

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny – Döntő 2024.

2. (Junior) kategória és 1. (Senior) 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 nem. Rendelkezésre álló idő: 180 perc.

1. Feladat:

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

Milyen három tulajdonsága kell legyen egy anyagnak, hogy jól lehessen használni atomreaktorban moderátornak?

2. Feladat:

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

A ^{56}Fe izotópna a legkisebb az egy nukleonra vetített tömege (M/A). De nem ebben az izotópban a legnagyobb az egy nukleonra eső kötési energia ($|E|/A$), hanem a ^{62}Ni -ben.

- Az univerzum története során hol keletkezhet(ett) ^{56}Fe , és hasonló, közepes tömegszámú magok?
- Miért lehet a ^{56}Fe gyakoribb, mint a nála erősebben kötött ^{62}Ni és ^{58}Fe ?

3. Feladat:

(kitűzte: Halász Máté | Mindenkinek || 5 pont)

Egy 1332,5 keV energiájú γ -foton (^{60}Co forrás) párkeltést hoz létre egy ^{54}Fe atommag közelében. Az elektron és pozitron a γ -foton beérkezési irányára merőlegesen indul el.

- Hány eV energiát visz el a párkeltés során meglökött atommag?
- Hány eV a keletkezett elektron és pozitron mozgási energiája?

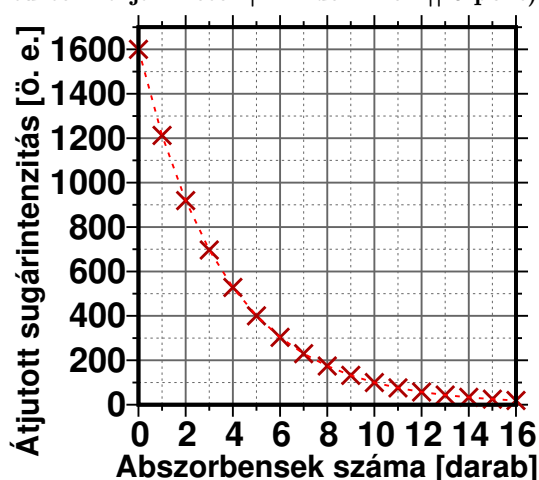
Adatok: Az elektron tömege $m_e = 511 \text{ keV}/c^2$, $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$, $M(^{54}\text{Fe}) \approx 54 \text{ u}$.

4. Feladat:

(kitűzte: Tarján Péter | Mindenkinek || 5 pont)

A mellékelt grafikon egy β -forrás sugárzásának gyengülését mutatja egyre több rétegű abszorbensen való áthaladás után. A vízszintes tengelyen az abszorbens lemezek darabszáma van megadva, a függőlegesen a lemezeken átjutott sugárintenzitás (normált - önkényes egység). Egy lemez felületi sűrűsége (a lemez alakú abszorbens tömege osztva a területével) $9 \text{ mg}/\text{cm}^2$.

- Mekkora felületi sűrűségű abszorbens után csökken a felére az eredeti intenzitás?
- Az abszorbensen átjutó sugárzásintenzitás milyen függvénye az abszorbens vastagságának?
- Milyen kémiai elemet használtunk abszorbensként, ha az eredeti intenzitás 16-od részére csökkentéséhez szükséges vastagság 0,33 mm?



5. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba | Mindenkinek || 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 10 év, a másiké (B) 20 év. Amikor pár év múlva a dobozt kibontották, és az ötvözetet elemezték, az A és B fém anyagmennyiségeinek aránya továbbra is azonos (1:1) volt. Hogyan lehetséges ez? (Feltevésünket igazoljuk levezetéssel.)

6. Feladat:

(kitűzte: Ujvári Sándor & Szűcs József | Mindenkinek || 5 pont)

Egy neutron és egy proton nyugalmi állapotban befogáson mehet keresztül: $p + n \rightarrow D + \gamma$.

A felszabadult energia hányad részét viszi el a deuteron? Adatok: $m_p = 1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_n = 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_D = 3,34358 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (deuteron mag), $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

7. Feladat:

(kitűzte: Radnóti Katalin & Sükösd Csaba | Mindenkinék || 5 pont)

A PET (Pozitron Emissziós Tomográf) vizsgálatokhoz gyakran alkalmazzák a fluor 18-as tömegszámú izotópját, amelyet a következő magreakcióval állítanak elő ciklotronban: $^{18}\text{O} + \text{p} \rightarrow ^{18}\text{F} + \text{n}$.

A keletkező ^{18}F izotóp felezési ideje 109,6 perc. A Debreceni Egyetem PETtrace ciklotronja 16,5 MeV energiájú, 70 μA áramerősségű protonnyalábokat képes gyorsítani. Egy gyártási tételből előállított maximális aktivitás Debrecenben 185 GBq.

- Miért alkalmas a keletkezett izotóp PET vizsgálatokhoz?
- Mekkora csökken le a minta aktivitása egy Budapestig tartó, 3 órás út alatt?
- Tegyük fel, hogy a maximálisan előállítható aktivitást a ^{18}F folyamatos bomlása korlátozza – a maximális aktivitáson a minta telítésbe megy, a gyártás és bomlás egyensúlyba kerül. Becsüljük meg, hogy a felgyorsított protonok mekkora hányada vesz részt a kívánt magreakcióban!

8. Feladat:

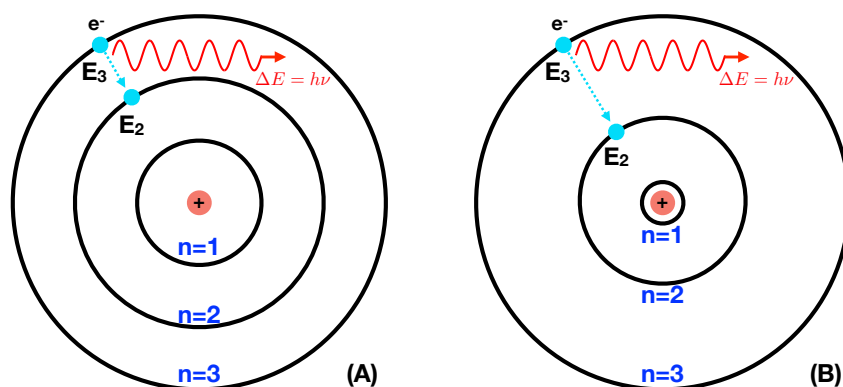
(kitűzte: Tarján Péter | 2. (Junior) kategória || 5 pont)

A ^8_4Be mag alfa-bomló. Mekkora a Be atom tömegközépponti rendszerében az alfa-részecske sebessége a bomlás után? Adatok: A ^8_4Be atommag tömege $8,0031 \text{ u} = 1,328948 \cdot 10^{-26} \text{ kg} = 7454,850 \text{ MeV}/c^2$, az alfa-részecskéé $4,0015 \text{ u} = 6,644657 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 3727,379 \text{ MeV}/c^2$.

9. Feladat:

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

Tekintsük a csatolt két ábrát.



- Mekkora energiájú annak az elektromágneses hullámnak egy fotonja, amely a képeken látható átmenet során keletkezik egy H-atomban?
- Mekkora a hullámhossza?
- Hogyan aránylik a hullámhossz nagysága a H-atom $n = 3$ gerjesztett állapotának méretéhez?
- A bal (A) vagy jobb oldali (B) ábra ábrázolja jobban a gerjesztett H-atom méretviszonyait?

Adatok: Az alapállapotú hidrogénatom sugara $r_1 \approx 50 \text{ pm}$, energiája $E_a = -2,18 \text{ aJ}$, a vákuumbeli fénysebesség $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, a Planck-állandó $h \approx 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$.

10. Feladat:

(kitűzte: Tarján Péter | 2. (Junior) kategória || 5 pont)

A CERN LHC gyorsítójának ütköző nyalábjaiban elért jelenlegi rekordok: 6,5 TeV teljes energiájú protonok és 2,68 TeV *nukleononkénti* energiájú ^{208}Pb atommagok. Tételezzük fel, hogy az LHC gyűrűje pontosan kör alakú, és annak 26 659 m hosszúságú kerülete mentén végig ugyanakkora a mágneses tér nagysága!

- Legalább mekkora legyen ez a mágneses tér, hogy a fenti energiájú részecskéket pályán tudja tartani?
- A valóságban ennél nagyobb, 8,33 T erősségű tér létrehozására is képes szupravezető dipólmágnesekre van szükség. Miért?

11. Feladat:**(kitűzte: Szűcs József | 1. (Senior) kategória || 5 pont)**

A Föld felszínéről, függőlegesen felfelé, kilövének egy lézersugarat a Holdra. Ezzel egy időben egy falu templomtornyából egy másik falu 16 km-re lévő templomtornyára is lézersugarat bocsátunk. Adjunk becslést a két esetre vonatkozóan a foton-molekula találkozások számának arányára!

Adatok: $g \approx 10 \text{ m/s}^2$, a Föld felszínén a légnyomás $p \approx 10^5 \text{ Pa}$, ugyanitt a levegő sűrűsége $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$, a világűrben lévő molekulák térfogati sűrűségét vegyük nullának.

12. Feladat:**(kitűzte: Sükösd Csaba | 1. (Senior) kategória || 5 pont)**

1991. október 15-én az USA Utah államában lévő „Fly’s Eye” („légyszem”) detektor észlelte az addigi legnagyobb energiájú részecskét a kozmikus sugárzásban. Ezt a részecskét „Oh My God” (OMG) részecskének nevezték el, mivel az észlelésekor a kutatók így kiáltottak fel meglepetésükben. A részecske energiája $\approx 3,2 \cdot 10^{20} \text{ eV}$ volt. Egy gondolatkísérlethez tegyük fel, hogy ez a részecske proton, és a Nagy Hadronütköztető (LHC) egyik $L = 14,3 \text{ m}$ hosszú eltérítő mágnesébe pontosan a hossz tengellyel párhuzamosan lép be. A mágneses tér nagysága $B = 8,33 \text{ T}$.

- Hány méter lesz az eltérése az eredeti iránytól, amikor elhagyja a mágneset? Hasonlítsuk ezt össze a H-atom átmérőjével!
- Hány cm lenne az eltérés, ha ezt a részecskét nem protonnak, hanem elektronnak feltételezzük?

13. Feladat:**(kitűzte: Papp Gergely | 1. (Senior) kategória || 5 pont)**

Egy állandó mágneses terű ciklotronban gyorsuló részecske félkörívek sokaságát leírva egy kvázi spirál alakú pályán mozog. A két elektróda között átlépve a gyorsító elektromos térből energiát nyerve a pálya sugara minden lépésben megnő. Mutassuk meg, hogy bármely két szomszédos ív között közrezárt terület állandó! Az ábrán példaképpen néhány ilyen területet A–D betűkkel, és különböző színekkel jelöltünk. Tegyük fel, hogy a ciklotronrezonancia mindig egzaktul teljesül. (A ciklotron elvét és a ciklotronrezonanciát először az idén éppen 60 éve elhunyt Szilárd Leó írta le.)

