

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny Döntő 2010. I. kategória

Minden feladat helyes megoldása 5 pontot ér. A feladatokat tetszőleges sorrendben lehet megoldani. A megoldáshoz bármilyen segédeszköz használható.

Rendelkezésre álló idő: **180 perc**

1. feladat. Egy speciális füstérzékelő berendezés a mellékelt ábrán látható felépítésű. Az egymástól d távolságra helyezett radioaktív forrás és az alfa-detektor közé áramlik be a külső levegő.

a) Vajon ez a berendezés ugyanúgy viselkedik Nápolyban (Olaszország, tengerszint) és La Pazban (Bolívia, 3631 m tengerszint felett)?

b) Ha igen, miért? Ha nem, akkor hogyan korrigálhatjuk a berendezés eltérő viselkedését?

(Kitűzte: Sükösd Csaba)

alfa detektor



alfa forrás

2. Feladat A paksi reaktorok primerköri vízében oldott bórsav található.

a) Mi ennek az oka?

b) Miért tilos a reaktort egy adott értéknél nagyobb bórsav koncentráció mellett üzemeltetni?

(Kitűzte: Papp Gergely)

3. Feladat Egy átlagos ház tömege 100 tonna körül van, az építőanyagokban 10^{-4} tömegszázalék urán található. Az urán-238 felezési ideje 4,5 milliárd év

a) Becsüljük meg, hogy egy átlagos családi ház falaiban, alapjában, szerkezeteiben összesen mekkora tömegű urán található és ennek mekkora az aktivitása!

b) Van-e ennek valamilyen hatása a bent élő emberekre?

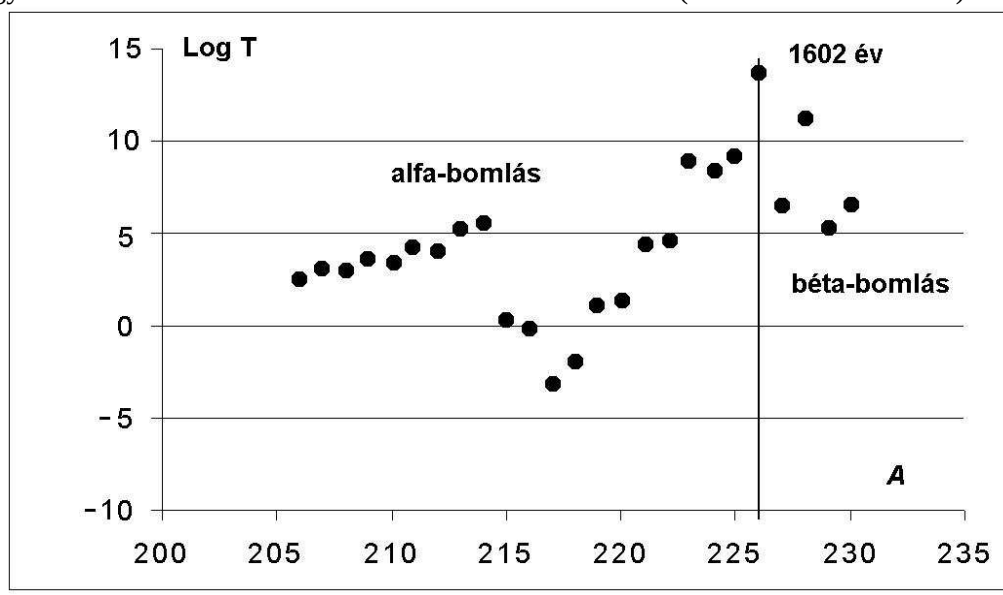
Útmutatás: Elegendő a ^{238}U izotóp aktivitásával számolni, amelynek felezési ideje 4,5 milliárd év.

(Kitűzte: Czifrus Szabolcs)

4. Feladat A rádium-izotópok felezési időit és domináns bomlás módjait az alábbi ábra mutatja. (A függőleges tengely a ms-ban kifejezett felezési idők logaritmusát mutatja!) Az ábrán látható függőleges vonaltól ($A = 226$) jobbra a bomlások leggyakrabban béta-bomlással történnek, a függőleges vonaltól balra pedig alfa-bomlással.

Adjunk magyarázatot a megfigyelhető bomlási módokra, valamint minél több, a felezési időkben megfigyelhető viselkedésre!

(Kitűzte: Sükösd Csaba)



5. Feladat

a) Mekkora annak a fotonnak a hullámhossza, amelyiknek az energiája egyenlő az elektron nyugalmi energiájával?

Egy ilyen foton nyugvónak tekinthető elektronnal ütközik úgy, hogy az ütközés után eredeti terjedési irányával éppen ellenkező irányban fog mozogni.

b) Mekkora lesz a meglökött elektron sebessége?

c) Hányszorosára nő az elektron tömege?

(Kitűzte: Radnóti Katalin)

6. Feladat A neutroncsillagok a leg­sűrűbb makroszkopikus anyagi objektumok az Univerzumban, felépítésük hasonlatos az atommagéhoz, azonban ebben az esetben - a magerők helyett a nagy tömeg miatt - a gravitáció tartja egyben az objektumot.

a) Számítsuk ki mekkora az a minimális tömegszám, melyre éppen kialakulhat kötött állapot, ha feltételezzük, hogy a neutroncsillag csak neutronból áll ($Z=0$), és nagy tömegszám esetén a felületi tag elhanyagolható!

b) Mekkora az objektum minimális tömege? (Kitűzte: Kis Dániel)

Útmutatás: bővítsük a Weizsäcker-féle energia-formulát egy, az objektum gravitációs energiáját

figyelembe vevő taggal : $E_g = -\frac{3}{5}\gamma\frac{M^2}{R}$, ahol M az objektum tömege, R a sugara, és γ a gravitációs

állandó. A neutron tömegét, a gravitációs állandó értékét, valamint a Weizsäcker-formula együtthatóit vegyük a Függvénytáblázatból!

7. Feladat A speciális relativitáselmélet igazolása kapcsán gyakran hivatkoznak arra a kísérletre, hogy a Föld felszínén is mérhetőek a müonok. Az érvelés úgy szól, hogy az idődilatació hatása nélkül a $T = 2,2 \cdot 10^{-6}$ s felezési idejű részecskék elbomlanának mielőtt a légkörön áthaladnak, tehát nem mérhetnénk őket a felszínen. Vizsgáljuk meg az állítás helyességét! Mérések alapján (1963, Frisch és Smith) tudjuk, hogy a müonok átlagos sebessége $v = 0.993c$ ($c = 299793 \frac{km}{s}$). Egy másik kísérletnél egy ballonban elhelyezett detektorral 10000 m magasságban átlagosan 1448 müont mértek egy óra alatt.

a) Mennyi müont mérhetnénk ugyanezzel a detektorral óránként a tengerszinten, ha (i) relativisztikusan, vagy (ii) nem-relativisztikusan kezeljük a problémát?

b) Milyen következtetést vonhatunk le a számítási eredményekből? Hogyan kellene pontosítani a relativitáselmélet igazolására vonatkozó állítást? (Kitűzte: Kis Dániel)

8. Feladat

a) Határozzuk meg azt a küszöbenergiát, amely ahhoz szükséges, hogy egy proton – antiproton pár keletkezzen (az ütköző protonokon kívül), amikor egy felgyorsított proton álló protonba ütközik!

b) Vajon ha mindkét protont felgyorsítjuk azonos sebességre, és egymással szemben ütköznek úgy, hogy párt tudjanak kelteni, akkor a felgyorsított protonok összes energiája nagyobb, vagy kisebb kell legyen, mint az előző esetben? Indokoljuk meg állításunkat! Kitűzte (Radnóti Katalin)

9. feladat Egy ütközőnyalábos gyorsítóban a következő reakció játszódik le: ${}^2H + H \rightarrow {}^3He + \gamma$.

Az ütköző részecskék teljes lendülete nulla (laboratóriumi rendszerben), összes mozgási energiájuk 0,1 MeV, a reakcióenergia pedig 5,5 MeV. Mekkora a reakcióban keletkezett hélium atommag mozgási energiája, ha a tömege $m({}^3He) = 3.016029 m_u$? Az m_u atomi tömegegység értékét vegyük a Függvénytáblázatból! (Kitűzte: Kis Dániel)

10. feladat A ${}^{14}C$ szénizotóp béta-bomlásánál (${}^{14}C \rightarrow {}^{14}N + \beta^- + \tilde{\nu}$) a kirepülő β -részecske (elektron) energiája $0 \leq E_\beta \leq 0,155$ MeV intervallumba eső értékeket vehet fel, mivel a bomlásnál felszabaduló energián a végállapotban lévő három részecske (a visszalökődő ${}^{14}N$ mag, a kirepülő elektron és az antineutrínó) véletlenszerűen osztozik.

a) Mekkora a visszalökődő ${}^{14}N$ mag sebessége és mozgási energiája, ha a β -részecske mozgási energiája maximális?

b) Mekkora sebességgel lökődik vissza a mag akkor, ha a β -részecske energiája nulla?

Adatok: Az antineutrínó nyugalmi tömegét vegyük nullának. Az ${}^{14}N$ atommag tömegét vegyük kerekén $14 m_u$ atomi tömegegységnek, a többi adatot vegyük a Függvénytáblázatból.

(Kitűzte Szűcs József)