

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny 2005. (Elődöntő)

(Minden feladat helyes megoldása 5 pontot ér. A feladatok nem nehézségi sorrendben vannak, és tetszőleges sorrendben meg lehet őket oldani. A megoldáshoz bármilyen segédeszköz használható.

Rendelkezésre álló idő: 180 perc)

1. feladat: Az amerikai „Mars Odyssey” neutrondetektoros méréseinek modellértelmezése szerint a **Mars felszínének felső fél méterében igen sok víz** van. Vajon hogyan lehet neutrondetektorokkal víz jelenlétére következtetni?

2. feladat: Miért létezhetnek a Földön olyan – természetes eredetű – radioaktív izotópok, amelyeknek a felezési ideje sokkal rövidebb, mint a Föld életkora?

3. feladat: Foton szóródik nyugalomban lévő szabad elektronon (Compton-szórás). A szóródott elektron és a szóródott foton iránya (a szóródás után) éppen derékszöget zár be. Mekkora a foton energiája a szóródás után? (számoljon relativisztikusan!)

4. feladat: Galaxisunkban, a Tejútrendszerben nagyságrendileg 1041 kg (fermionokból – protonokból, neutronokból, elektronokból – álló) anyag van, amelynek legnagyobb része atomos hidrogén. A galaxisok valamikor régen néhány ezer fokos hőmérsékletű, híg, főként atomos hidrogénből álló „felhőkből” jöhettek létre úgy, hogy a felhőt a gravitációs vonzás összehúzta. Számítsuk ki, hogy egy 1041 kg tömegű galaxisnak mekkora lehetett a sugara, amikor az még gömb alakú, 3000 K hőmérsékletű, hidrogénatomokból álló felhő volt? Az Univerzum többi anyagának a felhőre (ill. a felhőben lévő részecskékre) való hatását hanyagoljuk el!

5. feladat: A hidrogénatomban az elektront helyettesítheti a müon. Az így keletkezett atomot müoniumnak nevezik. A müon ugyanolyan, mint az elektron, csak bomlékony, és a tömege 207 elektrontömeg. Mekkora a müonium sugara alapállapotban, és mekkora energia kell ahhoz, hogy ionizáljuk?

Adatok: A hidrogénatom sugara kb: 0,05 nm, az ionizálási energiája 2,2 aJ.

6. feladat: A fénymikroszkóp felbontóképességét (az a legkisebb távolság két pont között, amit még meg tudunk különböztetni) a látható fény hullámhossza korlátozza. Nagyságrendileg akkora dolgokat láthatunk, mint a használt fény hullámhossza. Felgyorsított elektronokkal elektronmikroszkópot készíthetünk, hiszen a részecskék elektromos töltése miatt elektromos és mágneses „lencsékkel” helyettesíthetjük a fénymikroszkópban lévő lencsét. Elméletileg mekkora felbontóképességet lehetne elérni az elektronmikroszkóppal, ha az elektronokat legfeljebb 50 kV feszültséggel gyorsíthatjuk?

7. feladat: Egy zöld színű műanyag fóliát hosszú láncmolekulák alkotnak, amelyekben egy-egy delokalizált elektron található. Ezek állapotát az erőmentes szakaszra bezárt elektron állapotával modellezhetjük. Azt találták, hogy hosszú időre napsugárzásnak kitett fólia sárga színűvé válik. Az anyagszerkezeti vizsgálatok szerint ez azzal magyarázható, hogy a napsugárzás roncsoló hatására a láncmolekulák két kisebb szakaszra törtek.

a) Milyen hosszú láncmolekulákból állt eredetileg a fólia?

b) Eredeti hosszuk hányad részére törtek a láncmolekulák a napsugárzás hatására?

Adatok: az egyes színekhez rendelhető hullámhosszak: vörös: 800 nm, sárga 570 nm, zöld 500 nm, kék 400 nm. Kiegészítő színek: kék-sárga, zöld-vörös.

8. feladat: Légritkított üvegcsőben lévő fémfelületet ultraibolya fénysugarakkal világítunk meg (az eszközt fotocellának nevezik). A megvilágítás hatására elektronok lépnek ki a fémlémezből, és a másik elektródra jutnak, áramot mérhetünk. Ha a fotocellára ellenirányú feszültséget kapcsolunk, akkor megakadályozhatjuk azt, hogy az elektronok elérjék a másik elektródot.

Két mérést végzünk. Az első esetben a megvilágító fény hullámhossza 279 nm, a második esetben 245 nm. Az első esetben 0,66 V ellenirányú feszültségnél csökken le a fotocella árama nullára, a második esetben 1,26 V-nál.

Határozza meg ezekből az adatokból a Planck állandót!

-

9. feladat: Egy delokalizált elektron L hosszúságú láncmolekulába van bezárva, helyzetének bizonytalansága tehát $\Delta x = L$. A Heisenberg-féle határozatlansági összefüggés alapján lendület-bizonytalansága nem lehet kisebb, mint $\Delta p \geq \frac{h}{2L}$. A „húrra befogott” elektron hullámhossza azonban *pontosan* meghatározható: $\lambda_n = \frac{2L}{n}$, $(n = 1, 2, 3, \dots)$ ezért – a de-Broglie összefüggés alapján – lendületének abszolút értéke pontosan $p_n = \frac{h}{\lambda_n} = \frac{nh}{2L}$. Hogyan lehetséges az, hogy p értékét pontosan meg lehet határozni, ugyanakkor pedig a lendület bizonytalansága nem nulla?

10. feladat: Japán kutatók 2004-ben megállapították, hogy ha ^{7}Be radioaktív atomokat C_{60} molekulák („futball-labda”, *fullerén* molekulák) belsejébe helyeznek, a radioaktív ^{7}Be atommagok felezési ideje több mint 1%-al lecsökken. Ez a legnagyobb változás, amit a radioaktív bomlás ütemében mindmáig mesterségesen elő lehetett idézni. Mi lehet az érdekes jelenség oka?