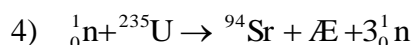
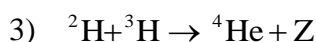
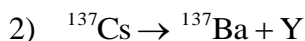
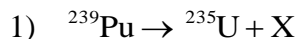


LØST OPPGAVE 11.339

11.339

a) Bruk fysikktabellen og bestem partiklene X, Y, Z og \bar{A} i følgende reaksjoner:



b) Hvilke ulike typer kjernereaksjoner er reaksjonene 1, 2, 3 og 4 eksempler på?

c) Regn ut massesvinnet i reaksjon 3.

d) En av reaksjonene i a) kan danne grunnlag for en kjedereaksjon.

Hvilken reaksjon er det?

Forklar hva en kjedereaksjon er.

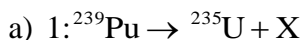
Nevn eksempler på praktisk bruk av kjedereaksjoner.

e) Lag en skisse som viser hvordan masse per nukleon varierer med nukleontallet, og forklar kort ut fra denne skissen hvordan energi kan frigjøres i kjernereaksjoner.

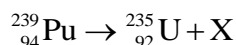
f) $^{137}_{55}\text{Cs}$ er en radioaktiv isotop av cesium med halveringstid 30 år. En beholder med radioaktivt avfall fra et kjerneenergiverk inneholder 1,0 kg $^{137}_{55}\text{Cs}$.

Hvor lang tid tar det før innholdet av $^{137}_{55}\text{Cs}$ er redusert til 1,0 g?

Løsning:



Vi finner protontallet Z til kjernene som er oppgitt i reaksjonene, i tabellen.

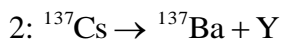
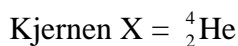


Vi bruker bevaring av nukleontall og protontall til å bestemme A og Z til den ukjente kjernen X, og får:

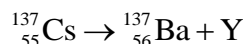
$$239 = 235 + A$$

$$94 = 92 + Z$$

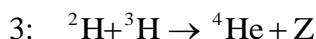
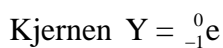
Vi ser at X må ha nukleontall $A = 4$ og protontall $Z = 2$ for at bevaringslovene skal være oppfylt i denne reaksjonen.



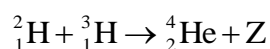
Vi finner protontallene i tabellen.



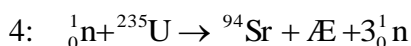
Vi bruker igjen bevaring av nukleontall og protontall og ser at Y må ha nukleontall $A = 0$ og protontall $Z = -1$ for at bevaringslovene skal være oppfylt i denne reaksjonen. Det er elektronet som har ladningstall (protontall) -1 .



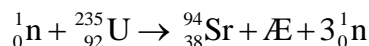
Vi finner protontallene i tabellen.



For at bevaringslovene for nukleontall og protontall skal være oppfylt i denne reaksjonen må kjernen $Z = {}^1_0\text{n}$



Vi finner protontallene i tabellen.



Vi bruker bevaring av nukleontall og protontall til å bestemme A og Z til den ukjente kjernen Æ, og får:

$$1 + 235 = 94 + A + 3$$

$$0 + 92 = 38 + Z$$

som gir at $A = 139$ og $Z = 54$. Kjernen $\text{Æ} = {}^{139}_{54}\text{Xe}$

- b) ${}^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{235}_{92}\text{U} + {}^4_2\text{He}$ -reaksjonen viser at plutonium er radioaktivt og sender ut α -partikler og datterkjernen er uran. Reaksjonen ${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^0_{-1}\text{e}$ viser at cesium er radioaktivt og sender ut β -partikler (elektroner).

Reaksjonen ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ er et eksempel på at to lette kjerner danner en tyngre kerne, altså fusjon.

Reaksjonen ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{139}_{54}\text{Xe} + 3{}^1_0\text{n}$ viser at uran som får tilført et nøytron deler seg i to nye kjerner og nye nøytroner, altså fisjon.

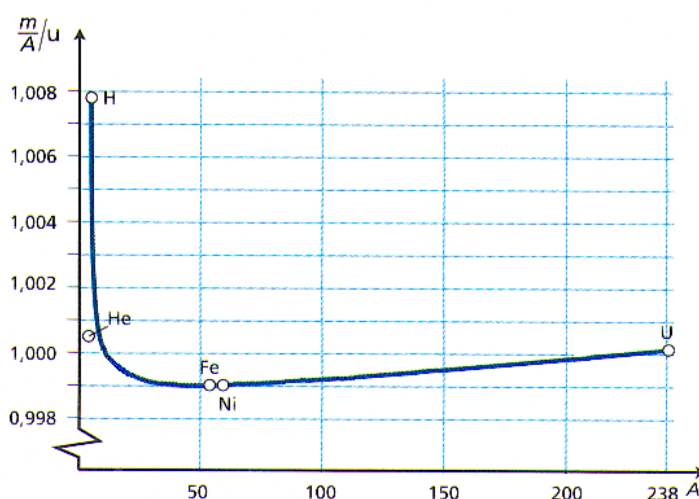
Reaksjonen ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{139}_{54}\text{Xe} + 3{}^1_0\text{n}$ viser at uran som får tilført et nøytron deler seg i to nye kjerner og nye nøytroner, altså fisjon.

c) Vi finner massesvinnet i reaksjonen ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$.

$$\begin{aligned} m_s &= m_{{}^2_1\text{H}} + m_{{}^3_1\text{H}} - (m_{{}^4_2\text{He}} + m_{{}^1_0\text{n}}) \\ &= 2,014101 \text{ u} + 3,0160493 \text{ u} - (4,002603 \text{ u} + 1,008664904 \text{ u}) \\ &= 0,018882396 \text{ u} = \underline{3,1344 \cdot 10^{-29} \text{ kg}} \end{aligned}$$

d) I fisjonsreaksjonen ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{139}_{54}\text{Xe} + 3{}^1_0\text{n}$ oppstår det tre nøytroner. Da kan tre nye uranatomer ta opp ett nøytron og fisjonere. Det kan altså bli en kjedereaksjon. I hver av disse reaksjonene frigjøres det energi. Dette utnyttes i kjernereaktorer og i atombomber. Mer om reaktorer finner du på side 297 i grunnboka.

e)



Diagrammet viser hvordan massen per nukleon (m/A) varierer med nukleontallet. Vi vet at i reaksjoner der massen avtar (mindre masse etter reaksjonen enn før), frigjøres det energi. Diagrammet viser at i Ni og Fe er massen per nukleon lavest, mens den er høyest i H. I en reaksjon der to kjerner med stor m/A (f.eks. H)

danner en kjerne med mindre m/A (f.eks. He), vil det bli massesvinn m_s og dermed frigjort energi $E_r = m_s c^2$.

Vi ser også at uran er en kjerne med stort m/A . Hvis uran spaltes i to kjerner med mindre m/A (f.eks. barium og krypton), vil det bli massesvinn og frigjort energi.

- f) Hvor mange atomkjerner vi har igjen av en radioaktiv nuklide som funksjon av tida, følger likningen

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

Siden antallet kjerner av et stoff er proporsjonal med massen til stoffet kan vi også formulere likningen slik:

$$m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

der m_0 er massen ved et bestemt tidspunkt, m er massen tida t senere og $t_{1/2}$ er halveringstida.

Vi løser likningen med hensyn på tida:

$$m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\frac{m}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\lg\left(\frac{m}{m_0}\right) = \lg\left(\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}\right)$$

$$\lg\frac{m}{m_0} = \frac{t}{t_{1/2}} \cdot \lg\frac{1}{2}$$

$$t = t_{1/2} \cdot \frac{\lg\frac{m}{m_0}}{\lg\frac{1}{2}}$$

$$= 30 \text{ år} \cdot \frac{\lg\left(\frac{1,0 \text{ g}}{1,0 \cdot 10^3 \text{ g}}\right)}{\lg\frac{1}{2}} = 298,9 \text{ år}$$

Svar: Det går om lag 300 år før 1,0 kg Cs-137 er redusert til 1,0 g.