

Országos Szilárd Leó fizikaverseny feladatai

Döntő, 2000. április 27, Paks.

A feladatok megoldásához 180 perc áll rendelkezésre. Minden segédeszköz használható. Minden feladatot külön lapra írjon, s minden lapon legyen rajta a megoldó neve és iskolája.

1. feladat.

Milyen lenne a világ, ha a neutron tömege egy ezreléssel kisebb lenne (a jelenlegi tömeg 0,999-szerese) ? Jelenleg a neutron tömege $1,6749543 \times 10^{-27}$ kg.

(5 pont)

Adatok: A proton tömege $1,6726486 \times 10^{-27}$ kg, az elektron tömege pedig $0,9109534 \times 10^{-30}$ kg.

2. feladat

A japán Tokai-Mura kémiai gyárban uránoxidot tisztítanak atomreaktor-fűtőelemek céljára. A kémiailag megtisztított uránoxidot egy tartályban vizes oldatból kémiailag kiválasztják, s az csapadék formájában a tartály aljára ülepedik. A kémiai átalakulás során fejlődött hő elvezetésére a tartályt vízburok veszi körül. A vízköpenyben hűtővíz áramlik: hidegen kintről csövön jön be, a fölmelegedett hűtővíz csövön kifolyik. 1999 őszén az történt, hogy a szokásos 3% dúsítású urán oxidja helyett (magashőmérsékletű reaktorok részére) 18%-ra dúsított urán oxidját tisztították, de - a szabályokat megszegve - ugyanakkora anyagmennyiségekkel dolgoztak. Így esett, hogy a leülepedett uránoxid elérte a kritikus mennyiséget, benne hasadási láncreakció indult meg. A spontán létrejött reaktor önmagát szabályozta és 17 órán keresztül állandósulva működött. Mivel a kémiai üzemben láncreakcióra nem számítottak, a helyiségben sugármérők, és szabályozó-beavatkozó automatika nem volt. A váratlanul kialakult magas neutronsztint miatt nem is lehetett belépni a helyiségbe. 17 óra után külső beavatkozással sikerült a láncreakciót leállítani.

a) Milyen folyamatok kaphattak szerepet a hasadási láncreakció önszabályozásában ?

b) Milyen külső beavatkozás volt képes a zárt tartályban folyó láncreakciót leállítani?

(5 pont)

3. feladat.

A Napban (több lépésen át) $^1\text{H}3 \rightarrow ^4\text{He}$ magfúzió termeli az energiát, ami a napfényt táplálja.

a) Milyen lett volna a Nap sorsa, ha a ^4He atommag stabilan létezne ?

b) Milyen lett volna a Nap sorsa, ha a ^2H izotóp nem létezne?
(5 pont)

4. feladat

Környezetvédelmi-környezettisztasági szempontból hasonlítsd össze az (azonos teljesítményű) szénerőművet, gázerőművet, atomerőművet !
(5 pont)

5. feladat

A csernobili baleset után Lengyelországban megmérték a lehullott radioaktív szennyezésben a $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ arányt (a két izotóp különböző energiájú gamma-sugárzást bocsát ki, s így meg lehet őket különböztetni). A mérések eredményéből meg lehetett állapítani, hogy a fűtőelemek már hosszú ideje a reaktorban voltak.

a) Miért lehet ebből arra következtetni, hogy a reaktor nem atomfegyver-alapanyagot termelt ?

b) Nem sokkal később Észak-Olaszországban egy gombafajtában is megmérték a $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ arányt, s azt találták, hogy a gomba csaknem kizárólag ^{137}Cs -ot tartalmazott. Azt jelenti-e ez, hogy a gomba különbséget tud tenni ugyanazon elem különböző izotópjai között ?
(5 pont)

Adatok: A ^{134}Cs felezési ideje 2 év, a ^{137}Cs felezési ideje 30 év.

6. feladat

A vörös óriás csillagokban ^4He -ből fúzióval épülnek fel a magasabb rendszámú elemek. Ennek a fúziós folyamatláncnak nehéz az indulása, mert a $^4\text{He}+^4\text{He}3 \rightarrow ^8\text{Be}$ atommagreakció végterméke nem stabil, hanem szinte rögtön szétesik. Fred Hoyle feltételezte, hogy elegendően nagy sűrűség esetén az is előfordulhat, hogy a ^8Be igen rövid élettartama alatt egy harmadik ^4He atommaggal találkozik, s akkor a $^8\text{Be}+^4\text{He}3 \rightarrow ^{12}\text{C}$ folyamatban ^{12}C atommag keletkezhet. Miután ehhez 3 db a -részecske igen rövid időn belül való találkozására van szükség, ezt a folyamatot 3a folyamatnak nevezik. Hoyle számításai szerint azonban ennek is csak akkor lehet számottevő szerepe, ha a ^{12}C

atommagban van olyan gerjesztett állapot, amely a 3 db α -részecskéből könnyen létrejöhet, s amely azután γ -foton kibocsátásával alapállapotba bomlik. Hoyle jóslatát követve a Fowler, a California Institute of Technology munkatársa hamarosan kísérletileg is megtalálta ezt a gerjesztett állapotot a ^{12}C atommagban.

Vajon mekkora gerjesztési energia közelében kellett Fowlernek ezt az állapotot keresnie a ^{12}C atommagban?

(5 pont)

Adatok: A ^4He atommag tömege $6,64296669 \times 10^{-27}$ kg, a ^{12}C atommag tömege pedig: $19,91593977 \times 10^{-27}$ kg, s tegyük fel, hogy az alfa-részecskéknek 4 fm-re meg kell közelíteniük egymást, hogy az összeolvadás létrejöhessen.

7. feladat

Bizonyítsuk be, hogy egy $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + n$ fúzióval működő állandó hőmérsékletű plazmában a fúziós teljesítménysűrűség a plazma sűrűségének négyzetével arányos.

(5 pont)

8. feladat

Egy plutónium-tárolóban azonos méretű, plutóniumból készült fémgömbök vannak egymástól biztonságos távolságra elzárva. Vannak gömbök, amelyek tiszta ^{239}Pu -ból készültek, mások pedig tiszta ^{240}Pu -ból. Sajnos, az azonosító felirat elmosódott rajtuk. Adj módszereket a szétválogatásukra.

(5 pont)

Adatok: A ^{239}Pu felezési ideje 24100 év, a ^{240}Pu felezési ideje pedig 6560 év.

9. feladat

Képzeld el, hogy a Szabadalmi Hivatalban dolgozol. Szabadalmi beadvány érkezik, amely azt javasolja, hogy az urán dúsítására eddig használt urán-hexafluorid (UF_6) gáz helyett urán-hexakloridot (UCl_6) használjanak. Azzal érvel, hogy hogy ez a vegyület sokkal kevésbé mérgező és korrozív, mint az UF_6 , s ezért a dúsítóberendezések sokkal olcsóbb anyagokból is felépíthetők lennének. Az UCl_6 kémiai tulajdonságait nem ismered. Tudsz-e mégis véleményt mondani erről a javaslatról?

(5 pont)

10. feladat

Hogyan alakult volna a világ sorsa, ha az ^{235}U felezési ideje 2,25 milliárd év lenne ?
(5 pont)