

Fysikk - Kjernefysikk og Astrofysikk - 06.03.14

Oppgave 1

Trekk forbindelseslinjer som viser sammenhenger mellom det som står på venstre og høyre side: (Bare *enkelt*-linjer, ikke *flere* linjer fra/til samme punkt på noen av sidene.)

Kjernefysikk:

Venstre side:		Høyre side:
Curie	—————→	Radioaktivitet
Chadwick	—————→	Nøytroner
Alfastråling	—————→	Heliumkjerner
Betastråling	—————→	Elektroner
Frigjøring av nukleoner	—————→	Bindingsenergi
Frigjøring av elektroner	—————→	Ioniseringsenergi
Fisjon	—————→	Spalting
Fusjon	—————→	Slå sammen

Oppgave 2

a) Hvilke 3 bevaringslover har vi i en kjernereaksjon?

Se side 226:

- Ladningstallet bevares.
- Nukleontallet bevares.
- Totalenergien bevares.

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

$$1) \frac{1}{0}n + \frac{235}{92}U \rightarrow \frac{141}{56}Ba + \frac{92}{36}Kr + 3\frac{1}{0}n \quad (\text{Se eksempel 8 side 230.})$$

$$2) \frac{2}{1}H + \frac{3}{1}H \rightarrow \frac{4}{2}He + \frac{1}{0}n \quad (\text{Se oppgave 7.35 side 243.})$$

$$3) \frac{234}{90}Th \rightarrow \frac{234}{91}Pa + \frac{0}{-1}e + \bar{\nu} \quad (\text{Se eksempel 7 side 227.})$$

$$4) \frac{14}{7}N + \frac{1}{0}n \rightarrow \frac{14}{6}C + \frac{1}{1}H \quad (\text{Se oppgave 7.10 side 241.})$$

c) Regn ut hvor mye energi som blir frigjort i reaksjonene i b 1) og b 2).

$$\frac{1}{0}n + \frac{235}{92}U \rightarrow \frac{141}{56}Ba + \frac{92}{36}Kr + 3\frac{1}{0}n :$$

$$m_n + m_U = m_{Ba} + m_{Kr} + \Delta m + 3m_n \Leftrightarrow$$

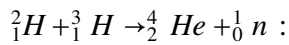
$$\Delta m = m_U - m_{Ba} - m_{Kr} - 2m_n =$$

$$235.04392 - 140.914411 - 91.926156 - 2 \cdot 1.00866 =$$

$$0.18603 \text{ [u]} = 0.18603 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ [kg]} =$$

$$3.1067 \cdot 10^{-28} \text{ [kg]}$$

$$\text{Energi: } E = \Delta mc^2 = 3.1067 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2.796 \cdot 10^{-11} \text{ [J]} \approx 28 \text{ [pJ]}$$



$$m_D + m_T = m_{He} + m_n + \Delta m \Leftrightarrow$$

$$\Delta m = m_D + m_T - m_{He} - m_n = 2.01410 + 3.01605 - 4.00260 - 1.00866 = 0.01889 \text{ [u]} = 0.01889 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ [kg]} = 3.1546 \cdot 10^{-29} \text{ [kg]}$$

$$\text{Energi: } E = \Delta mc^2 = 3.1546 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2.8391 \cdot 10^{-12} \text{ [J]} \approx 2.8 \text{ [pJ]}$$

(Se oppgave 7.35 side 243.)

Oppgave 3

a)

Deuterium-Tritium-reaksjonen (Se Oppgave 2 b) 2)) frigjør energien 2.8 pJ.
Regn ut den frigjorte energien når 1.0 kg deuterium-tritium-blanding reagerer.

(Se oppgave 7.35 side 243.)

Masse som frigjør $E = 2.8 \text{ [pJ]}$:

$$m = m_D + m_T = 2.01410 + 3.01605 = 5.0302 \text{ [u]} = 5.0302 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ [kg]} \approx 8.40 \cdot 10^{-27} \text{ [kg]}$$

$$1 \text{ kg gir energi: } E_{1kg} = \frac{1}{8.4 \cdot 10^{-27}} \cdot 2.8 \cdot 10^{-12} \approx 3.3 \cdot 10^{14} \text{ [J]}$$

$$\text{(Ganske mye: } 3.3 \cdot 10^{14} \text{ [Ws]} = 3.3 \cdot 10^{14} \cdot \frac{1}{60 \cdot 60} \text{ [Wh]} \approx 9.2 \cdot 10^{10} \text{ [Wh]} = 92 \text{ [GWh]} \text{ !)}$$

b)

En kjernereaktor basert på fisjon har en elektrisk effekt på 2.5 GW.
Hvor mange slike reaktorer trenger vi for å dekke den årlige elektriske energiproduksjonen på 138 TWh i Norge (2005)?

Norges energiproduksjon i et år:

$$E_N = 138 \text{ [TWh]} = 138 \cdot 10^{12} \cdot 60 \cdot 60 \text{ [Ws]} \approx 4.97 \cdot 10^{17} \text{ [J]}$$

Reaktorens energiproduksjon i et år:

$$E_R = Pt = 2.5 \cdot 10^9 \cdot (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365) \approx 7.9 \cdot 10^{16} \text{ [J]}$$

$$\text{Antall reaktorer: } n = \frac{E_N}{E_R} = \frac{4.97 \cdot 10^{17}}{7.9 \cdot 10^{16}} \approx 6.3$$

Altså må vi ha 7 reaktorer.

(Se oppgave 7.29 side 242.)

Oppgave 4

Våre raskeste romskip vil bruke 100000 år på å komme frem til solens nærmeste stjerne,

Proxima Centauri, som er 4.3 lysår unna.

a) Hvor langt er et lysår i meter?

$$s = vt : \\ 1 \text{ ly} = 3 \cdot 10^8 [\text{m/s}] \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 [\text{s}] \approx 9.5 \cdot 10^{15} [\text{m}]$$

b) Hvilken fart kan våre raskeste romskip oppnå ut fra opplysningene over?

$$s = vt \Leftrightarrow v = \frac{s}{t} = \frac{4.3 \cdot 9.5 \cdot 10^{15}}{100000 \cdot (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365)} [\text{m/s}] \approx 13000 [\text{m/s}] \\ \approx 3600 [\text{km/h}]$$

Oppgave 5

En stjerne har en Planck-kurve med energimaksimum på 250 nm.

a) Finn overflatetemperaturen på stjernen.

$$\text{Wiens forskyvningslov: } \lambda_{\max} = \frac{a}{T} \\ \text{Overflatetemperatur: } T = \frac{a}{\lambda_{\max}} = \frac{2.9 \cdot 10^{-3}}{250 \cdot 10^{-9}} = 11600 [\text{K}]$$

b) Finn utstrålingstettheten fra stjernen

$$\text{Stefan-Bolzmanns lov: } U = \sigma T^4 = 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 11600^4 \approx 1.03 \cdot 10^9 [\text{W/m}^2]$$

c) Hvilken radius har denne stjernen hvis utstrålt effekt er $1.9 \cdot 10^{28}$ Watt?

$$U = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \Leftrightarrow r^2 = \frac{P}{4\pi U} \Leftrightarrow$$

$$\text{Stjernens radius: } r = \sqrt{\frac{P}{4\pi U}} = \sqrt{\frac{1.9 \cdot 10^{28}}{4\pi \cdot 1.03 \cdot 10^9}} \approx 1.2 \cdot 10^9 [\text{m}]$$

(Se også eksempelvis oppgave 8.04 side 282.)

Oppgave 6

a)

En galakse fjerner seg fra oss med fart $5 \cdot 10^7$ m/s. Hva er avstanden til denne galaksen?

$$\text{Hubbles lov: } v = Hr \Leftrightarrow \\ \text{Avstand: } r = \frac{v}{H} = \frac{5 \cdot 10^7 [\text{m/s}]}{\frac{21.7 \cdot 10^3}{10^6} [\frac{\text{m/s}}{\text{ly}}]} \approx 2.3 \cdot 10^9 [\text{ly}]$$

(2.3 millioner ganger den avstanden lyset tilbakelegger i et år!)

(Se eksempel 6 side 270.)

b)

Bruk Hubbles lov til å vise at det er ca. 13.7 mrd år siden Big Bang.

Se eksempel 8 side 273:

$$r = vt \quad \text{innsatt i Hubbles lov gir:}$$

$$v = Hr = Hvt \Rightarrow$$

Universets tilnærmede alder:

$$t = \frac{1}{H} = \frac{1}{\frac{21.7 \cdot 10^3}{10^6} \text{ [m/s/ly]}} = 46.08 \text{ [s]} \left[\frac{\text{ly}}{\text{m}} \right] =$$

$$46.08 \text{ [s]} \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365}{1} = 46.08 \cdot 9.46 \cdot 10^{15} \approx 4.36 \cdot 10^{17} \text{ [s]} =$$

$$\frac{4.36 \cdot 10^{17}}{60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365} \text{ [år]} = 1.3825 \times 10^{10} \approx 13.8 \text{ [mrd år]}$$

(Se eksempel 8 side 273.)

Noen tall (for dem som har glemt fysikk-tabellen):

$$u = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} {}^1_0n &: m/u = 1.00866 \\ {}^1_1H &: m/u = 1.00783 \\ {}^2_1H &: m/u = 2.01410 \\ {}^3_1H &: m/u = 3.01605 \\ {}^4_2He &: m/u = 4.00260 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}^{92}_{36}Kr &: m/u = 91.926156 \\ {}^{141}_{56}Ba &: m/u = 140.914411 \\ {}^{235}_{92}U &: m/u = 235.04392 \end{aligned}$$

$$\text{Hubbles konstant: } H = \frac{21.7 \cdot 10^3}{10^6} \left[\frac{\text{m/s}}{\text{ly}} \right]$$

$$\text{Konstant i Wiens forskyvningslov: } a = 2.90 \cdot 10^{-3} \text{ [K m]}$$

$$\text{Konstant i Stefan-Bolzmanns lov: } \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ [W/m}^2 \text{ K}^4\text{]}$$