

Preliminary Report  
**Sonoluminescence**

Ole Martin Brende\*

Øystein Walle†

Institutt for fysikk, NTNU, N-7491, Trondheim, Norway, Kingdom thereof.

Last update: 16. februar 2009

---

**Sammendrag**

Vi har valgt å studere sonoluminesens. Sonoluminesens er et fenomen der luftbobler i vann, påvirket av høy lyd, sender ut lys. Vi vil studere dette lyset for å finne ut mer om hva som egentlig skjer.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Fysiske betraktninger</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Målinger</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Utstysrliste</b>	<b>4</b>
	Transducers . . . . .	4
	Flaske . . . . .	5
	Justerbar induktans . . . . .	5
	Motstander . . . . .	5
	Sinus generator . . . . .	6
	Forsterker . . . . .	6
	Oscilloskop . . . . .	6
	Holder til flaske og stativ . . . . .	6
	Lage luftbobler . . . . .	6
	Lim . . . . .	6
	Coaxialkabler . . . . .	6
	Kokeplate eller vakumpumpe . . . . .	6
	Photodiode . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Utførelse</b>	<b>6</b>
	Rens flasken . . . . .	6
	Lodde Transducers . . . . .	7
	Feste Transducers . . . . .	7
	Oppkobling . . . . .	7
	Akustisk resonans . . . . .	7
	Valg av induktans[2] . . . . .	7
	Elektrisk resonans . . . . .	8
	Avgasse vannet . . . . .	8
	Kontroll av vannet . . . . .	8
	Lag en boble . . . . .	9
	Juster spenningen . . . . .	9
	Suksess! / Fiasko! . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Forventet resultat</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>LabVIEW</b>	<b>9</b>

# 1 Fysiske betraktninger

Sonoluminesens<sup>1</sup> er et fenomen hvor små gassbobler i en væske som er stimulert av lydølger imploderer og av den grunn emitterer lys. Ved *single bubble sonoluminescence*, som vi skal undersøke i dette eksperimentet, er en enkelt gassboble “fanget” i en stående akustisk bølge. Boblen vil implodere om og om igjen i takt med lyden og vil emittere lys hver gang. Lysglimtene varer fra omtrent 50 ps til 150 ps og temperaturen inne i boblen vil øke til 10000K under implosjonen.

Da boblen vil glimte med samme frekvens som lydølgen vil vi kunne se fenomenet som et vedvarende lysende punkt i sentrum av beholderen som inneholder væsken. Lydølgen vil motvirke oppdriften til boblen og holde den i ro.

Lyset som slippes ut er for det meste ultrafiolett men den synlige delen er kraftig nok til å kunne sees med det blotte øye. Intensitetskurven til lyset følger tett kurven til *Bremsstrahlung*[4].

Hvordan dette fenomenet oppstår er foreløpig ukjent. Det finnes mange teorier, bl.a. tunnelering, ikke-klassisk lys som bare kan forklares med QED, osv. Mekanikken i fenomenet kan forklares ved at den tilstedeværende edelgassen i gassboblen vil bli ionisert og vil vekselvirke med væsken den er i. Ref. [3] fremlegger beviser for dette.

# 2 Målinger

Hvis vi lykkes med oppsettet vil vi få et lite lyspunkt inne i en glasskolbe fylt med vann. Dette lyspunktet vil ifølge teorien blinke med en høy frekvens. Vi vil rette en fotodiode mot lyset for å finne denne frekvensen. Hvis vi lykkes med dette vil vi også prøve å måle hvordan frekvensen varierer med forskjellige parametere:

- frekvensen av lyden vi sender inn
- amplituden av lyden vi sender inn
- temperatur.

I første rekke må vi imidlertid fokusere på å oppnå sonoluminesens. Det vil da være nødvendig å måle vibrasjonene i glasskolben der vi vil oppnå sonoluminesens. På denne måten finner vi ut om det er for mange gassbobler i vannet. Den samme metoden bruker vi for å se til at transduserne, som skal generere lyd, er koblet riktig. For å måle vibrasjonene i glasskolben bruker vi en transduser. Denne vil være litt mindre enn de vi velger å bruke til å generere lyd og vil være koblet til et eget oscilloskop. Transduser mikrofonen vil i tillegg til å finne ut om oppsettet fungerer skikkelig også være nødvendig for å finne resonansfrekvensen til glasskolben da sonoluminesens lettest forekommer ved denne frekvensen.

For å sjekke at fotodioden fungerer har vi planlagt et ekstra forsøk. Vi skal måle frekvensen til en vanlig lyspære og sammenligne dette med strømsignalet. Strømsignalet sender vi enten inn via et oscilloskop, eller ved å benytte en vanlig lampe og måle frekvensen i stikkkontakten med et scilloskop. Fotodioden skal da vise en frekvens som er dobbelt så høy som den vi måler i stikkkontakten da lyset har maksima på spenningsgrafens topp og bunnpunkt.

Da det er usikkert om vi klarer å oppnå SL i det hele tatt vi i første rekke fokusere på å måle med fotodioden og å finne resonansfrekvensen til flasken.

---

<sup>1</sup>SL

### 3 Utstysrliste

Liste av utstyr. Detaljert beskrivelse kommer under.

- 2 piezoelektriske transducere.
- 1 piezoelektrisk mikrofon.  
Denne kan vi kanskje få hos "Channel Industries". VI har også sett hos [www.noliac.com](http://www.noliac.com).
- Signalgenerator med en nøyaktighet på 30Hz ved 25KHz.
- Variabel induktans.
- Motstander: 1 $\Omega$ , 10k $\Omega$ , 1M $\Omega$ .
- Epoxy lim.
- 100ml Flaske.
- Fotodiode til målinger av lysglimt på 50-100 Picosekund.
- Glycerol  
Gir bedre observasjoner av SL.

#### Transducers

På denne siden: <http://www.techmind.org/sl/> finner vi følgende informasjon om transducere til SL:

Three piezoelectric transducers, as described by Hiller, were supplied to us by Channel Industries Inc. The two larger transducers, 20mm diameter by 4.4mm thick (and with an 8mm diameter hole through the centre) were used as the drivers, and the smaller transducer, 6mm diameter by 2mm thick, was used as a microphone.

Denne informasjonen er listet i tabell 1.

Navn Enheter	Ytre diam mm	Indre diam mm	Høyde mm	$V_{max}$ V	Free stroke $\mu\text{m}$	Blocking force N
Driver	20	8	4.4 - ?	-	-	-
Microphone	6	-	2 - ?	-	-	-

Tabell 1: Aktuell transducer

På den anbefalte internettsiden til Noliac finner vi disse relevante undersidene.

[http://www.noliac.com/Ring\\_stacks-60.aspx](http://www.noliac.com/Ring_stacks-60.aspx)

[http://www.noliac.com/Ring\\_actuators\\_-56.aspx](http://www.noliac.com/Ring_actuators_-56.aspx)

Relevante Transducere er listet opp i tabell 2.

Det viser seg altså at CMAR05 og CMAR01, vil være gode nok transducere til vårt eksperiment. Dette er dog bare basert på størrelsen til transducerne da vi ikke finner noen annen informasjon om hvorvidt disse egner seg til dannelse av ultrasoniske bølger. Vi ser også at vi må lodde under Curie Temperaturen som er på 350°C.

Navn	Ytre diam	Indre diam	Høyde	$V_{max}$	Free stroke	Blocking force
Enheter	mm	mm	mm	V	$\mu\text{m}$	N
SCMAR05	20	12	4 - 200	200	2.9 - 282	8000
CMAR05	20	12	2	200	3.0	8000
CMAR01	6	2	2	200	2.7	1000

Tabell 2: Aktuell transducere. SCMAR: Ring Stacks, CMAR: Ring Actuators

Type	CMAR050	CMAR01
Free stroke	$3\mu\text{m}$	$2.7\mu\text{m}$
Blocking Force	8000 N	1000 N
Capacitance	825nF	100nF
Stiffness	$2670\text{ N}/\mu\text{m}$	$370\text{ N}/\mu\text{m}$
Maximum operating temperature	$200^\circ\text{C}$	$200^\circ\text{C}$
Curie Temperature	$350^\circ\text{C}$	$350^\circ\text{C}$
Material	S1	S1
Unload resonance frequency	$> 500\text{Hz}$	$> 500\text{Hz}$
External electrodes	Screen-printed Ag og Ag/Pd	Screen-printed Ag og Ag/Pd
Wires	Optional	Optional

Tabell 3: Utvidet informasjon on CMAR modellene.

## Flaske

Vi trenger en rund flaske med tynn hals på omtrent 100ml. Denne vil ha en resonansfrekvens på 25kHz-30kHz. En større flaske vil ha en resonansfrekvens i det hørbare området og vil derfor egne seg dårlig. Det er også essensielt at flasken er mest mulig rund. Ujevnheter i overflaten vil gjøre det vanskeligere å oppnå SL.

## Justerbar induktans

Vi trenger en justerbar induktans for å oppnå resonans i den elektriske kretsen koblet til transducerne. Siden <http://www.macgeisler.de/nld/sbs1-howto.html> gir informasjon om at induktansen trenger å være:

$$L = \frac{1}{C \cdot (2\pi f)^2} \quad (1)$$

Hvor  $f$  er resonansfrekvensen til flasken. Med en kapasitans på 825nF til transducerne, og en resonansfrekvens til flasken på 28kHz får vi da en krevd induktans på:

$$L = \frac{1}{825 \cdot 10^{-9} \cdot (6.2828 \cdot 10^3)^2} = 3.92 \cdot 10^{-5} \text{H} = 0.0392 \text{mH} \quad (2)$$

Denne må også være sterk nok til å ikke bli overvarmet.

## Motstander

Vi trenger tre motstander:

- $1\text{M}\Omega$
- $10\text{k}\Omega$
- $1\Omega$

## **Sinus generator**

Denne må fungere i området rundt 20 - 30kHz, og må være justerbare til  $\pm 1\text{Hz}$ . Til nøds  $\pm 10\text{Hz}$ .

## **Førsterker**

40V peak to peak. Med resonans i den elektriske kretsen vil vi håpe å få spenninger opp til 700V ptp.

## **Oscilloskop**

To stykker

## **Holder til flaske og stativ**

Trefingerklemme fra kjemi burde holde.

## **Lage luftbobler**

Her trenger vi en liten sprøyte eller pipette for å kunne generere en boble. Noen har også fått det til med sugerør.

## **Lim**

Hurtigtørkende epoxy. Eventuelt også ledende epoxy istede for loddetinn.

## **Coaxialkabler**

+ Div ledninger

## **Kokeplate eller vakumpumpe**

For å degasse vannet kan vi enten generere et vakum over vannet eller koke vannet for å få ut gassen.

## **Photodiode**

Vi trenger en photodiode som skal kunne måle lysglimt med en periode på 50 til 150 Picosekund.

## **4 Utførelse**

### **Rens flasken**

Først med varmt vann så med kaldt vann. Vi har blitt anbefalt bruk av "Fairy Liquid" [1].

## Lodde Transducers

Vi må først skrape av et område der vi kan lodde fast ledningene. Dette gjøres med et flatt skrujern. Videre tas to små dråper med tinn på transducerne. 2mm i diameter og 0.5mm høye. Det trengs selvsalg en ledning oppe og en ledning nede på hver av transducerne. Vi må lodde raskest mulig for å unngå å nå Curie temperaturen (ca 350°C) som vil ødelegge transducerne. Andre<sup>2</sup> har anbefalt å lodde på flere ledninger når en lodder første gang. Dette er vi usikre på om er en god ide da vi vil unngå å lodde for mye i frykt for å nå Curie temperaturen.

## Feste Transducers

Det er viktig at transducerne er festet på motsatt side av hverandre og at de er festet med samme polarisitet. De skal være merket med et rødt kors for å indikere polarisasjonsretningen. Av konvensjon er det røde korset festet inn mot flasken og til signalgeneratoren. Den andre siden er koblet til jord. Grunnen til at siden koblet til signalgeneratoren festes inn mot flasken er at denne siden vil senere i eksperimentet drive mange hundre volt. Vi plasserer derfor denne koblingen ett sted der den ikke kan nås!

Vi markerer først opp hvor vi vil ha transducerne med en tusjpen. Deretter smører vi et tynt lag<sup>3</sup> med epoxy lim over hele overflaten til transduceren. Vi legger flasken oppå og fester denne i et stativ. Det er anbefalt [1] å legge transduceren på en pappeske, typisk frokostblanding, for å gi et fjæret underlag.

Når første mikrofon er festet gjentas prosedyren for den andre transduceren også. Til slutt tas mikrofonen.

## Oppkobling

Kobler først opp kretsen som vist i figur 1. Men kobler ikke til spolen. Denne er ikke nødvendig for neste steg som er å finne resonansfrekvensen til flasken.

## Akustisk resonans

Vi setter på en sinusbølge på 25kHz og observerer signalet fra mikrofonen. Vi justerer så frekvensen fra signalgeneratoren til vi finner et maksima for mikrofonsignalet. Vi har da funnet en resonansfrekvens til flasken. Det er viktig at vi har vann i flasken da vannmengden kan ha en påvirkning på resonansfrekvensen. Vannmengden må derfor tilsvare den vi skal ha under forsøket. Vannet må være rent. Resonansfrekvensen vil vises som en 100Hz bred topp [2].

## Valg av induktans[2]

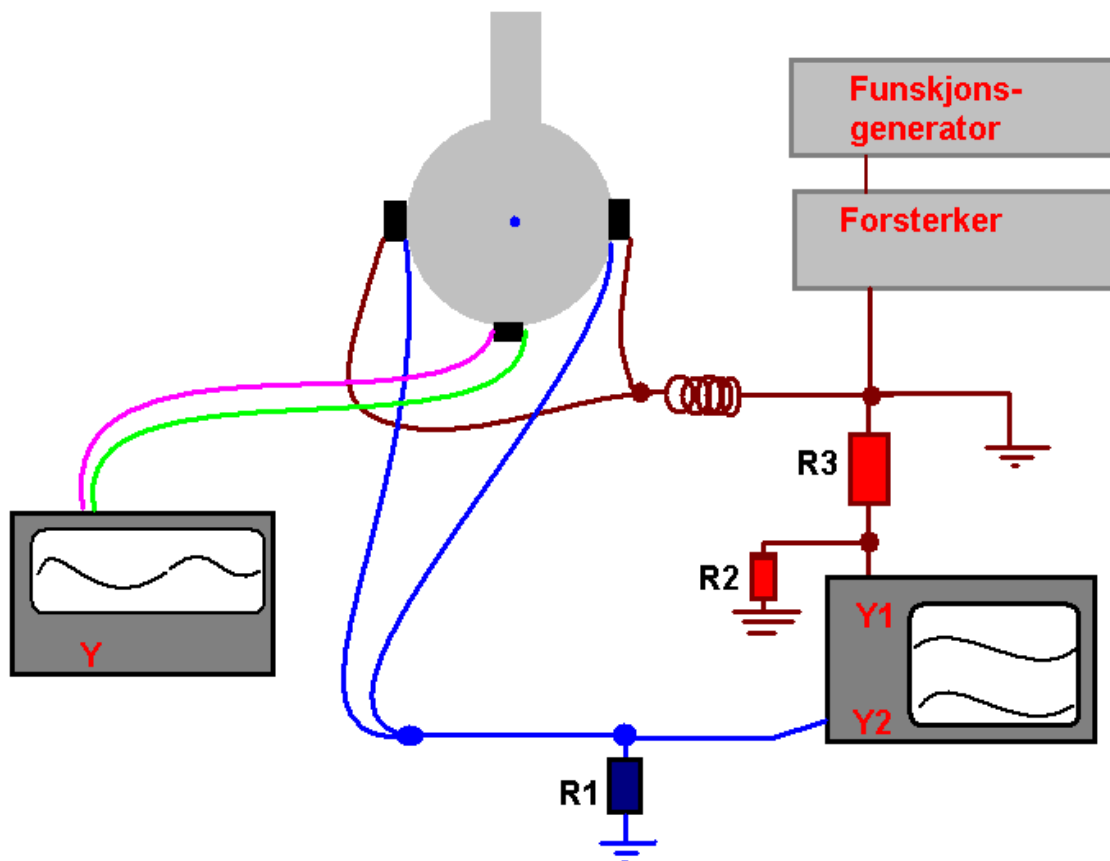
$$L = \frac{1}{C \cdot (2\pi f)^2} \quad (3)$$

Symbol	Betnindning
L	Induktans
C	Kapasitans
f	Flaskens resonansfrekvens

---

<sup>2</sup>trenger sitering

<sup>3</sup>trenger sitering



Figur 1:  $R1 = 1\Omega$ ,  $R2 = 10k\Omega$ ,  $R3 = 1M\Omega$

### Elektrisk resonans

Vi kobler nå inn spolen. I oscilloskopet Y1, eller Y2<sup>4</sup> Skal vi nå vise både spenning og strøm. Vi justerer induktansen i spolen til vi har null faseskift. Den elektriske resonansen skal forekomme i et 1kHz område rundt den akustiske resonansen.[2] Det kan være lurt å bruke sweep funksjonen til oscilloskopet.

### Avgasse vannet

For å avgasse vannet har vi to alternativer. En metoder er å koke vannet vi skal bruke i et par minutter. En annen metode er å tilføre nitrogen eller argon til vannet i et par minutter. Dette presser ut  $CO_2$  og oksygen fra vannet.

### Kontroll av vannet

Skrur funksjonsgeneratoren ned til 100mV ptp. Observerer nå signalet fra funksjonsgeneratoren. Signalet ut skal være en ren sinus. Om signalet har ujevnheter kan dette indikere at det er bobler i vannet. Det kan også være at transducerne ikke er festet skikkelig til flasken. Det skal ikke være luft mellom transduceren og flasken.

<sup>4</sup> Dette må sjekkes opp



## Lag en boble

Vi lager en liten forstyrrelse på overflaten av vannet. Dette kan vi enten gjøre med et sugerør. Ved å holde ene endren ned mot vannet og tappe med fingeren på den andre enden. Eventuelt kan viløfte ut og pumpe ut litt vanne med en pipette.

## Juster spenningen

Øker nå spenningen. Målet er å få boblen til å stå i ro i midten av flasken. Har vi riktig spenning vil den gå dit automatisk.

## Suksess! / Fiasko!

Om vå får sentrert boblen og har høy nok spenning vil boblen nå begynne å lyse. Hvis vi ikke ser noe lys kan vi prøve å tilsette glycerol. Vi vet at boblen kommertil å lyse svakt. Så det er sikkert lettest å få resultat om lyset er slukket i rommet. Evt. at vi har en mørk bakgrunn. Den lilleboblen vil være lettere å observere om vi lyser på den med en laser.

## 5 Forventet resultat

Vi venter å finne en resonans på flasken i området 25kHz-30kHz. Hvis vi får til sonoluminesens håper vi også å bekrefte resultatet om at lyset fra prosessen blinker med en periode på 50 - 100 picosekund.

## 6 LabVIEW

Vi skal lage et program for å kjøre et sweep fra 25kHz til 30kHz hvor LabVIEW tar inn spennings- og frekvenssignalet fra mikroofonen som er festet til beholderen. LabVIEW plotter så dataene slik at vi kan finne resonsanspeaken til flasken.

## Referanser

- [1] <http://www.techmind.org/sl/> (16. februar 2009).
- [2] <http://www.macgeisler.de/nld/sbsl-howto.html> (16. februar 2009).
- [3] "Evidence for Gas Exchange in Single-Bubble Sonoluminescence", Matula and Crum, Phys. Rev. Lett. 80 (1998) [http://prola.aps.org/abstract/PRL/v80/i4/p865\\_1?](http://prola.aps.org/abstract/PRL/v80/i4/p865_1?)
- [4] "Sonoluminescence: Sound into Light", Seth J. Putterman, Scientific American (1995) <http://www.physics.ucla.edu/Sonoluminescence/sono.pdf>