

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny Döntő 2015. I. kategória

Minden feladat helyes megoldása 5 pontot ér. A feladatokat tetszőleges sorrendben, feladatonként külön lapon kell megoldani. A megoldáshoz bármilyen segédeszköz használható.

Rendelkezésre álló idő: 180 perc

1. feladat

(Kitűzte: Ujvári Sándor)

Ha egy plutónium (^{239}Pu) gömböcskét folyékony nitrogénbe helyezünk, akkor az általa leadott hő mérésével meg lehet mérni a ^{239}Pu felezési idejét. A folyékony nitrogén mennyisége elegendő ahhoz, hogy a kilépő α részecskék nagy valószínűséggel mind elnyelődjenek. Az elpárolgott folyékony nitrogén mennyiségét mérjük, és ebből állapítjuk meg a ^{239}Pu felezési idejét. Mivel az α részecske kilépésekor a keletkezett leánymag visszalökődik, ezt is figyelembe kell venni a számításnál. Mekkora a plutónium felezési ideje, ha a mérés az alábbi adatokat szolgáltatja?

Adatok: A plutóniumgömb tömege 0,1 kg, a kibocsátott α részecskék energiája 5,144 MeV. A folyékony nitrogén forráshője 199300 J/kg, és egy óra alatt 3,5 g forr el a plutónium bomlásának hatására.

2. feladat

(Kitűzte: Radnóti Katalin és Szűcs József)

Ha elektromos kölcsönhatással a KI kristályból eltávolítunk egy Γ iont, akkor az üresen maradt helyét egy elektron foglalhatja el. Ezt az elektront úgy tekinthetjük, mintha egy $2d$ oldalú kocka alakú dobozba lenne zárva, ahol $d \approx 0,7$ nm, a KI kristály rácsállandója. A kristály – a dobozba zárt elektron gerjesztése révén – $f \approx 5,13 \cdot 10^{14}$ Hz frekvenciájú narancsszínű fény kibocsátására képes. Keressük meg a bezárt elektronnak azt a gerjesztett állapotát, amelyből alapállapotba jutva a megfigyelt frekvenciájú fényt kibocsáthatta! Adjuk meg ennek az állapotnak a kvantumszámait!

3. feladat

(Kitűzte: Kis Dániel)

A ^{14}C atommagban 6 proton, a ^{14}N atommagban 7 proton van. Tudjuk, hogy az atommagot összetartó erők (magerők) nem tesznek különbséget a protonok és a neutronok között, a kölcsönhatások erőssége a nukleonok között e tekintetben ugyanakkora. Mivel mindkét atommagban 14 nukleon van, a magerők nem jelentenek különbséget. A ^{14}N atommagban a 7 proton nagyobb Coulomb-taszítása a kötés gyengülését okozza a ^{14}C -hez képest. A tapasztalat szerint viszont a két atommag közül mégis a ^{14}C az instabil!

a) Magyarázzuk meg ezt az első látásra meglepő tény!

b) Adjunk becslést a ^{14}C béta-bomlása során kijövő elektron maximális energiájára!

Adatok: $E_{\text{kötési}}(^{14}\text{C}) = 105,284508$ MeV, $E_{\text{kötési}}(^{14}\text{N}) = 104,658625$ MeV,

$m(p) = 1.672621777 \cdot 10^{-27}$ kg, $m(n) = 1.674927351 \cdot 10^{-27}$ kg, $m(e) = 9.10938215 \cdot 10^{-31}$ kg.

4. feladat

(Kitűzte: Sükösd Csaba)

Becsüljük meg, hány szénatomból állhat az a telítetlen kötésekkel tartalmazó szénláncmolekula, amelynek vizes oldatát kémcsőbe helyezve zöld színűnek látjuk áteső fényben? (Két szénatom távolsága a telítetlen láncban 0,133 nm.)

5. feladat

(Kitűzte: Ujvári Sándor)

Dél-Dakota államban működött a Homestake neutrínó-detektor. Egy bányában 1500 m mélyen 615 t perklóretilént (C_2Cl_4) helyeztek el, mint detektoranyagot, hogy a Napban keletkezett neutrínókat megfigyeljék. A detektálási térfogat 400 m^3 . A Cl atomok kb. 24,47%-a ^{37}Cl . A neutrínók hatására a klórból argon jön létre a következő reakció szerint: $^{37}\text{Cl} + \nu_e \rightarrow ^{37}\text{Ar} + e^-$.

A keletkezett ^{37}Ar nemesgáz, kibuborékolatással össze lehet gyűjteni, emellett radioaktív, és ismét klórrá bomlik, így a mennyisége meghatározható.

a) Mekkora a detektor által érzékelhető neutrínók minimális energiája?

b) Írjuk fel az ^{37}Ar bomlásának egyenletét!

c) Hány argonatom keletkezése várható egy nap?

Adatok: $M(^{37}\text{Ar}) = 36,96677632 \text{ u}$; $M(^{37}\text{Cl}) = 36,96590259 \text{ u}$. A perklóretilén moláris tömege:

$165,8 \text{ g/mol}$, sűrűsége $1620 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. A mérések szerint egy klóratom $F = 10^{-46} \text{ m}^2$ -nyi felületen fog be egy

neutrínót; a minimális energiaszintnél nagyobb energiájú neutrínók fluxusa a Földön: $\Phi = 10^{13} \frac{1}{\text{m}^2 \text{ s}}$. $1 \text{ u} =$

$931,494061 \text{ MeV}/c^2$.

6. feladat

(Kitűzte: Mester András)

Magyarország fölött napjainkban a levegő szén-dioxid tartalma 0,038%, 100 évvel ezelőtt 0,028% volt. A $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ izotóp arány pedig 10^{-12} volt.

- Hol és milyen módon keletkezik a ^{14}C izotóp?
- Mennyi volt 100 évvel ezelőtt a radioaktív szénizotópból származó aktivitás hazánk légkörében?
- Növekedett-e a 100 évvel ezelőttihez képest a radioaktív szénizotópból származó aktivitás a légkörben? A választ indokoljuk meg!

Adatok: Magyarország területe 93000 km^2 , a ^{14}C felezési ideje 5700 év, $g = 10 \text{ m/s}^2$, a légköri nyomás 10^5 Pa

7. feladat

(Kitűzte: Papp Gergely)

A NASA Dawn űrszondája a Vesta kisbolygó vizsgálata után idén márciusban állt a Földtől kétszeres Föld-Nap távolságban keringő Ceres körüli pályára. A Dawn fellövése után meghajtásához és pályakorrekciójához ionhajtóművet használ. A hajtómű egyszerűen ionizált xenon ionokat bocsájt ki, amelyeket egy elektrosztatikus részecskegyorsítóval gyorsítanak fel.

- Vizsgáljuk meg, hogyan függ a hajtómű tolóereje a gyorsító nyalábteljesítményétől.
- Soroljunk fel több különböző indokot, hogy miért célszerű xenon hajtóanyagot, és miért egyszerűen ionizált állapotban használni az ionhajtóművekben?

8. feladat

(Kitűzte: Mester András)

Egy eredetileg nyugvó, szabad, azonos proton és neutron számú atommag felé nagy távolságból egy α -

részecske halad $v = \sqrt{\frac{8}{1,67}} \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel a két részecskét összekötő egyenes mentén. Az α -

részecske az atommagot $9 \cdot 1,6^2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ távolságra közelíti meg. Milyen elem magjából van szó?

Adatok: a részecskéket tekintjük pontszerűnek, a számítások során a proton és neutron tömegét egyaránt

$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ -nak vegyük ($k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$, a proton töltése: $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

9. feladat

(Kitűzte: Szűcs József)

Becsüljük meg, hogy egy nyári napon, a Föld felszínén mekkora a napsugárzás fotonjainak és a levegő molekuláinak térfogati sűrűsége.

- Mekkora ez a sűrűségarány?
- Mekkora levegőrészecskék és a napsugárzás fotonjai által a felületre kifejtett nyomások aránya?
- Magyarazzuk meg a részecskesűrűségek és a részecskenyomások arányainak eltérését!

Adatok: A felszínen vegyük a beérkező napsugárzás teljesítményét 1000 W/m^2 -nek, és számoljunk átlagosan 550 nm-es foton-hullámhosszal.

10. feladat

(Kitűzte: Szűcs József)

Bergengócia elméleti fizikusai hét év után ismét „új elméleti eredményre” jutottak, mely szerint a „Bergenverzum” elektronjainak belső szerkezettel kell rendelkezni, ezért azok megfelelő energiával gerjeszthetők is. Az elméleti számítások szerint az elektronok gerjesztési energiája megegyezik nyugalmi energiájuk felével: $E_g = 0,5 m_0 c^2$. Bergengócia kísérleti fizikusai az új elmélet igazolására nyugvó, szabad elektronokat kívánnak gerjeszteni úgy, hogy az elektronok teljesen elnyeljék a gerjesztő fotonokat.

- Mekkora a foton-sugárzással gerjesztett bergengóc-elektronok sebessége a fotonok elnyelése után?
- A tervezett kísérletben várhatóan milyen hullámhosszúságú fotonokat nyelnek el teljesen a bergengóc-elektronok, ha azok nyugalmi tömege alapállapotban a mi világunk elektronjai nyugalmi tömegének 1000-szerese?
- Mekkora a gerjesztő gamma-foton hullámhosszának és a gerjesztett elektron de Broglie hullámhosszának aránya?

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny Döntő 2015. II. kategória

Minden feladat helyes megoldása 5 pontot ér. A feladatokat tetszőleges sorrendben, feladatonként külön lapon kell megoldani. A megoldáshoz bármilyen segédeszköz használható.

Rendelkezésre álló idő: **180 perc**

1. feladat

(Kitűzte: Ujvári Sándor)

Ha egy plutónium (^{239}Pu) gömböcskét folyékony nitrogénbe helyezünk, akkor az általa leadott hő mérésével meg lehet mérni a ^{239}Pu felezési idejét. A folyékony nitrogén mennyisége elegendő ahhoz, hogy a kilépő α részecskék nagy valószínűséggel mind elnyelődjenek. Az elpárolgott folyékony nitrogén mennyiségét mérjük, és ebből állapítjuk meg a ^{239}Pu felezési idejét. Mivel az α részecske kilépésekor a keletkezett leánymag visszalökődik, ezt is figyelembe kell venni a számításnál. Mekkora a plutónium felezési ideje, ha a mérés az alábbi adatokat szolgáltatja?

Adatok: A plutóniumgömb tömege 0,1 kg, a kibocsátott α részecskék energiája 5,144 MeV. A folyékony nitrogén forráshője 199300 J/kg, és egy óra alatt 3,5 g forr el a plutónium bomlásának hatására.

2. feladat

(Kitűzte: Radnóti Katalin és Szűcs József)

Ha elektromos kölcsönhatással a KI kristályból eltávolítunk egy Γ iont, akkor az üresen maradt helyét egy elektron foglalhatja el. Ezt az elektront úgy tekinthetjük, mintha egy $2d$ oldalú kocka alakú dobozba lenne zárva, ahol $d \approx 0,7$ nm, a KI kristály rácsállandója. A kristály – a dobozba zárt elektron gerjesztése révén – $f \approx 5,13 \cdot 10^{14}$ Hz frekvenciájú narancsszínű fény kibocsátására képes. Keressük meg a bezárt elektronnak azt a gerjesztett állapotát, amelyből alapállapotba jutva a megfigyelt frekvenciájú fényt kibocsáthatta! Adjuk meg ennek az állapotnak a kvantumszámait!

3. feladat

(Kitűzte: Kis Dániel)

A ^{14}C atommagban 6 proton, a ^{14}N atommagban 7 proton van. Tudjuk, hogy az atommagot összetartó erők (magerők) nem tesznek különbséget a protonok és a neutronok között, a kölcsönhatások erőssége a nukleonok között e tekintetben ugyanakkora. Mivel mindkét atommagban 14 nukleon van, a magerők nem jelentenek különbséget. A ^{14}N atommagban a 7 proton nagyobb Coulomb-taszítása a kötés gyengülését okozza a ^{14}C -hez képest. A tapasztalat szerint viszont a két atommag közül mégis a ^{14}C az instabil!

a) Magyarázzuk meg ezt az első látásra meglepő tényt!

b) Adjunk becslést a ^{14}C béta-bomlása során kijövő elektron maximális energiájára!

Adatok: $E_{\text{kötési}}(^{14}\text{C}) = 105,284508$ MeV, $E_{\text{kötési}}(^{14}\text{N}) = 104,658625$ MeV,

$m(p) = 1.672621777 \cdot 10^{-27}$ kg, $m(n) = 1.674927351 \cdot 10^{-27}$ kg, $m(e) = 9.10938215 \cdot 10^{-31}$ kg.

4. feladat

(Kitűzte: Sükösd Csaba)

Becsüljük meg, hány szénatomból állhat az a telítetlen kötéseket tartalmazó szénláncmolekula, amelynek vizes oldatát kémcsőbe helyezve zöld színűnek látjuk áteső fényben? (Két szénatom távolsága a telítetlen láncban 0,133 nm.)

5. feladat

(Kitűzte: Ujvári Sándor)

Dél-Dakota államban működött a Homestake neutrínó-detektor. Egy bányában 1500 m mélyen 615 t perklóretilént (C_2Cl_4) helyeztek el, mint detektoranyagot, hogy a Napban keletkezett neutrínókat megfigyeljék. A detektálási térfogat 400 m^3 . A Cl atomok kb. 24,47%-a ^{37}Cl . A neutrínók hatására a klórból argon jön létre a következő reakció szerint: $^{37}\text{Cl} + \nu_e \rightarrow ^{37}\text{Ar} + e^-$.

A keletkezett ^{37}Ar nemesgáz, kibuborékolatással össze lehet gyűjteni, emellett radioaktív, és ismét klórrá bomlik, így a mennyisége meghatározható.

a) Mekkora a detektor által érzékelhető neutrínók minimális energiája?

b) Írjuk fel az ^{37}Ar bomlásának egyenletét!

c) Hány argonatom keletkezése várható egy nap?

Adatok: $M(^{37}\text{Ar}) = 36,96677632$ u ; $M(^{37}\text{Cl}) = 36,96590259$ u . A perklóretilén moláris tömege:

165,8 g/mol, sűrűsége $1620 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. A mérések szerint egy klóratom $F = 10^{-46} \text{ m}^2$ -nyi felületen fog be egy

neutrínót; a minimális energiaszintnél nagyobb energiájú neutrínók fluxusa a Földön: $\Phi = 10^{13} \frac{1}{\text{m}^2 \text{s}}$. $1 \text{ u} =$

931,494061 MeV/c².

6. feladat

(Kitűzte: Mester András)

Magyarország fölött napjainkban a levegő szén-dioxid tartalma 0,038%, 100 évvel ezelőtt 0,028% volt. A $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ izotóp arány pedig 10^{-12} volt.

- Hol és milyen módon keletkezik a ^{14}C izotóp?
- Mennyi volt 100 évvel ezelőtt a radioaktív szénizotópból származó aktivitás hazánk légkörében?
- Növekedett-e a 100 évvel ezelőttihez képest a radioaktív szénizotópból származó aktivitás a légkörben? A választ indokoljuk meg!

Adatok: Magyarország területe 93000 km^2 , a ^{14}C felezési ideje 5700 év, $g = 10 \text{ m/s}^2$, a légköri nyomás 10^5 Pa

7. feladat

(Kitűzte: Papp Gergely)

A NASA Dawn űrszondája a Vesta kisbolygó vizsgálata után idén márciusban állt a Földtől kétszeres Föld-Nap távolságban keringő Ceres körüli pályára. A Dawn fellövése után meghajtásához és pályakorrekciójához ionhajtóművet használ. A hajtómű egyszerűen ionizált xenon ionokat bocsájt ki, amelyeket egy elektrosztatikus részecskegyorsítóval gyorsítanak fel.

- Vizsgáljuk meg, hogyan függ a hajtómű tolóereje a gyorsító nyálábteljesítményétől.
- Soroljunk fel több különböző indokot, hogy miért célszerű xenon hajtóanyagot, és miért egyszerűen ionizált állapotban használni az ionhajtóművekben?

8. feladat

(Kitűzte: Radnóti Katalin)

Az első három elem atomjai esetében az első ionizációs energiák a következőképpen alakulnak: H 13,6 eV, He 24,6 eV és Li 5,4 eV.

Magyarázzuk meg ezeket az adatokat!

9. feladat

(Kitűzte: Radnóti Katalin)

Egy monokromatikus fényforrás 100 W teljesítménnyel $4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ hullámhosszúságú fotonokat sugároz izotróp módon a tér minden irányába.

- Hány foton hagyja el másodpercenként a fényforrást?
- Ha 3 m-re állunk tőle, hány foton lép be 1 s alatt egyik szemünk pupilláján, ha a pupilla átmérőjét 3 mm-nek vesszük?
- Mekkora lenne annak a részecskének a tömege, amelynek nyugalmi energiája egyenlő a fényforrás által 1 nap alatt kibocsátott energiával?

10. feladat

(Kitűzte: Papp Gergely)

- Mennyi idő alatt nyel el a déli napsütésben egy Balaton-parti átlagos strandoló a napsugárzásból annyi energiát, amennyi gamma sugárzás esetén már halálos egészségteszt dózist (6 Gy) jelentene?
- Hasonlítsuk össze a napsugárzásból és a gamma-sugárzásból kapott azonos dózisok veszélyességét, és adjunk magyarázatot az esetleges eltérésekre!

Adatok: Egy átlagos magyar strandoló adatai: 70 kg tömeg, $1,8 \text{ m}^2$ testfelület, a bőr a ráeső sugárzás közelítőleg felét nyeli el (ez az érték bőrszíntől függ). A napsugárzás felületegységre jutó teljesítményét a Balatonnál vegyük 700 W/m^2 -nek.