

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny Döntő 2011. 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: Kis Dániel)

A NASA Fermi-gammatávcsöve a felbocsátása (2008) óta trópusi viharokban közel 130 nagy energiájú villámlást megfigyelve közel 4 esetben tapasztalt $E > 20$ MeV energiájú gammasugárzást. Ezek az ún. földi gamma-felvillanások (TGM, terrestrial gamma-ray flash), amelyeket 1994-ben fedeztek fel. Ezen események mellett még 511 keV energiájú fotonokat is mértek a felső légkörben.

Hogyan keletkezhetnek a viharokban a tapasztalt nagy energiájú, ill. az 511 keV-os fotonok?

2. Feladat

(Kitűzte: Papp Gergely)

A paksi atomerőműben a reaktor finomszabályozását nem a szabályozórúdak mozgásával, hanem a turbinákra engedett gőz mennyiségének finom változtatásával oldják meg.

Mi lehet ennek az oka, és miért lehetséges ez a megoldás?

3. Feladat

(Kitűzte: Radnóti Katalin)

Marie Curie munkája közben azt tapasztalta, hogy abban a helyiségben, ahol a radioaktív anyagokkal dolgoztak, mintha minden radioaktívvá vált volna. A jelenség vizsgálatához a következő két kísérletet végezte el. (A vizsgált minták aktivitását mindkét esetben egy meghatározott uránmintához viszonyítva adta meg, ezt jelentik az alábbi számok).

a) „Rádiumos oldat beforrasztott edénybe van zárva, felnyitjuk az edényt, az oldatot csészébe töltjük és megmérjük aktivitását.”

Aktivitása közvetlenül az áttöltés után	67
Két óra múlva	20
Két nap múlva	0,25

b) „Rádiumos báriumchlorid oldatot, mely szabad levegőn állott, üvegcsőbe töltünk, a csövet leforrasztjuk és a cső sugárzását lemérjük.”

Aktivitás közvetlenül a leforrasztás után	27
2 nap múlva	61
3 nap múlva	70
4 nap múlva	81
7 nap múlva	100
11 nap múlva	100

Adjunk magyarázatot az a) és b) kísérleti tapasztalatokra! Mi lehet annak a magyarázata, hogy „mintha minden radioaktívvá vált volna a laboratóriumban”?

4. Feladat

(Kitűzte: Sükösd Csaba)

Több különböző mérés alapján állapították meg, hogy a Naprendszer és a Föld anyagát létrehozó szupernóva-robbanás kb. 4,6 milliárd évvel ezelőtt történt.

a) **Milyen arányban keletkezett a ^{235}U a ^{238}U -hoz viszonyítva?**

b) **Tudunk-e valamilyen magyarázatot adni a keletkezési arányra?**

Adatok: a ^{238}U felezési ideje 4,51 milliárd év, a ^{235}U felezési ideje 710 millió év, jelenleg a természetes urán 0,71%-a ^{235}U .

5. Feladat

(Kitűzte: Sükösd Csaba)

A COBE űrszonda mérései szerint a kozmikus háttérsugárzásból jövő rádióhullámok átlagosan 2,7 K fokos hőmérsékleti sugárzásnak megfelelő eloszlásúak. Furcsa módon azonban a COBE felvételein más a kozmikus háttérsugárzás hőmérséklete akkor, ha a Föld mozgási irányába, és más, ha a mozgási irányval ellentétes irányba nézünk.

Mi lehet ennek az oka, és mekkora hőmérsékletkülönbséget várunk?

6. feladat

(Kitűzte: Szűcs József)

A japán fukushimai atomerőmű balesetről szóló híradásokban szerepelt, hogy a megsérült fűtőelemekből kiszabadult ^{131}I izotóp fajlagos aktivitása a tengervízben (az atomerőműtől még 10 km-re is elérte az $A_h = 300$ Bq/liter határértéket).

Becsüljük meg, hogy legalább mekkora tömegű jódizotópnak kellett az üzemanyag kapszulákból a tengervízbe távozni ahhoz, hogy ilyen mértékű radioaktív szennyezettség keletkezzen!

Útmutatás, adatok: Tegyük fel, hogy a radioaktív jód egyenletesen oszlott el $R = 10$ km sugarú, átlagosan $h = 200$ m mélységű (félhenger alakú) tengerrészben. A ^{131}I felezési ideje 8 nap.

7. feladat

(Kitűzte: Újvári Sándor)

A pozitron az elektronnal gyakran alkot rövid időre pozitroniumot. Ez a rövid idő elég a színeképek vizsgálatára. Ez egy olyan „hidrogénatom”, ahol a proton helyén egy pozitron helyezkedik el. A pozitronium leírására a mérések szerint jól használható a Bohr-modell (hasonlít a hidrogénatomhoz), csak azt kell figyelembe venni, hogy az elektron és a pozitron tömege egyenlő, ezért a közös tömegközéppontjuk körül keringenek.

Milyen színeképet ad a pozitronium és vannak-e ebben látható vonalak?

8. Feladat

(Kitűzte: Radnóti Katalin)

Természetes radioaktív izotópból kibocsátott gamma-sugarakkal mágneses mezőbe helyezett ködkamrát sugározzunk be. Figyeljük meg az esemény fényképét! A ködkamrában a mágneses indukció értéke 30 mT, mely merőleges a részecskék sebességére és a téglalap alakú kép hosszabb oldala 12 mm.



- Milyen folyamat játszódhatott le?*
- Mekkora lehetett a folyamatot okozó gamma foton energiája? Mire fordítódott az energia nagy része?*
- Miért spirális alakú a pálya?*

9. feladat

(Kitűzte: Kis Dániel)

Egy atomreaktor hőteljesítménye 1000 MW.

Mennyi neutron tűnik el a láncreakcióból naponta az $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ bomlási folyamat révén?

Adatok: a neutronbomlás felezési ideje 11 perc, egy neutron átlagosan 25 μ s-ig repül, mielőtt elnyelődne a reaktorban vagy a környezetében. Egy hasadásból átlagosan 2,43 neutron keletkezik, valamint 1 J energia $3 \cdot 10^{10}$ hasadásból szabadul föl.

10. Feladat

(Kitűzte: Szűcs József)

A kozmikus sugárzás nagy energiájú részecskéitől (egy-egy részecske energiája akár 10^{18} - 10^{20} eV is lehet) a Föld mágneses tere mellett a légkör is védelmet nyújt a földi élőlények számára, így az emberek számára is. A védelmet elsősorban a légkör atomjainak-molekuláinak „kemény” atommagjai biztosítják, mivel a „lágy” atomburokban lévő elektronok a nagy energiájú kozmikus részek számára nem jelentenek nagy akadályt.

- Becsüljük meg, hogy a légköri atommagok mennyire „fedik le” a Föld felszínét a nagy energiájú kozmikus részecskék elől!*
- A becslésből kapott eredmény alapján értelmezzük, hogy miért mérhetünk nagy energiájú kozmikus sugárzást akár a tengerszinten is.*
- Hogyan változik meg a légkör kozmikus sugárzás elleni védőhatása 11 km magasságban?*

Útmutatások, adatok: A légkör túlnyomó részben kétatomos N_2 és O_2 molekulákból áll. Az atommagok átmérőjét vegyük egységesen 7 fm-nek. A tengerszinten a légnyomást vegyük 100 kPa-nak. A levegő átlagos moláris tömege 29 g/mol. Nehézségi gyorsulás 10 m/s^2 . A légnyomás – a barometrikus formula szerint – felfelé haladva 5500 m-ként megfeleződik (állandó hőmérsékletet feltételezve).

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny Döntő 2011. 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: Kis Dániel)

A NASA Fermi-gammatávcsöve a felbocsátása (2008) óta trópusi viharokban közel 130 nagy energiájú villámlást megfigyelve közel 4 esetben tapasztalt $E > 20$ MeV energiájú gammasugárzást. Ezek az ún. földi gamma-felvillanások (TGM, terrestrial gamma-ray flash), amelyeket 1994-ben fedeztek fel. Ezen események mellett még 511 keV energiájú fotonokat is mértek a felső légkörben.

Hogyan keletkezhetnek a viharokban a tapasztalt nagy energiájú, ill. az 511 keV-os fotonok?

2. Feladat

(Kitűzte: Papp Gergely)

A paksi atomerőműben a reaktor finomszabályozását nem a szabályozórudak mozgásával, hanem a turbinákra engedett gőz mennyiségének finom változtatásával oldják meg.

Mi lehet ennek az oka, és miért lehetséges ez a megoldás?

3. Feladat

(Kitűzte: Radnóti Katalin)

Marie Curie munkája közben azt tapasztalta, hogy abban a helyiségben, ahol a radioaktív anyagokkal dolgoztak, mintha minden radioaktívvá vált volna. A jelenség vizsgálatához a következő két kísérletet végezte el. (A vizsgált minták aktivitását mindkét esetben egy meghatározott uránmintához viszonyítva adta meg, ezt jelentik az alábbi számok).

a) „Rádiumos oldat beforrasztott edénybe van zárva, felnyitjuk az edényt, az oldatot csészébe töltjük és megmérjük aktivitását.”

Aktivitása közvetlenül az áttöltés után	67
Két óra múlva	20
Két nap múlva	0,25

b) „Rádiumos báriumchlorid oldatot, mely szabad levegőn állott, üvegcsőbe töltünk, a csövet leforrasztjuk és a cső sugárzását lemérjük.”

Aktivitás közvetlenül a leforrasztás után	27
2 nap múlva	61
3 nap múlva	70
4 nap múlva	81
7 nap múlva	100
11 nap múlva	100

Adjunk magyarázatot az a) és b) kísérleti tapasztalatokra! Mi lehet annak a magyarázata, hogy „mintha minden radioaktívvá vált volna a laboratóriumban”?

4. Feladat

(Kitűzte: Sükösd Csaba)

Több különböző mérés alapján állapították meg, hogy a Naprendszer és a Föld anyagát létrehozó szupernóva-robbanás kb. 4,6 milliárd évvel ezelőtt történt.

a) **Milyen arányban keletkezett a ^{235}U a ^{238}U -hoz viszonyítva?**

b) **Tudunk-e valamilyen magyarázatot adni a keletkezési arányra?**

Adatok: a ^{238}U felezési ideje 4,51 milliárd év, a ^{235}U felezési ideje 710 millió év, jelenleg a természetes urán 0,71%-a ^{235}U .

5. Feladat

(Kitűzte: Sükösd Csaba)

A COBE űrszonda mérései szerint a kozmikus háttérsugárzásból jövő rádióhullámok átlagosan 2,7 K fokal hőmérsékleti sugárzásnak megfelelő eloszlásúak. Furcsa módon azonban a COBE felvételein más a kozmikus háttérsugárzás hőmérséklete akkor, ha a Föld mozgási irányába, és más, ha a mozgási iránnyal ellentétes irányba nézünk.

Mi lehet ennek az oka, és mekkora hőmérsékletkülönbséget várunk?

6. feladat

(Kitűzte: Szűcs József)

A japán fukushimai atomerőmű balesetről szóló híradásokban szerepelt, hogy a megsérült fűtőelemekből kiszabadult ^{131}I izotóp fajlagos aktivitása a tengervízben (az atomerőműtől még 10 km-re is elérte az $A_h = 300$ Bq/liter határértéket).

Becsüljük meg, hogy legalább mekkora tömegű jódizotópnak kellett az üzemanyag kapszulákból a tengervízbe távozni ahhoz, hogy ilyen mértékű radioaktív szennyezettség keletkezzen!

Útmutatás, adatok: Tegyük fel, hogy a radioaktív jód egyenletesen oszlott el $R = 10$ km sugarú, átlagosan $h = 200$ m mélységű (félhenger alakú) tengerrészben. A ^{131}I felezési ideje 8 nap.

7. feladat

(Kitűzte: Újvári Sándor)

A pozitron az elektronnal gyakran alkot rövid időre pozitroniumot. Ez a rövid idő elég a színeképek vizsgálatára. Ez egy olyan „hidrogénatom”, ahol a proton helyén egy pozitron helyezkedik el. A pozitronium leírására a mérések szerint jól használható a Bohr-modell (hasonlít a hidrogénatomhoz), csak azt kell figyelembe venni, hogy az elektron és a pozitron tömege egyenlő, ezért a közös tömegközéppontjuk körül keringenek.

Milyen színeképet ad a pozitronium és vannak-e ebben látható vonalak?

8. Feladat

(Kitűzte: Radnóti Katalin)

Természetes radioaktív izotópból kibocsátott gamma-sugarakkal mágneses mezőbe helyezett ködkamrárt sugározzunk be. Figyeljük meg az esemény fényképét! A ködkamrában a mágneses indukció értéke 30 mT, mely merőleges a részecskék sebességére és a téglalap alakú kép hosszabb oldala 12 mm.



- Milyen folyamat játszódhatott le?*
- Mekkora lehetett a folyamatot okozó gamma foton energiája? Mire fordítódott az energia nagy része?*
- Miért spirális alakú a pálya?*

9. Feladat

(Kitűzte: Vastagh György)

Az α -részeket kimutató ionizációs kamra levegőt tartalmaz. A 4,78 MeV energiájú α -rész minden ionpár keltésekor 34 eV energiát veszít.

- Mekkora negatív töltés keletkezik a kamrában, ha az α -rész a kamrában fékeződik le a termikus sebességre?*
- Hogyan csökken az alfa-rész sebessége egy-egy ionpár keltésekor a lefékeződése során?*

10. feladat

(Kitűzte: Vastagh György)

A ciklotronban, megfelelő energiánál – a relativitáselmélettel összhangban – a részecske tömege jelentősen növekedni kezd, s ennek következtében a periodikusan változó gyorsítótér és a mozgás periódusa közötti egyensúly felborul. Ez megszabja a ciklotronban felgyorsított részecske mozgási energiájának felső határát.

- Mekkora ez a mozgási energia proton esetében, ha annak relatív tömegnövekedése nem haladhatja meg az 1%-ot?*
- Hogyan tartható szinkronban a megnövekedett tömegű részecske periodikus mozgása és a periodikusan változó gyorsítótér magasabb energiákon is?*