

FYS2130 regneoppgaver uke 10

Elektromagnetiske bølger

OBLIG innlevering med frist 14.04.2021, kl. 0900

Monday 19th April, 2021, 14:15

OPPGAVE 1: Elektromagnetisk bølge

En elektromagnetisk bølge har et elektrisk felt gitt ved $E(y, t) = E_0 \cos(ky - \omega t)\hat{\mathbf{k}}$ med $E_0 = 6,3 \cdot 10^4$ V/m og $\omega = 4,33 \cdot 10^{13}$ rad/s. Bestem bølglengden. Hvilken retning beveger bølgen seg? Bestem \mathbf{B} .

OPPGAVE 2: Mobilbasestasjon

Noen hundre meter unna en basestasjon ble det elektriske feltet målt til 1,9 V/m og magnetfeltet 1,2 mT (begge ved om lag 900 MHz). En kyndig person konkluderte at målingene ikke var i overensstemmelse med hverandre. Hva tror du var grunnen til denne konklusjonen?

OPPGAVE 3: Mobiltelefon

Når vi bruker en mobiltelefon et sted hvor dekningen er dårlig slik at mobiltelefonen yter maksimal effekt, gir mobiltelefonen om lag 0,7 – 1,0 W effekt mens kommunikasjonen foregår. Anslå intensiteten 5 cm fra mobiltelefonen dersom du antar en isotrop intensitet omkring mobiltelefonen. Sammenlign verdien med målte intensiteter fra basestasjoner, trådløse nett osv. gitt i oppgave 28 i læreboka.

OPPGAVE 4: Interplanetarisk støv

La oss betrakte interplanetarisk støv i vårt solsystem. Anta at støvet er kuleformet og har en radius r og en tetthet ρ . Anta at all stråling som treffer støvkornet blir absorbert. Sola har en total utstrålt effekt P_0 og masse M . Gravitasjonskonstanten er G . Avstanden fra Sola er R . Sett opp et uttrykk som angir forholdet mellom kraften som skyldes strålingstrykket fra solstrålene mot støvkornet, og gravitasjonskraften mellom Sola og støvkornet. Bestem radien i støvkornet når de to kreftene er like store når vi setter inn realistiske verdier for de størrelsene som inngår. ($\rho = 2,5 \cdot 10^3$ kg/m³, $P_0 = 3,9 \cdot 10^{26}$ W, $M = 1,99 \cdot 10^{30}$ kg, $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg²).

FASIT FOR OPPGAVE 1

Bølgelengden er gitt som

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2\pi c}{\omega} = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,33 \cdot 10^{13} \text{ s}^{-1}} = 4,35 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Vi ser at den elektriske feltstyrken er en planbølge som funksjon av y og t . Fordi bølgen kun er y -avhengig, vet vi at den beveger seg i y -retning. Fra fortegnet foran t -leddet ser vi at den beveger seg i positiv y -retning.

Vi vet at retningene til \mathbf{E} , \mathbf{B} og bølgeutbredelsen følger en høyrehåndsregel. Med utbredelsen langs $\hat{\mathbf{j}}$ og \mathbf{E} langs $\hat{\mathbf{k}}$ (positiv z -retning), vil \mathbf{B} være langs $\hat{\mathbf{i}}$ (positiv x -retning). Vi har også at $B_0 = E_0/c$, som gir at

$$\vec{B} = \frac{E_0}{c} \cos(ky - \omega t) \hat{\mathbf{i}}$$

FASIT FOR OPPGAVE 2

Dersom vi er noen hundre meter unna en basestasjon kan vi anse dette som et fjernfelt. Vi kan da bruke en planbølgebeskrivelse av EM-bølgene, og vi har forholdet $E_0 = cB_0$ mellom feltstyrkene.

Når vi beregner E_0 ut fra målt verdi av B_0 at

$$E_0 = cB_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 1,2 \text{ mT} = 360 \text{ kV/m}$$

som er svært forskjellig fra den målte elektriske feltstyrken på 1,9 V/m.

FASIT FOR OPPGAVE 3

Arealet av en kule med radius 5 cm er $A = 4\pi \cdot (0,05 \text{ m})^2 = 0,0314 \text{ m}^2$. En effekt på 1 W spredt over et slikt areal blir

$$I = \frac{1 \text{ W}}{0,0314 \text{ m}^2} \approx 32 \text{ W/m}^2$$

Dette er ekstremt mye høyere enn typiske verdier på $0,001 - 0,1 \text{ W/m}^2$ funnet i artikkelen om basestasjoner.

FASIT FOR OPPGAVE 4

Solens totale utrålte effekt P_0 blir ved en avstand R fordelt utover et kuleskall med areal $A = 4\pi R^2$, som gjør at intensiteten i en avstand R blir

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

Strålingstrykk for absorberte stråler er gitt som

$$p_{\text{stråling}} = \frac{I}{c} = \frac{P_0}{4\pi R^2 c}$$

Dette strålingstrykket fordeles utover et areal på støvkornet $a = \pi r^2$, som gir en kraft på

$$F_{\text{stråling}} = p_{\text{stråling}} \cdot a = \frac{P_0 r^2}{4R^2 c}$$

Kraften fra solens gravitasjonsfelt blir

$$F_{\text{gravitasjon}} = \frac{mM}{R^2} G = \frac{4\pi \rho r^3 M}{3R^2} G$$

når vi setter inn for massen til støvkornene: $m = \frac{4}{3}\pi \rho r^3$
Disse kreftene er like store når

$$\frac{P_0 r^2}{4R^2 c} = \frac{4\pi \rho r^3 M}{3R^2} G \Rightarrow r = \frac{3}{16\pi} \frac{P_0}{\rho M G c}$$

Setter vi inn for verdiene i oppgaven får vi

$$r = \frac{3}{16\pi} \frac{3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}}{2,5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,99 \times 10^{30} \text{ kg} \cdot 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 2,339 \times 10^{-7} \text{ m}$$