

# FYS2130 regneoppgaver uke 03

## Tvungne svingninger

OBLIG innlevering med frist 10.02.2021, kl. 0900

Monday 1<sup>st</sup> February, 2021, 00:07

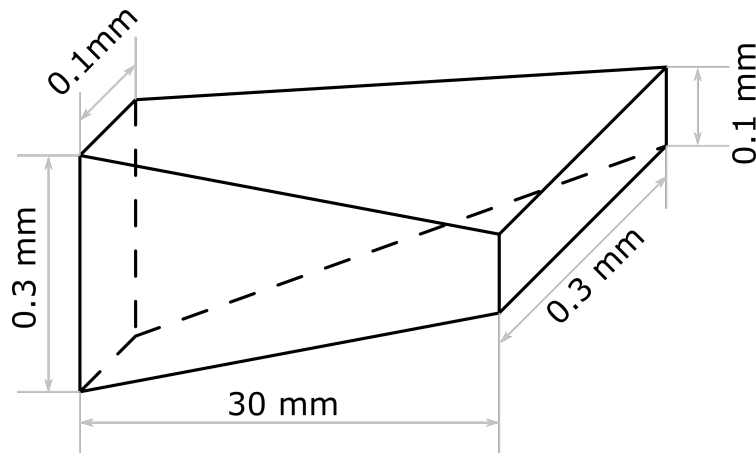
### OPPGAVE 1: Radio

Ved gammeldags radiomottaking i mellombølgeområdet brukte vi svingekretser bestående av en induktans (spole) og en kapasitans (kondensator) for å skille en radiostasjon fra en annen. Radiostasjonene tok opp 9 kHz på frekvensbåndet, og to radiostasjoner kunne ligge så tett som 9 kHz. For at vi skulle kunne skille en radiostasjon fra en annen, måtte da mottakeren ha en variabel resonanskrets som passet til én radiostasjon, men ikke til en annen. Frekvensen på Stavanger-senderen var 1313 kHz. Hvilken  $Q$ -faktor måtte radiomottakerens resonanskrets ha? Disse betraktningene er fortsatt gjeldende i vår moderne tid, selv om digitalteknikken gir visse endringer.

### OPPGAVE 2: Basillarmembranen

*Deler av denne oppgaven ble gitt som gruppeoppgave denne uken. Her skal du svare skriftlig, med egne ord, på de av spørsmålene som sammenfaller.*

I øret finner vi sneglehuset hvor basillarmembranen strekker seg diametralt over et konisk hulrom. Membranen er ca. 30 mm lang og det sitter ca. 3 000 nerveceller langs den. Disse omdanner vibrasjoner til elektriske impulser slik at hjernen kan oppfatte lyd. I den ene enden er membranen smal (0,1 mm), tykk (0,3 mm), og har lav massetetthet ( $\rho = 1500 \text{ kg/m}^3$ ), mens i den andre enden er den bred (0,3 mm), tynn (0,1 mm) og har en høyere massetetthet ( $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ ). (Merk at med denne modellen vil ikke frekvensintervallet du vil finne sammenfalle perfekt med det for det menneskelige øret).



- a) Forklar sammenhengen mellom membranens fysikalske egenskaper og ørets evne til å kunne skille mellom forskjellige tonehøyder.
- b) For en gitt posisjon langs membranen (d.v.s. bredden, høyden, og tettheten er gitt), hvordan kan du bestemme massen som er knyttet til en nervecelle? Finn et uttrykk for massen,  $m(l)$  av hver nervecelle som funksjon av posisjon langs membranen,  $l$ .
- c) Anta at membranens egenfrekvens kan modelleres som en rekke av harmoniske oscillatorer med en "fjærstivhet" som forandrer seg langs membranen fra  $10^{-6} \text{ kg/s}^2$  i begynnelsen til  $10^{-1} \text{ kg/s}^2$ . Anta at bredden, høyden, og tettheten forandrer seg lineært langs membranen. Plott oscillatorfrekvens som funksjon av posisjon langs membranen.
- d) Hvilken dempingsfaktor trengs for å kunne skille mellom tonene  $C_4$  ( $f = 261,63 \text{ Hz}$ ) og  $C_4^\sharp$  ( $f = 277,18 \text{ Hz}$ )? Løs oppgaven ved å lage en figur som viser amplituderesponsen som en funksjon av distansen langs membranen. Du kan tolke "skille" som at responstoppen fra de relevante oscillatorne skal være klart adskilt.
- e) Bestem Q faktoren i denne situasjonen!
- f) Hvor lenge svinger membranen etter en ekstern stimulans slutter?

### OPPGAVE 3: RLC-krets

En serie-RLC-krets består av en motstand med resistans  $R$  på  $1,0 \Omega$ , en kondensator med kapasitans  $C$  på  $100 \text{ nF}$  og en spole med induktans  $L$  på  $25 \mu\text{H}$ .

For å beskrive dette systemet kan vi bruke følgende differensiallikning:

$$L \frac{d^2 Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{C} Q = V_0 \cos(\omega_F t) \quad (1)$$

- a) Likningen over er helt analog med likningen for en harmonisk drevet lineær fjærpendel. Bruk det til å finne uttrykkene for faseskift (mellom påtrykt spenning og ladning på kondensatoren), amplitude for ladningssoscillasjonene,  $Q$ -verdi, faseresonansfrekvens og amplituderesonansfrekvens.
- b) Beregn  $Q$ -verdien for kretsen.
- c) Hvor stor faseforskjell er det mellom påtrykt spenning og strøm i kretsen ved faseresonans, og ved en påtrykt frekvens som svarer til  $\omega_0 + \frac{\Delta\omega}{2}$  når  $\Delta\omega$  er gitt som i  $Q = \frac{f}{\Delta f}$  (likning 3.16 i læreboka).