

Országos Szilárd Leó fizikaverseny feladatai

I. kategória döntő, 2007. április 28. Paks

*A feladatok megoldásához 180 perc áll rendelkezésre. Minden segédeszköz használható.
Minden feladatot külön lapon írjon, s minden lapon legyen rajta a megoldó kódja.
A feladatok NEM nehézségi sorrendben vannak.*

1. feladat (kitűzte: Radnóti Katalin)

Egy nemrég kivágott fadarabból ^{14}C izotóp mérésére alkalmas mintát készítettek. A mintából a számláló 15 beütést számlált óránként. Egy azonos tömegű és ugyanúgy előkészített régi fadarab esetében ez az érték csak 8,5 volt óránként. Ez utóbbi fadarab Szenofern fáraó koporsójából származott. A történészek úgy gondolják, hogy a fáraó Kr. előtt 2700 és 2550 közt halhatott meg. Alá tudja-e támasztani ez a mérés a történészek vélekedését?

(5 pont)

Adatok: a ^{14}C felezési ideje 5760 év.

2. feladat (kitűzte: Sükösd Csaba)

Mi a magfizikai oka annak, hogy az ^{235}U atommagot már igen kis (termikus) energiájú neutron is el tudja hasítani, míg a ^{238}U atommag elhasítását csak jóval nagyobb energiájú neutronok tudják megtenni? (5 pont)

3. feladat (kitűzte: Sükösd Csaba)

A $\text{C}_{20}\text{H}_{22}$ láncmolekulában két szénatom közötti kötéstávolság 134 pm. Minden szénatom egyik elektronja delokalizálódik az egész molekula mentén.

Legalább mekkora energiájú fotonnal gerjeszthető a molekula?

(5 pont)

4. feladat (kitűzte: Sükösd Csaba)

Fűzz megjegyzéseket a következő, 2002-ből származó újsághírhez, és hívd fel a figyelmet az újságíró tévedéseire és hibás szóhasználatára!

„Néhány héttel ezelőtt az Észak-koreaiak közölték James Kellyvel az USA State Department egyik vezetőjével: van atomprogramjuk, foglalkoznak urániumdúsítással, azaz plutónium más módon való elnyerésével. Erre válaszként az USA leállította az Észak-Koreába irányuló olajszállításait. A válasza adott válaszként pedig Észak-Korea megkezdte az új fűtőtestek beszállítását a Phenjantól 90 km-re található, 5 megawattos, grafitfékezésű erőműbe. Az Észak-koreaiak a közelmúltban eltávolították a reaktorról azt a pecsétet, amelyet a ENSZ Biztonsági Tanácsának ellenőrei helyeztek el korábban. Eltávolították az ENSZ pecsétjeit további három nukleáris létesítményről is: egy használt fűtőtesteket tartalmazó raktárról, egy moderátort újrafeldolgozó laboratóriumról és egy uránium-gyártó üzemről. Felmondták továbbá csatlakozásukat a Nukleáris Sorompó Egyezményhez.”

(5 pont)

5. feladat (kitűzte: Tallián Miklós)

Egy nukleáris alapismeretekkel rendelkező kereskedő (ilyen is lehet) azt találja ki, hogy néhány üveg régi, jó minőségű, leviaszolt dugóval légmentesen lezárt bort felbont, majd azonos korú és származási helyű, de sokkal gyengébb minőségű, olcsó borral felhígítja. Ezek után a keveréket az eredeti (illetve azokkal teljesen azonos) üvegekbe visszacsomagolva árusítja. Azt gondolja, hogy mivel azonos korú bort használt a keveréshez, a kapott folyadék tríciumtartalma ugyanaz lesz, mint az eredeti, jó minőségű boré, így nem bukhat le.

a) Igaza van-e a tríciumtartalommal illetően? (Indokold meg a választ)

b) Hogyan lehetne lebuktatni?

(5 pont)

6. feladat (kitűzte: Tallián Miklós)

Egy gránittömbben az ^{238}U koncentrációja 10^{-5} . A ^{238}U bomlási során végén a ^{206}Pb ólomizotóp áll. Becsüld meg egy 1 tonna tömegű gránittömb teljes aktivitását. A kapott eredmény a valódi értéket alá- vagy fölébecsli? Mit kellene tudni a pontos eredményhez?

(5 pont)

Adatok: a gránitot tekintsük SiO_2 -nek, ennek móltömege 60 g/mol. 10^{-5} -es uránkoncentráció: a tömb minden százezredik részecskéje urán, nem pedig SiO_2 . A ^{238}U felezési ideje 4,5 milliárd év.

7. feladat (kitűzte: Kopcsa József)

Egy 20 cm³ térfogatú edény 400 mg rádiumot tartalmaz. Mekkora a vele radioaktív egyensúlyban lévő radongáz nyomása 30 °C hőmérsékleten?

(5 pont)

Adatok: a ^{226}Ra felezési ideje 1620 év, a ^{222}Rn felezési ideje 3,825 nap.

Folytatás a következő oldalon!

8. feladat (kitűzte: Kopcsa József)

A természetes radioaktív izotópok felezési idejét és az általuk kibocsátott α -részecskék hatótávolságát vizsgálva Geiger és Nuttall megállapították: a nagyobb hatótávolságú α -részecskéket kibocsátó izotópok felezési ideje jelentősen kisebb. Milyen fizikai modellel értelmezhető ez a tapasztalat? (5 pont)

9. feladat (kitűzte: Sükösd Csaba)

Az ITER nevű, nemzetközi összefogásban Cadarache-ban (Franciaország) épülő tokamak típusú kísérleti fúziós berendezésben a szupravezető tekercsek 11 T indukciójú mágneses teret hoznak létre. A több millió fokos deutérium-trícium plazmában $D + T \rightarrow {}^4\text{He} + n$ atommag-reakció következik be, amelyben 17,6 MeV energia szabadul fel. A plazma hőmérsékletének fenntartásához az is kell, hogy a keletkező ${}^4\text{He}$ részecskék (α -részecskék) legnagyobb része a plazmában adja le a mozgási energiáját (a szakemberek ezt α -fűtésnek hívják).

- Mekkora a keletkezett α -részecskék mozgási energiája?
- Az α -részecskék a mágneses erővonalak mentén spirális pályán mozognak. Legfeljebb mekkora sugara van ennek a spirálisnak, ha a mágneses indukció 11 T?
- Mekkora átmérőjűnek kell lenni a plazmának, hogy a keletkezett α -részecskék 90%-a a mozgása során biztosan ne lépjen ki a plazmából, azaz a teljes energiáját a plazmában adja le? (5 pont)

Megjegyzés: Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy az R sugarú plazmában egyenletes a részecskesűrűség, és a magreakciók is egyenletes sűrűséggel következnek be.

10. feladat (kitűzte Szűcs József)

Neutronok ${}^1\text{H}$ magokban való elnyelődésének vizsgálatára neutrongenerátorból keskeny, monoenergiás neutron-nyalábot nagyon vékony vízmintán keresztül vezetnek (ld. ábra). A vízminta előtt és mögött egy-egy gamma detektorral (A és B) regisztrálják a ${}^1\text{H}(n,\gamma){}^2\text{H}$ magreakció során kibocsátott gamma-fotonokat. Az egyik detektor $E_1 = 3,32$ MeV energiájú, a másik detektor pedig $E_2 = 3,57$ MeV energiájú gamma-fotonokat detektál. A detektált fotonok irányát vehetjük a neutronnyalábbal párhuzamosnak!

- Melyik detektor (A vagy B) érzékeli az E_1 energiájú gamma-fotonokat, és miért?
- A mért adatokból számítsuk ki a részecskenyaláb neutronjainak E_n energiáját és a keletkező deutronok E_k kötési energiáját! (5 pont)

Adatok: A számításoknál a neutronok tömegét vegyük $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg kerekített értéknek, a deutron magokét pedig $m_D = 3,34 \cdot 10^{-27}$ kg-nak. $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ értékekkel számoljunk.

