

Név:

Atom- és kvantumfizika
Írásbeli vizsga, 2014. január 6.

I. rész

Kidolgozási idő 55 perc. Számológépen kívül semmilyen segédeszköz nem használható. A név és az oldalszám minden beadott lapon szerepeljen. A kérdésekre adott válaszokban elsősorban az adott jelenségből levonható következtetés alapos indoklása szükséges (tehát részletes válaszokat várok).

Feladatok (egyenként 6 pont)

1. Legfeljebb mekkora energiát tud átadni egy álló elektronnak egy 2 MeV energiájú foton?
2. 1 eV energiájú neutronokra a szénatommag teljes szórási hatáskeresztmetszete 4,5 barn. Ilyen neutronok nyalábjának intenzitása (vagy a neutronok darabszáma) mekkora részére csökken le egy 1 cm vastag grafitlapon áthaladva? Általánosságban hogyan csökken a darabszám a behatolási mélység függvényében?

A szén tömegszáma 12, rendszáma 6. Az atomi tömegegység $1,67 \times 10^{-27}$ kg illetve 931,5 MeV. Az elektron tömege 511 keV/c². A grafit sűrűsége 2,2 g/cm³. A $\hbar c$ állandó értéke 197 MeV·fm, a finomszerkezeti állandó 1/137. A Boltzmann-állandó értéke 86 μ eV/K, a vákuum dielektromos állandó a $1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \times 10^9$ Nm²/C² formula szerint adott.

Kérdések (egyenként 3 pont)

1. Milyen makroszkopikus bizonyítékokat ismersz a világ atomosságára? Indokold őket röviden.
2. Mit bizonyít a Rutherford-féle kísérlet, hogyan és miért?
3. A fotoelektromos jelenség kísérletében mit figyelt meg Hertz, és mire következtetett ebből?
4. Mi a Frank-Hertz kísérlet lényege, mit tapasztalunk itt, és mi következik ebből?
5. Mire következtethetünk a Compton-szórás hatáskeresztmetszetéből, hogyan és miért?
6. Miért gondoljuk, hogy a részecskék megfelelő leírásához hullámfüggvényre van szükség? Milyen megfigyelések indokolják ezt, és miért? Mit jelent maga a hullámfüggvény?
7. A Stern–Gerlach-kísérletben miért és mennyire térülnek el az atomnyalábok? Mit bizonyít ez, és milyen további kérdéseket vet fel?
8. Mi az Einstein–de Haas-kísérlet lényege? Mit lehet itt megmérni és hogyan?
9. Mit tudsz a hidrogénatombeli elektronnra vonatkozó Schrödinger-egyenletről és megoldásairól?
10. Milyen jelenségek adják a hidrogénatom spektrumának finomszerkezetét? Mekkora az ebből adódó eltolódás, az atom mely tulajdonságaitól és hogyan függ ez?
11. Mi a Lamb-féle kísérlet lényege? Mit bizonyít ez és miért?

Kvantumfizika vizsgafeladatok (2014. január 6.)

Feladatok a gyakorlat anyagából

1. Számítsuk ki az $x^2 p^2$ operátor várhatóértékét a harmonikus oszcillátor n -edik energiasajátállapotában, azaz az $\langle n | x^2 p^2 | n \rangle$ mennyiséget! (5 pont)

2. Egy feles spinű részecske spin-állapota legyen $A \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix}$. (A bázisállapotok szokásosan a z irányú spin sajátállapotai). A normálási feltételből mekkora az A ? Milyen valószínűséggel mérünk az n egységvektor irányába történő spinméréssel n iránnyal parallel spinállást, ha $n = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$?

A harmonikus oszcillátor keltő- és eltüntető-operátorai így állnak kapcsolatban az impulzus- és hely-operátorokkal: $\hat{a} = \frac{1}{\sqrt{2M\omega\hbar}} (M\omega\hat{x} + i\hat{p})$, $\hat{a}^+ = \frac{1}{\sqrt{2M\omega\hbar}} (M\omega\hat{x} - i\hat{p})$.

Feladatok az előadás anyagából

1. Milyen megfontolás miatt választotta Planck az általa feltételezett energiacsomag nagyságát arányosnak a frekvenciával: $\epsilon_0 = h\nu$? (5 pont)
2. Melyek alapvetőek (nem visszavezethetőek más állandók kombinációira) a következő természeti állandók közül: σ (a Stefan-Boltzmann törvényben T^4 együtthatója), c_w (a Wien eltolódási törvényben fellépő állandó: $\nu_{max}/T = c_w$), a Planck állandó h (értelmezése az 1. feladatban), a Boltzmann-állandó (a hőmérséklet együtthatója a Boltzmann-energiában: $k_B T$)? (3 pont)
3. Mi a szavakkal kifejezve a jelentése a valószínűség megmaradásának és hogyan fogalmazható meg mérlegegyenlet formájában? Hogyan jelentkezik ez a megmaradási törvény a potenciállépcsőre érkező részecskenyaláb esetében? (5 pont)
4. Mi a matematikai oka annak, hogy a kötött állapotok (véges tartományra korlátozott mozgáshoz tartozó) energiái nem változnak folytonosan (diszkrét értékeket vesznek fel)? (5 pont)
5. Mi történik a neutron spin-állapotát megadó vektorral, ha a z -tengely körül 2π forgatást végzünk rajta? Hogyan lehet ezt a forgatást kísérletileg megvalósítani (Rauch)? (6 pont)
6. Adjon legalább 3 példát összefont részecskeállapot létrejöttére/létrehozására! (8 pont)
7. Mutassa be a Rarity-Tapster kétfotonos interferencia kísérleti elrendezését és a fellépő távoli korrelációt a detektorok megszólalási valószínűségeiben! Miért nem jelent ez fénysebességnél gyorsabb információ átvadást? (8 pont)