Obligatorisk øvelse 20 - Uke 13

FYS009-G 21H - Fysikk realfagskurs

Løsningsforslag:

Oppgave 20.1

(a) Et slikt spekter kalles et *aborbsjonsspekter*, eller et formørkelsesspektrum.

Slike spekter oppstår gjerne når lys med kontinuerlig frekvensfordeling passerer gjennom en gass. Denne gassen vil da absorbere lys på svært spesifikke frekvenser, som svarer til de mulige energiovergangene i atomene i gassen. På baksiden av gassen vil disse spesifikke frekvensene mangle (eller være svært redusert).

I dette tilfellet er gassen en hydrogengass, slik at linjene som er formørket må svare til energioverganger i hydrogenatomet.

(b) Kurven i figur 2 viser intensiteten i strålingen fra stjernen. Denne er noenlunde jevn unntatt omtrentlig på de to frekvensene f_1 og f_2, hvor den synker dramatisk. Dette tilsvarer de mørke linjene i absorbsjonsspekteret.

Grunnen til at de to minimumene ikke helt lik null, er fordi de to mørke linjene i absorbsjonsspekteret ikke er helt svarte. Dette skyldes at etter strålingen med frekvens f_1 og f_2 blir absorbert av hydrogengassen, så blir den sendt ut igjen, men *likt i alle retninger*. Noe av denne re-emiterte strålingen vil da komme ut i samme retning som den opprinnelige strålingen, men med svakere intensitet.

(c) Balmer-serien består av overganger i hydrogenatomet fra $E_n \to E_2$, der $n \geq 3$.

(d) Det er oppgitt at den minste av de to frekvensene er $f_1 = 4.57 \cdot 10^{14}$ Hz. Dette kan assosieres med overgangen $E_3 \to E_2$ i Balmer-serien.

Den neste frekvensen må da svare til overgangen mellom energinivå E_4 til E_2. Vi bruker $E_4 - E_2 = 0.41\ \mathrm{aJ} = 4.1 \cdot 10^{-19}$ J. Da blir

$$f = \frac{E}{h} = \frac{4.1 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}}{6.63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js}} = \underline{6.18 \cdot 10^{14}\ \mathrm{Hz}}$$

Oppgave 20.2

(a) Tre størrelser som er bevart under kjernereaksjoner er: Nukleontall A, ladning Z og energi E.

(b) Vi bruker bevarelse av de tre størrelsene i oppgave (a):

$$\text{(i)} \quad {}^{57}_{26}\text{Fe} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow \boxed{{}^{60}_{28}\text{Ni}} + {}^{1}_{0}\text{n}$$

$$\text{(ii)} \quad {}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + \boxed{{}^{0}_{-1}\text{e}} + \bar{\nu}$$

$$\text{(iii)} \quad {}^{130}_{52}\text{Te} + \boxed{{}^{2}_{1}\text{H}} \rightarrow {}^{130}_{53}\text{I} + 2\,{}^{1}_{0}\text{n}$$

$$\text{(iv)} \quad {}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + \boxed{{}^{4}_{2}\text{He}}$$

(c) Vi setter opp regnskap for massen:

$$\left.\begin{array}{lr} {}^{1}_{0}\text{n} & 1.0087\ \text{u} \\ {}^{239}_{94}\text{Pu} & 239.0522\ \text{u} \end{array}\right\} 240.0609\ \text{u}$$

$$\left.\begin{array}{lr} {}^{144}_{56}\text{Ba} & 143.9229\ \text{u} \\ {}^{90}_{38}\text{Sr} & 89.9077\ \text{u} \\ 6\,{}^{1}_{0}\text{n} & 6.0522\ \text{u} \end{array}\right\} 239.8828\ \text{u}$$

Da er $\Delta m = 0.1781\ \text{u} = 2.96 \cdot 10^{-28}\ \text{kg}$. Og fra $\Delta E = \Delta mc^2$ finner vi da at $\Delta E = (2.96 \cdot 10^{-28}\ \text{kg}) \cdot (9 \cdot 10^{16}\ \text{m}^2/\text{s}^2) = 2.66 \cdot 10^{-11}\ \text{J} = 26.6\ \text{pJ}$.

(d) Vi finner først det totale antall atomkjerner N i 1.2 kg med ${}^{239}_{94}\text{Pu}$. Vi setter massen til *et* plutoniumatom lik

$$m\left({}^{239}_{94}\text{Pu}\right) = 239.0522\ \text{u} \simeq 239.0522 \cdot \underbrace{1.66 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}}_{1\ \text{u}} \simeq 3.97 \cdot 10^{-25}\ \text{kg}$$

Siden massen til *et* ${}^{239}_{94}\text{Pu}$-atom er $3.97 \cdot 10^{-25}\ \text{kg}$, vil 1.2 kg tilsvare

$$N = \frac{1.2\ \text{kg}}{3.97 \cdot 10^{-25}\ \text{kg}} \simeq 3.02 \cdot 10^{24}$$

atomkjerner.

Siden hver atomkjerne avgir $2.66 \cdot 10^{-11}\ \text{J}$ når den spaltes, vil den totale energien fra $3.02 \cdot 10^{24}$ atomkjerner bli

$$E = (3.02 \cdot 10^{24})(2.66 \cdot 10^{-11}\ \text{J}) = \underline{8.03 \cdot 10^{13}\ \text{J} = 80.3\ \text{TJ}}$$