

# Forelesning - 28.03.22

FYS009-G 21H - Fysikk realfagskurs

## Kapittel 11 - Kjernefysikk

Forelesningene dekker i hovedsak boken *Rom-Stoff-Tid - Fysikk forkurs* fra Cappelen Damm. I tillegg til teorien gjennomgås det endel simuleringer og regnede eksempler.

De fleste eksemplene er orientert etter oppgaver fra boka, men også andre oppgaver og problemstillinger kan taes opp.

### Repetisjon

Boka: side 281-291.

- Atomkjernen
- Radioaktivitet
- Bevaringslover ved kjernereaksjoner
- Energi-masse loven

Regnet: Oppgave 11.322

### Aktivitet og halveringstid

Boka: side 292-294.

C-14 dateringmetoden

Link: *Simulering - Halveringstid*

Regnet: Oppgave 11.325

Regnet: Oppgave 11.326

### Fisjon og fusjon

Boka: side 296-302.

- Masse per nukleon (graf)
- Eksempler på fusjon
- Eksempler på fisjon
- Kjedereaksjon
- Kjernereaktorer og kjernevåpen

Regnet: Oppgave om proton-proton syklusen

Regnet: Oppgave 11.334

11.322

Gitt reaksjonen



Vi finner massene til nuklidene:

$$m(\gamma) = 0$$

$$m({}^4_2\text{He}) = 4.00260 \text{ u}$$

$$m({}^3_1\text{H}) = 3.01605 \text{ u}$$

$$m({}^1_1\text{H}) = 1.00783 \text{ u}$$

$$\text{Vi får } \Delta m = -0.02128 \text{ u} = 3.53 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \Delta E = (\Delta m)c^2 = 33.18 \cdot 10^{-12} \text{ J.}$$

Fotonet  $\gamma$  må da tilføre denne energien.

Vi får

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.26 \cdot 10^{-14} \text{ m}}{(\text{I gammaområdet})}$$

11. 325

Vi har 1g Th234, med halveringstid  
 $t_{1/2} = 24d$

a) En mængde på  $\frac{1}{32}$  g indeholder fem  
halveringstider  $\Rightarrow 5 \cdot 24d = \underline{\underline{120d}}$

b) Vi har

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}} \quad t_{1/2} = 24d$$

og sætter

$$0.25N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/24}$$

$$\ln 0.25 = \ln \left(\frac{1}{2}\right)^{t/24} = \frac{t}{24} \ln 0.5$$

$$\Rightarrow t = 24 \cdot \frac{\ln 0.25}{\ln 0.5} = 24 \cdot 2d \\ = \underline{\underline{48d}}$$

11.326

a) Vi har  $N_0 = 10 \mu\text{g}$  &  $t_{1/2} = 3.1 \text{ min}$   
Sätter

$$N(20 \text{ min}) = 10 \mu\text{g} \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{20}{3.1}}$$
$$= \underline{\underline{0.17 \mu\text{g}}}$$

b) När har vi  $N = 2 \mu\text{g}$ ?

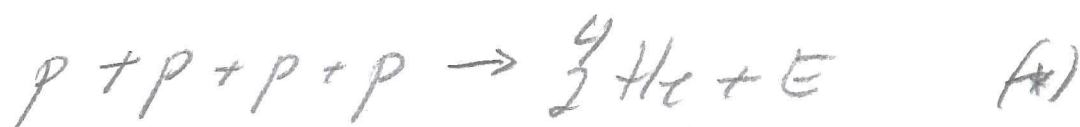
$$2 \mu\text{g} = 10 \mu\text{g} \left(\frac{1}{2}\right)^{t/3.1}$$

$$\frac{1}{5} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/3.1}$$

$$\ln 0.2 = \frac{t}{3.1} \ln 0.5$$

$$t = 3.1 \left( \frac{\ln 0.2}{\ln 0.5} \right) = \underline{\underline{7.20 \text{ min}}}$$

## Proton-proton sykluren



a)

$$m({}^1_1\text{H}) = 1.00783 \text{ u}$$

$$m({}^4_2\text{He}) = 4.00260 \text{ u}$$

$$4 \times m({}^1_1\text{H}) = 4.03132 \text{ u}$$

Så

$$\Delta m = 0.0287 \text{ u} = 4.77 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

$$\Delta E = (\Delta m)c^2 = \underline{4.29 \cdot 10^{-12} \text{ J}}$$

b) Solens effekt är  $P = 3.9 \cdot 10^{26} \text{ W}$   
 $\Rightarrow$  Energiutstrålning på  $3.9 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$ .

Med  $E = 4.29 \cdot 10^{-12} \text{ J}$  per fusionsreaktion  
får vi

$$n = \frac{3.9 \cdot 10^{26} \text{ J}}{4.29 \cdot 10^{-12} \text{ J}} \approx \underline{9 \cdot 10^{37}}$$

antall fusionsreaktioner är fyra (\*).

Massen til en heliumkjerne er

$$m\left(\frac{4}{2}\text{He}\right) = 4.00260 \text{ u} \\ = 6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Total masse med helium som dannes  
i solen pr sekund bliver da

$$6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{37} \approx \underline{6 \cdot 10^{11} \text{ kg}} \\ = \text{600 millioner ton}$$

Dette giver en masse defekt på

$$\Delta E = (\Delta m) c^2 \Rightarrow \Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

$$\Delta m = \frac{3.9 \cdot 10^{26} \text{ J}}{9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2} \approx \underline{4.5 \cdot 10^9 \text{ kg}}$$

eller 4.5 millioner ton hvert sekund

11.334

a)

$$m(^{235}_{92}\text{U}) = \underline{3.9 \cdot 10^{-25} \text{ kg}}$$

Antall  $^{235}_{92}\text{U}$ -atomer i 1 kg er

$$n = \frac{1 \text{ kg}}{3.9 \cdot 10^{-25} \text{ kg}} = \underline{2.56 \cdot 10^{24}}$$

Derfor gir en total energi på

$$\begin{aligned} E &= (2.56 \cdot 10^{24}) \cdot (3.20 \cdot 10^{-11} \text{ J}) \\ &= \underline{8.19 \cdot 10^{13} \text{ J}} \end{aligned}$$

b)  $t = 180 \text{ dager} = 1.56 \cdot 10^7 \text{ s}$ . Total  
mengde  $^{235}_{92}\text{U}$  per dag er da

$$\begin{aligned} \frac{20.0 \text{ g}}{1.56 \cdot 10^7 \text{ s}} &= 1.28 \cdot 10^{-6} \text{ g/s} \\ &= \underline{1.28 \cdot 10^{-9} \text{ kg/s}} \end{aligned}$$

Energiproduksjonen er da

$$\begin{aligned} E &= 8.19 \cdot 10^{13} \text{ J/kg} \cdot 1.28 \cdot 10^{-9} \text{ kg/s} \\ &= \underline{104832 \text{ J/s}} \end{aligned}$$



γ Et kg kull ger  $3.20 \cdot 10^7 \text{ J}$ .

Siden 1 kg  $\text{U}_{92}^{235}$  ger  $8.19 \cdot 10^{13} \text{ J}$  för  
vi da at dette kullet svarer til

$$\frac{8.19 \cdot 10^{13} \text{ J}}{3.20 \cdot 10^7 \text{ J}} = \frac{2.56 \cdot 10^6 \text{ kg kull}}{2560 \text{ toner kull}}$$



1 kg  $\text{U}_{92}^{235}$