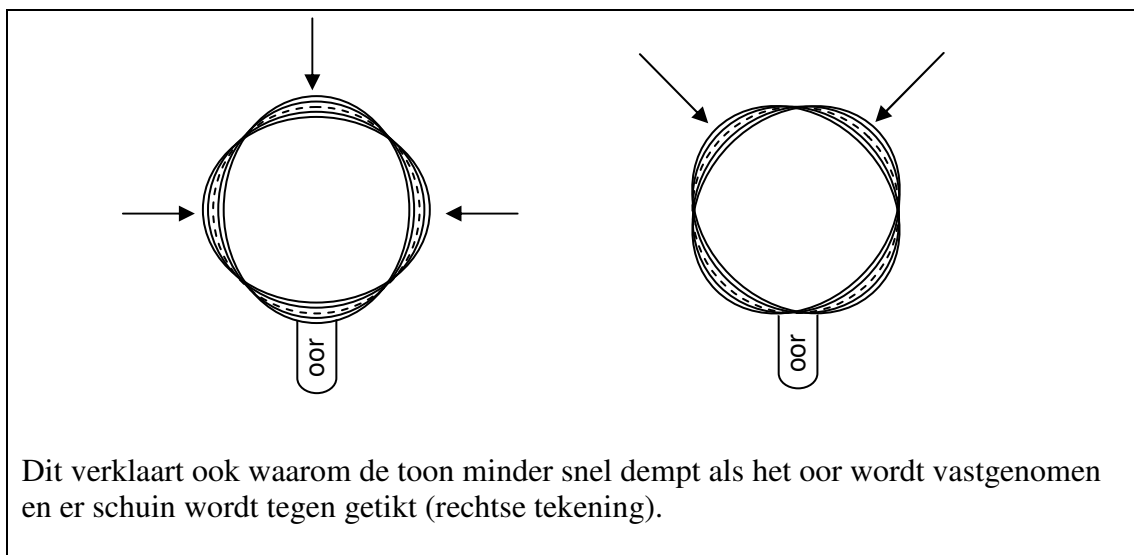
Staande golven: Chladni figuren

3de graad – Staande Golven	Onderwerp: Staande golven: Chladni figuren
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
 <p style="text-align: right;">(foto: firma S.Frederiksen)</p>	
Materiaal: trilgenerator (trilblok + frequentiegenerator), ronde of vierkante plaat, droog wit zand.	
Uitvoering: 6. Opstelling. Bevestig de plaat op het trilblok. Strooi een dunne laag zand op de plaat. 7. Observatie van resonantie. Zet de frequentiegenerator aan en varieer de frequentie stapsgewijs in een ruim gebied. Zoek achtereenvolgende resonatiefrequenties op voor elke plaat afzonderlijk.	
Opdrachten/Vragen: Hoe herken je de resonatiefrequentie? Voorspel de frequentie van een 'hogere' of een 'lagere' harmonische resonantietrilling: hoe verhouden de frequenties zich t.o.v. elkaar?	
Tips bij de uitvoering: Kies bij aanvang een niet te kleine amplitude en verminder deze eventueel als de resonatiefrequentie bereikt wordt. Ook zonder trilgenerator kunnen de resonantiepatronen zichtbaar gemaakt worden. Klem de voet van het vierkant plaatje in een statief en tik op één hoekpunt. Je kan ook met een strijkstok de plaat aan het trillen brengen. Kies verschillende punten op één van de zijanten van het plaatje: waar je strijkt ontstaat een buiklijn.	
Meetresultaten: eigenfrequenties van de ronde plaat zijn 1410 en 260 Hz. Je ziet concentrische cirkelvormige staande golven en je hoort resonantiegeluiden. De vierkante plaat heeft meerdere resonantiepatronen, naargelang de knooplijnen diagonaal liggen of door het midden van de zijden gaan. (tussen 240 en 1850 Hz)	

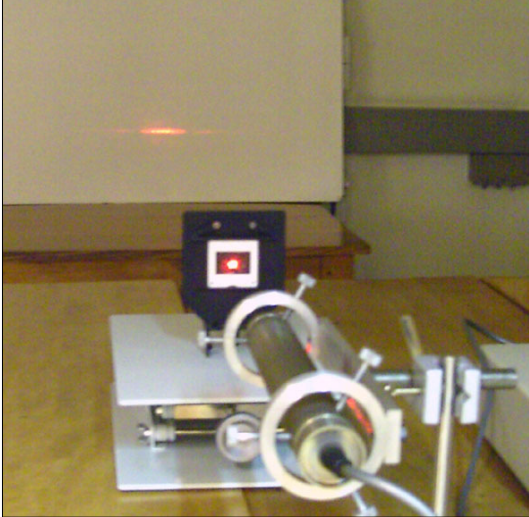
Staande golven in een drinkbeker

Vrije bewerking van artikel uit "Hoor je beter in het donker p. 116-117" van Jo Hermans

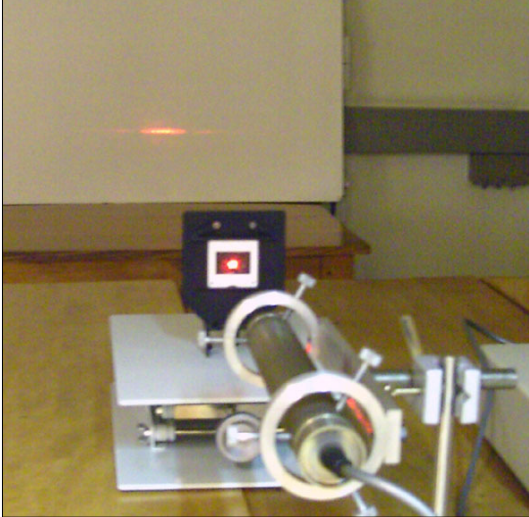
3de graad – Staande golven	Onderwerp: Staande golven in een drinkbeker
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
Materiaal: Drinkbeker met oor, mes of lepel om beker aan te slaan	
Uitvoering: <ol style="list-style-type: none"> Tik zonder de beker vast te nemen op de volgende plaatsen tegen de rand van de beker: <ul style="list-style-type: none"> - recht tegenover het oor - precies opzij van het oor (= kwart van de omtrek verder) - net tussen de 2 vorige punten in Hou het oor vast en doe het vorige proefje opnieuw. 	
Opdrachten/Vragen: Bij 1: Luister goed naar het geluid van de beker. Welk verschil hoor je tussen de verschillende posities? Bij 2: Welk extra verschil hoor je nu?	
Tips bij de uitvoering: Het loont de moeite om een paar verschillende drinkbekers te proberen. De ene doet het duidelijk beter dan de andere. De kwaliteit van het aardewerk is verschillend.	
Meetresultaten: <ol style="list-style-type: none"> Tik je recht tegenover of opzij van het oor, dan hoor je een zelfde toon. Tik je er tussenin, dan hoor je een hogere toon. Als je het oor vastneemt, dempt het geluid het snelst bij het tikken recht tegenover of opzij van het oor. Het blijft iets langer klinken als je er midden tussenin tikt. <p><i>Verklaring:</i> De meest eenvoudige trillingsvorm van bovenaf gezien, is geschetst in het prentje bovenaan: de oorspronkelijk ronde vorm wordt periodiek een tikkeltje ovaal, eerst in de ene richting, dan in de andere. De grootste uitwijkingen vinden we op vier tegenover elkaar liggende plekken: de 'buiken' van de trilling. Er zijn vier punten die niet meetrillen (de 'knoopen'). Als het oor zich op een buik bevindt, trilt het mee. Als het zich in een knoop bevindt, zal dat tijdens de trilling niet mee heen en weer moeten worden gesleurd. Dat maakt de trilling sneller, en de toon dus hoger. (zie schema op volgende blz.)</p>	



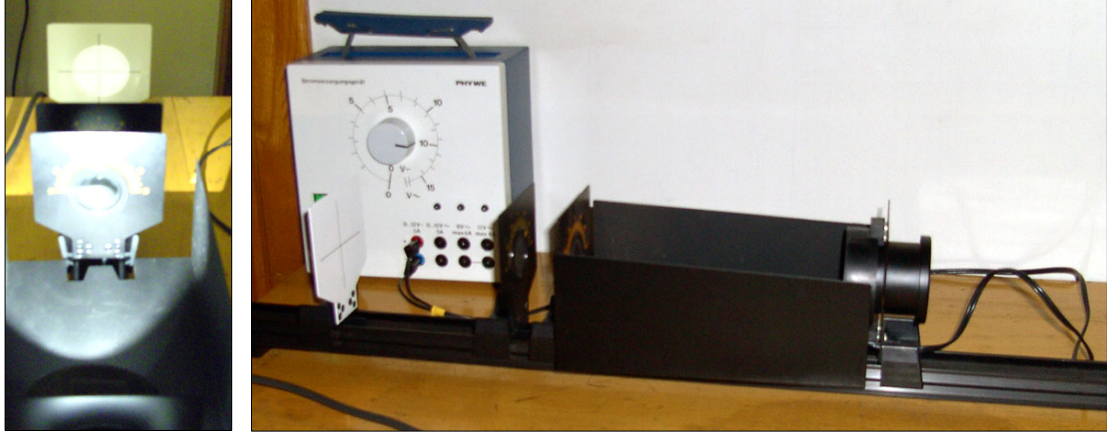
Buiging van licht

3de graad - Lichtgolven	Onderwerp: Buiging van licht
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: laser, optische bank, regelbare spleet gemonteerd op voet, scherm	
Uitvoering: <ol style="list-style-type: none"> 1. Opstelling. Monteer de laser en het onderdeel met de regelbare spleet op de optische bank. Plaats het scherm op een zo groot mogelijke afstand en verduister het lokaal. 2. Observatie van buiging. <ul style="list-style-type: none"> • Richt de laserstraal op de brede verticale spleet. Verminder geleidelijk de opening tot buiging op het scherm wordt waargenomen in horizontale richting. • Richt de laserstraal op de dunne horizontale spleet. Buiging treedt nu op in verticale richting. 	
Opdrachten/Vragen: Hoe verklaar je deze verschijnselen? Vergelijk met de buiging van vlakke watergolven aan een brede/smalle opening. Welke besluiten kun je formuleren?	
Tips bij de uitvoering: Laat deze proef volgen op de experimenten met de rimpeltank.	
Meetresultaten:	

Proef van Young

3de graad - Lichtgolven	Onderwerp: Proef van Young
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input type="checkbox"/> gemakkelijk <input checked="" type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: laser, optische bank, dia met dubbele spleet en eventueel met roosters, scherm	
Uitvoering: <ol style="list-style-type: none"> 1. Opstelling. Monteer de laser en de diahouder met dia op de optische bank. Plaats het scherm op een zo groot mogelijke afstand en verduister het lokaal. 2. Observatie van interferentie. <ul style="list-style-type: none"> • Richt de laserstraal op de dubbele verticale spleet. • Richt de laserstraal op de dubbele horizontale spleet. • Vervang de dia door een rooster. 	
Opdrachten/Vragen: <ul style="list-style-type: none"> • Vergelijk met de interferentie van watergolven aan een dubbele opening. • Kan deze proef uitgevoerd worden met 2 laserstralen (of pointers) vlakbij elkaar? • Observeer de overeenkomsten en de verschilpunten met buiging van het licht. • Kan interferentie optreden zonder buiging? • Hoe beschrijf je en hoe verklaar je het beeld van een laserstraal die invalt op een rooster? 	
Tips bij de uitvoering: Laat deze proef volgen op het experiment met lichtbuiging aan een enkele spleet.	
Meetresultaten:	

Polarisatie

3de graad - Lichtgolven	Onderwerp: Polarisatie
<input checked="" type="checkbox"/> demonstratie-experiment <input checked="" type="checkbox"/> leerlingenpracticum	<input checked="" type="checkbox"/> gemakkelijk <input type="checkbox"/> middelmatig <input type="checkbox"/> moeilijk
	
Materiaal: Reuterlamp, optische bank, 2 houders met draaibaar gepolariseerd glas, scherm	
Uitvoering: <ol style="list-style-type: none"> Opstelling. Monteer de lamp en de 2 houders met gepolariseerd glas achter elkaar op de optische bank. Plaats het scherm op een afstand en verduister het lokaal. Observatie van polarisatie. <ul style="list-style-type: none"> Draai beide glazen met de polarisatierichting verticaal: op het scherm wordt licht waargenomen. Draai de polarisatierichting van één van de twee glazen: naarmate de hoek t.o.v. de verticale groter wordt, zal er minder licht het scherm bereiken. Als de polarisatierichtingen onderling een hoek van 90° vormen, is de uitdoving volledig : er is geen licht meer op het scherm. 	
Opdrachten/Vragen: <ul style="list-style-type: none"> Vergelijk het polarisatieverschijnsel met een flessenborstel die je door een kartonnen spleet wil duwen. Hoe kan je een lichtstraal voorstellen met niet gepolariseerd licht en een met gepolariseerd licht? 	
Tips bij de uitvoering: <ul style="list-style-type: none"> De proef kan als leerlingenexperiment uitgevoerd worden als je beschikt over 2 gepolariseerde plaatjes. Controleer of (zonne)brilglazen gepolariseerd zijn. 	
Meetresultaten:	

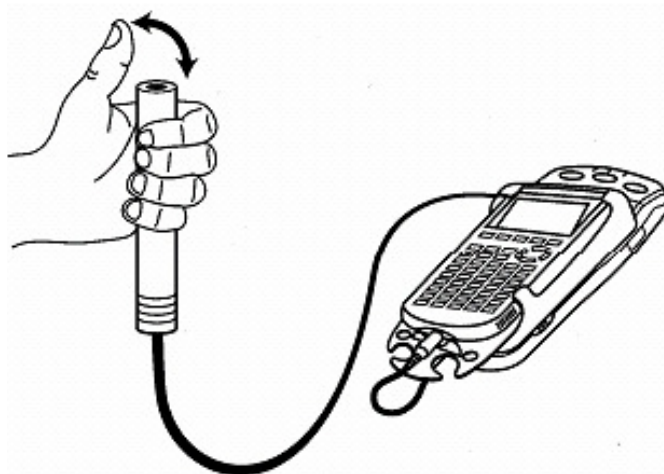
Labo: Lichtintensiteit

<http://www.scholennetwerk.be/T3>

Doel: Dit experiment kan gebruikt worden om een model van een periodieke functie te bestuderen.

Benodigheden: - TI83 Plus
- CBL(2) met lichtsensor
- een TL-lamp

Opmerking: Je kan ook de verlichtingsarmaturen gebruiken van het klaslokaal. Zorg er dan voor dat er maar op één enkele lamp gemeten wordt. Immers, de signalen van twee lampen zullen interfereren. Houd daarom de lichtsensor dicht genoeg bij de lamp om storende factoren te vermijden.



Deel 1: Lange periode

Experiment:

- We richten de lichtsensor naar een lichtbron zoals het venster, een lamp van een overheadprojector of een gewone lamp.
- Sluit de lichtsensor aan op de CBL(2) CH1 en verbind de CBL(2) met de rekenmachine.
- Activeer de applicatie DATAMATE en druk CLEAR in om de software te resetten.

Het experiment bestaat erin om de duim op en neer te bewegen op de lichtsensor. Dit doe je met een bepaalde regelmaat (ongeveer 1 s). Dit kan bijvoorbeeld op de volgende manier gebeuren: we tellen op de volgende wijze:

"een een duizend, twee een duizend, drie een duizend, ...". Zorg ervoor dat de duim de lichtsensor afdekt bij de aanvang van 'duizend'.

- Houd de lichtsensor in je hand en sluit hem af met de duim.
- Druk op START in het hoofdmenu en begin met het op en neer tillen van de duim.
- Na een negental seconden biept het toestel om aan te geven dat het verzamelen van de data beëindigd is.
- De verschillende intensiteitsniveaus worden nu in functie van de tijd afgebeeld op een grafiek.

Wanneer de data niet naar behoren zijn, moet het experiment herhaald worden.

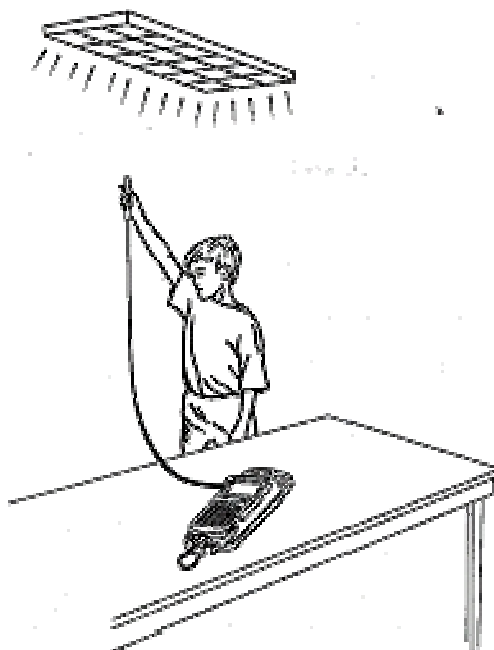
Verlaat DATAMATE. We kunnen de data nu exploreren en manipuleren met behulp van de rekenmachine. Om de grafiek terug op te roepen buiten DATAMATE, selecteer ZOOMSTAT uit het ZOOM-menu. Met de TRACE-functie kunnen de meetresultaten doorlopen worden.

Analyse:

- 1 Beschrijf de vorm van de functie die afgebeeld wordt?
Deze functie is (quasi) periodiek.
- 2 Bepaal de periode van de functie.
Om dit te doen maak je gebruik van de cursortoetsen en de TRACE-functie. Vertrek bij een plateau en verplaats de cursor naar een nul- of bijna nultoestand en dit voor de eerste keer. Het corresponderende tijdstip wordt in de variabele A opgeslagen.
- 3 Met de cursortoetsen en de TRACE-functie, kan je nu de hele kromme doorlopen op zoek naar andere toestanden "plateau-bijna nultoestand". Tel hoeveel keer je deze toestand tegenkomt. Dit aantal zou moeten corresponderen met het aantal keren dat de vinger op en neer getild werd van de lichtsensor. Het tijdstip van de laatste nultoestand bewaren we in de variabele B.
- 4 Bereken nu de gemiddelde periode T door de tijdsduur $B-A$ te delen door het aantal cycli (eventueel afronden tot de dichtstbijzijnde 0,05 s)
- 5 Bepaal ook de frequentie, als we weten dat frequentie gelijk is aan het aantal cycli dat voltooid wordt in een seconde.

Deel 2: Korte periode

In dit deel zullen we de lichtsensor richten op een fluorescentielamp (TL-lamp) en de intensiteit meten voor een zeer korte tijd. Omdat fluorescentielampen niet de hele tijd licht geven maar eerder flikkeren met een zeer korte periode, zal de grafiek een interessant gegeven zijn om mee te werken. De fluorescentielamp steunt op het feit dat het menselijk oog een beperkt scheidend vermogen heeft. Dit betekent dat het oog een zekere tijd nodig heeft om van de indruk van het vorig beeld af te raken om zo een ander beeld te detecteren. Anders gezegd: er moet een bepaalde tijd tussen twee beelden zijn, wil het menselijk oog deze beelden als afzonderlijke beelden zien. Wanneer het aantal beelden per seconde te groot wordt, ziet het menselijk oog deze beelden als een continu verschijnsel, zoals bij een film.



Experiment:

We moeten de instellingen van DATAMATE voor de lichtsensor eerst wat bijsturen vooraleer we kunnen beginnen meten.

Start de DATAMATE-software

- Selecteer SETUP uit het beginscherm
- Selecteer MODE en druk ENTER
- Kies TIME/GRAPH
- Kies CHANGE TIME SETTINGS
- Vul de waarde 0,0005 s in als tijd tussen twee metingen en druk op ENTER. Dit betekent dat de CBL een 2000-tal metingen per seconde zal uitvoeren. Dit is behoorlijk veel. Hierdoor kan het geheugen van de rekenmachine uitgeput raken.
- Vul 100 in als aantal metingen dat moet worden uitgevoerd en druk op ENTER. De CBL zal nu $100 \times 0,0005 \text{ s} = 0,5 \text{ s}$ meten.
- Selecteer tweemaal OK om terug het beginscherm te krijgen.

Hou de lichtsensor dichtbij de fluorescentielamp. Hou de sensor zo stil mogelijk en op dezelfde afstand tot de lamp.

Selecteer START in het beginscherm van de CBL. Na het nemen van de metingen zal het toestel biepen.

Na enige tijd verschijnt de grafiek op het scherm. De grafiek vertoont een regelmatig terugkerend patroon. Indien de grafiek niet voldoet aan de eisen, moet de meting herhaald worden.

We verlaten de applicatie DATAMATE door ENTER in te drukken en QUIT te kiezen in het beginscherm.

Om de grafiek terug op te roepen buiten het programma DATAMATE, kies je ZOOMSTAT uit het ZOOM-menu.

Analyse:

1 Bepaal aan de hand van de techniek beschreven in het voorgaande de gemiddelde waarde van de periode van de functie (eventueel afronden tot op 0,0005 s).

2 We weten dat het West-Europese elektriciteitsnet voorzien wordt door een wisselspanning met een frequentie van 50 Hz. Bereken aan de hand van de waarde van de periode uit de eerste vraag, de frequentie.

Wat stel je vast? Kun je dit verklaren?