

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny – Elődöntő 2019.

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, kivéve telekommunikációs eszközök. Rendelkezésre álló idő: 180 perc.

1. Feladat:

(kitűzte: Ujvári Sándor || 5 pont)

Egy lezárt dobozban ötvözetet helyeztek el, amely kétfajta, azonos anyagmennyiségű (azonos számú atomot tartalmazó) fémből készült. Mindkét fém radioaktív, az egyik (A) felezési ideje 12 év, a másiké (B) 18 év. Amikor a dobozt kibontották és az ötvözetet elemezték, az A és B fém anyagmennyiségének aránya $N_A/N_B = 53/220$ volt. Mennyi idős volt az ötvözet?

2. Feladat:

(kitűzte: Halász Máté || 5 pont)

A Nap sugara 695 700 km, a felszíni hőmérséklete 5778 K.

- Számítsuk ki a Nap átlagos térfogati teljesítménysűrűségét (W/m^3)! Értelmezzük az eredményt!
 - Hány proton alakul a Napban héliummá másodpercenként?
 - Mekkora ezeknek a protonoknak az együttes tömege?
- A Stefan-Boltzmann állandó értéke $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$.

3. Feladat:

(kitűzte: Papp Gergely || 5 pont)

A Curiosity Mars-járó áramellátásáról egy Radioizotópos Termoelektromos Generátor (RTG) gondoskodik. A generátor hőforrása 8 darab, indításkor egyenként 0,5 kg tiszta alfa-bomló $^{238}_{94}\text{PuO}_2$ töltet. Az elektromos átalakítás hatásfoka $\eta = 6,25\%$.

- Hány Watt az RTG elektromos teljesítménye induláskor?
 - Hányad részére esik ez a teljesítmény a Marshoz érkezés pillanatában, ha az út 253 napig tart?
- A $^{238}_{94}\text{Pu}$ felezési ideje $T_{1/2} = 87,7$ év, alfa-energiája $E_\alpha = 5,593 \text{ MeV}$, a PuO_2 moláris tömege 276 g/mol.

4. Feladat:

(kitűzte: Szűcs József || 5 pont)

Egy 5 amperes olvadó biztosíték kör keresztmetszetű olvadó szálának átmérője d . Mekkora lesz a biztosíték teherbírása, ha az ugyanabból az anyagból készült olvadó szálát azonos hosszúságú, $2d$ átmérőjűre cseréljük ki? (Tegyük fel, hogy a szálak hőleadása a hengerpalást mentén, tisztán hőszugárzás útján történik.)

5. Feladat:

(kitűzte: Tarján Péter || 5 pont)

A $^{212}_{83}\text{Bi}$ mag radioaktív, 64% valószínűséggel β^- -bomlással, 36% valószínűséggel α -bomlással alakul át. A megmaradt bizmut atomok száma 60,55 percenként feleződik a bomlás során (azaz felezési ideje 60,55 perc).

- Milyen atommagok keletkeznek a bomlások során?
- Mekkorák az alfa- és a béta-bomlások felezési idejei (T_α ill. T_β) külön-külön?
- A bizmut hány százaléka bomlik el $T_\alpha + T_\beta$ idő eltelte után?

Megjegyzés: Egy többféle módon is bomlani képes radioaktív atommagnál beszélhetünk a különféle típusú bomlások időegységre eső valószínűségéről külön-külön is. Ezek a „részleges” bomlási valószínűségek, vagy részleges bomlási állandók. Mivel a különböző bomlások egymástól függetlenül, véletlenszerűen következhetnek be, ezért a teljes időegységenkénti bomlási valószínűség (λ [1/s]) ezeknek a részleges bomlási valószínűségeknek az összegeként adódik: $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N$.

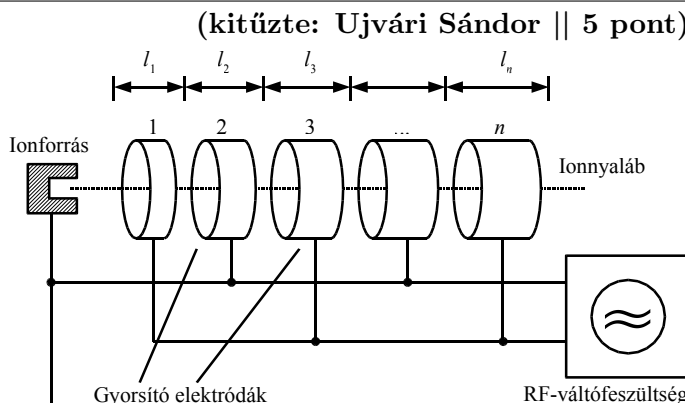
6. Feladat:**(kitűzte: Sükösd Csaba || 5 pont)**

A CERN LHC gyorsító-csővében protonok száguldanak azonos sebességgel. Egy-egy proton mozgása elektromos áramerősséget jelent, így a párhuzamosan futó protonok olyanok, mint párhuzamos vezetőkben egy irányba futó áramok. Ezekről pedig tudjuk, hogy vonzzák egymást. Ugyanakkor pedig a protonok - azonos elektromos töltésük lévén - taszítják is egymást. Vajon melyik hatás az erősebb? Indokoljuk meg a választ! (Megjegyzés: a feladatban a pálya görbületségétől és a protonok gyorsításától tekintsünk el, azaz vegyük úgy, mintha a feladatban szereplő kölcsönhatások nélkül a protonok egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznének.)

7. Feladat:**(kitűzte: Ujvári Sándor || 5 pont)**

2 MeV energiájú proton lép egy lineáris gyorsítóba, aminek 597 (fémről készült, üreges, hengeres) gyorsító elektródáját (driftcső) egy 200 MHz frekvenciájú oszcillátor működteti. A végső energia 300 MeV. A proton tömege $m_p = 938 \text{ MeV}/c^2$.

- Milyen hosszú a második driftcső?
- Milyen hosszú az utolsó előtti?
- Hány driftcsőre lenne szükség, ha 500 MeV energiát szeretnénk elérni?



Megjegyzés: A gyorsítás szakaszosan történik az elektródák (driftcsövek) közötti hézagokban. Mivel az elektródák fémről vannak, belsejükben nincs elektromos térerősség (Faraday-kalitka), így nincs gyorsítás sem. A gyorsítási folyamat akkor optimális, ha a töltött részecske minden hézagban újra gyorsul, azaz ha két, egymást követő hézagba lépés között éppen félperiódusnyi idő telik el. A hézagközök és elektródák hosszának alkalmas megválasztásával elérhető, hogy a szakaszos gyorsítás egyenlő energiaadagokban történjen. A driftcsövek közötti hézagot - ahol a részecskék gyorsítása történik - tekintjük elhanyagolható szélességűnek a driftcsövek hosszához képest!

8. Feladat:**(kitűzte: Halász Máté || 5 pont)**

Arthur Ashkin az 1970-es években fejlesztette ki a fénynyomás elvén alapuló optikai csipeszt (vagy más néven lézercsipeszt), amely egy erősen fókuszált lézernyaláb segítségével mikroszkopikus részecskék háromdimenziós mozgatására alkalmas eszköz, és melynek kifejlesztéséért 2018-ban fizikai Nobel-díjat kapott. A fellépő erők és nyomások nagyságrendjének érzékeltetésére határozzuk meg egy 520 nm hullámhosszú, 50 mW teljesítményű lézer által kifejtett (a) erőt és (b) fénynyomást, ha a lézernyalábot hullámhossznyi átmérőre fókuszáljuk!

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

Vegyünk egy a Nap felszínéről kirepülő protont.

- Mekkora minimális kinetikus energiára van szüksége (eV egységekben), hogy elhagyhassa a Nap-rendszert?
- Mekkora hőmérsékleten ekkora a részecskék átlagos energiája?

A Nap sugara 695 700 km, a proton tömege $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. (Csak a Nap gravitációs terét vegyük figyelembe, a bolygók gravitációs hatásától tekintsünk el. A megoldáshoz szükséges további adatokat keressük ki a függvénytáblázatból. Figyelem! A táblázatban található szökési sebesség a Föld pályájáról érvényes.)

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

Egy üreges acélgömb belsejében 5 kg ^{209}Po -ot helyezünk el, majd a gömböt a világűrbe juttatjuk egy olyan pályára, amin a Föld mindig árnyékolja a Napot.

- Mekkora lesz az állandósult hőmérséklete a gömbnek kezdetben?
- Adjuk meg a hőmérséklet változásának időfüggését!

A gömb sugara 10 cm, a ^{209}Po α -bomló, felezési ideje 125,2 év, egy bomlásban felszabaduló energia $7,98 \cdot 10^{-13} \text{ J}$, a gömb külsejének reflexióképessége 0,8.