FY1002/TFY4160 Bølgefysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2010.
Veiledning: Tirsdag 19. og onsdag 20. oktober. Innleveringsfrist: Mandag 25. oktober kl 12:00.

Øving 8

Oppgave 1
Finn uttrykk for det elektriske feltet $\boldsymbol{E}$ og magnetfeltet $\boldsymbol{B}$ for en plan elektromagnetisk bølge med amplitude E_0 (for det elektriske feltet), vinkelfrekvens ω, fasekonstant null, og som

a) forplanter seg i negativ z-retning og er polarisert i y-retning.

b) forplanter seg i retning gitt ved vektoren fra origo til punktet $(1, 1, 1)$ og har polarisering normalt på z-aksen.

For begge tilfeller, angi de kartesiske komponentene til både bølgetallsvektoren $\boldsymbol{k}$ og en enhetsvektor $\hat{n}$ som peker i samme retning som $\boldsymbol{E}$.

Oppgave 2
På en godværsdag treffer den elektromagnetiske strålingen fra sola jorda med en intensitet på omtrent 1300 W/m^2. Hvor stort trykk representerer dette hvis strålingen treffer en overflate som absorberer all strålingen fullstendig? Enn hvis strålingen treffer en overflate som reflekterer all strålingen fullstendig? Hvor stort er strålingstrykket fra sola i forhold til det atmosfæriske trykket?

Oppgave 3
En oscillerende elektrisk dipol,

$$\boldsymbol{p}(t) = \hat{z} p_0 \cos \omega t,$$

resulterer i et elektrisk felt,

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}, t) = -\frac{\mu_0 p_0 \omega^2 \sin\theta}{4\pi r} \cos[\omega(t - r/c)]\, \hat{\theta},$$

og et magnetfelt,

$$\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}, t) = -\frac{\mu_0 p_0 \omega^2 \sin\theta}{4\pi c r} \cos[\omega(t - r/c)]\, \hat{\phi}.$$

Begge disse er tilnærmede uttrykk som gjelder så lenge vi er langt unna dipolen, samt at bølgelengden er stor i forhold til dipolens utstrekning. Videre er θ vinkelen mellom z-aksen og $\boldsymbol{r}$, mens $\hat{\theta}$ og $\hat{\phi}$ er enhetsvektorer som peker i retning av økende verdi av henholdsvis θ og ϕ. (Med andre ord, r, θ og ϕ er standard kulekoordinater, se f.eks.

`http://web.phys.ntnu.no/~stovneng/TFY4155_2009/uke4.pdf`

eller Rottmann.)
Finn et uttrykk for Poyntings vektor $\boldsymbol{S}(\boldsymbol{r}, t)$ og vis at strålingsintensiteten $I(\boldsymbol{r}) = \langle S(\boldsymbol{r}, t)\rangle$ blir

$$I(\boldsymbol{r}) = \frac{\mu_0 p_0^2 \omega^4 \sin^2\theta}{32\pi^2 c r^2}\,\hat{r}$$

Her angir $\langle \cdots \rangle$ som vanlig et tidsmiddel over en eller flere perioder. Vis til slutt at total (midlere) utstrålt energi pr tidsenhet (dvs effekt) blir

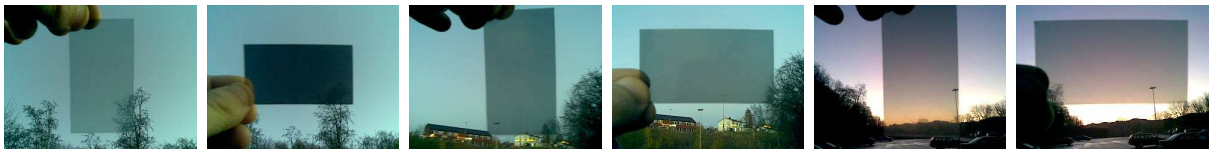
$$\langle P \rangle = \frac{\mu_0 p_0^2 \omega^4}{12\pi c}$$

Tips: Integrer $\langle \boldsymbol{S} \rangle$ over en kuleflate med radius r.

Oppgave 4

- Hvis været tillater: Se opp på den blå himmelen gjennom et polarisasjonsfilter. (Polarisasjonsfiltre deles ut på forelesning mandag 18.10, tre stykker til hver.) *Beskriv og forklar det du ser.*

  Bildene nedenfor er tatt like etter solnedgang fredag 24. oktober 2008, på parkeringsplassen P-35 sør for Gløshaugen, i ulike retninger, og gjennom et polarisasjonsfilter orientert henholdsvis vertikalt og horisontalt, dvs slik at lys med $\boldsymbol{E}$ polarisert henholdsvis vertikalt og horisontalt i forhold til synslinjen slipper gjennom.



  De to bildene lengst til venstre er tatt sørover, dvs mer eller mindre normalt på sollysets forplantningsretning. De to bildene i midten er tatt østover, dvs mer eller mindre i samme retning som sollysets forplantningsretning. De to bildene lengst til høyre er tatt vestover, dvs mot solnedgangen. *Beskriv og forklar det du ser.*

- Se på en PC-skjerm gjennom et polarisasjonsfilter. I hvilken retning er lyset fra skjermen polarisert? (Dette vil variere fra skjerm til skjerm.) Hold nå polarisasjonsfilteret slik at det slipper minimalt av lyset fra skjermen gjennom. Hold deretter et annet polarisasjonsfilter bak det første og drei det rundt. *Beskriv og forklar det du ser.*

- Se mot en hvilken som helst (upolarisert) lyskilde gjennom to kryssede polarisasjonsfiltre (dvs med polarisasjonsretninger normalt på hverandre). Stikk deretter et tredje polarisasjonsfilter inn på skrå mellom de to første. *Beskriv og forklar det du ser.* Vis at man får størst intensitet på det transmitterte lyset når det midterste polarisasjonsfilteret har en polarisasjonsakse som danner en vinkel 45 grader i forhold til de to andre. (Tips: Malus' lov.)

Til slutt, litt trening med div og curl

a) Regn ut:

$$\nabla \cdot \boldsymbol{a} \cos(\boldsymbol{k} \cdot \boldsymbol{r} - \omega t)$$
$$\nabla \times \boldsymbol{a} \cos(\boldsymbol{k} \cdot \boldsymbol{r} - \omega t)$$

Her er $\boldsymbol{a}$ en vektor som ikke avhenger av $\boldsymbol{r}$. Du kan skrive ut alle vektorer på komponentform og regne i vei. Alternativt kan du bruke "den smarte notasjonen" fra forelesningene og skrive de to uttrykkene som

$$\partial_i a_i \cos(k_j x_j - \omega t)$$
$$\varepsilon_{ijk} \partial_j a_k \cos(k_l x_l - \omega t)$$

Husk: Einsteins summekonvensjon, dvs summasjon over gjentatte indekser.

b) Vis at

$$\nabla \times (\nabla \times \boldsymbol{a}) = \nabla(\nabla \cdot \boldsymbol{a}) - \nabla^2 \boldsymbol{a}$$

(Dvs det samme som vi gjorde i forelesningene.)