

# Országos Szilárd Leó Fizikaverseny – Döntő 2026.

## 1. (Senior) kategória és 2. (Junior) kategória

**A megoldásokat feladatonként külön lapra írjuk!** 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. Az általunk megadott állandóknál nem szükséges – de nem is hiba – precízebb értékeket használni. Rendelkezésre álló idő: 180 perc.

### 1. Feladat:

(kitűzte: Szűcs József | Mindenkinék || 5 pont)

Becsüljük meg, hogy mekkora a Föld felszínére merőlegesen beeső  $1000 \text{ W/m}^2$  teljesítményű nap-sugárzás 1 köbméterében lévő fotonok és az  $1 \text{ m}^3$  levegőben található molekulák számának aránya! Számoljunk normálállapotú levegővel:  $T = 0^\circ\text{C}$ ,  $p = 10^5 \text{ Pa}$ , a fotonok átlagos hullámhosszát vegyük  $500 \text{ nm}$ -nek.

### 2. Feladat:

(kitűzte: Papp Gergely | Mindenkinék || 5 pont)

Indokoljuk meg, hogy az alábbi állítások igazak-e vagy hamisak:

- Egy hangforrástól távolodva (vagy közeledve) ugyanazt a frekvenciaváltozást észleljük, mintha a hangforrás ugyanazzal a sebességgel távolodna (vagy közeledne) tőlünk.
- Egy fényforrástól távolodva (vagy közeledve) ugyanazt a frekvenciaváltozást észleljük, mintha a fényforrás ugyanazzal a sebességgel távolodna (vagy közeledne) tőlünk.

### 3. Feladat:

(kitűzte: Szűcs József | Mindenkinék || 5 pont)

1986. április 26-án, 40 éve történt a csernobili atomerőmű baleset. Az európai országok légkörét jelentős radioaktív szennyeződés érte. A mérések szerint a magyarországi légköri szennyeződés nagysága a  $^{131}\text{I}$  izotópból  $A = 10^{15} \text{ Bq}$ -re becsülhető (felezési idő  $T \approx 8 \text{ nap}$ ). Magyarország területe  $F = 93\,030 \text{ km}^2$ .

- Becsüljük meg, hogy Magyarország légterébe hány gramm jódiotóp juthatott légáramlás útján?
- Tételezzük fel, hogy a légköri jódiotóp esőzések következtében két hét alatt a földfelszínre került. Hány  $\text{Bq/m}^2$  volt Magyarországon 2 hét múlva az egységnyi felületű talaj átlagos többletaktivitása?

### 4. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba | Mindenkinék || 5 pont)

Anikó és Bence egy mesterségesen előállított radioaktív izotóp gamma-spektrumát szeretné minél részletesebben megvizsgálni. Az izotópot kutató atomreaktorban kell előállítani, neutron-besugárzással, felezési ideje  $T = 15 \text{ perc}$ . Engedélyt kaptak arra, hogy az előállításához szükséges mintát *összesen egy óráig* besugározzák az atomreaktorban, valamint a gamma-spektrum felvételéhez szükséges félvezető detektort *összesen egy óráig* használhassák a spektrum felvételére. Bence azt javasolja, hogy a kísérletet úgy végezzék el, hogy egy óráig besugározzák a mintát, és utána egy óráig mérnek. Anikó szerint viszont négy részletben kellene kihasználniuk a kapott időt: negyedórát besugározni, aztán negyedórát mérni, és ezt négy különböző napon megtenni, hogy az összes reaktoridőt és detektoridőt kihasználják. Hasonlítsuk össze a két mérési módszert a gamma-spektrum mérése szempontjából! Ugyanannyi beütést mérnek? Ha igen, miért, ha nem, kinek a módszere adna több detektált részecskét? Az izotóp gyártásakor az aktivitás az alábbi függvény szerint *növekszik*:  $A(t) = A_{\text{max}} \cdot (1 - 2^{-t/T})$ , ahol  $T$  az izotóp felezési ideje, és  $A_{\text{max}}$  a maximálisan elérhető aktivitás.

### 5. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba | Mindenkinék || 5 pont)

Egy téglalap alakú molekulában, amelynek a hosszabbik oldala  $a = 0,735 \text{ nm}$  hosszúságú, három elektron terül szét a molekula felületén. A harmadik elektron  $620 \text{ nm}$  hullámhosszúságú fotont tud elnyelni, miközben a következő lehetséges állapotba gerjesztődik. Hány nanométer a molekula rövidebb oldalának  $b$  hossza?

A feladatok a következő oldalon folytatódnak!

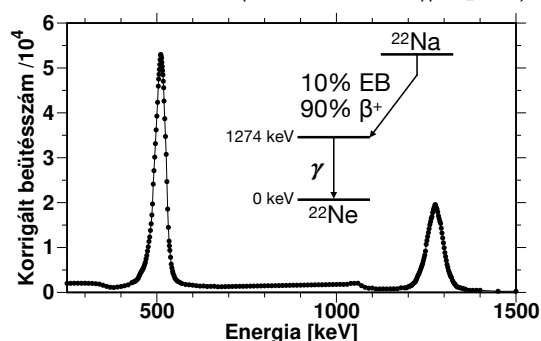
1/3

### 6. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba | Mindenkinek || 5 pont)

A  $^{22}\text{Na}$  nuklid bomlása a mellékelt séma alapján történik. A gamma-spektrumában két jól megkülönböztethető energiájú gamma-csúcs látszik (lásd ábra). A detektálási hatásfokkorrekciók után a csúcsok alatti területek várható aránya 1,8 : 1.

- Milyen energiájú gamma-fotonoknak felelhet meg ez a két csúcs?
- Miért várható 1,8 : 1 területarány, és melyik csúcs területe lesz a nagyobb?



### 7. Feladat:

(kitűzte: Szűcs József | Mindenkinek || 5 pont)

Egy röntgenfoton  $\vartheta = 30^\circ$ -os szöggel szóródik egy szabad és állónak tekinthető elektronon. A meglökött elektron de Broglie-hullámhossza megegyezik a szórt foton hullámhosszával.

- Mekkora volt a beérkező foton hullámhossza? (Használjuk a lendület-megmaradás vektor-ábráját!)
- Energiájának hány százalékát adja át a foton a helyéről kilökött elektronnak?
- A nyugalmi energiája hányszorosával nő meg a mozgó elektron mozgási energiája?

### 8. Feladat:

(kitűzte: Papp Gergely | 2. (Junior) kategória || 5 pont)

Egy amerikai oktató laboratóriumban használt, tiszta alfa-bomló  $^{210}\text{Po}$  izotópból álló minta aktivitása a gyártáskor  $1 \mu\text{Ci}$  (1 mikrocurie) volt. Egy diák a mintát egy kézi Geiger-Müller számlálóval mérve percenként 1200 beütést mér. A mintát az adatlapja szerint 120 nappal korábban gyártották, felezési ideje  $T_{1/2} \approx 138,4$  nap.

- A bomlások mekkora százalékát érzékeli a mérés?
- Soroljunk fel legalább két indokot, hogy miért nem érzékeljük az összes bomlást!

### 9. Feladat:

(kitűzte: Gulyás Attila | 2. (Junior) kategória || 5 pont)

Egy 70 kg-os ember testének radioaktivitása  $\approx 8$  kBq, amelynek kb. fele (4 kBq) a testben található  $^{40}\text{K}$  bomlásából származik. A  $^{40}\text{K}$  89,3% valószínűséggel negatív béta-bomló, és a bomlásakor 1311 keV energia szabadul fel. Tegyük fel, hogy a béta-bomlások a testben egyenletesen mindenhol történnek, és a béta-részecskék a testben teljesen elnyelődnek.

- Becsüljük meg, mekkora éves elnyelt dózist kap az ember a  $^{40}\text{K}$  béta-sugárzásából, ha a béta-részecskék átlagos energiája  $E_\beta = 560$  keV!
- Miért jelentősen kisebb a béta-részecske átlagos energiája a bomlásban felszabaduló teljes energiánál? Milyen hatással van ez a dózisra?

### 10. Feladat:

(kitűzte: Radnóti Katalin | 2. (Junior) kategória || 5 pont)

Egy 2500 K felszíni hőmérsékletű vörös törpecsillag  $R_{cs}$  sugara a Nap sugarának tizede, tömege a Nap tömegének 8%-a. A csillag körül keringő exobolygó pályáját tekintsük körnek, az exobolygó alakját pedig gömbnek. Tételezzük fel, hogy az exobolygó felszínén a hőmérséklet mindenhol ugyanakkora.

- A csillagtól milyen  $R$  távolságban kellene keringenie egy exobolygónak ahhoz, hogy  $15^\circ\text{C}$  legyen a hőmérséklete? (Tegyük fel, hogy az exobolygót csak a csillag sugárzása fűti, más hatás – üvegházhatás vagy a bolygó mélyének hője – a hőmérsékletet nem befolyásolja.)
- Hány nap lenne ennek az exobolygónak a keringési ideje?

$$R_{\text{Nap}} = 7 \cdot 10^8 \text{ m}, M_{\text{Nap}} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}, \gamma = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2), \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4).$$

### 11. Feladat:

(kitűzte: Halász Máté | 1. (Senior) kategória || 5 pont)

Egy zárt sugárforrás két különböző energiájú gamma-sugárzó komponenst tartalmaz, melyek aktivitása rendre  $A_x$  és  $A_y$ . A sugárzást egy detektor méri, amely az energiákat nem különbözteti meg. Az egyszerűség kedvéért tegyük fel most, hogy a detektor mindkét energiára azonos, de ismeretlen hatásfokkal működik. A forrás és a detektor közé homogén anyagot helyeznek. A gamma-sugárzás elnyelődése az anyagban exponenciális ( $N(d) = N_0 e^{-\mu d}$ ), a kétféle gamma-sugárzásra vonatkozó lineáris

abszorpciós tényezők:  $\mu_x = 0,35 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\mu_y = 0,09 \text{ cm}^{-1}$ . Határozzuk meg az aktivitások  $r = A_x/A_y$  arányát, ha

- i)  $d = 5 \text{ cm}$  vastagság esetén a számlálási sebesség  $N_1 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$ ,
- ii)  $2d = 10 \text{ cm}$  vastagság esetén  $N_2 = 4,2 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$ !

---

**12. Feladat:**

(kitűzte: Tarján Péter | 1. (Senior) kategória || 5 pont)

Elektron–pozitron ütközésben  $u\bar{u}$  kvark–antikvark párt akarunk kelteni. Legalább mekkorának kell lennie ehhez a pozitron mozgási energiájának, ha

- a) az elektront és a pozitront ciklikus gyorsítóban egymással szemben keringetve azonos energiára gyorsítjuk?
- b) a felgyorsított pozitron egy álló céltárgyban található elektronnal ütközik?

Adatok: az  $u$  kvark tömegét vegyük  $2,3 \text{ MeV}/c^2$ -nek, az elektron tömege  $m_e = 0,511 \text{ MeV}/c^2$ .

---

**13. Feladat:**

(kitűzte: Halász Máté | 1. (Senior) kategória || 5 pont)

Egy kis méretű, vékony falú, üreges, fekete felületű fémgömb vákuumban helyezkedik el. Kezdetben a gömb hőmérséklete  $T_0$ , a környező tér hőmérséklete  $T_k$  (állandó). A gömb kizárólag hőmérsékleti sugárzás útján cserél energiát a szintén tökéletes fekete sugárzónak tekintett környezetével.

- a) Írjuk fel, mekkora a gömb és környezete közötti nettó sugárzási teljesítmény, ha a gömb pillanatnyi hőmérséklete  $T$ !
- b) Tegyük fel, hogy  $\Delta T = T - T_k \ll T_k$ . Mutassuk meg, hogy ebben az esetben a nettó teljesítmény jó közelítéssel arányos a kicsiny  $\Delta T$ -vel!
- c) Határozzuk meg, mennyi idő alatt csökken a kezdeti hőmérséklet-különbség a felére, és mutassuk meg, hogy az időbeli lefolyás exponenciális!