

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny – Döntő 2021.

I. kategória II. (Junior) kategória

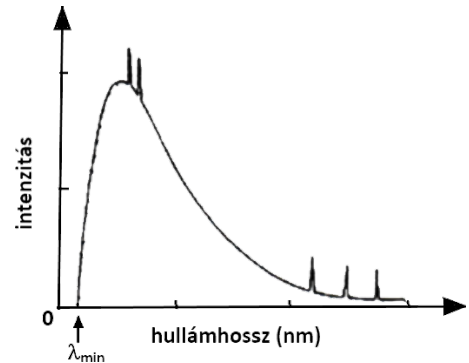
A megoldásokat feladatonként külön lapra írjuk! Minden feladat helyes megoldása 5 pontot ér. A feladatokat tetszőleges sorrendben lehet megoldani. A feladatok nem nehézségi sorrendben vannak. A megoldáshoz bármilyen „offline” segédeszköz használható, kivéve telekommunikációs eszközök. Rendelkezésre álló idő: 180 perc.

1. Feladat:

(kitűzte: Mester András || Mindenkinek)

Egy röntgensőben az elektronok $1,8 \cdot 10^8$ m/s sebességre gyorsulnak fel.

- Hány %-os lesz az elektronok tömegének növekedése?
- Mekkora feszültség gyorsítja az elektronokat?
- A röntgensugárzás intenzitására vonatkozó ábrán a folytonos tartományt az anódba becsapódó elektronok úgynevezett „fékezési sugárzása” adja. Mekkora lesz a kibocsátott röntgensugarak λ_{\min} legrövidebb hullámhossza?
- Vajon mi okozza az ábrán látható „tüskéket” (a folytonos spektrumra ráakódó vonalas spektrumot)?



2. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba || Mindenkinek)

Mivel nem tudjuk pontosan, hogy egy koronavírus-vakcinával beoltott ember mennyi ideig marad védett a vírus ellen, válasszuk azt a modellt, hogy ez is a radioaktív atommagokhoz hasonlóan történik: azaz nagyon sok ember esetén N beoltott emberből T „felezési idő” után már csak $N/2$ marad védett. A járványügyi szakemberek szerint a „nyájimmunitást” akkor érjük el, ha egy adott idő után a lakosságnak legalább 60%-a védett lesz. Tegyük fel hogy pl. $T = 25$ hét.

- A 60%-os átoltottság elérése után legalább milyen, időben állandó sebességgel kell oltani az éppen nem immunis embereket, hogy a védett személyek aránya ne csökkenjen 60% alá?
- Hány főt kell hetente beoltani egy tízmilliós lakosságú országban?

3. Feladat:

(kitűzte: Halász Máté Gergely || Mindenkinek)

Gamma-foton kibocsátásakor és elnyelődésekor az atommag kicsit visszalökődik, illetve meglökődik. Ez beleszól az energiamérlegbe, és ezért a kibocsátott gamma-foton energiája nem azonos azzal, mint amit a mag el tud nyelni. Így az atomoknál megfigyelt optikai rezonancia-abszorpció az atommagoknál nem jön létre. Az egyik lehetséges mód arra, hogy atommagok esetén megfigyeljük a rezonancia-abszorpciót, a Doppler-jelenség kihasználása: a forrást és az abszorbenst nagy sebességgel egymás felé mozgatjuk, például úgy, hogy az egyiket egy gyorsan forgó korongra erősítjük. Mekkora fordulatszámmal kell ehhez forgatnunk egy $r = 5$ cm sugarú korongot, melynek végére egy $E_\gamma = 412$ keV energiájú γ -sugárzást kibocsátó $^{198\text{m}}\text{Hg}$ sugárforrás van erősítve? Adatok: A $^{198\text{m}}\text{Hg}$ atomtömege $M = 197,97$ u, $1 \text{ u} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$.

4. Feladat:

(kitűzte: Sükösd Csaba || Mindenkinek)

Becsüljük meg a határozatlansági reláció felhasználásával a harmonikus rezgőmozgást végző kvantumos részecske (oszillátor) potenciális és kinetikus energiájának arányát alapállapotban!

5. Feladat:

(kitűzte: Papp Gergely || Mindenkinek)

A magas légkörben alacsony energiájú neutronok $^{14}_7\text{N}$ magokkal való kölcsönhatása során keletkezhet $^{14}_6\text{C}$ radiokarbon mag. A radioaktív $^{14}_6\text{C}$ mag bomlásakor keletkező elektronok maximális energiája $E_0 = 0,156$ MeV.

- Írjuk fel a $^{14}_6\text{C}$ mag bomlásának folyamatát!
- Milyen részecske keletkezik még az alábbi reakcióban? $n + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ?$
- Mekkora mozgási energiával keletkezik a $^{14}_6\text{C}$ és a kérdéses részecske?

(A bejövő neutron és a nitrogén mag mozgási energiáját hanyagoljuk el.)

Adatok: $m_p = 938,272 \text{ MeV}/c^2$, $m_n = 939,565 \text{ MeV}/c^2$, $m_e = 0,511 \text{ MeV}/c^2$.

A feladatok a következő oldalon folytatódnak!

1/3

6. Feladat: (kitűzte: Veres Gábor & Tarján Péter || Mindenkinek)

A $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ „izotópgenerátort” gyakran használják a radioaktív bomlás bemutatására, a Ba rövid felezési ideje miatt. Ebben a hosszú felezési idejű Cs egy kicsi tartályban van elhelyezve, és termeli leányelemét, a Ba-ot. Szükség esetén a tartály belsejéből a Ba-ot ki lehet oldani (kémiai különbözősége miatt), míg a Cs benne marad. Tegyük fel, hogy egy alkalmazáshoz kioldottuk a tartályban levő összes Ba-ot. Mennyi ideig tart ezután, hogy a tartályban a Ba aktivitása újra elérje a Cs aktivitásának 90%-át? Adatok: a ^{137}Cs felezési ideje $T_1 = 30$ év, a $^{137\text{m}}\text{Ba}$ felezési ideje $T_2 = 2,55$ min.

Útmutatás: Egy bomlási sor második tagjának aktivitása az idő függvényében, általános esetben $A_2(t) = A_1(0) \cdot \frac{T_1}{T_1 - T_2} \cdot \left(2^{-\frac{t}{T_1}} - 2^{-\frac{t}{T_2}}\right)$ (a leányelem mennyisége kezdetben 0).

7. Feladat: (kitűzte: Halász Máté Gergely || Mindenkinek)

A Napban lejátszódó p-p ciklusban a legtöbb neutrínó a $p + p \rightarrow d + e^+ + \nu$ fúziós reakcióból származik, azonban a legnagyobb energiájú neutrínók a Nap belsejében szintén jelen lévő ^8B magok pozitív β -bomlása során keletkeznek.

- Számítsuk ki a kibocsátott neutrínók maximális energiáját a protonok fúziója esetén, illetve a ^8B pozitív β -bomlása során, ha a ^8Be leánymag 2,84 MeV energiájú gerjesztett állapotban keletkezik!
- A 60-as évek végén végzett Davis-kísérlet során a $\nu + ^{37}\text{Cl} \rightarrow e^- + ^{37}\text{Ar}$ magreakciót használták a Napban lejátszódó fúzióból származó neutrínók detektálására (a keletkező, elektronbefogással bomló argont kibuborékoltatás után gázionizációs detektorral mérték meg). Mutassuk meg, hogy csak a ^8B pozitív β -bomlása során keletkező neutrínók tudják ezt a reakciót kiváltani!

Adatok: A ^8B és ^8Be atomok tömegei: $M(^8\text{B}) = 8,024606$ u, $M(^8\text{Be}) = 8,005304$ u, $1 \text{ u} = 931,494102 \text{ MeV}/c^2$. A ^{37}Cl és ^{37}Ar atomtömegei: $M(^{37}\text{Cl}) = 36,965897$ u, $M(^{37}\text{Ar}) = 36,966770$ u, $m_p = 1,00727647$ u, $m_e = 5,48579909 \cdot 10^{-4}$ u, $m_d = 2,01355345$ u.

8. Feladat: (kitűzte: Sükösd Csaba || 2. (Junior) kategória)

Anna és Berci egy laboratóriumi mérésben elektronnyaláb mozgását vizsgálták. A jegyzőkönyv szerint az elektronoknak $x = (0,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-10}$ m helyen $v_x = (1,5 \pm 0,4) \cdot 10^7$ m/s a sebessége. Anna szerint a mérésben van valami hiba, de Berci szerint a mérés jó. Kinek van igaza és miért?

9. Feladat: (kitűzte: Radnóti Katalin || 2. (Junior) kategória)

A paksi atomerőműben 4 reaktor működik.

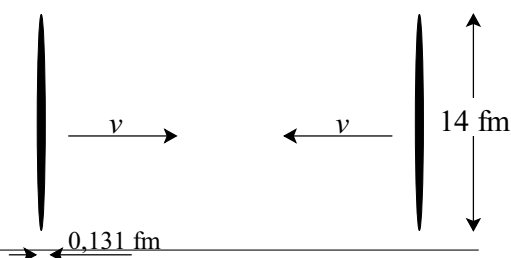
- Becsüljük meg a 4 reaktorban található összes urán tömegét, ha tudjuk, hogy ennek 1,14%-a hasad el évente! Tegyük fel, hogy a felszabaduló energia nagyrészt az ^{235}U hasadásából ered, és egy évben 330 napot üzemel a reaktor.
- Mekkora lenne a paksi erőművel azonos hőteljesítményű hőerőmű évi fűtőanyag-szükséglete, ha az 24,5 MJ/kg fűtőértékű szenet használna?

Adatok: egy reaktor hőteljesítménye $P_{\text{th}} = 1485$ MW, egy hasadásban felszabaduló energia 32 pJ.

10. Feladat: (kitűzte: Tarján Péter || 2. (Junior) kategória)

A Relativisztikus Nehézion-ütköztető (RHIC) gyorsítóberendezés gyűrűiben (például) 14 fm átmérőjű $^{197}_{79}\text{Au}$ atommagok haladnak egymással szemben nagy energián. Ezt a mellékelt ábrán látható módon szokták illusztrálni.

- Értelmezzük az ábrát!
- Adjuk meg az arany atommagok nukleononkénti mozgási energiáját!



11. Feladat: (kitűzte: Szűcs József || 1. kategória)

Egy, a Nap körül ellipszis pályán keringő, fekete gömbnek tekinthető űrszonda legmagasabb (Kelvinben mért) egyensúlyi hőmérséklete $2T_0$ [K], a legalacsonyabb pedig T_0 [K]. Napközeli a Naptól való távolsága 1 CsE (csillagászati egység, a Föld közepes távolsága a Naptól).

- Mekkora a maximális és a minimális egyensúlyi hőmérséklete a szondának?

b) Hány év a szonda T_{sz} keringési ideje?

Adatok: Napállandó a Nap-Föld távolságnál: 1360 W/m^2 , Boltzmann állandó: $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

12. Feladat:

(kitűzte: Szűcs József || 1. kategória)

Egy Compton-szórást vizsgáló kísérletben a $\lambda_1 = 0,1 \text{ nm}$ hullámhosszúságú röntgenfotonok paraffinból elektronokat löknek ki. A kísérletben csak a beeső nyaláb irányához képest 8 fokban Compton-szóródott röntgenfotonok által meglökött elektronokat vizsgálják. A Compton-szórás szempontjából az elektronok szabad elektronoknak tekinthetők. Egy másik kísérletben a $1,5 \text{ eV}$ kilépési munkájú fémből léptetnek ki elektronokat bizonyos λ_2 hullámhosszúságú monokromatikus fénnel. Mind a fémből kiléptetett, mind pedig a paraffinból kilökött (vizsgált) elektronok azonos U_z feszültségű ellentérrel fékezhetők le.

a) Mekkora az elektronokat lefékező ellenterek U_z zárófeszültsége?

b) Milyen tartományba esik, és mekkora a fotoeffektust kiváltó fény λ_2 hullámhossza?

Adatok: Planck-állandó: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, Compton-hullámhossz: $\lambda_C = h/(m_e c) = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

13. Feladat:

(kitűzte: Papp Gergely || 1. kategória)

Tudjuk, hogy párkeltés során a kiindulási foton és a keletkezett elektron-positron pár mellett mindig kell, hogy legyen egy „negyedik partner” is ahhoz, hogy az energia- és lendület-megmaradási törvényeket egyszerre teljesíteni lehessen. A legtöbb esetben ez a negyedik partner egy nehéz atommag. Legalább mekkora E_{\min} fotonenergia kell ahhoz, hogy ez a negyedik test egy „nyugvó” elektron lehessen? (Az energiát praktikus az elektron nyugalmi energiájának egységében megadni.)