

# FYS2130 regneoppgaver uke 10

## Elektromagnetiske bølger

[klaudiap@uio.no](mailto:klaudiap@uio.no)

14.04.2021

### OPPGAVE 1: Elektromagnetisk bølge

Elektrisk felt til elektromagnetisk bølge er

$$E(y, t) = E_0 \cos(ky - \omega t) \hat{k}$$

Der

$$E_0 = 6,3 \cdot 10^4 \frac{V}{m}$$

Og

$$\omega = 4,33 \cdot 10^{13} \frac{rad}{s}$$

Vi skal først bestemme bølgelengde. Vi antar at systemet er i vakuum. Lyshastighet er

$$c = \frac{\omega}{k} = \frac{\omega}{2\pi} \lambda$$

Vi omformer ligningen, og får

$$c = \frac{\omega}{2\pi} \lambda$$

$$c 2\pi = \omega \lambda$$

$$\frac{c 2\pi}{\omega} = \lambda$$

$$\lambda = \frac{c \cdot 2\pi}{\omega}$$

Vi bruker at  $c = 299\,792\,458 \frac{m}{s}$ . Vi får

$$\lambda = \frac{299\,792\,458 \cdot 2 \cdot 3,14}{4,33 \cdot 10^{13}} = 4,35 \cdot 10^{-5} m = 43,5 \mu m$$

Bølgen beveger seg i positiv y-retning siden  $ky$  er positiv. Vi skal nå bestemme  $\mathbf{B}$ . Vi kan finne den magnetiske feltet ved å bruke Faradays lov på differensiell form, altså

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \blacktriangledown$$

## OPPGAVE 2: Mobilbasestasjon

Noen hundre meter unna en basestasjon ble det elektriske feltet målt til  $1,9 \frac{V}{m}$  og magnetfeltet  $1,2 \text{ mT}$  (begge ved om lag  $900 \text{ MHz}$ ). Vi skal finne ut hva er grunnen til at målingene ikke var i overensstemmelse med hverandre.

Vi ser først på relasjon mellom  $\frac{E}{c}$  og  $B$ . Vi får

$$\frac{E}{c} = 6.33 \cdot 10^{-10} \quad \blacktriangledown$$

Da ser vi at  $\frac{E}{c} \gg B$ . Vi vil finne om vi ser på fjernfeltområdet eller nærfeltsonen. Vi ser på bølgelengde

$$\lambda = \frac{c}{f_{bølge}} = 0,33 \text{ m}$$

Vi ser ut fra den første relasjonen at tallet er mer enn 4 ganger større, derfor befinner vi oss mest sannsynligvis ikke i en fjernfeltområdet. Dette betyr at området blir kraftig påvirket av randbetingelser. Grunnen til at målingene ikke var i overensstemmelse med hverandre er at målingene ikke var tatt på riktig måte eller at det er noe som har påvirkning på feltet.  $\blacktriangledown$

## OPPGAVE 3: Mobiltelefon

Intensitet er

$$I = \frac{P}{A}$$

Vi antar en isotrop intensitet, vi er også 5 cm unna mobiltelefonen, vi får derfor at

$$A = 4\pi r^2$$

Vi vett at  $P$  er om lag  $0.7 - 1.0$ . Derfor vil effekttetthet variere mellom  $22.3$  og  $31.8 \frac{W}{m^2}$ . Vi sammenligne det nå med de oppgitte verdiene. Ut fra oppgave 28 vett vi at «strålingen» fra basestasjoner, trådløse nett og radio er oftest mindre enn  $0.01 \frac{W}{m^2}$ . Så når mobiltelefon yter den maksimal effekt, har mobiltelefon mye større effekttetthet enn  $0.01 \frac{W}{m^2}$ .  $\blacktriangledown$

#### OPPGAVE 4: Interplanetarisk støv

Vi bruker at

$$P = \frac{I}{c}$$

Der  $P$  er strålingstrykket. Siden avstanden fra sola er større enn radius til en støvkornet, så får vi  $r \ll R$ , og

$$I = \frac{P}{A}$$

$$I = \frac{P_0}{4\pi R^2}$$

Den totale kraften som skyldes strålingstrykket fra solstrålene mot støvkornet er

$$\vec{F} = \frac{I}{c} 4\pi r^2 = \frac{P_0 r^2}{R^2 c} \quad \blacktriangledown$$

Gravitasjonskraften er

$$\vec{G} = G \frac{mM}{R^2}$$

Massen til støvkornet er

$$m = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3$$

Derfor

$$\vec{G} = G \frac{M \rho \frac{4}{3} \pi r^3}{R^2}$$

Forholdet mellom kreftene blir

$$\frac{G \frac{M \rho \frac{4}{3} \pi r^3}{R^2}}{\frac{P_0 r^2}{R^2 c}} = \frac{4GM\rho\pi cr}{3P_0}$$

Kreftene er like store når

$$r = \frac{3P_0}{4GM\rho\pi c}$$

Setter vi realistiske verdier så får vi

$$\begin{aligned} r &= \frac{3 \cdot 3.9 \cdot 10^{26}}{4 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 1.99 \cdot 10^{30} \cdot 3.14 \cdot 2.5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^8} \\ &= \frac{3 \cdot 3.9 \cdot 10^{26}}{4 \cdot 6.67 \cdot 1.99 \cdot 3.14 \cdot 2.5 \cdot 3 \cdot 10^{30}} = 9.36 \cdot 10^{-7} m \end{aligned}$$

Radianen til støvkornet er  $9.36 \cdot 10^{-7} m$  når kreftene er like store ▾