

Teoreetiline ülesanne nr. 2

Tuumade massid ja stabiilsus

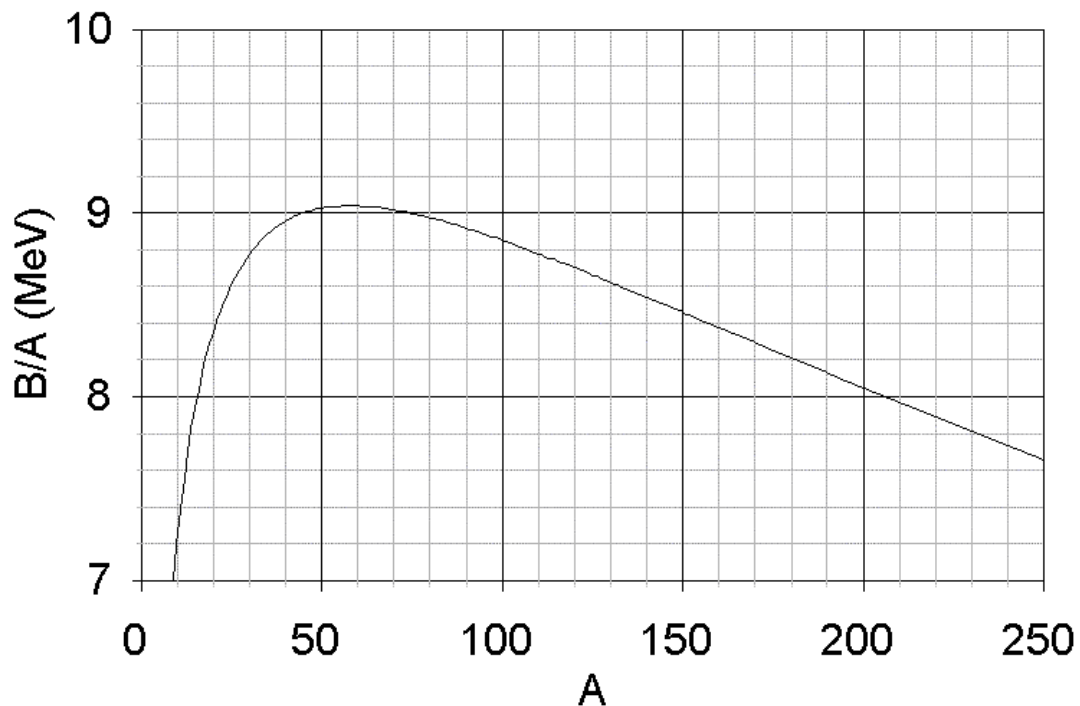
Kõik selles ülesandes kasutusel olevad energiad on väljendatud megaelektronvoltides (MeV) – miljonites elektronvoltides. $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$, ülesande lahendamiseks pole seda aga vaja teada.

Sellise tuuma mass M , mis sisaldab Z prootonit ja N neutronit (seega tema massiarv $A=N+Z$) võrdub vastava arvu vabade nukleonite (prootonite ja neutronite) masside summaga, millest on lahutatud seoseenergia B/c^2 :

$$Mc^2 = Zm_p c^2 + Nm_n c^2 - B.$$

Alljärgnev graafik esitab suhte B/A maksimaalse (fikseeritud A jaoks) väärtuse sõltuvuse A -st. Üldiselt on nii, et mida suurem on selle suhte väärtus seda stabiilsem on tuum.

Seoseenergia ühe nukleoni kohta



(a) Teatud massiarvust A_α suuremate A väärtuste puhul on tuuma seoseenergia alati piisavalt väike võimaldamaks alfa-osakeste ($A=4$) kiirgumist. Väärtustel $A>100$ võib ülaltoodud graafiku aproksimeerida lineaarfunktsiooniga; hinda A_α väärtust kasutades seda lineaarset lähendust. (3 punkti)

Eelda seejuures järgmist:

- Nii algne tuum kui ka lõpp-produktiks olev tuum on esitatud eelpooltoodud graafikul.
- Alfa-osakese seoseenergia $B_\alpha=25,0$ MeV (seda väärtust ei ole võimalik välja lugeda graafikult!).

(b) Z prootonit ja N neutronit ($A = N + Z$) sisaldava aatomi tuuma seoseenergia on antud poolempiirilise valemiga

$$B = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c Z^2 A^{-1/3} - a_a \frac{(N - Z)^2}{A} - \delta$$

kus liidetava δ väärtus on võrdne:

$+a_p A^{-3/4}$	tuumade jaoks, kus N ja Z on paaritud arvud;
0	tuumade jaoks kus üks arvudest N ja Z on paaris, teine paaritu;
$-a_p A^{-3/4}$	tuumade jaoks, kus N ja Z on paarisarvud.

Koefitsientide väärtused eelnevates valemities on järgmised:

$$a_v = 15,8 \text{ MeV}, a_s = 16,8 \text{ MeV}, a_c = 0,72 \text{ MeV}, a_a = 23,5 \text{ MeV}, a_p = 33,5 \text{ MeV}.$$

- Tuleta avaldis prootonite arvu Z_{max} jaoks sellises tuumas, milles antud A korral on seoseenergia suurim. Selle (ja ainult selle!) ülesande juures ära arvesta δ -liikme mõju. (2 punkti)
- Milline on Z väärtus sellises tuumas, mille massiarv $A=200$ ja suhe B/A on maksimaalne? Arvesta siin δ -liikme mõju. (2 punkti)

- (iii) Vaatleme vastustelehe tabelis toodud kolme tuuma, mille massiarv $A=128$. Määra, millised tuumad on energeetiliselt stabiilsed ja milliste koguenergia on piisav lagunemiseks allpooltoodud protsesside kaudu.

Tabeli täitmisel täida lahtrid järgmiste tähistega:

- Energeetiliselt lubatud protsesside puhul: \checkmark
- Protsesside puhul, mis pole energeetiliselt lubatud: \emptyset
- Vaatle siirdeid ainult tabelis toodud kolme tuuma vahel.

Arvestatavad lagunemisprotsessid:

- (1) β^- -lagunemine, tuumast kiirgub elektron;
- (2) β^+ -lagunemine, tuumast kiirgub positron;
- (3) $\beta^-\beta^-$ -lagunemine, tuumast kiirgub samaaegselt kaks elektroni;
- (4) elektroni haare, aatomi elektronkatte elektron haaratakse tuuma poolt.

Elektroni (ja positroni) seisuenergia $m_e c^2 = 0,51 \text{ MeV}$, prootonil $m_p c^2 = 938,27 \text{ MeV}$, neutronil $m_n c^2 = 939,57 \text{ MeV}$ (3 punkti)

ESTONIA

Nimi: Võistleja number:.....

Ülesanne 2. Vastuseleht.(a) A_α numbriline väärtus:(b) (i) Avaldis Z_{max} jaoks:(b) (ii) Z numbriline väärtus:

(b) (iii)

Tuum/Protsess	β^- lagunemine	β^+ lagunemine	Elektroni haare	$\beta^-\beta^-$ lagunemine
$^{128}_{53}\text{I}$				
$^{128}_{54}\text{Xe}$				
$^{128}_{55}\text{Cs}$				

Tähistus: ^A_ZX

kus X on keemilise elemendi sümbol.