

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny Elődöntő 2009.

Minden feladat helyes megoldása 5 pontot ér. A feladatokat tetszőleges sorrendben lehet megoldani. A megoldáshoz bármilyen segédeszköz használható. Rendelkezésre álló idő: 180 perc

1. feladat A ^{32}P foszforizotópot az orvosi gyakorlatban is használják radioaktív nyomjelzőként. A vizsgálathoz a kórház $6 \cdot 10^6$ Bq aktivitású ^{32}P -t tartalmazó preparátumot kap.

a/ Mennyi ideig használhatják ezt, ha aktivitásának $3,7 \cdot 10^5$ Bq-re történő csökkenése esetén már nem alkalmazhatják?

b/ A ^{32}P izotópot egy magyar tudós állította elő először. Ki volt ő? Mit tudsz még róla?

Adatok: A ^{32}P szükséges adatait a Függvénytáblázat tartalmazza

2. feladat A fénymikroszkóp felbontóképessége az a legkisebb távolság két pont között (Δx), amit még meg tudunk különböztetni. Ez arányos a mikroszkóphoz használt fény λ hullámhosszával ($\Delta x \sim \lambda$). Felgyorsított elektronokat elektromos és mágneses mezők úgy el tudnak téríteni, mint a fénysugarakat a lencsék. Ezt felhasználva elektronmikroszkópot készíthetünk. Tekintsünk egy olyan elektronmikroszkópot, ahol az elektronokat 10 kV feszültséggel gyorsítjuk.

a) Hányszor kisebb távolságokat lehet ezzel felbontani, mint a 340 nm hullámhosszúságra érzékeny fénymikroszkóppal?

b) Diszkutáljuk, hogy milyen elhanyagolásokkal, feltételezésekkel éltünk a megoldás során!

3. feladat Egy, a bőrgyógyászatban használt CO_2 lézer 10,6 μm hullámhosszúságú fényt bocsát ki, amely hegesezés nélküli beavatkozások elvégzésére alkalmas. A lézerfényt a bőrön egy 100 μm átmérőjű kör alakú foltra fókuszálva ott $5 \frac{\text{GW}}{\text{m}^2}$ teljesítmény-sűrűséget kapunk. Hány foton érkezik másodpercenként a bőrre?

4. feladat A Föld természetes uránkészletét 2,2 megatonnára (Mt) becsülik. Ha ezzel az uránkészlettel termikus reaktorokban (hő formájában felszabaduló) energiát termelnénk, hány m^3 gázolajjal lenne ez egyenértékű? Csak a ^{235}U tömegszámú uránizotóp hasadásából nyerhető energiával számoljunk!

Adatok: Az uránkészlet 0,72 tömegszázaléka ^{235}U . A ^{235}U hasadásakor felszabaduló energiát vegyük 200 MeV-nak. A gázolaj adatait a Függvénytáblázat tartalmazza

5. feladat A müon az elektron nagyobb tömegű változata, a tömege 207-szer nagyobb, mint az elektroné. Vegyünk egy olyan hidrogénatomot, amelyben az elektron helyét elfoglalja egy müon (ez a müónium). A hidrogénatom négy színt bocsát ki a látható fény tartományában, (Balmer sorozat) ezek hullámhossza: ibolya: 410,1 nm; kék: 434 nm; világoskék: 486,1 nm, és piros: 656,3 nm. Milyen hullámhosszúak a müónium által kibocsátott, ezeknek megfelelő elektromágneses hullámok? Hogy nevezzük a nagyságrendileg ilyen hullámhosszú sugarakat?

6. feladat A CERN új gyorsítójában, a 26,7 km kerületű LHC-ben 7 TeV energiájú protonok keringenek és ütköznek. A teljes kerület mentén 2808 csomagban keringenek a protonok. Egy csomagban $1,15 \cdot 10^{11}$ darab proton van.

a.) Mekkora egy protoncsomag teljes energiája? Ha egy 150 kg tömegű kismotor ekkora mozgási energiával rendelkezne, mekkora sebességgel mozogna?

b.) Mekkora a teljes kerület mentén mozgó protonok energiája? Mekkora tömegű 25°C fokos aranytömböt lehetne megolvasztani ekkora energiával?

Adatok: az arany móltömege $M = 197$ g, mólhője: $25,418 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, olvadáspontja: $1337,6 \text{ K}$, olvadáshője pedig 12550 J/mol .

7. feladat Egy 25 keV mozgási energiával rendelkező elektron esetén hány %-os relatív hibát követünk el de Broglie-hullámhosszának kiszámításakor, ha relativisztikus számolás helyett a klasszikus utat választjuk? És neutron esetén?

8. feladat A paksi atomreaktorokban a víz alulról felfelé áramlik keresztül az aktív zónán. A nyitott, „medence” típusú oktató- és kutatóreaktorokban viszont a sugárvédelmi szakemberek javaslatára felülről lefelé keringetik a hűtővizet. Mi lehet ennek az oka?

9. feladat A Nap fő energiatermelő folyamata az un. pp ciklus, amelynek során (több részfolyamatban) végeredményben négy protonból hélium keletkezik:

$4p \rightarrow {}^4\text{He} + 2e^+ + 2\nu_e + 26 \text{ MeV}$. A Nap anyagának összetétele kezdetben: 75% (tömegszázalék) hidrogén, 25% hélium. A Nap működésének első 7 milliárd évében a kezdeti protontartalom kb. 10%-a alakul át a pp-ciklusban. A Nap átlagos sugárzási teljesítménye (luminozitása) $L \approx 3,86 \cdot 10^{26} \text{ W}$. Ezek alapján becsüljük meg a következőket:

- Kezdetben átlagosan hány proton lehetett a Napban?
- Mekkora volt a Nap teljes tömege?
- Mennyit változik a Nap tömege 7 milliárd év alatt a kisugárzott energia következtében?

Adatok: a proton tömegét vegyük a Függvénytáblázatból

10. feladat Az úgynevezett „mikrorobbantásos” fúziós berendezésekben nagy, gömb alakú reaktorkamrába egyenként belőtt kicsiny üzemanyagkapszulákat hevítenek lézerekkel, ily módon indítva be a fúziós reakciót. Egy 1 mm átmérőjű üzemanyag-kapszula térfogatának fele 1000 kg/m^3 sűrűségű deutérium-trícium (D-T) keverék, a másik fele egyéb anyag.

- Számítsuk ki, hogy egy 1 GW termikus teljesítményű fúziós erőműnél másodpercenként hány kapszulát kell felrobbantani, ha az elégetett üzemanyag aránya 30%. Számoljunk csak a fúzióban felszabaduló energiával!
- Milyen korrekciók lennének még az energiamérleghez, ha nem csak a fúziós reakcióban felszabaduló összes energiával számolnánk? (Nem számszerű eredményt várunk!)
- A kapszula másik felét alkotó adalékanyagok elpárolognak, és egyenletesen lerakódnak a 10 m átmérőjű, gömb alakú reaktorkamra falán. Milyen vastag réteg képződik ezekből egy év alatt?

Adatok: a D-T (${}^2\text{H} + {}^3\text{H}$) fúziós reakció adatait vegyük a Függvénytáblázatból