NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Kontakt under eksamen:
Eivind Hiis Hauge
Telefon: 73 59 36 51 / 90 85 01 31

EKSAMEN TFY4110 FYSIKK

for studenter ved Geofag og petroleumsteknologi
Fredag 9. desember 2005 kl. 0900 - 1300
Bokmål

Hjelpemidler: C

- K. Rottmann: Matematisk formelsamling.
- Typegodkjent kalkulator, med tomt minne.

Side 2 - 4: Oppgave 1 - 3.
Vedlegg: 3 sider formler.

Eksamen består av 3 oppgaver, med i alt 10 deloppgaver. Deloppgavene teller i utgangspunktet likt.

Oppgavesettet er utarbeidet av Eivind Hiis Hauge og gjennomsett av Johan Skule Høye.

Sensuren kan ventes ca 5. januar.

OPPGAVE 1

a. Bruk Gauss' lov til å finne et uttrykk for det elektriske feltet $\mathbf{E}$ (størrelse og retning) rundt en uendelig lang linjeladning med ladning pr. lengdeenhet λ.

b. Finn det tilsvarende uttrykk for det elektriske potensialet V.

c. Plasser to slike linjeladninger parallelt med $z-$aksen i posisjonene $(x, y) = (a, 0)$ og $(x, y) = (-a, 0)$, med ladning pr. lengdeenhet henholdsvis λ og $-\lambda$. Finn uttrykket for $V(x, y)$.

d. Skisser feltlinjer og ekvipotensialflater for de to linjeladningene i pkt.c. Hvor er $V(x, y) = 0$ i dette tilfellet? Skriv ned (uten å gjøre videre beregninger) ligningen for flaten der potensialet har den konstante verdien $\cancel{k^2}$. $\rightarrow V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \ln k^2$

OPPGAVE 2

Følgende generelle formler, som ikke skal utledes her, gjelder for Doppler-effekten knyttet til lyd med lydhastighet $v = 340\text{m/s}$. Vi antar at sender (senderfrekvens f_S) og mottaker (mottakerfrekvens f_M) begge befinner seg på x-aksen og beveger seg langs denne med hastigheter v_S og v_M. Begge hastighetene er mindre enn lydhastigheten. Med mottakeren til høyre for senderen har en,

$$f_M = \frac{v - v_M}{v - v_S} \cdot f_S. \tag{1}$$

Når mottakeren er til venstre for senderen har en, tilsvarende,

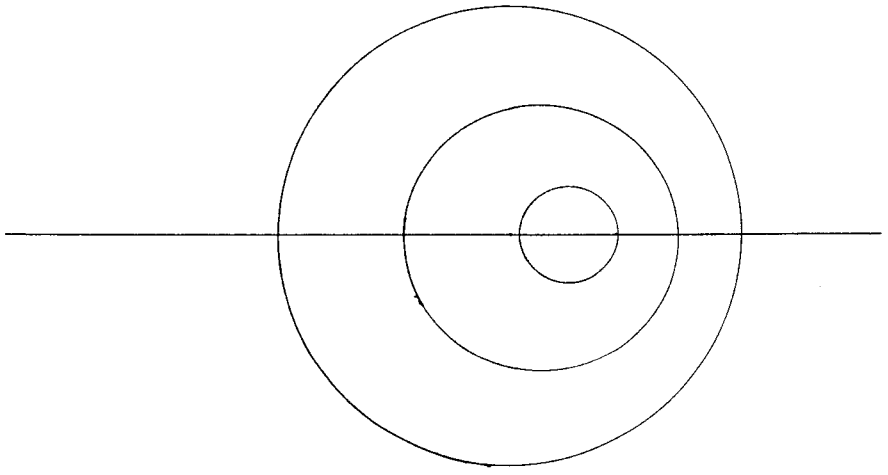
$$f_M = \frac{v + v_M}{v + v_S} \cdot f_S. \tag{2}$$

En lydbølge reflektert fra en mottaker til høyre for senderen vil da returnere med en frekvens som er endret fra den opprinnelige senderfrekvensen med beløpet

$$\Delta f_S = \frac{2v(v_S - v_M)}{(v + v_M)(v - v_S)} \cdot f_S \approx 2 \cdot \frac{v_S - v_M}{v} \cdot f_S. \tag{3}$$

Tilnærmelsen i ligningen over er god når både sender og mottakers hastigheter er mye mindre enn lydhastigheten.

a. Figuren viser et "øyeblikksbilde" av posisjonen til tre påfølgende bølgemaksima utsendt fra lydkilden S, med hastighet v_S:



Bruk figuren til utlede ligning (1) ovenfor for det spesielle tilfellet at $v_M = 0$.

En flaggermus orienterer seg i mørke ved å sende ut korte og presist retningsbestemte (i foroverretningen) pulser med høyfrekvent lyd, for så å lytte til den reflekterte lyden, dens forsinkelse og frekvensendring. I videre regninger kan vi bruke at flaggermus og insekter beveger seg med hastigheter som er mye mindre enn lydhastigheten.

b. Gi en kort, kvalitativ forklaring på hvordan flaggermusen på denne måten kan "måle" avstand og relativ hastighet til et insekt den jakter på. Anta at den reflekterte pulsen mottas 0.1 sekund etter at den opprinnelige pulsen ble sendt ut. Hva er da avstanden til insektet?

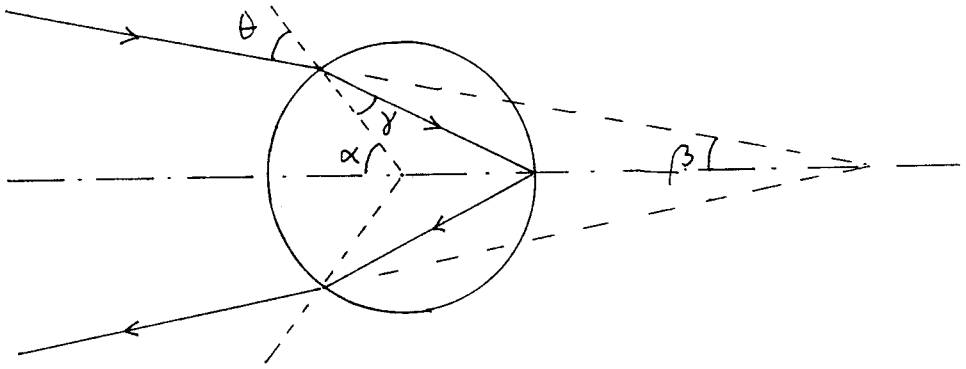
c. Flaggermusen flyr med hastighet $v_S = 4.5\text{m/s}$ og sender ut en lydpuls med frekvens 80.7 kHz (det menneskelige øret oppfatter i aller beste fall 20 kHz). Når den reflekterte pulsen vender tilbake fra insektet, har den frekvensen 83.5 kHz. Hva sier dette om insektets hastighet?

OPPGAVE 3

a. I et medium med brytningsindeks n er lyshastigheten c/n. Bruk dette og Huygens prinsipp til utlede Snells lov for brytning i grenseflaten mellom to medier:

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2.$$

Figuren viser en lysstråle som fra luft brytes i overflaten til en kule med brytningsindeks n, for deretter å reflekteres én gang internt i kulen og så til slutt brytes i kuleoverflaten på vei ut i luft igjen.



b. For lysgangen vist i figuren, uttrykk α ved γ og vis at vinkelen mellom innkommende og utgående lysstråle er gitt som

$$2\beta = 4\gamma - 2\theta.$$

Bruk dette og Snells lov til beregne 2β for innfallsvinkelen $\theta = 45°$, med n=1.33. Den innkommende lysstrålen i figuren vil, i tillegg til den viste banen, realisere andre baner ved refleksjoner og brytning. Skisser to slike alternativer.

c. Kurven $2\beta(\gamma)$ har sitt maksimum, $2\beta_{max}$, når

$$\sin\gamma = \sqrt{\frac{4-n^2}{3n^2}}.$$

Beregn $2\beta_{max}$ for en kuleformet vanndråpe og rødt lys, med $n = 1.330$, og for fiolett lys med $n = 1.342$. Forklar kort og kvalitativt hvordan dette kan gi en kvantitativ beskrivelse av (den primære) regnbuen. Forklar også hvorfor det er lysere på innsiden av primærbuen enn like utenfor.