

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny – Elődöntő 2020.

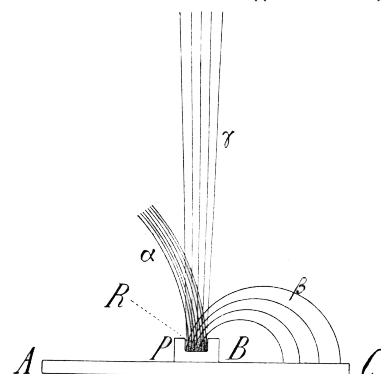
Minden feladat helyes megoldása 5 pontot ér. A feladatokat tetszőleges sorrendben lehet megoldani. A feladatok nem nehézségi sorrendben vannak. A megoldáshoz bármilyen „offline” segédeszköz használható, telekommunikációs eszközök használata tilos. Rendelkezésre álló idő: 180 perc.

1. Feladat:

(kitűzte: Radnóti Katalin || 5 pont)

A mellékelt ábra Marie Curie doktori értekezéséből származik, mely 1903-ban jelent meg. A leírás szerint az ABC fényképezőlemezre a rádiumot (R) egy ólomtömbbe (P) vájt kis mélyedésbe elhelyezve, és annak környezetében erős homogén mágneses teret létesítve, melynek $\vec{B}$ indukcióvektora a rajz síkjára merőlegesen befelé mutat, a preparátumból kiinduló sugarak különválnak.

Az ábrán lévő vonalcsoportok szerkezetéből következtessünk a három különböző sugárzás minél több jellegzetes tulajdonságára! Indokoljuk is meg!



2. Feladat:

(kitűzte: Radnóti Katalin || 5 pont)

Magfizikában léteznek úgynevezett „mágikus számok”.

- Mi a mágikus szám jelentése a magfizikában? Melyek a mágikus számok?
- A függvénytáblázat segítségével soroljunk fel minél több kétszeresen mágikus atommagot!

3. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba || 5 pont)

Miért nem lehet az atomi elektront olyan golyócskának felfogni, amely „véletlenszerűen rohángál” az atommag körül úgy, hogy előre nem lehet megmondani, hogy hol van?

4. Feladat:

(kitűzte: Halász Máté || 5 pont)

Mérések azt mutatták, hogy az 1 g tömegű, hermetikusan lezárt ^{226}Ra izotóp mintában hosszú idő alatt is csak legfeljebb $6,4 \mu\text{g}$ tömegű ^{222}Rn leányelem halmozódik fel. A ^{222}Rn felezési ideje $T_{1/2} = 3,8235$ nap. A ^{226}Ra és ^{222}Rn moláris tömegeit vehetjük 226 g/mol-nak ill. 222 g/mol-nak.

- Miért stabilizálódik a ^{222}Rn mennyisége elegendően hosszú idő alatt? Milyen aktivitások jellemzik ezt az állapotot?
- Becsüljük meg ez alapján a rádium (jóval hosszabb) felezési idejét!
- Miért kell hermetikusan lezárni a ^{226}Ra mintát?

5. Feladat:

(kitűzte: Radnóti Katalin & Papp Gergely || 5 pont)

A nukleáris balesetek, illetve légköri atombomba-robbantások egyik legfontosabb radioaktív terméke az urán hasadása során keletkező, természetben nem megtalálható, tisztán béta-bomló $^{131}_{53}\text{I}$.

- A csernobili katasztrófa után a helybeli lakosok pajzsmirigyének $^{131}_{53}\text{I}$ aktivitása körülbelül 1 kBq volt. Becsüljük meg, hogy mennyi idő alatt csökkenhet ez 10 Bq alá! A $^{131}_{53}\text{I}$ fizikai felezési ideje 8,05 nap, a biológiai pedig 120 nap.
- A $^{131}_{53}\text{I}$ -et egyes pajzsmirigy-megbetegedések gyógyítására is használják. Megfigyelték, hogy nagy dózisok orvosi használata esetén kisebb valószínűséggel alakul ki mellékhatásként rákos megbetegedés, mint közepes dózisok alkalmazása mellett. Mi lehet ennek az oka?

6. Feladat:

(kitűzte: Tarján Péter || 5 pont)

A Földre a Napból érkező sugárzás felületegységre jutó teljesítménye (napállandó, S_0) 1361 W/m^2 .

- Mennyi a Nap felszínén a felületegységenkénti sugárzási teljesítmény?
- Számítsuk ki, hogy milyen hullámhosszon sugároz legjobban a Nap!

Használható adatok: az átlagos Nap–Föld távolság: $R = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$, a Nap sugara $r = 6,957 \cdot 10^5 \text{ km}$, a Stefan-Boltzmann állandó $\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$, a Wien-féle eltolódási törvény állandója $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ K}\cdot\text{m}$; a Napot tekintjük abszolút fekete testnek!

A feladatok a következő oldalon folytatódnak!

1/2

7. Feladat:**(kitűzte: Radnóti Katalin || 5 pont)**

Tegyük fel, hogy a $t = 0$ időpillanatban mérést végzünk egy szabad elektronon. Sikerül olyan mérést végeznünk, amelynek során mind a helyét, mind a lendületét az elméletileg elérhető lehető legpontosabban mérjük. A lendület (p_x) átlagértéke 0 közelében van; a helyet pedig $\Delta x_0 = 10^{-8}$ cm-es bizonytalansággal tudjuk meghatározni. (Adatok: $\hbar/2 \approx 5,273 \cdot 10^{-35}$ m²kg/s.)

- Becsüljük meg a sebesség bizonytalanságát!
- Mekkora lesz a helybizonytalanság 0,1 s illetve 1 s után? (Azaz: Hogyan terjed szét idővel ez a hullámcsoport?)

8. Feladat:**(kitűzte: Papp Gergely || 5 pont)**

Hány keV mozgási energia mellett lesz egy elektron de Broglie hullámhossza egyenlő a Compton hullámhosszával? (Egy részecske Compton hullámhossza olyan foton hullámhosszát jelenti, amelynek az energiája megegyezik a részecske nyugalmi energiájával.)

Az elektron nyugalmi tömege $m_0 \approx 511$ keV/ c^2 .

9. Feladat:**(kitűzte: Tarján Péter || 5 pont)**

Alfa-részecskék hatótávolságát mérjük levegőben végeblakos GM-csővel. A mérésből 2,73 cm-t kapunk, de aztán eszünkbe jut, hogy az alfa-részecskék energiát veszítenek a detektor csillám végeblakán áthaladás közben is, így a kapott hatótávolságot korrigálnunk kell. A GM-cső adatlapján azt találjuk, hogy a végeblak rétegvastagsága (más néven m/A felületi sűrűsége) 2 mg/cm². Adott még az is, hogy 1 cm 15 °C-os levegőréteg alfa-elnyelés szempontjából egyenértékű 1,43 mg/cm² felületi sűrűségű csillámmal. A mérés során a levegő hőmérséklete 27 °C.

- Határozzuk meg 1 cm vastag 15 °C-os levegőréteg felületi sűrűségét!
- Határozzuk meg az alfa-részecskék korrigált hatótávolságát a 27 °C-os levegőben!
- Határozzuk meg az alfa-részecskék energiáját és sebességét a következő összefüggés alapján:

$$R = \frac{1,28 \cdot 10^{-3}}{\rho} (E + 1,34)^{1,90},$$

ahol az R hatótávolságot méterben kapjuk, ha az E energia MeV-ben vett számértékét és a levegő sűrűségének (ρ) kg/m³-ben vett számértékét helyettesítjük be.

A légkör nyomását annak súlya adja, ezért a légkör állapotváltozása izobárnak tekinthető. A levegő sűrűsége 15 °C-on 1,225 kg/m³.

10. Feladat:**(kitűzte: Mester András || 5 pont)**

Gáztöltésű kamrában elhelyezett ²¹⁰₈₄Po izotóp által kisugárzott alfa-részecskék elnyelődnek a kamrában. A kamra által mért töltésáram 0,5 μA. Tegyük fel, hogy csak egyszeres elektromos töltésű ionok keletkeznek az ionizáció során, és ezek 38%-át érzékeljük áramként.

- Milyen az alfa-részecskék pályája a kamrában? Mi lehet a magyarázata annak, hogy csak a keletkezett töltött részecskék 38% részéből lesz ionizációs áram?
- Becsüljük meg a preparátum aktivitását!
- Mennyi a preparátum tömege?

Adatok: az alfa-részecskék átlagos energiája $E_\alpha = 5,41$ MeV, a ²¹⁰₈₄Po felezési ideje 138 nap. Levegőben az átlagos ionizációs energia 35 eV, azaz egy-egy ion-elektron pár létrehozásakor ennyi mozgási energiát veszít az α -részecske.