



Musik • Lyd • Natur/teknik

Lyd og Musik

Fra »Musik på Tværs 1998« v/ Lisbeth Bergstedt

Indhold

Musik • Lyd • Natur/teknik	2
Lyd	2
Toner	3
Musikinstrumenter	3
Idiofoner	4
Membranofoner	4
Kordofoner	4
Aerofoner	4
Elektrofoner	4
Lyd og Musik	6
Øvelse 1: Reagensglasorgel	6
Opstilling:	6
Øvelse 2: Resonansrør	8
Øvelse 3: Lydbølger og resonans	10
Øvelse 4: Forsøg med strenge	13
Øvelse 5: Overtoner	15
Oversigt over sammenhæng mellem toner og frekvenser	18



Musik • Lyd • Natur/teknik

Fra »Musik på Tværs 1998« v/ Lisbeth Bergstedt

Arbejdet med emnet lyd som fysisk fænomen falder ganske godt i tråd med formålet for undervisningen i natur/teknik, ligesom det også indgår i læseplanen for fysik i 7.-9. klasse.

I formålet for undervisningen i natur/teknik hedder det bl.a.:

Elevernes iagttagelser og eksperimenter skal medvirke til, at de udvikler praktiske færdigheder, kreativitet og evne til samarbejde.

Det vil derfor være en god idé at tilrettelægge undervisningen, så I tager udgangspunkt i gennemførelsen af nogle praktiske øvelser/eksperimenter, hvorigennem eleverne gerne skulle kunne gøre sig nogle erfaringer med begrebet lyd.

Vel vidende at det er meget forskelligt, hvor meget apparatur de enkelte skoler råder over til natur/teknik-undervisningen, kan det foreslås, at man sammensætter øvelsesrækker på 4-5 øvelser, som eleverne gennemfører i mindre grupper på skift, så alle til sidst har nået at lave samtlige forsøg.

Det er meget vigtigt, at øvelsesvejledningerne er udførlige, og det er nødvendigt at afslutte med en fælles opsamling og konklusion.

Nedenstående bringer vi et forslag til, hvordan man kan arbejde med emnet lyd. Vi har ikke i detaljer beskrevet, hvilke øvelser/eksperimenter, der skal/kan laves, men har valgt at give en lidt grundig disposition for, hvordan emnet kan belyses. Som det er tilfældet med materialet i denne mappe i øvrigt, er det naturligvis op til den enkelte lærer at udvælge de dele, som forekommer relevante og gennemførlige for de enkelte klasser.

Lyd

Lyd er svingninger – lydbølger, men lyd er også de sanseindtryk, som disse svingninger forårsager.

For at illustrere de generelle egenskaber ved bøl-

ger kan det anbefales at arbejde med et vandbølgekar, idet det er den enkleste måde at synliggøre begreberne for eleverne.

Dog kan man, hvis man har mulighed for at benytte et Kundts Rør, illustrere udbredelsen af stående bølger i forskellige luftarter.

Det, der i denne sammenhæng er vigtigt for eleverne at få en forståelse af, er, at det er bølgenes frekvens, antal bølger pr. sekund, der er afgørende for tonehøjden, ligesom det er bølgenes amplitude, størrelsen af det maksimale udsving, der er afgørende for lydstyrken. Dette kan illustreres ved hjælp af et oscilloskop, sinusgenerator samt højttalere.

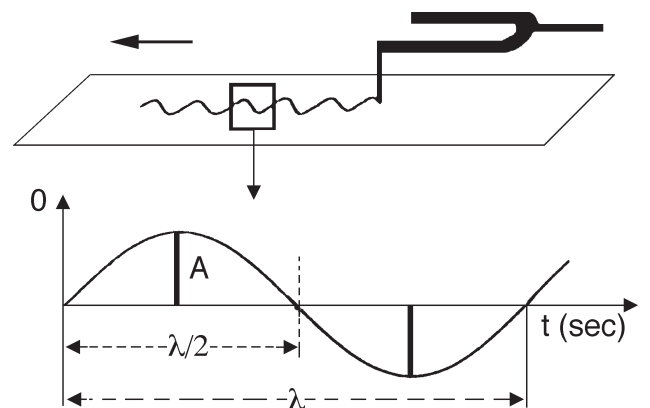


Fig. 1: En stemmegaffels svingning.

Den menneskelige hørelses frekvensområde regnes normalt til området mellem 16.000 og 20.000 Hz. Lydbølger med lavere frekvens betegnes som infralyd; bølger med højere frekvens betegnes som ultralyd. Det bør i den forbindelse nævnes, at lydbølger med højere frekvens, end det menneskelige øre kan opfatte, ofte er hørbare for visse dyr. (Eks.: hundefløjter)

I almindelighed anvender man enheden dB (decibel) til angivelse af lydstyrken. Ved angivelse af



specifikationer for højttalere omregnes lydstyrken dog til Watt.

Toner

Problemet med oscilloskopet er, at den tone, der kan illustreres, er den såkaldt rene tone, som kun kan frembringes elektronisk, og som afviger væsentligt fra de naturlige toner.

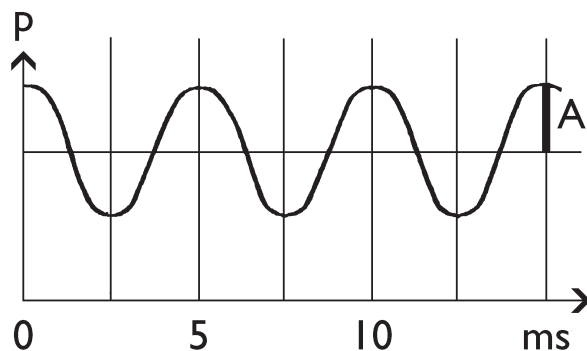


Fig. 2 a: Sinustone 200 Hz.

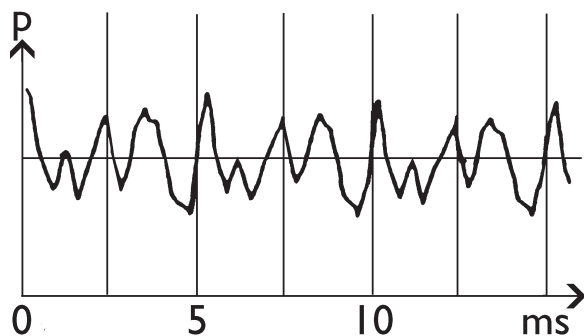


Fig. 2 b: Vokaltone 200 Hz.

Ovenstående vises en sinustone med frekvensen 200 Hz og en tone frembragt af en menneskestemme, også med frekvensen 200 Hz. Den første kurve viser en ren tone, hvorimod den anden kurve viser det, vi fremover vil kalde en klang, dvs. en sammensætning af flere toner.

Eller sagt med andre ord: en tone og dens overtoner.

I sammenhæng med arbejdet med kendskab til lydets opståen og udbredelse bør man også beskæftige sig med lydets modtagelse, dvs. hørelsen og dermed ørets opbygning.

For at kunne få en fornemmelse af styrken af forskellige lyde, er det en god idé at lade eleverne

foretage forskellige målinger. Mål f.eks. i klasseværelset, når der arbejdes. (Det vil sandsynligvis vise sig, at der trods »arbejdsro« alligevel er en hel del støj. Hvor kommer den fra?) Mål i skolegården i et frikvarter. Mål når eleverne hører musik af en styrke, der svarer til det, de plejer osv. Sammenlign resultaterne, og sæt dem i relation til smertegrænser og skadelighedsgrænser. (Arbejds miljøfondet er i besiddelse af udmærket materiale til brug i undervisningen). Adskillige musikere har i de senere år udtalt sig om sygdommen tinnitus, som det også vil være en god idé at inddrage, når man beskæftiger sig med mulige skadevirkninger i forbindelse med lyd. (Se bl.a artikel i Dansk Sang nr. 5 1995/96).

Når vi taler om lydets udbredelse kan man også nævne begrebet resonans, dvs. det fænomen, at systemer med samme egenfrekvens kan bringes til at svinge sammen med lydbølger, de møder.

I forbindelse med overvejelser over lydets udbredelse kan man lade eleverne lave enkle forsøg, der kan vise, hvor stor betydning forstærkning af lyden har. Sammenlign undersøgelserne med hvordan de akustiske instrumenters konstruktion virker i relation til forstærkning. Fra teaterforestillinger og koncerter på skolen kender man problemerne med at skabe en naturlig, uforvrænget forstærkning af stemmer og akustiske instrumenter i sammenhæng og balance med de elektriske instrumenter. På en mixerpult kan man finde knapper, der gør det muligt at indstille både lydstyrke, klangfarve, efterklang og frekvensområde for hvert enkelt spor.

Uden at gå for meget i detaljer med begrebet akustik, kan man godt lade eleverne erfare, hvor forskelligt de samme lyde opfattes i forskellige rum, og i denne sammenhæng lave forsøg med lydets hastighed gennem forskellige stoffer.

Musikinstrumenter

Mange af eleverne er sikkert fortrolige med den traditionelle opdeling af musikinstrumenter efter orkesterpraksis i strygere, blæsere – træ og messing – samt slagstøj.

Imidlertid findes der en anden opdeling, der i højere grad end den ovennævnte tager sit udgangspunkt i den måde, som instrumenterne frembringer lyden på:



Idiofoner

Selvklingende – altså instrumenter, der frembringer toner eller støj ved egensvingninger.

Membranofoner

Klingende membraner – altså instrumenter der frembringer toner ved hjælp af en udspændt membran.

Kordofoner

Klingende strenge – altså instrumenter, der frembringer toner ved at strenge på den ene eller anden måde sættes i svingninger.

Aerofoner

Klingende luft – altså instrumenter, der frembringer toner ved at luften sættes i svingninger.

Elektrofoner

Klingende strøm – altså instrumenter, der frembringer toner som ikke er hørbare uden hjælp af elektrisk forstærkning.

Lad eleverne placere de velkendte såvel som måske mindre kendte musikinstrumenter i »familier« efter ovenstående kriterier.

Placér for eksempel sækkepibe, jødeharpe, trækharmonika, orgel, koklokke, m.fl.

Spørgsmålet om, hvad det er, der gør, at de forskellige instrumenter lyder forskelligt, er ikke helt enkelt at svare på. Vi har allerede været inde på, at måderne, tonerne frembringes på, er forskellige; materialet, der giver forstærkning til tonen, er forskelligt; men alligevel er det ikke forklaring nok.

For at forstå instrumenternes forskellighed er det nødvendigt at kende lidt til overtoner. Overtoner er betegnelsen for de deltoner, som mindre medsvingende dele af lyd giver frembringer, når en tone klinger. Ved naturligt frembragte toner er der meget stor forskel på såvel udvalget af overtoner som styrkeforholdet imellem dem. Det er dette forhold, der betinger de forskellige instrumenters meget forskellige klangkarakter.

Der findes meget fine illustrationer af de samlede overtone-spektre for de forskellige instrumenter. Det viser sig her, at bløde klange, f.eks. tværfløjten, har et forholdsvis overtonefattigt spektrum, hvorimod de mere grelle klange har et overtonerigt spektrum. For at forenkle det har vi valgt kun at bringe nedenstående illustration, der viser »summen« af overtoner og grundtoner for henholdsvis tværfløjte, obo og klarinet.

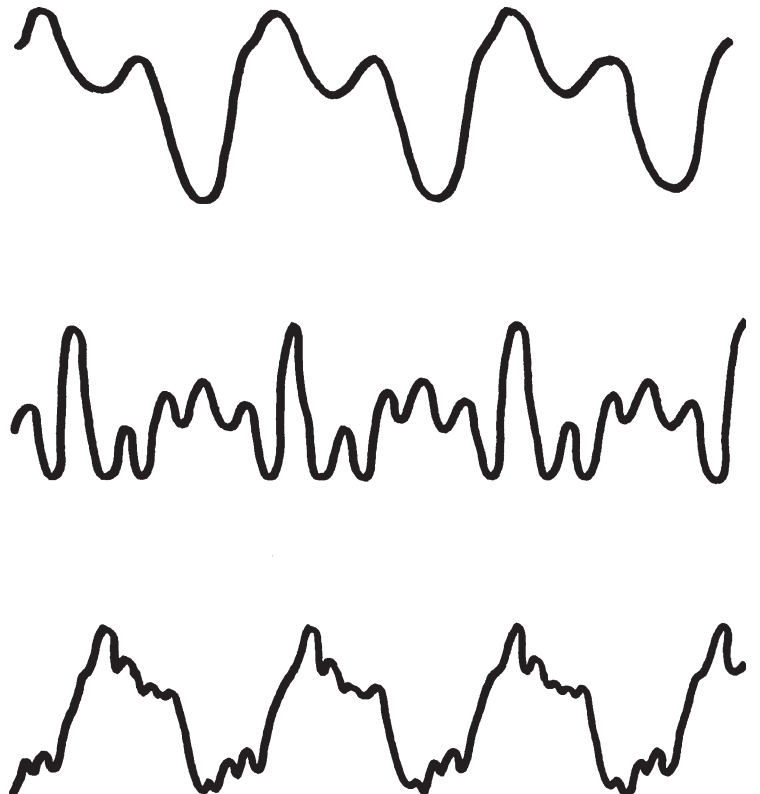


Fig. 3: Bølgeformerne for fløjte, obo og klarinet.



I 1980 blev der i DR sendt to udsendelser med titlen »Lydens Fysik 1 og 2«. Selvom materialet er gammelt, vil det udmærket kunne bruges i sammenhæng med ovenstående.

Det vil være naturligt at afslutte dette emne med en mere generel drøftelse af, hvad der er støj eller larm, og hvad der er musik.

Som fysisk fænomen er der en klar definitionsforskel på lyd og støj, idet en lydbølge er karakteriseret ved, at den er periodisk, hvorimod støj består af uperiodiske svingninger. Disse definitioner kan naturligvis sammenstilles med en diskussion om, hvad der er musik, og hvad der er mere eller mindre organiseret larm/støj.

Til »provokation«/igangsætning af diskussionen kan f.eks. anvendes musik af John Cage, Stockhausen, Lutoslawski m.fl. Der vil på lærerkurset blive givet nogle konkrete eksempler på værker, der vil være anvendelige hertil.

Til uddybning af forskellene mellem elektronisk og akustisk musik kan man f.eks. arbejde med materialet »Båndtropering« af Finn Egeland Hansen udgivet af Folkeskolens Musiklærerforening.

Endelig skal omtales et meget enkelt forsøg, der kan arbejdes med i relation til overtoner.

Mellem to skruer på en træliste, der er forsynet med en lineal udspændes en guitarstreng eller lignende på 1 meter. Strengen spændes ved hjælp af skruerne og vil, hvis den anslås, give en bestemt tone, som vi kalder strengens grundtone. Grundtonen defineres som den dybest mulige tone, hvor strengens længde svarer til den halve bølgelængde. Se fig. 1. Imidlertid er det, vi hører, når strengen svinger, ikke kun grundtonen, men også overtonerne. Det kan lade sig gøre at »isolere« disse overtoner på følgende måde: Anbring en finger løst på strengens midte. Slå strengen an igen. Den tone, der nu høres, er grundtonens oktav. Dvs. den tone, der er en oktav højere end selve grundtonen. Det, der rent fysisk er sket, er, at frekvensen nu bliver fordoblet, idet bølgelængden er halveret. Ligeså kan strengen tredobles, hvorved man vil høre kvinten osv. Nedenstående oversigt viser sammenhængen mellem svingningsforholdet og intervallet målt ud fra grundtonen.

Tilsvarende forsøg vil kunne udføres med luft-søjler, f.eks. ved hjælp af elektrisk savet i de rigtige længder.

Svingningsforhold	Interval
2:1	oktaven
3:2	kvinten
4:3	kvarten
5:4	stor terts
6:5	lille terts

Tabel over sammenhængen mellem svingningsforhold og interval.



Lyd og Musik

Øvelse 1: Reagensglasorgel

Formål: Afstemning af 8 »orgelpiber«, så de kan frembringe de otte toner i dur-skalaen. Beregning af frekvenser for de 8 toner.

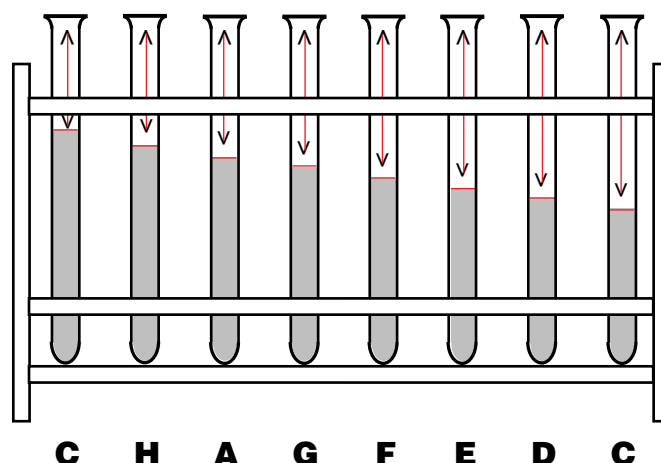
Materialer: 8 reagensglas
speed-marker
glasrør
klaver
lineal med mm-inddeling
sprøjteflaske med vand
lommeregner

Fremgangsmåde: Stil de otte reagensglas på en række i stativet. Fyld vand i glassene så de frembringer de ønskede toner, når der ved hjælp af glasøret blæses skråt henover dem.

Marker med en speedmarker højden på vandsøjlen. Mål derefter den luftsøjle, der er fra vandoverfladen til glassets åbning.

Notér resultaterne i skemaet.

Opstilling:



Lyd og Musik – Reagensglasorgel



Beregninger: Bølgelængder betegnes med λ og måles i m.

Frekvenser betegnes med ν og måles i Hz.

1 Hz svarer til at bølgen svinger 1 gang pr. sek.

Lysets hastighed betegnes med c og måles i m/sek. C afhænger af rumtemperaturen, men for enkeltheds skyld fastsætter vi den til 340 m/sek.

Luftsøjlelængde svarer til $1/4$ bølgelængde.

Beregn først bølgelængderne:

$$\lambda = 4 * \text{luftsøjlelængde.}$$

Beregn derefter frekvenserne:

$$\nu = c/\lambda$$

Indsæt de beregnede resultater i skemaet.

Kontroller dine resultater med tabelværdierne.

Resultater:

Tone:	Tone 1: c	Tone 2: d	Tone 3:e	Tone 4: f	Tone 5: g	Tone 6: a	Tone 7: h	Tone 8: c
Luftsøjle i cm								
Bølgelængde i m								
Frekvens i Hz								
Tabelværdi								

Konklusion:



Øvelse 2: Resonansrør

Formål: Kontrolmåling af frekvens på to stemmegafler

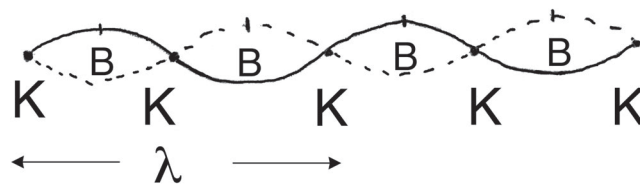
Beregning af frekvens og bestemmelse af tone for en »ukendt« stemmegaffel.

Materialer: Resonansrør
2 stemmegafler med angivet frekvens
1 stemmegaffel med ukendt frekvens
lommeregner

Fremgangsmåde: Anslå den ene af de »kendte« stemmegafler ved åbningen af røret.

Bevæg stemplet væk fra rørets åbning indtil der høres en klar forstærkning af tonen. Dette punkt kaldes et resonanspunkt. Hvis forsøget gentages, vil det kunne lade sig gøre at finde flere resonanspunkter, der befinder sig i en større afstand fra rørets åbning. Det resonanspunkt, der er tættest ved rørets åbning, befinder sig i afstanden $1/4$ bølgelængde fra åbningen. Afstanden fra åbningen til det næste punkt er $3/4$ bølgelængde osv.

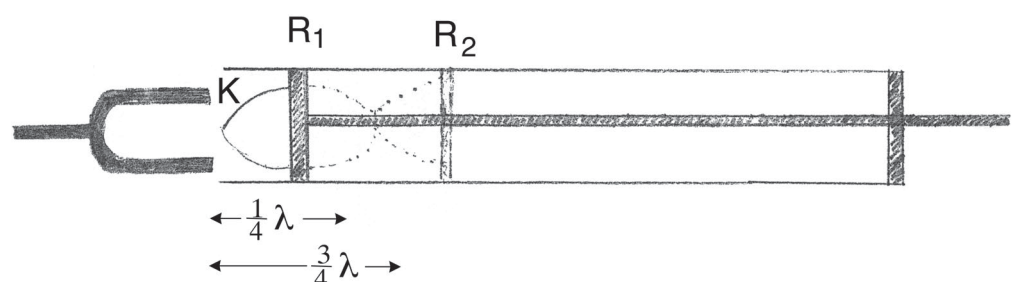
Forklaringen på, at det således kun er de ulige naturtoner, der opnås, er, at bølgen ved rørets åbning har en bug, hvorimod det ved stemplet har en knude. (Fig. 1)



Aflæs afstandene fra åbningen til resonanspunktet. Og notér resultatet i skemaet.

Gentag forsøget med de to andre stemmegafler.

Opstilling:



Lyd og Musik – Resonansrør



Beregninger: Bølgelængder betegnes med λ og måles i m.

Frekvenser betegnes med ν og måles i Hz.

1 Hz svarer til at bølgen svinger 1 gang pr. sek.

Lysets hastighed betegnes med c og måles i m/sek. C afhænger af rumtemperaturen, men for enkelthedens skyld fastsætter vi den til 340 m/sek.

Luftsøjles længde svarer til $1/4$ bølgelængde. (Evt. $3/4$ bølgelængde)

Beregn først bølgelængderne:

$$\lambda = 4 * \text{luftsøjles længde.}$$

Beregn derefter frekvenserne:

$$\nu = c / \lambda$$

Indsæt de beregnede resultater i skemaet.

Kontroller dine resultater med de angivne frekvenser på de to stemmegaffler.

Angiv frekvensen på den 3. stemmegaffel.

Hvilken tone er det?

Resultater:

	Afstand i cm	Bølgelængde i m	Frekvens i Hz	Sammenligning	Tone
Gaffel 1					
Gaffel 2					
Gaffel 3					

Konklusion:



Øvelse 3: Lydbølger og resonans

- Formål:** Påvisning af svingninger.
Demonstration af resonans.
- Materialer:**
1. Glas
Violinbue
Glasperle i snor
Forsøgsstativ
 2. 2 stemmegafler med samme frekvens monteret i sangbunde
Gummihammer
lommeregner
- Fremgangsmåde:**
1. Anbring glas og stativ med glasperle som vist. Stryg kanten af glasset med violinbuen og iagttag, hvad der sker.

Beskriv, hvad der sker.

Fyld vand i glasset. Gentag forsøget, og iagttag, hvad der sker.

Beskriv, hvad der sker.

Forsøg at forklare eventuelle ligheder og/eller forskelle.
 2. Anbring de to stemmegafler i sangbundene overfor hinanden som vist.

Anslå den ene stemmegaffel med en gummihammer. Efter et kort øjeblik standses den anslåede stemmegaffel med hånden.

Beskriv, hvad der sker.

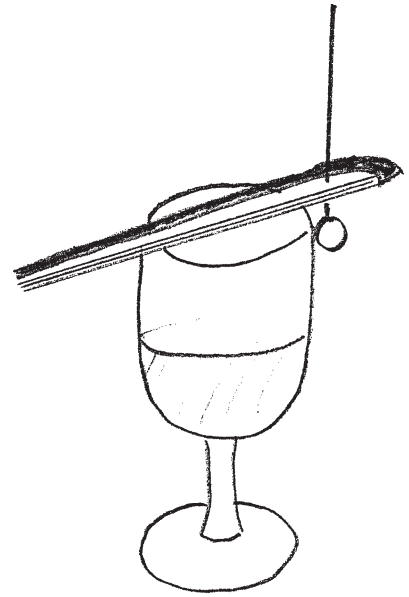
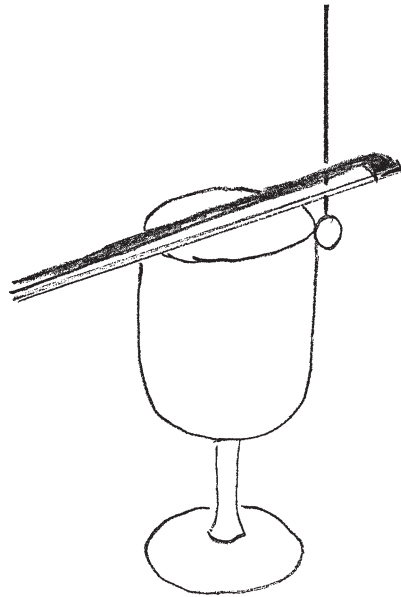
Anbring nu et par bøjler på den ene stemmegaffel og gentag forsøget.

Beskriv, hvad der sker.

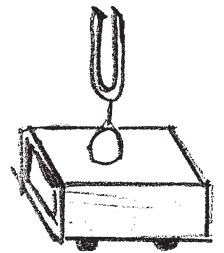
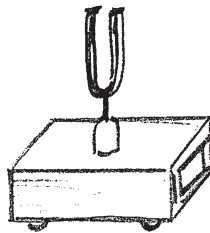
Forsøg at forklare iagttagelserne.



Opstilling I:



Opstilling II:



Iagttagelser Forsøg I:



Konklusion:

Iagttagelser Forsøg II:

Konklusion:



Øvelse 4: Forsøg med strenge

Formål: At demonstrere indflydelsen på tonehøjden og følgende variable for en streng:

1. Stregens længde.
2. Stregens tykkelse.
3. Stregens stramning (antal knuder og buge).

Materialer:

1. Spiralfjeder
2. Apparat med to forskellige strenge.

Fremgangsmåde: 1. Spænd fjederen fast i en krog på væggen og stram den ud.

Eller: Læg fjederen udstrakt på gulvet, og få en hjælper til at sætte sin fod på den ene ende.

Bevæg fjederen op og ned med hånden. Forsøg at tilpasse rytmen, så ud- og hjemsvingningerne passer sammen.

Forsøg først at få fjederen til at svinge som figur a.

Prøv derefter om du kan vise svingningerne i b, c og d.

Det du ændrer i din bevægelse er hastigheden. Dvs., der er en sammenhæng mellem svingningens hastighed og antallet af buge og knuder.

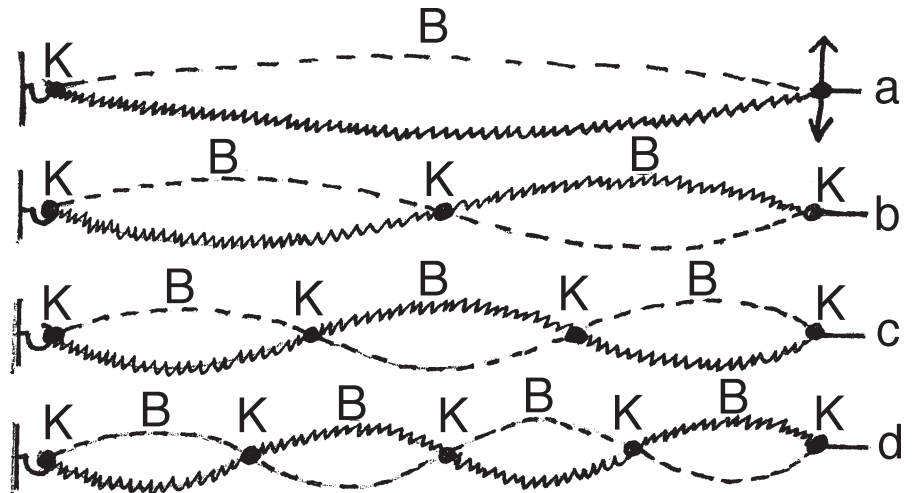
2. Lav forsøg med apparatet.

Varier strengenes stramning og længde, så der opnås klarhed over følgende sammenhænge:

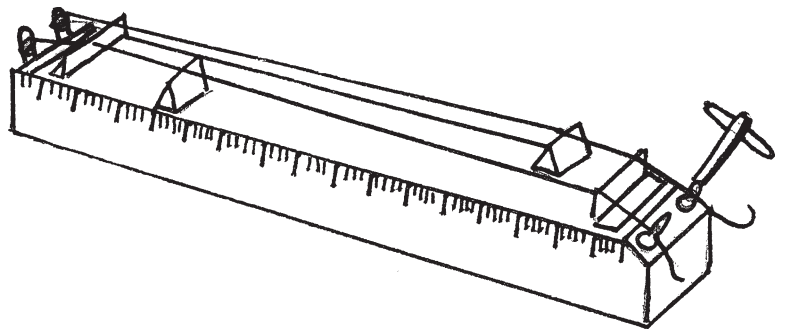
Tonehøjdens afhængighed af:	Længde
	Tykkelse
	Stramning (hastighed)



Opstilling I:



Opstilling II:



Iagttagelser:

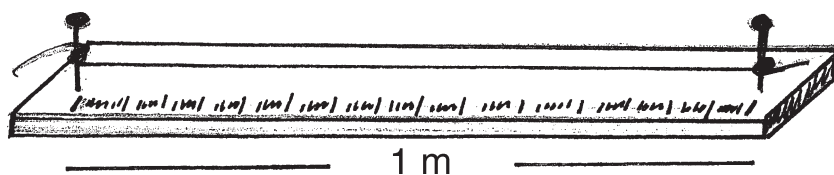
Konklusion:



Øvelse 5: Overtoner

- Formål:** Belysning af overtonebegrebet ved hjælp af en svingende streng.
Sammenhæng mellem overtoner og instrumenters klangfarve.
- Materialer:** Træliste med udspændt guitarstreng på 1 m.
Lineal
Klaver
Illustration af overtonespektret for fløjte, obo og klarinet.
- Fremgangsmåde:** Spænd strengen op til en genkendelig tone. Den opnåede tone kaldes strengens grundtone. Kontroller f.eks. ved hjælp af et klaver.
- Notér tonens navn i skemaet ud for længden 1 m og bølgelængden som betegnes = 2 m.
- Anbring nu en finger på strengen, så den tone, der nu høres, hvis strengen slås an, er grundtonens over-oktav.
- Angiv tonens navn. Mål længden af den del af strengen, der nu var i svingning, og beregn bølgelængden.
- Nu skal fingeren anbringes, så den nye tone svarer til grundtonens kvint, hvorefter resultaterne noteres som ovenfor.
- Fortsæt med at bestemme længden, der svarer til kvarten, den store terts samt den lille terts.

Opstilling:



Lyd og Musik – Overtoner



Resultater:

Længde af streng i m	Bølgelængde i m	Tonenavn	Interval
1 m	2 m		_____
			oktav
			kvint
			kvart
			stor terts
			lille terts

Når en streng eller luftsøjle svinger, er det grundtonen, der høres tydeligst; men i virkeligheden høres samtidig en del af overtonerne.

Denne »sum« af grundtoner + de hørbare overtoner kaldes for overtonespektret.

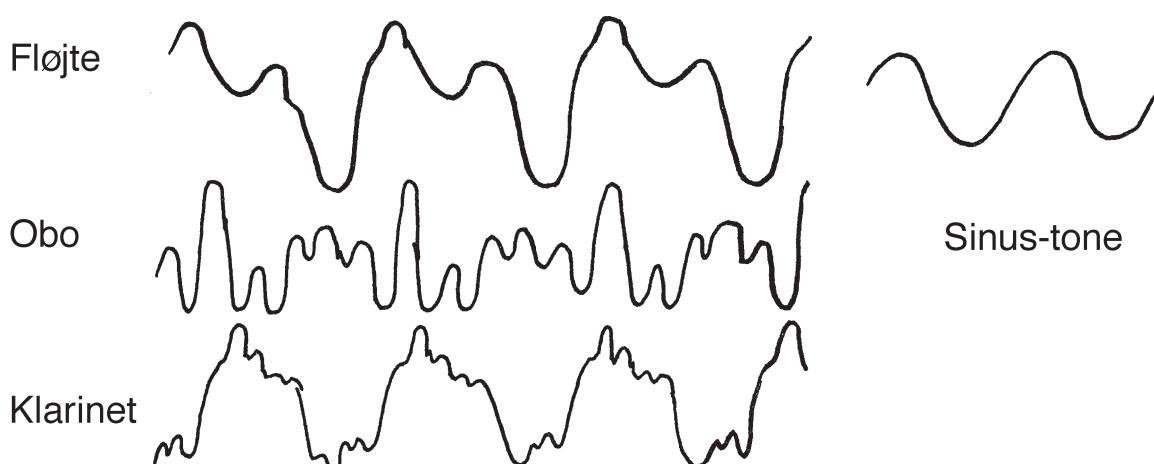
Forskellige instrumenter har vidt forskellige overtonespektre, hvad der er med til at give de forskellige instrumenter deres meget forskellige klangfarver.

Sammenlign nedenstående overtonespektre for henholdsvis fløjte, obo og klarinet.

Overvej, hvad tegningerne viser om overtonerne.

Overvej, hvilken betydning, det har for den måde, instrumentet lyder på.

Til sammenligning er angivet en sinustone. Dvs. en kunstigt frembragt tone uden overtoner.





Iagttagelser af illustrationen:

Overvejelser over klangfarven:

Konklusion:



Oversigt over sammenhæng mellem toner og frekvenser

Tone	Ren stemning	Tempereret stemning
c2	528 Hz	523,25 Hz
h1	495 Hz	493,88 Hz
b1	475 Hz	466,16 Hz
a1	440 Hz	440,00 Hz
as1	422 Hz	415,31 Hz
g1	396 Hz	392,00 Hz
fis1	367 Hz	369,99 Hz
f1	352 Hz	349,23 Hz
e1	330 Hz	329,63 Hz
es1	317 Hz	311,13 Hz
d1	297 Hz	293,67 Hz
cis1	275 Hz	277,18 Hz
c1	264 Hz	261,63 Hz

Den rene stemning følger de naturlige intervalproportioner. (Se nedenstående skematiske oversigt).

Den tempererede stemning deler oktaven matematisk i 12 dele af hver $\sqrt[12]{2}$

Svingningsforhold	Interval	Partialtonenr.	Overtone nr.
1:1	grundtonen	1	
2:1	oktav	2	1
3:2	kvint	3	2
4:3	kvart	4	3
5:4	stor tert	5	4
6:5	lille tert	6	5