

Øving 1 for FY1004, høsten 2007

Oppgavene er (stort sett) fra læreboka Modern Physics, kapittel 3 i 3. utgave av boka (kapittel 2 i 2. utgave). Merk at bakerst i boka står det løsninger til noen oppgaver.

1. (Oppgave 4 fra boka, 3. utgave):

Det som kalles Stefans lov i boka, ligning (3.3) og ligning (3.4), er det mer vanlig å kalle Stefan–Boltzmanns lov.

a) Bruk denne loven til å regne ut total utstrålt effekt pr. areal for en tråd av wolfram som har en temperatur på 3000 K. Vi antar altså at tråden stråler som et svart legeme.

b) Hvis denne tråden er glødetråd i en 60 W lyspære, hvor stort overflateareal har den?

2. (Delvis oppgave 5 fra boka):

Plancks strålingslov skrives i boka på to forskjellige måter.

Energitettheten av stråling med bølgelengde mellom λ og $\lambda + d\lambda$ er

$$u(\lambda, T) d\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1 \right)} d\lambda .$$

Energitettheten av stråling med frekvens mellom f og $f + df$ er

$$u(f, T) df = \frac{8\pi h f^3}{c^3 \left(e^{\frac{hf}{k_B T}} - 1 \right)} df .$$

a) Vis at dette er den samme loven, bare skrevet på to forskjellige måter.

Hint: Relasjonen $\lambda = c/f$ gir også en sammenheng mellom $d\lambda$ og df (der vi ikke bryr oss om minustegnet).

b) Vi definerer λ_{\max} som den bølgelengden der strålingsintensiteten $u(\lambda, T)$ er størst. Utled Wiens forskyvningslov:

$$\lambda_{\max} = \frac{C_1}{T} ,$$

der C_1 er en konstant. Finn en numerisk verdi for C_1 (bruk kalkulator, om nødvendig).

Hint: For å finne maksimum av $u(\lambda, T)$ kan du derivere med hensyn på λ og sette den deriverte lik null. For å finne en numerisk løsning av ligningen kan du for eksempel innføre den dimensjonsløse variabelen

$$x = \frac{hc}{\lambda k_B T} .$$

c) Vi kan også definere f_{\max} som den frekvensen der strålingsintensiteten $u(f, T)$ er størst. Vis at

$$f_{\max} = C_2 T .$$

der C_2 er en annen konstant. Finn også en numerisk verdi for C_2 .

d) Frekvensen f_{\max} tilsvarer en bølgelengde

$$\lambda'_{\max} = \frac{c}{f_{\max}} .$$

Er $\lambda'_{\max} = \lambda_{\max}$? Kommentar?

3. (Oppgave 6 fra boka):

Regn ut numeriske verdier for Planck-lengden

$$L_P = \sqrt{\frac{hG}{c^3}},$$

Planck-tiden

$$t_P = \sqrt{\frac{hG}{c^5}}$$

og Planck-massen

$$M_P = \sqrt{\frac{hc}{G}},$$

der h er Plancks konstant, c er lyshastigheten og G er Newtons gravitasjonskonstant.

Som det står i oppgaveteksten i boka: har du lyst til å spekulere om den fysiske betydningen av disse tre størrelsene?