Energia ja liikemäärä ytimen hajoamisissa

Radiaoktiivisissa hajoamisissa emoytimestä tulee tytär ja muuta. Kun emoytimen massaa verrataan tyttären ja muun yhteismassaan, niin se on isompi -> Osa massasta on muuttunut reaktiossa vapautuvaksi energiaksi. Lukiofysiikassa kaikki vapautuva energia ajatellaan muuntuvan tyttäreiden ja muun liike-energiaksi. Samoin ajatellan emoytimen olevan levossa, jolloin sillä ei ole liikemäärää, mutta tytär ja muut ovat liikkeessä ja niiden liikemäärien summan on pysyttävä nollana, kun nopeuden suunnat valitaan oikein.

9-15. Kirjoita ^{226}Ra:n hajoamisreaktio, ja laske radiumytimen hajoamisessa vapautuvan alfahiukkasen nopeus edellyttäen, että reaktiossa ei synny gammasäteilyä.

$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow ^{4}_{2}\mathrm{He} + ^{222}_{86}\mathrm{Rn}$

Lasketaan massavaje ja huomioidaan, että molemmilla puolilla on sama määrä elektroneja, eli voidaan suoraan käyttää taulukon arvoja

$\Delta m = 226{,}02540819\ u\ - (4{,}00260325\ u + 222{,}01757602\ u) = 0{,}00522892\ u$

Tämä energiana

$$Q = 0{,}00522892\ u \cdot 931{,}494\,102\ \frac{\mathrm{MeV}}{\mathrm{u}} = 4{,}8707081395\ MeV$$

Jos energiaa ei muutu miksikään muuksi, niin kaikki reaktiossa vapautunut energia muuntuu alfan ja Rn liike-energiaksi.

$Q = E^{\alpha}_{kin} + E^{Rn}_{kin}$ Jatkossa pienen kirjaimen tunnus viittaa alfaan ja iso kirjain Rn

$Q = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot M \cdot V^2$ 2 tuntematonta v ja V

-> tarvitaan vielä toinen ehto: Liikemäärän säilyminen

Oletetaan Ra-ytimen olleen levossa -> liikemäärä on alussa 0.

Oletetaan Rn ja alfan lähtevän täysin vastakkaisiin suuntiin

$$p_\alpha - p_{Rn} = 0$$

$$mv - MV = 0$$

$V = \frac{mv}{M}$ sijoitetaan tämä liike-energian lausekkeeseen

$$Q = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot M \cdot \frac{m^2 v^2}{M^2}$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{m^2 v^2}{M}$$

$$Q = v^2 \left(\frac{1}{2} \cdot m + \frac{1}{2} \cdot \frac{m^2}{M} \right)$$

$$v = \sqrt{\frac{Q}{\frac{1}{2} \cdot m + \frac{1}{2} \cdot \frac{m^2}{M}}} = \sqrt{\frac{2Q}{m + \frac{m^2}{M}}}$$

Jotta saadaan nopeudelle oikea yksikkö m/s, niin reaktioenergia MeV täytyy muuttaa Jouleiksi ja atomimassayksikkö u täytyy muuttaa kilogrammoiksi.

atomimassayksikkö $1\ \mathrm{u} = 1{,}660\ 539\ 066\ 60 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$

elektronivoltti $1\ \mathrm{eV} = 1{,}602\ 176\ 634 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 4{,}8707081395\ \cdot 10^6 \cdot 1{,}602\ 176\ 634 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J}}{4{,}00260325 \cdot 1{,}660\ 539\ 066\ 60 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} + \frac{(4{,}00260325 \cdot 1{,}660\ 539\ 066\ 60 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg})^2}{222{,}01757602 \cdot 1{,}660\ 539\ 066\ 60 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}}}}$$