

Ratkaisut: 4. Atomin ydin

1. a) Ba-137-ytimen järjestysluku $Z = 56$. $N = A - Z = 137 - 56 = 81$.

Siten merkintä on ${}^{137}_{56}\text{X}_{81}$.

- b) Ra-226-ytimen järjestysluku $Z = 88$. $N = A - Z = 226 - 88 = 138$.

Siten merkintä on ${}^{226}_{88}\text{X}_{138}$.

Vastaus: a) ${}^{137}_{56}\text{X}_{81}$ b) ${}^{226}_{88}\text{X}_{138}$

2. a) $A = 44$ ja $Z = 20$, joten $N = A - Z = 44 - 20 = 24$. Merkintä on ${}^{44}_{20}\text{X}_{24}$.

- b) $A = 112$ ja $Z = 50$, joten $N = A - Z = 112 - 50 = 62$. Merkintä on ${}^{112}_{50}\text{X}_{62}$.

Vastaus: a) ${}^{44}_{20}\text{X}_{24}$ b) ${}^{112}_{50}\text{X}_{62}$.

3. Ytimen tilavuus on $V = \frac{4}{3}\pi r_0^3 A$, joten ytimen tiheys on

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi r_0^3 A} = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi r_0^3} = \text{vakio. Siten kaikkien ytimien tiheys on sama.}$$

Vastaus: Yhtä suuret.

4. Ytimen tilavuus on $V = \frac{4}{3}\pi r_0^3 A$, joten ytimen tiheys on

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V} = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi r_0^3 A} \\ &= \frac{1}{\frac{4}{3}\pi r_0^3} \\ &= \frac{1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{\frac{4}{3}\pi (1,4 \cdot 10^{-15} \text{ m})^3} \\ &= 1,4447 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}. \end{aligned}$$

Vastaus: $1,4447 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

5. a) Sähköinen voima saadaan Coulombin laista

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$= 8,98755 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{(1,602 \cdot 10^{-19} \text{C})^2}{(2 \cdot 10^{-15} \text{m})^2}$$

$$= 57,6642 \text{ N} \approx 60 \text{ N}.$$

b) Gravitaatiovoima on

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$= 6,6742 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \frac{(1,673 \cdot 10^{-27} \text{kg})^2}{(2 \cdot 10^{-15} \text{m})^2}$$

$$= 4,6702 \cdot 10^{-35} \text{ N} \approx 5 \cdot 10^{-35} \text{ N}.$$

Vastaus: a) 60 N b) $5 \cdot 10^{-35}$ N.

6. Atomimassayksikkö u on määritelty siten, että hiilen yleisimmän isotoopin ^{12}C atomin massaksi on sovittu tasan 12 u, siis $m_{\text{C}} = 12 \text{ u}$.

Moolin määritelmän mukaan 12 g hiili ^{12}C :tä sisältää moolin eli Avogadron luvun $N_{\text{A}} = 6,0221367 \cdot 10^{23}$ ilmoittaman määrän hiiliatomeja. Siten yhden hiiliatomin massa on $m_{\text{C}} = \frac{12 \text{ g}}{N_{\text{A}}}$. Edellisistä hiiliatomin massan m_{C} lausekkeista saadaan yhtälö

$$12 \text{ u} = \frac{12 \text{ g}}{N_{\text{A}}}. \text{ Tästä saadaan}$$

$$1 \text{ u} = \frac{1}{12} \cdot \frac{12 \text{ g}}{N_{\text{A}}}$$

$$= \frac{1}{12} \cdot \frac{12 \text{ g}}{6,0221367 \cdot 10^{23}}$$

$$= 1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$

7. Saman alkuaineen atomin ytimessä on aina sama määrä protoneja, mutta ytimen neutronimäärä voi vaihdella. Näitä neutroniluvultaan toisistaan poikkeavia saman alkuaineen atomeja kutsutaan kyseisen alkuaineen **isotoopeiksi**.

8. Koska happi, järjestysluku $Z = 8$.

Isotooppi $A = 16$

$$A = N + Z, N = A - Z = 16 - 8 = 8.$$

Isotooppi $A = 17$

$$A = N + Z, N = A - Z = 17 - 8 = 9.$$

Isotooppi $A = 18$

$$A = N + Z, N = A - Z = 18 - 8 = 10.$$

Vastaus: 8 ja 8; 8 ja 9; 8 ja 10

9. a) Koska kyseessä lyijy, järjestysluku on 82.
b) Neutronilukua ei voi päätellä.
c) Massalukua ei voi päätellä.

10. Massavaje on

$$\Delta m = m_{\text{H}} + m_{\text{n}} - m_{\text{D}}$$

$$= 1,0078250 \text{ u} + 1,0086650 \text{ u} - 2,0141018 \text{ u} = 2,3882 \cdot 10^{-3} \text{ u}.$$

Vastaus: Massavaje on $2,3882 \cdot 10^{-3} \text{ u}$.

11. a) Massavaje on $\Delta m = Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}} + Zm_{\text{e}} - m_{\text{atomi}}$.

Happi-16, joten $A = 16, Z = 8. N = A - Z = 8$.

$$\begin{aligned} \Delta m &= 8 \cdot 1,0072765 \text{ u} + 8 \cdot 1,0086650 \text{ u} + 8 \cdot 5,4857990 \cdot 10^{-4} \text{ u} - 15,9949146 \text{ u} \\ &= 0,1370060392 \text{ u} \end{aligned}$$

b) Lyijy-208, joten $A = 208, Z = 82. N = A - Z = 126$.

$$\begin{aligned} \Delta m &= 82 \cdot 1,0072765 \text{ u} + 126 \cdot 1,0086650 \text{ u} + 82 \cdot 5,4857990 \cdot 10^{-4} \text{ u} - 207,976627 \text{ u} \\ &= 1,7568195518 \text{ u} \end{aligned}$$

Vastaus:

a) Massavaje on $0,1370060392 \text{ u}$.

b) Massavaje on $1,7568195518 \text{ u}$.

12. Teho $P = \frac{E}{t}$ ja $E = mc^2$, joten $P = \frac{mc^2}{t}$. Ratkaistaan aika $t = \frac{mc^2}{P}$.

Sijoitetaan lukuarvot

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,150 \text{ kg} \cdot (2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{10000 \text{ W}} \\ &= 1,34811 \cdot 10^{12} \text{ s} = 43000 \text{ vuotta.} \end{aligned}$$

Vastaus: $1,3 \cdot 10^{12} \text{ s}$ eli noin 43000 vuotta.

13. Järjestys on ${}_{90}^{232}\text{Th}$, ${}_{74}^{184}\text{W}$, ${}_{15}^{31}\text{P}$, ${}_{27}^{59}\text{Co}$.

14. a) Ytimen sidosenergia E_B on energia, joka tarvittaisiin hajottamaan ydin protoneiksi ja neutroneiksi. Sama energia vapautuu, kun ydin muodostuu nukleoneistaan.

b) Sidososuus b on ytimen sidosenergia yhtä nukleonia kohden eli $b = \frac{E_B}{A}$.

15. Sidososuus $b = \frac{E_B}{A} = \frac{160,64 \text{ MeV}}{20} = 8,032 \text{ MeV}$.

Vastaus: Sidososuus on 8,032 MeV.

16. a) Nikkelin järjestysluku $Z = 28$, ja neutroniluku $N = A - Z = 60 - 28 = 32$.

Taulukkokirjan mukaan nikkeliatomin massa on 59,930788 u.

Nikkelin sidosenergia on

$$\begin{aligned} E &= (Zm_p + Zm_e + Nm_n - m_{\text{atomi}})c^2 \\ &= (28 \cdot 1,0072765 \text{ u} + 28 \cdot 5,4857990 \cdot 10^{-4} \text{ u} + 32 \cdot 1,0086650 \text{ u} - 59,930788 \text{ u})c^2 \\ &= 0,5655942372 \text{ u} \cdot c^2 \\ &= 0,5655942372 \cdot 931,5 \text{ MeV} \\ &= 526,851031952 \text{ MeV} \approx 527 \text{ MeV}. \end{aligned}$$

b) Sidososuus $b = \frac{E_B}{A} = \frac{526,8510 \text{ MeV}}{60} = 8,78085 \text{ MeV}$.

Vastaus:

a) Nikkelin sidosenergia on 527 MeV.

b) Sidososuus on 8,78085 MeV.