

Fy1 - Kvanter, atomer, kjernefysikk og termofysikk

Løsningskisser, versjon 14.02.17

Generelle råd:

- Tegn figur og tenk med figur og formler før du begynner å regne!
- Unngå unødvendige regnefeil:
 - Kontroller svar (rimelighet, overslagsvurderinger)!
 - Før oversiktlig med luft!
 - Regn med bokstaver så langt det går før innsetting!
 - Hold orden på tierpotenser!
- Navn på formler; Wiens forskyvningslov, Stefan-Bolzmanns lov, ...
- Marker avlesninger i graf!

1

I et forsøk undersøkte vi avstandsloven, som beskriver sammenhengen mellom innstrålingstetthet, utsendt effekt og avstand. I avstanden $s = 0.50$ m fra en 60 W lyspære målte vi lysintensiteten (innstrålingstetthet) for synlig lys til å være 320 Lux. ($1 \text{ Lux} = \frac{1}{683} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$)

- a) Hvilken utstrålt effekt svarer dette til? (For synlig lys.)
- b) Forklar hvorfor effekten er mye mindre enn 60 W.
- b) Omtrent hvor mange lux målte vi i avstanden 0.20 meter fra lyspæren?

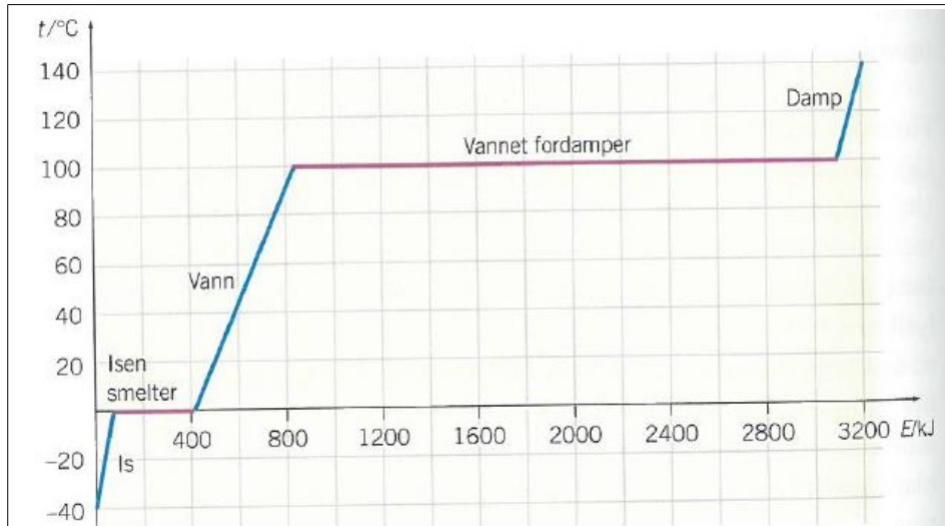
a) Avstandsloven: $E = \frac{L}{4\pi r^2}$, der r er avstanden.

$$\text{Utstrålt effekt: } L = E4\pi r^2 = \frac{320}{683}4\pi \cdot 0.5^2 = 1.47 \approx 1.5 \text{ [W]}$$

b) Den resterende effekten er i hovedsak varmetap, både ved stråling og ledning. Dette illustrerer godt hvorfor vi går over til LED belysning.

$$\text{c) } E = \frac{L}{4\pi r^2} = \frac{1.47}{4\pi \cdot 0.2^2} = 2.92 \text{ [W/m}^2\text{]} = 2.92 \cdot 683 \text{ [Lux]} \approx 2000 \text{ [Lux]}$$

2



Diagrammet viser hvordan temperaturen til 1 kg vann endres under tilførsel av energi. Bruk diagrammet til å gjøre overslag på oppgavene under:

- Hvor mye energi må til for å øke temperaturen i vann fra 20° til 50° C ?
- Hvor mye energi må til for å smelte 1 kg is?
- En solfanger varmer opp vann ved hjelp av stråling fra solen. Solfangeren har arealet 20 m² og rommer 100 liter vann. Sollyset leverer 700 W/m², og vi går ut fra at 50% av den tilførte solenergien blir utnyttet til å varme opp vannet. Hvor lang tid tar det å øke temperaturen i vannet fra 20° til 50° C ?

a) Marker avlesning i graf!

Ikke så lett å få nøyaktig, men fra ca. 500 til ca. 650, altså ca. 150 kJ.

(Kan også finne stigningstallet $\frac{850-400}{100-0} = 4.5$ [kJ/kgK], og deretter multiplisere med 50-20=30: $4.5 \cdot 30 = 135$ [kJ])

(Nøyaktig fra tabell: Varmekapasiteten 4.2 kJ/kgK og 126 kJ)

b) Avlest: Litt mer enn 400-100=300 [kJ]

(Fra tabell: 334 kJ)

c) Vannet mottar effekten:

$$P = E \cdot a \cdot \eta = 700 \cdot 20 \cdot 0.5 = 7000 \text{ [W]}$$

Å varme opp vannet 30 grader vil kreve energien: (Se oppgave a) !)

$$E = c_v m \Delta T = 135 \cdot 100 = 13500 \text{ [kJ]}$$

$$\text{Tidsbruk gitt av } P = \frac{E}{t} \Rightarrow t = \frac{E}{P} = \frac{13500000}{7000} \approx 1900 \text{ [sek]} \approx 32 \text{ [min]}$$

3

Energiniivåene i et hydrogenatom i tilstand n er som kjent $E_n = -\frac{2.18}{n^2}$ aJ.

- Hva er bølgelengde og frekvens for fotoner som sendes ut ved overgang fra energitilstand $n = 6$ til $n = 3$?
- Hvor mye energi må til for å frigjøre et elektron i energitilstanden $n = 3$?
- Vil fotoner fra energiovergang ned til $n = 3$ gi UV, IR eller synlig lys?

a) Foton-energi: $E = E_6 - E_3 = -\frac{2.18}{6^2} - (-\frac{2.18}{3^2}) = 0.182 \text{ [aJ]}$

$$\text{Frekvens: } E = hf \Rightarrow f = \frac{E}{h} = \frac{0.182 \cdot 10^{-18}}{6.63 \cdot 10^{-34}} \approx 275 \text{ [Thz]}$$

$$\text{Bølgelengde: } c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{275 \cdot 10^{12}} = 1.09 \text{ } [\mu\text{m}] = 1090 \text{ [nm]}$$

b) Ionisering krever: $E = E_\infty - E_3 = 0 - \left(-\frac{2.18}{3^2}\right) = 0.242 \text{ [aJ]}$

c) Hopp ned til $n = 3$ er den såkalte Paschen-serien og er IR-stråling.
(Varmestråling.)

(Synlig lys er hopp ned til $n = 2$, den såkalte Paschen-serien, og UV-stråling er hopp ned til $n = 1$, den såkalte Lyman-serien.)

(Burde strengt tatt ha sett på største sprang, fra $E_\infty - E_3$ og kontrollert at dette gir bølgelengde i IR-området.)

4

Et svart legeme har maksimum på sin Planck-kurve ved bølgelengden $\lambda = 2150$ mikrometer.

a) Hva er temperaturen på legemets overflate ?

b) Hva utstrålingstettheten til legemet ?

a) Temperatur gitt av Wien forskyvningslov:

$$\lambda_{\max} = \frac{a}{T} \Rightarrow T = \frac{a}{\lambda_{\max}} = \frac{2.9 \cdot 10^{-3}}{2150 \cdot 10^{-6}} \approx 1.35 \text{ [K]}$$

b) Utstrålingstetthet gitt av Stefan-Bolzmanns lov:

$$M = \sigma T^4 = 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 1.35^4 = 188 \text{ [nW/m}^2\text{]}$$

(Litt dumme tall i oppgave, dette er et svært kaldt legeme.

Men, det tester om man roter med Kelvin og Celcius...)

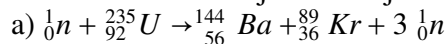
5

Fyll ut det som mangler i tabellen:

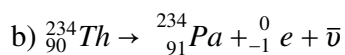
| Atom: | Protontall: | Nøytrontall: | Nukleontall: | Antall elektroner: |
|---------------------|-------------|--------------|--------------|--------------------|
| ${}^7_3\text{Li}$ | 3 | 4 | 7 | 3 |
| ${}^{11}_5\text{B}$ | 5 | 6 | 11 | 5 |
| ${}^{15}_7\text{N}$ | 7 | 8 | 15 | 7 |

6

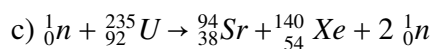
Sett inn tall slik at kjernereaksjonene er balansert: (Der det står "??".)



(Obs: Var feil tall på feil plass i oppgaven, beklager! Se side 75 og 78.)



(Se side 71.)



(Obs: Var feil tall på feil plass i oppgaven, beklager! Se 4.128 side 391.)

7

I reaksjonsuttrykket ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ sendes det ut en α -partikkel.

- a) Hvor mye energi frigjøres i denne spaltingen?
 b) Th kjernen får en kinetisk energi på $1.1 \cdot 10^{-14}$ J. Hvor stor fart får α -partikkelen?
 a) Massesvinn Δm gitt av:

$$\begin{aligned} m_U &= m_{\text{Th}} + m_{\text{He}} + \Delta m \Rightarrow \\ \Delta m &= m_U - m_{\text{Th}} - m_{\text{He}} = 238.05079 - 234.04360 - 4.0026 \\ &= 0.00459 \text{ [u]} = 0.00459 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ [kg]} \\ &\approx 7.6194 \cdot 10^{-30} \text{ [kg]} \end{aligned}$$

Frigjort energi:

$$\Delta E = \Delta mc^2 = 7.6194 \cdot 10^{-30} (3 \cdot 10^8)^2 \approx 0.686 \text{ [pJ]}$$

b) Energiloven:

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{\text{Th}} + E_{\alpha} \Rightarrow \\ E_{\alpha} &= \Delta E - E_{\text{Th}} = 0.686 \cdot 10^{-12} - 1.1 \cdot 10^{-14} = 0.675 \cdot 10^{-12} \text{ [J]} \end{aligned}$$

Fart: $E_{\alpha} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow$

$$v = \sqrt{\frac{2E_{\alpha}}{m_{\text{He}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.675 \cdot 10^{-12}}{4.00 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}}} = 14.3 \cdot 10^6 \text{ [m/s]}$$