

Ukeoppgaver for uke 10 i FYS2130 våren 2009.

Forståelsesoppgaver / diskusjonsoppgaver:

1. Vi måler elektrisk og magnetisk felt på ett sted i rommet hvor det er elektromagnetiske bølger (som i vakuum i fjernsonen). Kan vi ut fra målingene bestemme hvilken retning bølgene kom fra?
2. Er polarisering en egenskap med alle elektromagnetiske bølger, ikke bare med lys? Kan lydbølger ha en polarisering? Forklar.
3. For en elektromagnetisk bølge i vakuum er elektrisk og magnetisk felt vinkelrett på hverandre. Magnetfelt og elektrisk felt har ikke denne relasjonen til hverandre et lite stykke fra en solenoide ("spole"), selv om den er i vakuum og det er et høyfrekvent elektrisk og magnetisk felt til stede. Hva skyldes dette?
4. En elektromagnetisk bølge (f.eks. kraftig lys) kan ha et elektrisk felt på om lag 1000 V/m. Går vi inn i dette kraftige lyset, kan vi da få et elektrisk sjokk?
5. Det magnetiske feltet i kraftig laserlys kan være opp til 100 ganger så kraftig som jordmagnetfeltet. Hva vil skje dersom vi lyser med dette laserlyset på nåla i et kompass?
6. Poyntings vektor angir effekt som brer seg med en elektromagnetisk bølge. Kan vi bruke Poyntings vektor for å beregne effekt som brer seg ut fra en kraftledning til beboere i nærheten? Begrunn svaret.
7. Dersom du blinker med lyset fra en lommelykt, vil du da oppleve en "recoil" lignende det vi får når vi skyter med et gevær? (Siden lys har bringer med seg en bevegelsesmengde.) Drøft svaret.
8. I ethvert fysisk system/fenomen ligger det en innebygget en lengdeskala og en tidsskala. Hva menes med et slikt utsagn når vi betrakter elektromagnetiske bølger?
9. Det finnes mange ulike løsninger av Maxwells ligninger. Kan en av løsningene være elektromagnetiske bølger hvor vi har praktisk talt bare elektrisk felt (og magnetfeltet er mye lavere enn E_0/c)?

Regneoppgaver:

10. Skriv opp Maxwells ligninger på integralform og angi riktig navn på dem. Utled i detalj Ampères lov på differentiell form.
11. Finn frekvensen til gult lys med bølgelengde 580 nm. Gjør det samme med røntgenstråling med bølgelengde ca 1 nm. De raskeste oscilloskopene vi har tilgjengelig har en samplingsfrekvens på om lag 4 GHz. Kan vi med et slikt oscilloskop se oscillasjonene i elektrisk felt i røntgenbølgene? Hva med gult lys?
12. En elektromagnetisk bølge har et elektrisk felt gitt ved $\mathbf{E}(y,t) = E_0 \cos(ky - \omega t) \mathbf{k}$, hvor fete typer indikerer vektorer. $E_0 = 6.3e4$ V/m, og $\omega = 4.33e13$ rad/sek. (e-ene betyr eksponentielt format for tallene, dvs tierpotenser etter e-ene.) Bestem bølgelengden for bølgen. Hvilken retning beveger bølgen seg? Bestem \mathbf{B} (vektor). Gjør du noen spesielle antakelser ved beregningene, må disse angis.
13. En elektromagnetisk bølge med frekvensen 65.0 Hz går gjennom et isolerende materiale med

relativ permittivitet på 3.64 og relativ permeabilitet på 5.18 for denne frekvensen. Elektrisk felt har en amplitude på 7.20×10^{-3} V/m. Hvor stor er bølgehastigheten i dette mediet? Hva er bølgelengden i mediet? Hvor stor er amplituden for det magnetiske feltet? Hva er intensiteten til bølgen? Er beregningene du har gjort egentlig gyldige? Begrunn svaret!

14. En intens lyskilde stråler ut lys likt i alle retninger. I avstanden 5.0 m unna kilden er strålingsstrykket på en flate som absorberer lyset perfekt lik 9.0×10^{-6} Pa. Hvor stor effekt stråler lyskilden ut?

15. Ved bakken måler man at lysintensiteten i sollyset er om lag 0.78 kW/m². Bestem midlere bevegelsesmengde pr enhetsvolum i lyset.

16. For en elektromagnetisk bølge er det gitt at elektrisk felt er rettet i x-retning og magnetfelt i -z-retning. Hvilken retning brer bølgen seg? Hva dersom retningene var hhv -z og y retning? Gjør vi en antakelse når vi angir svarene?

17. En vanlig lab-helium-neon laser har en effekt på 12 mW og at strålen har en diameter på 2.0 mm. Anta at intensiteten er den samme over hele tverrsnittet (hvilket er helt feil, men det kan forenkle beregningene). Hva er amplituden til det elektriske og magnetiske feltet i strålen? Hva er gjennomsnittlig energitetthet i elektrisk felt i strålen? Hva med energitettheten i magnetfeltet? Hvor mye energi har vi i en 1.0 m lang bit av strålen?

18. La oss betrakte interplanetarisk støv i vårt solsystem. Anta at støvet er kuleformet og har en radius r og en tetthet ρ (lik 3000 kg/m³). Anta at all stråling som treffer støvkornet blir absorbert. Sola har en total utstrålt effekt P (lik 3.9×10^{26} W) og en masse M (lik 1.99×10^{30} kg). Gravitasjonskonstanten er G (lik 6.67×10^{-11} Nm²/kg²). Finn et uttrykk for avstanden R fra Sola hvor gravitasjonen er like kraftig som strålingstrykket (kraften). Hvilken avstand får vi dersom støvkornet har en diameter på 0.03 mm? Hva ville skjedd dersom vi i denne avstanden hadde et støvkorn med halvparten så stor diameter?