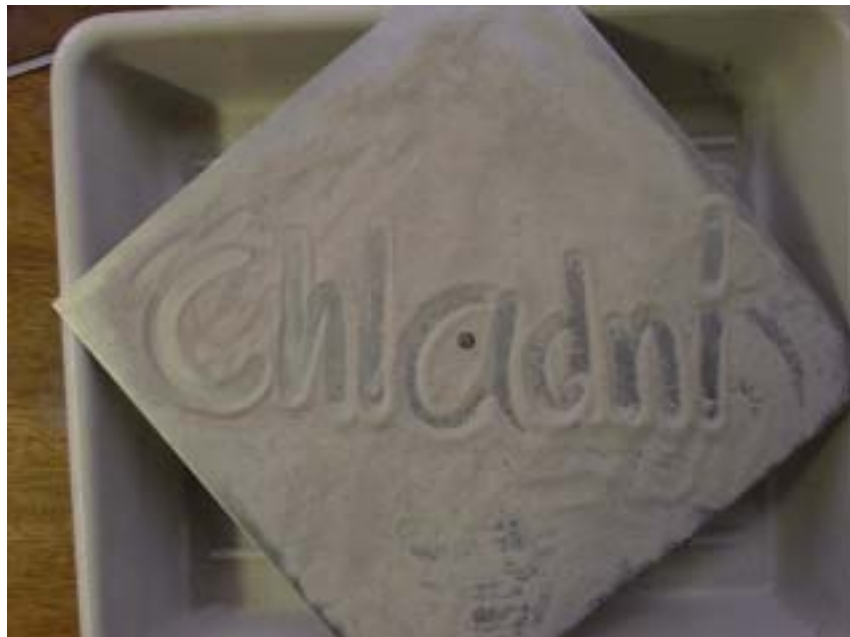


Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003



Vakken : Natuurkunde 12
Wiskunde B12
Inleverdatum : 15 januari 2003

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Inhoudsopgave

Voorwoord		blz. 3
Inleiding		blz. 4
Deel I	- Voorkennis	
Hoofdstuk 1	Resonantie	blz. 5
Hoofdstuk 2	E.F.F. Chladni	blz. 6
Deel II	- Practicum	
Hoofdstuk 3	Proefbeschrijving	blz. 7
Hoofdstuk 4	Meetresultaten	blz. 10
Hoofdstuk 5	Bevindingen	blz. 11
Deel III	- Deelvragen	
Hoofdstuk 6	Afmetingen	blz. 12
Hoofdstuk 7	Materialen	blz. 14
Hoofdstuk 8	Vormen	blz. 17
Hoofdstuk 9	Conclusie	blz. 18
Bronnenlijst		blz. 18

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Voorwoord

Op de eerste plaats willen wij hier onze begeleider op de Fontys, de heer W. Haans, bedanken voor zijn hulp bij het uitvoeren van onze practica. Werkelijk alle benodigde middelen die beschikbaar waren mochten we gebruiken. Dit heeft er toe bijgedragen dat we ook werkelijk alle practica die we uit konden voeren binnen de voor ons beschikbare tijd, uit hebben kunnen voeren.

Hoewel het niet altijd makkelijk was om met zo weinig literatuur te werken, was het wel ontzettend leuk en uitdagend. Vooral omdat het de ruimte creëert om zelf dingen te bedenken. Maar toch, omdat we slechts een beperkte tijd beschikbaar hadden, blijven er nog veel vragen open die toch de moeite waard zijn om te beantwoorden.

Daarnaast verliep de samenwerking tussen de groepsleden over het algemeen goed. Omdat we beide veel activiteiten naast school hebben, was het niet altijd makkelijk om tot afspraken te komen. Gelukkig is alles wat dat betreft toch nog op z'n pootjes terecht gekomen. Totdat bleek dat na 4 weken foto's maken alle foto's mislukt waren. Vier weken helemaal voor niets; we konden weer helemaal opnieuw beginnen. Hoewel we natuurlijk nog wel onze meetresultaten hadden, dus wat dat betreft konden we het allemaal in één middag over doen.

Al met al heeft het afronden van het PWS helaas een extra week moeten duren. Maar na deze extra week hebben we wel het idee dat we een goed verslag neergezet hebben.



fig. 01
v.l.n.r. Siebe Voogt, Roel Scherders (leerlingen St. Odulphuslyceum)
en Wil Haans (practicum-coördinator op de Fontys)

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Inleiding

We hebben voor dit onderwerp gekozen na een tip van meneer Weenen. We hebben hem verteld dat onze interesse uit ging naar een onderwerp dat verband houdt met resonantie. Hij vertelde ons over het werk van E.F.F. Chladni, een Duitse natuurkundige in de achttiende, begin negentiende eeuw. Chladni heeft onderzoek gedaan naar resonantie in platten vlakken, maar dit nooit afgerond. Het aardige hiervan is dat er totaal geen theorie bekend is over dit onderwerp, en daar zit natuurlijk de uitdaging in.

Onze deelvragen hebben we opgesteld in de veronderstelling dat materiaal, vorm en afmetingen bepalend zijn voor de resonantiefrequenties van, en de verkregen resonantiepatronen in, platte vlakken.

“Welke invloed hebben de afmetingen van de plaat op het resonantiepatroon?”

“Welke invloed heeft het materiaal waaruit de plaat gemaakt is op het resonantiepatroon?”

“Welke invloed heeft de vorm van de plaat op het resonantiepatroon?”

Het antwoord op onze hoofdvraag zou je een conclusie van onze deelvragen kunnen noemen. Hij luidt dan als volgt: “Wat zijn de overeenkomsten en de verschillen in resonantiepatroon bij platen van verschillende vorm, afmetingen en materialen? Is hier een verband in te ontdekken?”

Daarnaast moet gezegd worden dat we helaas geen vergaande theorie(ën) op hebben kunnen stellen omdat we niet genoeg tijd hebben gehad, en misschien niet de professionaliteit bezitten, om zo'n kwaliteit te leveren.

Tijdens het uitvoeren van onze proeven hebben we ontzettend veel foto's gemaakt. De foto's die we in ons PWS verwerkt hebben, zijn geselecteerd omdat ze naar ons inzicht relevante informatie bevatten en bovendien een verhelderende uitleg geven. We hebben alle foto's die we gemaakt hebben, verzameld op de Cd-rom die als bijlage bij ons PWS gevoegd is.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Deel I - Voorkennis

Hoofdstuk 1 Resonantie

Resonantie

De frequenties waarmee een voorwerp van nature trilt noemen we de eigenfrequenties. We kunnen hetzelfde voorwerp ook door beïnvloeding van buitenaf dwingen een trilling uit te voeren. In dit geval spreken we van een gedwongen trilling. Is nu de frequentie van de gedwongen trilling gelijk aan een van de eigenfrequenties, dan is de amplitudo die het voorwerp krijgt als gevolg van die trilling maximaal. We spreken dan van resonantie; de bijbehorende frequenties noemen we de resonantiefrequenties.

Golfpatroon

Bij trillingen in een voorwerp is er sprake van transversale golven. Normaal bewegen deze golven zich vrij ongecontroleerd door dat voorwerp. Laten we het voorwerp echter met een van de resonantiefrequenties trillen, dan vormt zich een stilstaand golfpatroon in het voorwerp. De plaatsen waarbij de golf een maximale amplitudo heeft noemen we buiken. Waar de amplitudo minimaal is spreken we van knopen.

Bijbehorende golflengte

Om de overstap van de resonantiefrequenties naar de bijbehorende golflengtes te maken, moeten we onderstaande formule gebruiken.

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

waarin v de voortplantingssnelheid van geluidsgolven in het voorwerp is, f de resonantiefrequentie en λ de bijbehorende golflengte.

Bovendien zit er een verband in de resonantiefrequenties. In een koord is dit verband bijvoorbeeld

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

waarin v de voortplantingssnelheid van geluidsgolven in het voorwerp is, f de resonantiefrequentie, λ de bijbehorende golflengte en L de lengte van het koord. Bovendien is n een geheel getal.

Er is echter geen verband bekend in platte figuren. Dat is dus hetgeen wat we gaan onderzoeken.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Hoofdstuk 2 Ernst Floris Friedrich Chladni (1756-1827)

Chladni werd in 1756 geboren in Wittenburg te Duitsland. Hij werd door zijn vader gedwongen om rechten te gaan studeren in de plaats van natuurkunde. In 1782 heeft hij zijn rechten studie succesvol volbracht aan de universiteit van Leipzig. Na de dood van zijn vader is hij alsnog natuurkunde gaan studeren.



fig. 02 E.F.F. Chladni

Chladni kreeg aanzien voor zijn pionierswerk in het wiskundig analyseren van akoestiek. Dit onderzoek was gebaseerd op de eerdere experimenten van Robert Hooke aan de Oxford Universiteit. Op 8 juli 1680 deed Hooke een experiment met glazen vibrerende platen. Dit deed hij door bloem op een glazen plaat te plaatsen en te blazen op de rand van het glas. Hooke zag dat de beweging van het glas zich uitte op het oppervlak van het glas door middel van het bloem, en dat de ronde figuur van het bloem veranderde in 4 ovale vormen aan alle randen van het bord. Dit fenomeen was herontdekt door Chladni in de 18^e eeuw en gaf het zijn naam; de zogenaamde Chladni figuren.

Chladni pakte dunne metalen platen en strooide er zand over en deed de platen vervolgens vibreren. Het zand vormde patronen die gelijk waren aan die van Hooke's bloemfiguren. Het is ook belangrijk om te zeggen dat deze vindingen van Chladni en Hooke, uiteindelijk Faraday hebben beïnvloed om na te denken over magnetische kracht in zijn elektrische experimenten.

Chladni heeft ook twee muziek instrumenten geproduceerd: het eufonium en het clavicilinder. Het clavicilinder was een nieuw ontwerp van Hooke's "muzikale cilinder" ofwel draadfoon genaamd.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Deel II - Practicum

Hoofdstuk 3 Proefbeschrijving

Proefopstelling

We hebben voor het uitvoeren van ons practicum gebruik gemaakt van de volgende opstelling.

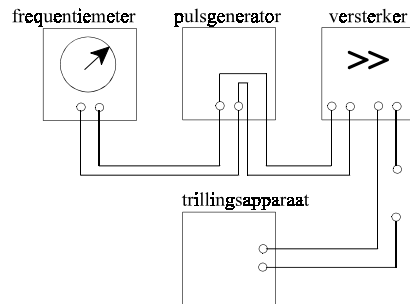


fig. 03 De gebruikte proefopstelling

Toelichting bij de proefopstelling

De pulsgenerator is aangesloten op een versterker, zodat het trillingsapparaat genoeg vermogen krijgt geleverd om de daarop bevestigde plaat in trilling te brengen. De frequentiemeter is direct aangesloten op de pulsgenerator; deze heeft er namelijk geen baat bij om een versterkt signaal binnen te krijgen. Bovendien zijn de frequentiemeter, de pulsgenerator en de versterker net als het trillingsapparaat aangesloten op netspanning.



fig. 04 Bovenop staat de pulsgenerator met ingebouwde versterker. Het apparaat daaronder – met de rode nullen – is de frequentiemeter.

Materialen

De platen die we in trilling brachten waren regelmatig van vorm. Het materiaal waarvan de plaat was gemaakt kan in principe van alles zijn. Door beperkingen die opgelegd werden door de pulsgenerator (deze leverde slechts een beperkt vermogen) vielen de zwaardere en dikkere platen (zoals bijvoorbeeld glas) af. Zodoende hebben we er dus voor gekozen om gebruik te maken van koperen en aluminium platen, met niet al te grote afmetingen.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Vormen

We hadden het idee om zoveel mogelijk gelijkzijdige veelvlakken te betrekken in ons practicum. Dit bleek helaas door de beperkte tijd niet mogelijk. Zodoende hebben we ons qua vormen beperkt tot een gelijkzijdige driehoek en een vierkant.



fig. 05 De opstelling zoals gebruikt tijdens ons practicum.

Afmetingen

Na enige tests hebben we besloten dat we het beste gebruik konden maken van platen geconstrueerd uit een vierkante plaat van 20 cm bij 20 cm. Zo verkregen we een gelijkzijdig koperen en een gelijkzijdige aluminium driehoek met zijden van 20 cm, en een koperen vierkant en een aluminium vierkant met zijden van 20 cm. Daarnaast hebben we ook nog een aluminium vierkant gebruikt met zijden van 30 cm. Dit om de verschillen in resonantiepatronen tussen verschillende afmetingen te onderzoeken. We hebben dit maar beperkt gehouden omdat we direct dezelfde patronen waarnamen als die we bij het kleine vierkant zagen. Ons leek het dus niet nodig om ook een koperen vierkant met zijden van 30 cm te onderzoeken. Bovendien heeft de koperen plaat een dikte van 1,0 mm en de aluminium plaat een dikte van 1,5 mm.

Trillen

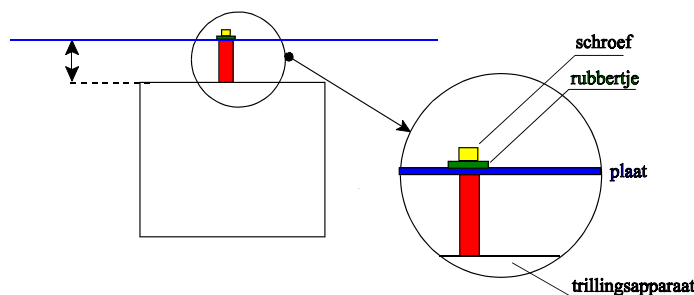


fig. 06 Hoe de plaat in trilling gebracht wordt.

De door ons gebruikte platen worden vastgeschroefd op het trillingsapparaat, met een rubberen ringetje tussen de plaat en de schroef. Dit zorgt ervoor dat de plaat stevig bevestigd is en zodoende gelijkmatig in trilling gebracht kan worden. Vervolgens zetten we de schakelaar om zodat er een stroom gaat lopen. Het

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

trillingsapparaat genereert dan door middel van spoelen een op en neer gaande beweging die de plaat in trilling brengt.



fig. 07 Hier is het trillingsapparaat te zien. De plaat wordt in het midden bevestigd met een schroef en een rubberetje.

Resonantie

Zodra de plaat trilt, strooien we er een dunne laag fijn zand overheen. Vervolgens gaan we de frequentie geleidelijk opvoeren, totdat de zandkorrels steeds heftiger beginnen te trillen. Dit is een teken dat de plaat bijna over gaat op resonantie. Het punt waarop de trilling maximaal is, is de resonantiefrequentie.

Als die resonantiefrequentie gevonden is, zetten we de schakelaar weer om zodat het trillen stopt. Vervolgens verwijderen we al het zand van de plaat. Dan sluiten we de schakelaar weer zodat de plaat opnieuw in trilling gebracht wordt en gaat resoneren. We moeten er nu wel voor zorgen dat de frequentie constant blijft.

Vervolgens strooien we het zand zo geleidelijk mogelijk over de resonerende plaat, zodat we een zo fijn en nauwkeurig mogelijk patroon krijgen.

Foto's

Hebben we het patroon verkregen, dan maken we een foto. De foto's die we op deze manier gemaakt hebben, zijn genomen met een digitale camera.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Hoofdstuk 4 Meetresultaten

Omdat ons PWS het grootste gedeelte bestaat uit het practicum dat we uitgevoerd hebben, zijn alle meetgegevens geordend weergegeven in onderstaande tabellen. Bovendien zijn de bijbehorende golflengtes in dezelfde tabel opgenomen. Dit is noodzakelijk voor de rest van ons PWS; daarin wordt namelijk dieper ingegaan op de meetresultaten.

De berekeningen van frequentie naar golflente zijn gedaan uitgaande van de transversale voortplantingssnelheid van geluid voor koper en aluminium zoals deze in tabel 16A van de BINAS staan.

$$V_{\text{koper}} = 3.80 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$$

$$V_{\text{aluminium}} = 5.08 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$$

Aluminium driehoek		Koperen driehoek		Aluminium vierkant		Koperen vierkant	
resonantie-freq.	bijbehorende λ (m)	resonantie-freq. (Hz)	bijbehorende λ	resonantie-freq.	bijbehorende λ (m)	resonantie-freq. (Hz)	bijbehorende λ (m)
288	17,6	138	27,5	204	24,9	93	40,9
801	6,34	183	20,8	527	9,64	125	30,4
1460	3,48	392 (zwak)	9,69	970	5,04	264	14,4
2156	2,36	407 (zwak)	9,34	1361	3,73	294	12,9
3162	1,61	420	9,05	2184	2,33	517	7,35
3898	1,30	720	5,23	2664	1,91	678	5,60
4105	1,24	745	5,10	2911	1,75	1096 (zwak)	3,47
4580	1,11	960 (zwak)	3,96	3107	1,64	1114	3,41
5399	0,941	1105	3,44	4800	1,06	1300	2,92
6162	0,824	1193	3,19	4982	1,02	1332	2,87
6920	0,734	1552	2,45	5212	0,975	1870	2,03
		1762	2,16	5232	0,971	2316 (zwak)	1,64
		1017	1,88			2835	1,34
		2058	1,85			3021	1,26
		2641	1,44			3521	1,08
		2975	1,28			4163	0,912
		3181 (zwak)	1,19			4535	0,838
		3318	1,15			4642	0,819
		3366	1,13				
		3535	1,07				
		4116	0,923				
		4198	0,905				
		4340	0,876				
		4504	0,844				
		5185	0,733				
		6206	0,612				
		6920	0,549				
		8039	0,473				

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Hoofdstuk 5 Bevindingen

In dit hoofdstuk hebben we alle bijzonderheden die we tegenkwamen tijdens onze metingen opgenomen. Want ondanks de eenvoud van het practicum viel ons toch geregeld wat op.

Het viel ons op dat de platen niet resoneren bij een exacte frequentie, maar dat er vaak sprake is van een klein frequentiegebied. Het gaat dan om een verschil van enkele Hertz. Wel is het zo dat de plaat bij één frequentie duidelijk beter resonanceert dan bij de andere frequenties uit dat frequentiegebied. Bovendien is het zo dat het bij de koperen platen moeilijker was om precies de juiste frequentie te vinden, ook al hebben we meer resonantiefrequenties gevonden binnen hetzelfde frequentiegebied.

Bij zowel de koperen driehoek als bij het koperen vierkant viel ons op dat we meer dan eens twee resonantiefrequenties vonden die dicht bij elkaar liggen. Deze geven echter wel verschillende resonantiepatronen.

Bij de koperen platen verkregen we binnen hetzelfde frequentiegebied veel meer resonantiefrequenties dan bij de aluminium platen. Hoewel enkele resonantiefrequenties van de koperen platen een zwak patroon lieten zien.



fig. 08 Zwakke resonantiepatronen in de koperen driehoek. De bijbehorende frequenties zijn (v.l.n.r.) 960 Hertz en 3181 Hertz.

We namen bij verschillende frequenties exact dezelfde patronen waar bij de koperen plaat als bij de aluminium plaat. Deze overeenkomst geldt zowel voor het vierkant als voor de driehoek.

We hebben ook patronen gevonden die elkaars gelijke lijken te zijn, maar dan in een andere grootte. Dit was telkens zo dat de figuur die we bij de koperen plaat vonden een verkleining was van de figuur die we bij de aluminium plaat vonden. Met ook als bevinding dat het verschil in frequentie groter is dan verwacht.



fig. 09 Het patroon aan de linkerkant lijkt een detail uit het patroon aan de rechterkant. De bijbehorende frequenties zijn (v.l.n.r.) 1361 Hertz en 5212 Hertz.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Deel III - Deelvragen

Hoofdstuk 6 Afmetingen

Om te onderzoeken wat voor invloed de afmetingen van de plaat op het resonantiepatroon hebben, zijn we gaan kijken bij welke frequenties een plaat van hetzelfde materiaal, maar met andere afmetingen gaat resoneren. Hiertoe hebben we de aluminium plaat met zijden van 30 cm aan een proef onderworpen. Zodoende kunnen we daarmee een vergelijking trekken met het aluminium vierkant met zijden van 20 cm.

De resultaten van deze proef staan in onderstaande tabel,. Daarnaast staan de resultaten van dezelfde proef met een aluminium vierkant met zijden van 20 cm.

Aluminium vierkant (met zijden van 20 cm)		Aluminium vierkant (met zijden van 20 cm)	
resonantie- freq (Hz)	bijbehorende λ (m)	resonantie- freq (Hz)	bijbehorende λ (m)
204	24,9	100	38,0
527	9,64	250	15,2
970	5,04	1321	2,88
1361	3,73	2127	1,79
2184	2,33	2791	1,36
2664	1,91		
2911	1,75		
3107	1,64		
4800	1,06		
4982	1,02		
5212	0,975		
5232	0,971		

Ook hier hebben we overeenkomsten in resonantiepatronen tussen beide platen waar kunnen nemen. Zo leken de verkregen patronen bij het grotere vierkant exact op dit van het kleinere vierkant. Alleen namen we ze waar bij een andere frequentie.

Doordat het door ons gebruikte trillingsapparaat niet genoeg vermogen kon leveren hebben we helaas maar een beperkt aantal figuren kunnen verkrijgen. Sommige figuren zijn echter exact hetzelfde als de figuren die we bij het kleinere aluminium vierkant verkregen, waardoor we toch op zoek kunnen gaan naar een verband.

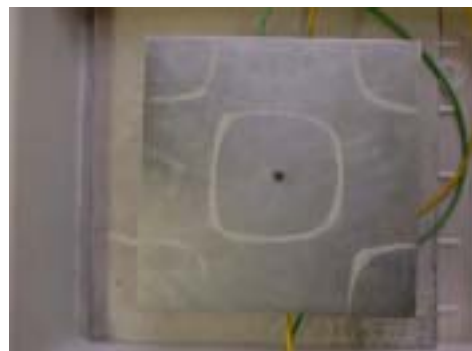
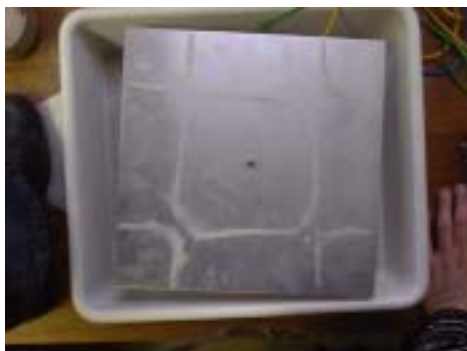


fig. 10 *Overeenkomstige figuren bij verschillende afmetingen van de in trilling gebrachte plaat. De bijbehorende frequenties zijn (v.l.n.r.) 250 Hertz (grote vierkant) en 527 Hertz (kleine vierkant).*

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

De gelijkens in patroon is bij meerdere frequenties aan de orde. Delen we de resonantiefrequentie van de grote plaat door de bijbehorende resonantiefrequentie van de kleine plaat, dan vinden we een getal dat afneemt naarmate de resonantiefrequenties toenemen.

resonantiefrequentie (Hz)		$\frac{f_{20\text{ cm}}}{f_{30\text{ cm}}}$
Aluminium vierkant (met zijden van 30 cm)	Aluminium vierkant (met zijden van 20 cm)	
204	100	0,490
527	250	0,474
4800	2127	0,443
Gemiddeld		0,469

Een echte conclusie durven we hier nog niet uit te trekken, omdat we te weinig overeenkomstige figuren hebben gevonden.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Hoofdstuk 7 Materialen

We zijn ook op zoek gegaan naar overeenkomstige figuren in platen van verschillende materialen. Deze hebben we best wat gevonden. We bespreken dit gedeelte per vorm.

Driehoek

We hebben verschillende resonantiepatronen gevonden die we zowel terugvinden in de koperen als in de aluminium driehoek.



fig. 11 Overeenkomsten in resonantiepatroon tussen de aluminium en de koperen driehoek.
De bijbehorende frequenties zijn (v.l.n.r.) 960 Hertz en 3181 Hertz.

We hebben de gevonden waarden uitgezet in een tabel. Tevens hebben we telkens de verhouding tussen de resonantiefrequenties van de beide platen in de derde kolom vermeld.

resonantiefrequentie (Hz)		$\frac{f_{\text{koper}}}{f_{\text{aluminium}}}$
Aluminium driehoek	koperen driehoek	
288	138	0,479
2156	1105	0,513
5399	2641	0,489
6162	2975	0,483
Gemiddeld		0,491

Uit de tabel blijkt dat de deling van de resonantiefrequentie van koper door die van aluminium een vrijwel constant getal tot gevolg heeft. Erg nauwkeurig en betrouwbaar is dit getal echter niet. We hebben namelijk maar 4 exact overeenkomstige figuren gevonden, dus is het niet uit te sluiten dat een meetonnauwkeurigheid de waarden vertroebelt.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Vervolgens gaan we op zoek naar een ander verband tussen beide materialen. Dit zoeken we in de verhouding van de golflengtes die horen bij overeenkomstige figuren in platen van verschillende materialen. Deze hebben we uiteen gezet in onderstaande tabel.

resonantiegolflengtes (m)		$\frac{\lambda_{\text{aluminium}}}{\lambda_{\text{koper}}}$
koperen driehoek	aluminium driehoek	
27,5	17,6	0,640
3,44	2,36	0,686
1,44	0,941	0,653
1,28	0,842	0,658
Gemiddeld		0,659

Ook hier valt op dat de verhouding tussen de golflengtes die horen bij overeenkomstige figuren in platen van verschillende materialen een constante lijkt te zijn. Hier kunnen we echter niet zeker van uit gaan, omdat we slechts twee verschillende materialen onderzocht hebben.

Vierkant

Bij het vierkant hebben we ook overeenkomstige figuren in verschillende materialen kunnen vinden. Deze hebben we ook in een tabel uitgezet, net als we dat bij de driehoeken hebben gedaan.

resonantiefrequentie (Hz)		$\frac{f_{\text{aluminium}}}{f_{\text{koper}}}$
aluminium vierkant	koperen vierkant	
527	264	0,501
970	517	0,533
1361	678	0,498
2184	1114	0,517
2664	1300	0,488
Gemiddeld		0,507

Het getal wat we hier krijgen na deling van de resonantiefrequentie van het koperen vierkant door de resonantiefrequentie van het aluminium vierkant lijkt ook een constante. Dat is dus nagenoeg hetzelfde getal als dat we gevonden hebben als de deling van de resonantiefrequentie van koper door die van aluminium voor de driehoeken.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Vervolgens hebben we ook hier de verhouding van de golflengtes uitgerekend en gekeken.

resonantiegolflengte (m)		$\frac{\lambda_{\text{aluminium}}}{\lambda_{\text{koper}}}$
aluminium vierkant	koperen vierkant	
9,64	14,4	0,669
5,04	7,35	0,688
3,73	5,60	0,666
2,33	3,41	0,683
1,91	2,92	0,654
Gemiddeld		0,672

Wederom komen we op een constante. Ditmaal van ongeveer 0.672.

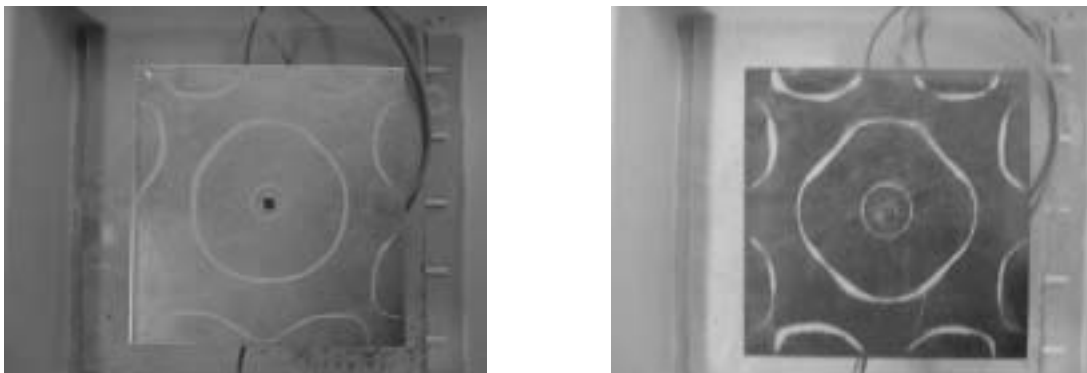


fig. 12 Overeenkomsten in resonantiepatroon tussen de aluminium en de koperen driehoek. De bijbehorende frequenties zijn (v.l.n.r.) 960 Hertz en 3181 Hertz.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Hoofdstuk 8 Vormen

Op de eerste plaats is het door de grote diversiteit aan patronen ontzettend moeilijk om een mogelijk verband te zoeken. Voor zover wij hebben kunnen ontdekken hebben de verkregen resonantiepatronen in verschillende vormen van hetzelfde materiaal vaak geen enkel verband. De resonantiepatronen zijn dus vormafhankelijk. We hebben binnen onze meetresultaten maar één patroon gevonden wat bij verschillende vormen voorkomt.

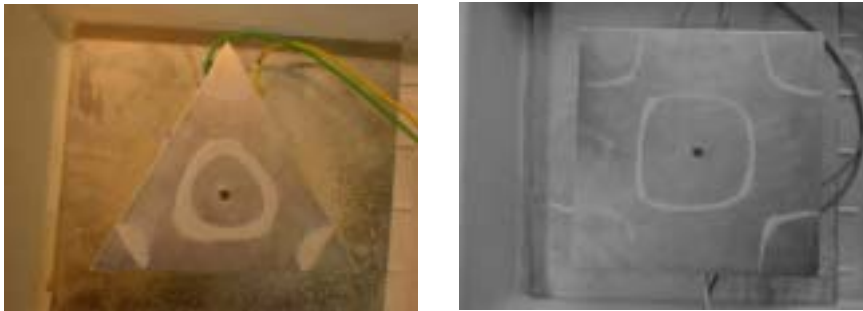


fig.13 Overeenkomsten in resonantiepatroon tussen de aluminium driehoek en het aluminium vierkant. De bijbehorende frequenties zijn (v.l.n.r.) 801 Hertz en 527 Hertz.

Je kunt zien dat er bij de linkerfiguur een driehoek ontstaan is, precies gecentreerd om het midden van de plaat. Bij de rechterfiguur is dit een vierkant. Daarnaast zijn er in de hoekpunten overeenkomstige lijnen te zien. Dit maakt het dat het lijkt alsof het om hetzelfde patroon gaat. Zekerheid is er echter niet, omdat we maar een overeenkomstig patroon gevonden hebben.

Profielwerkstuk Resonantie in regelmatige veelvlakken

Siebe Voogt en Roel Scherders
© havovwo.nl januari 2003

Hoofdstuk 9 Conclusie

Onze hoofdvraag is “Wat zijn de overeenkomsten en de verschillen in resonantiepatroon bij platen van verschillende vorm, afmetingen en materialen? Is hier een verband in te ontdekken?” We hebben tot zover geen sluitend antwoord op deze vraag kunnen vinden. Wel hebben we onze deelvragen grotendeels kunnen beantwoorden.

Hoewel we verbanden ontdekt hebben in het resonantiepatroon bij verschillende materialen en in het resonantiepatroon bij verschillende afmetingen, durven we hier nog geen sluitende theorie over op te stellen. Dit komt voornamelijk omdat ons onderzoek noodgedwongen vrij beperkt is geweest en we zodoende niet over genoeg gegevens beschikken. Zo hadden we bijvoorbeeld ook verschillende andere materialen willen uitproberen in een practicum, om het verband tussen verschillende materialen verder uit te diepen. We hebben namelijk een constante ontdekt die het verband tussen de resonantiefrequenties van een koperen plaat en de resonantiefrequenties van een aluminium plaat weergeeft. Dit is echter alleen het geval bij overeenkomstige resonantiepatronen.

Voor zover wij hebben kunnen ontdekken zit er tussen de resonantiepatronen in verschillende vormen die we hebben onderzocht geen duidelijk verband. We hebben slechts één patroon gevonden wat we min of meer bij verschillende vormen en bij gebruik van het zelfde materiaal terug hebben gevonden. Om dit verder uit te diepen hadden we in eerste instantie het idee om ook te werken met vijfhoeken of andere vormen, maar dit bleek door de beperkte tijd geen mogelijkheid.

De afmetingen van de plaat zijn van invloed op de grootte van het resonantiepatroon, maar ook op de resonantiefrequenties. Dit zou natuurlijk goed verband kunnen houden met de massa van de plaat. Ook hier hebben we een min of meer constant getal gevonden, wat het verband aangeeft tussen de resonantiefrequenties van platen gemaakt uit het zelfde materiaal, met verschillende afmetingen. Ook dit geldt alleen bij overeenkomstige resonantiepatronen.

Doordat wij onze deelvragen slechts ten dele hebben kunnen beantwoorden, valt ook onze hoofdvraag lastig te beantwoorden. In grote lijnen kun je stellen dat het antwoord te complex is om één zin samen is te vatten. Het komt er op neer dat er diverse verbanden zijn, die afhankelijk zijn van zowel vorm, materiaal als van de afmetingen. Hoe die verbanden precies liggen hebben we helaas niet kunnen ontdekken; we hebben als het ware niet meer dan een tip van de sluier opgelicht. Ons verslag is dan ook een prima basis voor anderen die zich interesseren voor dit onderwerp.

Bronnenlijst

We hebben voor ons PWS slechts twee bronnen gebruikt. Dit komt omdat er over ons onderwerp nauwelijks theorie beschikbaar is.

1. De website waar we informatie over Chladni vandaan hebben:

<http://www.ilt.columbia.edu/projects/bluetelephone/html/chladni.html>
2. Ons eigen natuurkundeboek, waar informatie over resonantie in staat:

Kernboek N1 VWO 2, tweede fase
Uitgeverij NijghVersluys bv
Uitgegeven in 2000, Baarn, Nederland
Eerste druk