

Vastaa viiteen tehtävään.

1. Kuinka suuri saa valon aallonpituus korkeintaan olla, jotta se voi virittää perustilassa olevan vetyatomin? Minkälaista valoa tämä on?
2. Essee: Valosähköinen ilmiö.
3. Hajoamisyhtälöt:
 - a) Kirjoita Mn-52 isotoopin hajoamisyhtälö.
 - b) Kirjoita Po-208 isotoopin hajoamisyhtälö.
 - c) Kirjoita Pb-202 isotoopin hajoamisyhtälö.
4. Selitä lyhyesti käsitteet massavaje ja sidossuus. Määritä ne raudan isotoopille Fe-56.
5. Hiili-14 on radioaktiivinen isotooppi, jota muodostuu ilmakehässä, kun ilmakehän typpi-14 ja neutroni kohtaavat. Elävässä puussa olevan isotoopin C-14 aktiivisuus on 9,6 Bq grammaa kohden. Kaivauksista löydetyn vanhan puuesineen C-14 aktiivisuus mitattiin olevan 2,1 Bq grammaa kohden. Arvioi puun ikä.
6.
 - a) Laske elektronin de Broglien aallonpituus, kun sen nopeus on 7,2639 Mm/s.
 - b) Laske Braggin lain avulla tutkittavan kiteen atomitasojen välinen etäisyys, kun ensimmäisen kertaluvun diffraktiomaksimi havaitaan 35° kulmassa kiteen pintaan nähden ja käytetyn rtg-säteen aallonpituus on 0,169 nm.

1. Valon fotoneilla täytyy olla energiaa sen verran, että vetyatomi virittyy perustilasta ensimmäiseen viritystilaan eli elektroni virittyy ensimmäiseltä kuorelta toiselle. Tähän vaadittava energia saadaan vedyn energiatilan kaavan $E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$ avulla:

$$E_2 - E_1 = \left(-\frac{13,6 \text{ eV}}{2^2} \right) - \left(-\frac{13,6 \text{ eV}}{1^2} \right) = 10,2 \text{ eV} . \text{ Asetetaan fotonien energia } E = \frac{hc}{\lambda} \text{ yhtä suu-}$$

reksi:

$$\frac{hc}{\lambda} = E_2 - E_1 \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1} = \frac{4,1357 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{10,2 \text{ eV}} \approx 1,216 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 120 \text{ nm}$$

. Valo on hyvin lyhyt aaltoista UV-valoa.

2. Valosähköilmiö tarkoittaa ilmiötä, jossa sähkömagneettisen säteilyn kvantit eli fotonit osuvat metalliin irrottaen siitä elektroneja (=fotoelektroneja). Ilmiössä Metallin elektroni absorboi kvantin energia, irtoaa metallista ja mahdollisesti poistuu metallista. Fotoelektronin liike-energia E_k on törmäävän fotonin energian hf ja irronneen elektronin irrottamiseksi tehdyn työn W erotus. Irrotustyö tarkoittaa metallin pinnasta kaikkein helpoiten irtoavan elektronin irrottamiseksi tehtyä työtä. Irrotustyö on ominainen eri metalleille, ja sen arvot on mainittu taulukkokirjoissa. Fotoelektronin liike-energia voidaan laskea yhtälöllä $E_k = hf - W$. Valosähköisen ilmiön selitys todistaa valolla olevan aaltoluonteen lisäksi myös hiukkasluonne, sillä ilmiötä ei voi selittää aaltomallin avulla.

3. a) ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + {}^4_2\text{He}$
 b) $\text{F-18} \rightarrow e^+ + \text{neutriino} + \text{O-18}$
 c) EC: $\text{Co-57} + e^- \rightarrow \text{neutriino} + \text{Fe-57}$

4. Massavaje on atomin rakenneosien massojen summan ja atomin massan erotus. Atomin massa on pienempi kuin sen rakenneosien massat yhteensä. Tällöin osa atomin rakenneosien massasta on vapautunut sidosenergiana. Sidososuus tarkoittaa sidosenergian suuruutta nukleonia kohti.

$$\Delta m = 26m_p + 30m_n + 26m_e - m_{\text{Fe}}$$

$$= 26 \cdot 1,0072765 \text{ u} + 30 \cdot 1,0086650 \text{ u} + 26 \cdot 0,00054857990 \text{ u} - 55,938047 \text{ u}$$

$$= 0,525355 \text{ u} = 8,72373 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

$$b = \frac{E_b}{A} = \frac{\Delta mc^2}{A} = \frac{8,72373 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \cdot (2,9979 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2}{56} = \underline{\underline{1,400 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 8,739 \text{ MeV}}}$$

5. Puun ikä saadaan aktiivisuuden kaavasta: $A = A_0 e^{-\lambda t}$. Tästä saadaan lauseke ajalle, kun lisäksi huomioidaan, että $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$:

$$t = \frac{\ln \frac{A}{A_0}}{-\lambda} = \frac{\ln \frac{A}{A_0}}{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}}} = \frac{\ln \frac{2,11/\text{min}}{9,61/\text{min}}}{-\frac{\ln 2}{5730\text{a}}} \approx 12500\text{a}.$$

6. a) Kirja 3-9 a: $\lambda = h/mv = n. 0,10 \text{ nm}$.
b) Kirja esim. 2 s. 67: $d = \lambda/2\sin(\alpha) = n. 0,15 \text{ nm}$.