

Opgg. 1

Ein elastisk pendel har eit lodd med masse 0,20 kg og ei fjør med fjørkonstant 20,0 N/m. Pendelen svingar med amplitude 10 cm.

a) Finn svingetida (perioden) til pendelen.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{20}{0.20}} = 10 \text{ rad/s}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = 1.54 \text{ Hz} \quad \text{Periode } T = \frac{1}{f} = 0,63 \text{ s}$$

b) Finn største akselerasjon som loddet har.

$$F = -kx \Rightarrow a_{maks} = \frac{F_{maks}}{m} = \frac{-kx_{maks}}{m} = \frac{-20\text{N/m} \cdot 0,10\text{m}}{0,20\text{kg}} = -10\text{m/s}^2$$

Største akselerasjon er 10 m/s²

Ei antenne har direktivitet 12 dB. Utstrålt middeleffekt er 2 kW.

c) Finn maksimal elektrisk feltstyrke i fjernfeltet 20 m frå antenna.

$$\text{Isotrop intensitet: } I_{iso} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{2,0 \text{ kW}}{4\pi(20\text{m})^2} = 0,398 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Med direktivitet } D=12 \text{ dB er gain: } G = 10^{\frac{D}{10}} = 15,8$$

$$\text{Midt i strålen er middelintensiteten } \bar{I} = G \cdot I_{iso} = 15,8 \cdot 0,398 \text{ W/m}^2 = 6,3 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Effektivverdi for feltstyrken: } E_{eff} = \sqrt{\mu_0 c \bar{I}} = 48,7 \text{ V/m.}$$

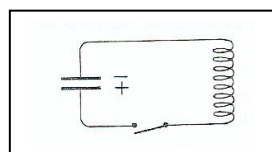
$$\text{Maksimal feltstyrke } E_{maks} = \sqrt{2} \cdot E_{eff} = 69 \text{ V/m}$$

d) SAR=Spesifikk AbsorbsjonsRate er absorbert strålingseffekt i kroppen målt i $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

$$\text{Temperaturauke: } \Delta T = \frac{\text{SAR} \cdot t}{c} [\text{K}] \quad c = \text{spesifikk varmekapasitet for kroppen} \left[\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right] \quad t = \text{tid} [\text{s}]$$

Ein resistans $R = 20 \Omega$, ein spole med induktans $L = 0,25 \text{ H}$ og ein kondensator med kapasitans $C = 47 \mu\text{F}$ kan brukast (2 og 2 av komponentane) til å lage svingekrets og til å lage lavpassfilter.

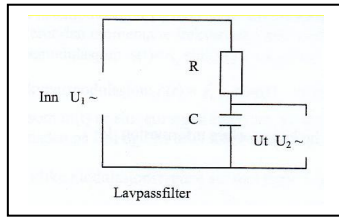
e) Vis koplinga for svingekretsen, rekn ut resonansfrekvensen og forklar kvifor nett denne frekvensen gir resonans.



$$\text{Resonansfrekvens: } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,25\text{H} \cdot 47 \cdot 10^{-6}\text{F}}} = 46 \text{ Hz}$$

Ved denne frekvensen har spole og kondensator lik impedans og resultantimpedansen blir 0.

- f) Vis koplina for filteret og rekn ut cutoff-frekvensen og responsen ved frekvens $f = 100$ Hz.



Cut-off frekvens: $f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 20\Omega \cdot 47 \cdot 10^{-6}\text{F}} = 169 \text{ Hz}$

Ved 100 Hz: $Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot 100\text{Hz} \cdot 47 \cdot 10^{-6}\text{F}} = 33,8\Omega$

Respos: $r = \frac{Z_C}{\sqrt{R^2 + Z_C^2}} = \frac{33,8\Omega}{\sqrt{20^2 + 33,8^2}\Omega} = 0.86$

Opgg. 2

- a) Ein magnetron med 8 resonatorholrom har statisk magnetfelt 0,12 T. Finn radarfrekvensen til magnetronen.

Syklotronfrekvens: $f = \frac{qB}{2\pi m_e} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}\text{C} \cdot 0,12\text{T}}{2\pi \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}} = 3,36 \text{ GHz}$

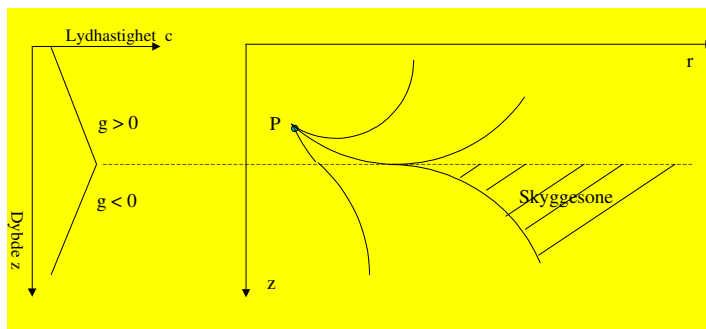
Radarfrekvens: $f_r = 4 \cdot f = 13,4 \text{ GHz}$

- b) Ein radar sender ut frekvens 4,00 GHz og får refleks frå ein bil som kjem rett mot med fart 30 m/s. Rekn ut beatfrekvensen.

Beatfrekvens: $\Delta f = \frac{2f_s v}{c} = \frac{2 \cdot 4,00 \cdot 10^9 \text{ Hz} \cdot 30\text{m/s}}{3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 800 \text{ Hz}$

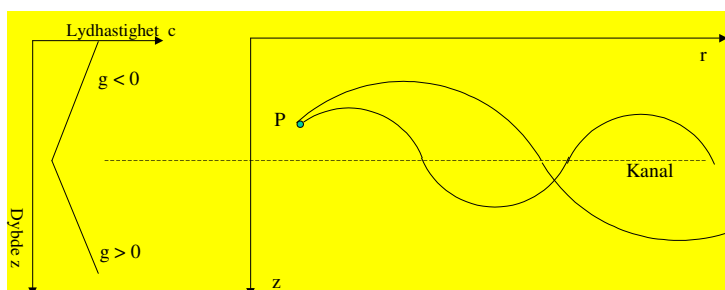
- c) Forklar fenomena "skyggesone" og "kanal" for lydstråler i sjøen.

La oss anta at lyden sendes ut fra punktet P. Dersom dette er i nærheten av et maksimum i hastighetsprofilen, vil lydstrålene følge baner slik som vist i figuren nedenfor. Det oppstår en skyggesone som lydbølgen ikke kan nå.



La oss anta at lyden som sendes ut fra punktet P er i nærheten av et minimum i hastighetsprofilen. Lydstrålene vil følge baner slik som vist i figuren nedenfor. To lydstråler er inntegnet.

Det blir etablert en lydkanal som lyden følger.



- d) Radarstråler blir avbøyd i atmosfæren pga at lysfarten endrer seg oppover i luftlaga. Ved spesielle atmosfæriske forhold kan horisontale radarstråler følge jordkrumminga. Finn lysfartgradienten i dette tilfellet. Jordradius er 6371 km.

$$R = -\frac{c}{g \cdot \cos \theta} \Rightarrow g = -\frac{c}{R} = -\frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{-6371 \cdot 10^3 \text{ m}} = 47 \text{ s}^{-1} \text{ når } \theta=0$$

Lysfarten aukar med 47 m/s pr m oppover i lufta

e)

Vi ser av figuren at $c(t)$ har 20 svingingar og $m(t)$ har 2 svingingar på 2,0 ms.

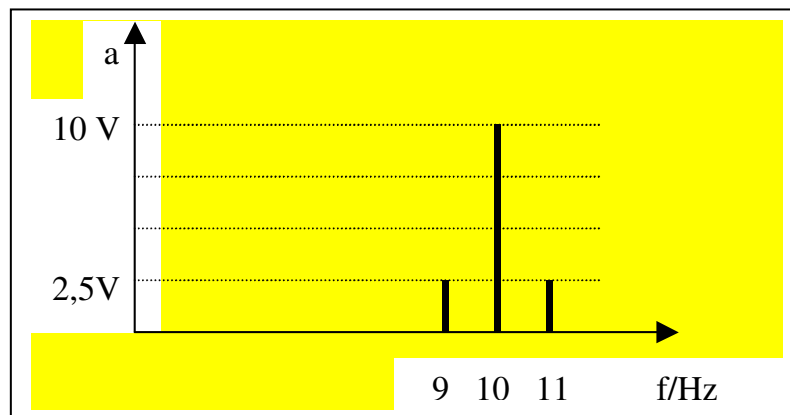
$$f_c = \frac{20}{2,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 10 \text{ kHz} \quad f_m = \frac{2}{2,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 1,0 \text{ kHz}$$

$$s(t) = 10\text{V} [1 + 0,25 \cdot 2,0 \cos(\omega_m t)] \sin(\omega_c t) =$$

$$10\text{V} \sin(\omega_c t) + 2,5 \text{ V} \cdot 2 \cos(\omega_m t) \sin(\omega_c t) =$$

$$10\text{V} \sin(\omega_c t) + 2,5 \text{ V} \cdot [\sin(\omega_c + \omega_m)t + \sin(\omega_c - \omega_m)t]$$

Vi får 10 kHz med amplitude 10 V, og 11 kHz og 9 kHz med amplitude 2,5 V



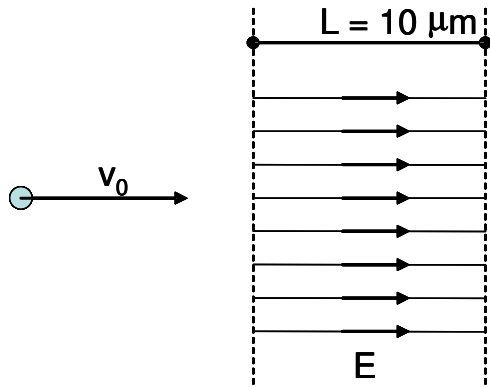
f)



Ser av figur at frekvens for digitalt signal er 1 Hz

$$\text{Formel } f_D = |f_A - n \cdot F_s| \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad f_D \leq \frac{F_s}{2} \quad \text{gir } f_D = |2 - 1 \cdot 3| = 1 \text{ Hz}$$

Oppg. 3



a)

Kraft og akselerasjon:

$$F = |q|E = \underline{1.47 \cdot 10^{-14} \text{ N}}$$

$$a = \frac{F}{m} = \underline{1.62 \cdot 10^{16} \text{ m/s}^2}$$

Beregn hvor langt elektronet kan gå i feltet før det (eventuelt) stopper:

$$v^2 - v_0^2 = 2as; \quad v = 0; \quad a = -1.62 \cdot 10^{16} \text{ m/s}^2$$

$$s = \frac{-v_0^2}{2a} = 1.24 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1.24 \mu\text{m}$$

$$s < L$$

Det betyr at elektronet ikke kan passere feltet med så lav startfart.

b) (i) Høyrehåndsregelen (utstrakte fingre i strømmens retning, bøyde fingre i magnetfeltets retning, tommel i kraftens retning): Den høyre sidekanten av ledersløyfen påvirkes av en kraft mot høyre. (Kreftene på øvre og nedre del opphever hverandre.)

(ii) $F = I\ell B = 2,0 \text{ A} \cdot 0,80 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ T} = \underline{0,24 \text{ N}}$.

c) (i) Fluksen inn i papirplanet øker \Rightarrow ^{Lenz' regel} induisert spenning bidrar til fluks ut av papirplanet, dvs. mot urviseren (den andre høyrehåndsregelen).

Eller: Fluksen inn i papirplanet gir positiv retning med urviseren (h.h.regelen).

Fluksen Φ øker, dvs. spenningen $\mathcal{E} = -\Phi'(t)$ er negativ, dvs. mot urviseren.

Eller: Positive ladninger i høyre sidekant blir påvirket av en kraft oppover.

(ii) $|\mathcal{E}| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta A}{\Delta t} = \frac{B\ell\Delta s}{\Delta t} = B\ell v = 0,15 \text{ T} \cdot 0,80 \text{ m} \cdot 0,90 \text{ m/s} = 0,108 \text{ V}$,

$$I = \frac{U}{R} = \frac{0,108 \text{ V}}{0,060 \Omega} = \underline{1,8 \text{ A}}$$

d) (i) Fluksen inn i papirplanet avtar \Rightarrow ^{Lenz' regel} induisert spenning bidrar til fluks inn i papirplanet, dvs. med urviseren (den andre høyrehåndsregelen).

Eller: Fluksen inn i papirplanet gir positiv retning med urviseren (h.h.regelen).

Fluksen Φ avtar, dvs. spenningen $\mathcal{E} = -\Phi'(t)$ er positiv, dvs. med urviseren.

(ii) $|\mathcal{E}| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|\Delta B| \cdot A}{\Delta t} = \frac{|\Delta B| \cdot \ell^2}{\Delta t} = \frac{|0,05 \text{ T} - 0,15 \text{ T}| \cdot (0,80 \text{ m})^2}{0,020 \text{ s}} = \frac{0,10 \text{ T} \cdot 0,64 \text{ m}^2}{0,020 \text{ s}} = \underline{3,2 \text{ V}}$.

e) $E_1 = k \frac{Q_1}{r_1^2} = 8,99 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-9}}{0,01^2} = \underline{8,99 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$, med retning mot høyre.

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r_2^2} = 8,99 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-9}}{0,02^2} = \underline{2,25 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$$
, med retning mot venstre.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \text{ altså } E = E_1 - E_2 = (8,99 - 2,25) \cdot 10^5 = \underline{6,74 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$$
 med retning mot høyre.

f) $F = qvB = ma = m \frac{v^2}{r}$, $r = \frac{mv^2}{qvB} = \underline{\underline{\frac{mv}{qB}}}$.

Oppg. 4

a)

Elektronstrøm: Nesten frie elektroner som strømmer gjennom krystallen.

Hullstrøm: Elektroner i bindinger som hopper inn i ledige bindinger i naboatomer. Etterlater seg et hull som kan fylles av andre elektroner osv.

b)

Stikkord, sperresjikt: Ioneladninger som skaper et elektrisk felt, hull og elektroner som ikke greier å passere feltet.

Stikkord, likeretting: Svekking av feltet i lederetning, styrking av feltet i sperreretning.

c)

Stikkord, fotodiode: p-n-overgang, foton skaper elektron-hull-par, elektron og hull separeres av det elektriske feltet i sperresjiktet, elektronstrøm den ene veien og hullstrøm den andre veien betyr elektrisk strøm. Anvendelser: i solceller (strømmen driver motor eller lader batteri), CCD (billedsensor, matrise av detektorer, for hver piksel er antall elektroner et mål på belysningen).

d)

For at krystallen skal kunne være en sensor, må fotonene ha nok energi til å rive elektronene ut av bindingene slik at ledningsevnen endres.

$$hf > \Delta E$$

$$\frac{hc}{\lambda} > \Delta E$$

$$\lambda < \frac{hc}{\Delta E} = 1,1 \mu\text{m}$$

Kravet er oppfylt for synlig lys, men ikke for radarbølger.

e) (i) (Virtuelt og forminsket bilde.)

$$(ii) \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad b = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{a}} = \frac{1}{\frac{1}{-5,0 \text{ cm}} - \frac{1}{20 \text{ cm}}} = \underline{\underline{-4,0 \text{ cm}}}, \quad m = -\frac{b}{a} = -\frac{-4,0}{20} = \underline{\underline{\frac{1}{5}}}$$

$$(iii) m = \frac{y'}{y}, \quad y' = my = \frac{1}{5} \cdot 15 \text{ cm} = \underline{\underline{3,0 \text{ cm}}}$$

$$f) (i) T = (40 + 273,15) \text{ K} = 313,15 \text{ K}, \quad \lambda_{\text{opp}} = \frac{a}{T} = \frac{2,90 \cdot 10^{-3} \text{ K m}}{313,15 \text{ K}} = 9,26 \cdot 10^{-6} \text{ m} = \underline{\underline{9,3 \mu\text{m}}}$$

$$(ii) \frac{U_2}{U_1} = \frac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^4 = \left(\frac{313,15 \text{ K}}{263,15 \text{ K}} \right)^4 = 1,19^4 = 2,005, \text{ altså } \underline{\underline{100 \%}} \text{ større.}$$