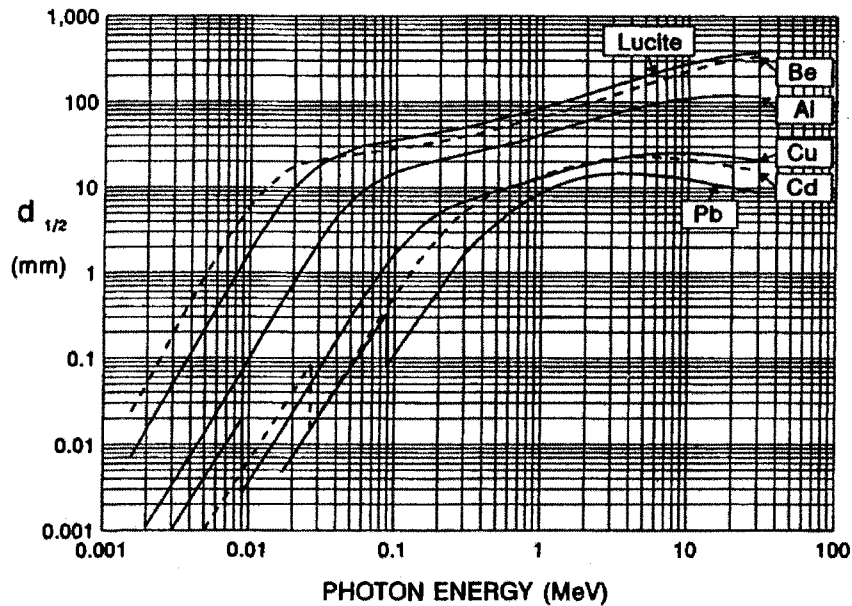


1. a) Hyvän energiaresoluution Ge-ilmaisimella havaitaan lähteestä emittoituvaa 500 keV:n ja 1 MeV:n γ -säteilyä. Miten havaittu spektri (piikkien paikat ja piikkien pinta- alat) muuttuu, kun Ge- ilmaisimen ja lähteen väliin asetetaan lyijyabsobaattori, joka vastaa 1 MeV:n γ -säteilyn puoliintumispaksuuskerrosta (Kuva 1) ?



Kuva 1: γ -säteilyn puoliintumispaksuuksia eri alkuaineille

- b) Huippuluokan Si-ilmaisimella havaitaan tyhjiössä monoenergistä α -säteilyä. Esitä kvalitatiivisesti, miten havaittu spektri muuttuu, kun ilmaisimen ja lähteen väliin asetetaan absorbaattori, jonka paksuus on puolet ko. energisen α -säteilyn kantamasta siinä aineessa, josta ko. absorbaattori on valmistettu (piikin paikka, piikin leveys, piikin pinta-ala)
2. a) Selitä lyhyesti vedyn palaminen eli protoni-protoni- kierto auringossa.
b) Selitä lyhyesti ${}^4\text{He}$ palaminen ja siihen liittyvä ${}^{12}\text{C}$:n synty.
3. a) Selitä lyhyesti ja esimerkein suora reaktio sekä väliydinreaktio.
b) Radioaktiivista lääketieteessä käytettävää ${}^{15}\text{O}$ isotooppia ($t_{1/2} = 2,03$ min) tuotetaan ${}^{12}\text{C}(\alpha, n)$ reaktiossa. Reaktion vaikutusala on 14.6 MeV pommitusenergialla 25 millibarnia. Mikä on näytteen aktiivisuus 4.0 min pommituksen jälkeen, kun kohtion paksuus on 1.0 mg/cm^2 ja hiukkassuihkun intensiteetti $1 \mu\text{A}$?

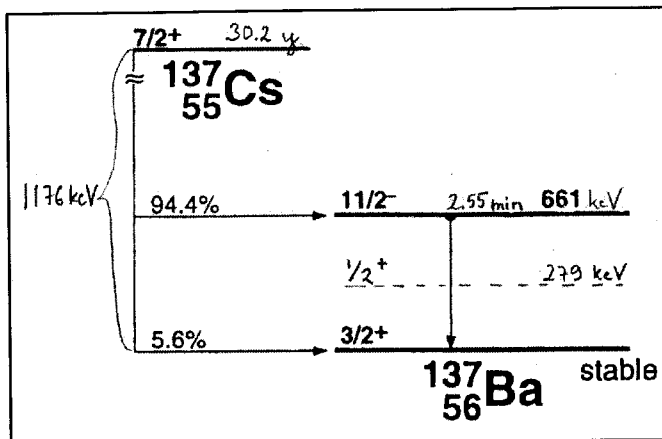
$$\text{barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2,$$

$$\text{alkeisvaraus } e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C},$$

$$\text{Avogadron-luku } N_A = 6.022 \times 10^{23} / \text{mooli}$$

4. Kuva 2 esittää ^{137}Cs :n hajoamista ^{137}Ba :ksi. Kuvassa on annettu ^{137}Cs :n perustilan puoliintumisaika, spin ja pariteetti sekä hajoamisen haarautumisprosentit. Hajoamisessa syötetyille ^{137}Ba :n perustilalle ja perustilaan purkautuvalle 661 keV:n viritystilalle on myös annettu spin ja pariteetti. Viritystilalle mitattu puoliintumisaika on myös annettu kuvassa.

- Mikä β -hajoaminen on kysymyksessä (β^- , β^+ , EC) ?
- Perustele kvalitatiivisesti (ei tarvitse muistaa valintasääntöjä yksityiskohtaisesti) haarautumisprosentit ja se, että ^{137}Cs :n puoliintumisaika on niinkin pitkä kuin 30 vuotta.
- Mikä on 661 keV:n siirtymän laatu (multipolariteetti)?
- Ennusta 661 keV:n tilan puoliintumisaika käyttäen ohessa annettuja siirtymätodennäköisyyden Weisskopf-arvioita.
- 661 keV:n siirtymän konversiokerroin $\alpha = 0.11$. Miten sen huomioonottaminen vaikuttaa samaasi arvioon?
- ^{137}Ba :n alin viritystila on itseasiassa 279 keV:n $1/2^+$ tila (kuvassa katkoviivalla). Miksei kyseistä tilaa syötetä β -hajoamisessa eikä 661 keV:n tilan purkautuessa?



Kuva 2: ^{137}Cs :n hajoamiskaavio

Weisskopf-arviot:

$$\lambda(M1) = 5.6 \times 10^{13} E^3$$

$$\lambda(M2) = 3.5 \times 10^7 A^{2/3} E^5$$

$$\lambda(M3) = 16 A^{4/3} E^7$$

$$\lambda(M4) = 4.5 \times 10^{-6} A^2 E^9$$

$$\lambda(E1) = 1.0 \times 10^{14} A^{2/3} E^3$$

$$\lambda(E2) = 7.3 \times 10^7 A^{4/3} E^5$$

$$\lambda(E3) = 34 A^2 E^7$$

$$\lambda(E4) = 1.1 \times 10^{-5} A^{8/3} E^9$$

missä $[\lambda] = 1/\text{s}$, $[E] = \text{MeV}$.