

III. és IV. OSZTÁLY

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny

Döntő

Paks, 1998. április 29.

Elméleti forduló

Problémák, kérdések:

1. A nehéz atommagok - így a $^{235}_{92}\text{U}$ -mag is - könnyen hasadnak neutronok hatására közepesen nehéz atommagokra. A hasadványok radioaktívak, β^- és γ sugárzást bocsátanak ki.

- a) Vajon miért nincs a hasadványok között α - és β^+ -sugárzó?
b) Az uránmag hasadásakor miért nem keletkeznek szabad protonok?

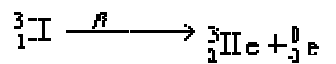
(6 pont)

2. Bizonyos típusú atomreaktorok működéséhez szükség van nehézvízre. A nehézvíz előállításának egyik módja az elektrolízis: a földi vizek elektrolizálásakor nagyobb mértékben válik ki a kisebb tömegű hidrogén gázalakban, mint a kétszer akkora tömegű, lomhább deutérium, így elektrolízissel a deutérium bedúsítható a visszamaradó vízben.

Az elektrolízishez milyen vizet célszerű használni a nehézvíz gyártására: hólét, esővizet, Duna-vizet, az óceán vizét, esetleg a Holt-tenger vizét?
(Válaszunkat indokoljuk!)

(4 pont)

3. A ^3_1H -mag kötési energiája **1,334 pJ**, a ^3_2He -mag kötési energiája pedig csak **1,214 pJ**. Ennek ellenére létrejön az alábbi bomlás:



ahol a keletkező béta részecske energiája $2,88 \cdot 10^{-15} \text{ J}$.

Hogyan lehetséges ez, nem sérül-e az energiamegmaradás elve? (Válaszát számszerű adatokkal is támassza alá!)

Felhasználható adatok: a neutron tömege $1,67482 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, a proton tömege pedig $1,67252 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Feladatok

4. Magreakcióval a higanyból arany csinálható (teljesülhet a középkori alkimisták vágya) következőképpen: a $^{196}_{80}\text{Hg}$ -izotópot neutronokkal besugározva (neutronaktiváció) radioaktív $^{197}_{80}\text{Hg}$ -izotóp keletkezik. A radioaktív izotóp pozitív béta-bomlása során $^{197}_{79}\text{Au}$ -atommag keletkezik. Arany előállításának céljából egy atomreaktorban 100 másodpercig sugároztak be 1 gramm higanyt. A reaktorból kivett minta aktivitása kivételkor 1620 Bq volt.

- a) A besugárzás során hány radioaktív $^{197}_{80}\text{Hg}$ mag keletkezett?
- b) A mintából maximálisan mekkora tömegű arany nyerhető?
- c) Mennyi ideig kellene végezni a besugárzást, hogy a higanyból kinyerjük a maximális arany mennyiséget?(Tételezzük fel, hogy a neutronaktiváció üteme mindvégig állandó!)
- d) Diskutáljuk, hogy a c) pontbeli feltétel milyen okok miatt nem teljesülhet, és gazdaságos-e az ilyen aranycsinálás?

(15 pont)

Felhasználható adatok: A természetben előforduló higanyban a $^{196}_{80}\text{Hg}$ -izotóp aránya 0,15 %.
A radioaktív $^{197}_{80}\text{Hg}$ -izotóp felezési ideje 2,7 nap.

5. A paksi atomerőműben használt üzemanyag 4 gramm tömegű, urán-dioxidot tartalmazó pasztillákból áll.

- a) Becsüljük meg, a friss (a reaktorba még be nem helyezett) pasztilla aktivitását és a sugárzási teljesítményét! (Tegyük fel, hogy a pasztillában csak alfa-bomló uránizotópok vannak!)
- b) Mekkora lesz e gy pasztilla maghasadásából származó hőteljesítménye, ha azt a reaktorba helyezzük és a reaktor normál üzemmódban dolgozik? Hasonlítsuk össze a hőteljesítményt a sugárzási teljesítménnyel!
- c) Tegyük fel, hogy egy kezdetben friss pasztilla 1 óra időtartamig volt bent a reaktor aktív zónájában normál üzemmód alatt, majd onnan kivéve 30 napot pihentettük. Mekkora lesz ekkor az uránpasztilla összaktivitása ?

15 pont)

Felhasználható adatok: A pasztilla 3 %-os dúsításban tartalmazza a ^{235}U izotópot, 97 %-ban pedig a ^{238}U izotópot. Az izotópok felezési ideje 710 millió év, illetve 4,5 milliárd év. A kibocsátott alfa-részek energiája 0,67 pJ. Egy reaktor üzemanyagának tömege 42 tonna, hőteljesítménye normál üzemmódban 1375 MW. Egy uránmag hasadásakor felszabadult energia kb. 30 pJ. Az uránatommagok hasadásakor keletkező sokféle hasadási termék együttes aktivitását az alábbi empirikus képlettel lehet közelíteni:

$$\frac{A(t)}{M_H} \approx 5,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{t^{1,5}} \text{ Bq}$$

ahol a bal oldalon az egy maghasadásra jutó aktivitás szerepel (M_H a hasadások száma), jobb oldalon t a hasadástól számított eltelt időt jelenti napokban kifejezve.

6. Egy 10 cm külső sugarú, ólomból készült gömb középpontjában lévő 2 cm átmérőjű üregbe helyezünk egy 10^7 Bq aktivitású 53,4 nap felezési idejű g - sugárzó, pontszerű radioaktív F sugárforrást és egy évig ott tartjuk. Egy személy 7 nap múlva 3 méternyire megközelíti a radioaktív mintát, majd 1 órán keresztül - bizonyos kísérletet végrehajtva - ott tartózkodik.



- Becsüljük meg, hogy hány gamma foton éri a személyt a közelben tartózkodás ideje alatt?
- Ha a személy munkájából kifolyólag a kísérletet hetente megismétli, akkor mekkora évi sugárdózist kaphat egésztestre vonatkozóan? A kapott sugárdózis hányadrésze (vagy hányszorosa) a lakossági 3 mSv/fő évi dózishoz?

15 pont)

Felhasználható adatok: Az ólom gamma- sugárzást felező vastagsága 2,5 cm (Az ólomréteg minden 2,5 cm-re megfelel a sugárzás intenzitását). Az ember, sugárzásra merőleges, keresztmetszete kb. 0,5 négyzetméter. A gamma sugárzásra vonatkozó minőségi tényező 1. A gamma-fotonok energiája 0,07 pJ.

A levegő gamma-sugárzás elnyelésétől tekintsünk el!

7. A ^{226}Ra izotóp alfa-sugárzó. Az atommagokból kirepülő alfa-részek (^4He -magok) mozgási energiája - távol a visszamaradó ^{222}Rn leánymagtól - 0,76 pJ.

- Vizsgáljuk meg, hogy a bomlás lehet-e reverzibilis! (Azaz előfordulhat-e, hogy a

bomláskor keletkezett alfa-rész behatol egy másik radonmagba és újra rádium atommag keletkezik?)

b) Döntsük el: használható-e *Rutherford* az első mesterséges magátalakulás létrehozására radioaktív forrásként rádiumot!

Felhasználható adatok: Az atommagok sugarára kapott kísérleti formula: $R = R_0 \sqrt[3]{A}$, ahol $R_0 = 1,4 \cdot 10^{-15}$ m. Az első magreakció egyenlete: ${}^4_2\text{He} + {}^{14}_7\text{N} = {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{p}$

A Versenybizottság minden versenyzőnek eredményes versenyzést kíván !