

## Atkins: Fizikai kémia 11. fejezet

### Vizsgakérdések és feladatok

1. Sorolja fel a klasszikus fizikának azokat a legfőbb állításait, amelyek a mikrorészecskékre nem érvényesek!
2. Sorolja fel azokat a fő kísérleti tapasztalatokat, amelyek ellentmondanak annak az állításnak, hogy az atomok és molekulák energiája, energiafölvétele és energialeadása tetszőleges lehet!
3. Sorolja fel azokat a fő kísérleti tapasztalatokat, amelyek az elektromágneses sugárzás "korpuszkuláris" jellegére utalnak!
4. Az abszolút fekete test definíciója és egyszerű modellje. A feketetest-sugárzás - kísérleti tények és értelmezésük.
5. Szilárd testek hőkapacitásának hőmérsékletfüggése - kísérleti tények és értelmezésük.
6. Fényelektromos hatás - kísérleti tények és értelmezésük.
7. A Compton-effektus és a belőle levont legfontosabb következtetés.
8. Milyen jelenség tükrözi a mikrorészecskék "hullámjellegét"?
9. A de Broglie-egyenlet – dualizmus az anyagi világban (hullám- és részecske sajátságok).
10. A H-atom színképének vonalas jellege és Bohr posztulátumai ennek magyarázatára.
11. Sorolja fel a kvantummechanika legfontosabb alapfeltevéseit!
12. A hullámfüggvény és fizikai értelmezése.
13. Normált függvények, normálás.
14. Milyen követelményeket ró a hullámfüggvényekre a valószínűségi értelmezés?
15. Operátor és lineáris operátor fogalma.
16. Operátorok egyenlőségének, összegének és különbségének fogalma.
17. Operátorok szorzatának fogalma. Felcserélhetőség.
18. Kvantummechanikai operátorok értelmezési tartománya.
19. A kvantummechanikában alkalmazott néhány fontos operátor.
20. Operátorok sajátérték-egyenlete: sajátérték- és sajátfüggvény fogalma. Schrödinger-egyenlet.
21. Egydimenziós haladó mozgás Schrödinger-egyenlete, az általános megoldásként kapott hullámfüggvény és az energia.
22. Lineáris szuperpozícióként megadott hullámfüggvény fizikai tartalma, amikor ez nem sajátfüggvénye valamely operátornak, de az őt alkotó függvények külön-külön sajátfüggvényei ezen operátornak (szemléltetés az egydimenziós haladó mozgás impulzusán).
23. A várható érték fogalma.
24. Heisenberg-féle bizonytalansági elv a hely- és impulzus párra.
25. Határozzuk meg annak a rugónak az erőállandóját, amely a ráakasztott 100 g tömegű test hatására (a Föld felszínén) 1 cm-t nyúlik meg! (98,1 N/m)
26. Határozzuk meg, hogy mekkora erő nyújtja meg a HCl molekulát 5 pm-rel, ha az erőállandó  $516 \text{ Nm}^{-1}$ ! (2.58 nN)

27. Egy sokaság, amely harmonikus oszcillátorokból áll,  $T$  hőmérsékleten termikus egyensúlyban van. Mennyi egy harmonikus oszcillátor átlagos energiája? ( $3 k \cdot T$ )
28. Mennyi az egyetlen tengely körül szabadon forgó objektumok átlagos energiája a  $T$  hőmérsékleten termikus egyensúlyban lévő sokaságban? ( $1/2 k \cdot T$ )
29. Hány fotont bocsát ki egy 100 %-os hatásfokú, 100 W teljesítményű, sárga fényű lámpa 1 s alatt? A sárga fény hullámhossza 560 nm. ( $2,8 \cdot 10^{20}$ )
30. Hány 1000 nm hullámhosszú fotont bocsát ki az 1 mW teljesítményű infravörös távolságmérő 0.1 s alatt? ( $5 \cdot 10^{14}$ )
31. Határozzuk meg, hogy mennyi lesz az eredetileg nyugalomban lévő elektron hullámhossza 1 kV gyorsító feszültségen történő átfutás után! (38,8 pm)
32. Számítsuk ki azt a hullámhosszat, amelyre az elektron egy 10 GeV-os gyorsítóban tesz szert! (12,27 fm)
33. A hidrogénatom legkisebb energiájú állapotában az elektron hullámfüggvénye  $\Psi = e^{-r/a_0}$ , ahol  $r$  az elektron távolsága a magtól és  $a_0 = 52.9$  pm. Számítsuk ki, hogy hányszor nagyobb annak a valószínűsége, hogy az elektron a mag körüli  $1 \text{ pm}^3$  térfogatban tartózkodik, mint annak a valószínűsége, hogy ugyanekkora térfogatban, de a magtól  $a_0$  távolságra tartózkodik! (7,4)
34. A  $\text{He}^+$  ion esetében a legkisebb energiájú állapotban a hullámfüggvény  $\Psi = e^{-2r/a_0}$ , ahol  $r$  az elektron távolsága a magtól és  $a_0 = 52.9$  pm. Számítsuk ki, hogy hányszor nagyobb annak a valószínűsége, hogy az elektron a mag körüli  $1 \text{ pm}^3$  térfogatban tartózkodik, mint annak a valószínűsége, hogy ugyanekkora térfogatban, de a magtól  $a_0$  távolságra tartózkodik! (54,6)
35. Mutassuk meg, hogy  $e^{ax}$  a  $d/dx$  operátor sajátfüggvénye, és határozzuk meg a megfelelő sajátértéket! Mutassuk meg, hogy ugyanakkor  $e^{ax^2}$  nem sajátfüggvénye a  $d/dx$  operátornak! (a)
36. Sajátfüggvénye-e  $\cos ax$  a következő operátoroknak: a)  $d/dx$ , b)  $d^2/dx^2$  ( $a$  konstans)? (a) nem; b) igen)
37. Egy 1 g tömegű lövedék sebességét  $10^{-6}$  m/s bizonytalansággal ismerjük. Mekkora a lövedék helyzetének bizonytalansága? ( $5,27 \cdot 10^{-26}$  m)
38. Mekkora az elektron sebességének minimális bizonytalansága a hidrogénatomban? A hidrogénatom átmérőjét vegyük  $2a_0$ -nak! ( $a_0 = 52.9$  pm) (547 km/s)
39. Egy fotodetektor a ráeső monokromatikus fényből 3,8 ms alatt  $8 \cdot 10^7$  fotont gyűjt össze. Ha a detektor teljesítménye  $0,72 \mu\text{W}$ , mennyi a beeső fény frekvenciája? ( $5,16 \cdot 10^{16}$  Hz)
40. Valamely diffrakciós kísérlethez 0,45 nm hullámhosszú elektronokat kell használnunk. Számítsuk ki a követelményeknek megfelelő elektronok sebességét! ( $1,62 \cdot 10^{16}$  Hz)
41. Számítsuk ki a foton impulzusát, ha hullámhossza 750 nm! ( $8,83 \cdot 10^{-28}$  kg·m/s)
42. Valamely atom ionizációjához  $3,44 \cdot 10^{-18}$  J energia szükséges. Ismeretlen hullámhosszú foton elnyelésével az atom ionizálódik, a kilépő elektron sebessége  $1,03 \cdot 10^6$  m/s. Számítsuk ki az ionizáló sugárzás hullámhosszát! (50,7 nm)
43. Számítsuk ki az egyetlen fotonra, valamint mólnyi mennyiségű fotonra jutó energiát a 600 nm hullámhosszú (vörös) sugárzás esetében! ( $3,31 \cdot 10^{-19}$  J; 200 kJ/mol)
44. Számítsuk ki a fotonok impulzusát a 600 nm hullámhosszú sugárzás esetén! ( $1,1 \cdot 10^{-27}$  kg·m/s)

45. Számítsuk ki, hogy a 600 nm hullámhosszú sugárzás egy fotonja hatására mekkora sebességre tesz szert a nyugalomból induló hidrogénatom! (0,66 m/s)
46. A nátriumlámpa 550 nm-es sárga fényt bocsát ki. Hány fotont bocsát ki másodpercenként, ha teljesítménye 1 W? ( $2,77 \cdot 10^{18}$ )
47. A cézium kilépési munkája 2,14 eV. Számítsuk ki, hogy mekkora kinetikus energiára és sebességre tesznek szert azok az elektronok, amelyeket 700 nm hullámhosszú sugárzással keltettünk! ( $8,4 \cdot 10^5$  m/s)
48. Számítsuk ki az 1 g tömegű, 1 cm/s sebességű részecske de Broglie-hullámhosszát! ( $6,626 \cdot 10^{-29}$  m)
49. Számítsuk ki annak az elektronnak a de Broglie-hullámhosszát, amelyet nyugalmi állapotból indítva 100 V feszültséggel gyorsítottunk! (123 pm)
50. Röntgensugarakkal végrehajtott kísérlet során a 150 pm hullámhosszú fotonok az atomok elektronburkának a belsejéből elektronokat távolítottak el, amelyek sebessége  $2,14 \cdot 10^7$  m/s lett. Mekkora ezeknek az elektronoknak a kötési energiája? ( $1,115 \cdot 10^{-15}$  J)
51. Valamely proton sebessége  $4,5 \cdot 10^5$  m/s. Ha a proton impulzusának a bizonytalanságát 0,01 %-ra kívánjuk csökkenteni, milyen bizonytalansággal kell számolni a helykoordináta értékében? (700 pm)
52. Számítsuk ki, hogy mekkora a minimális bizonytalanság annak az 500 g tömegű labdának a sebességében, amelynek helyét az ütőn 1  $\mu$ m pontossággal ismerjük! ( $1,05 \cdot 10^{-28}$  m/s)
53. Mekkora a minimális bizonytalanság annak az 5 g-os lövedéknek a helyzetében, amelyről tudjuk, hogy a 350,00001 m/s és 350,00000 m/s értékek közé eső sebességgel repül?
54. Egy elektron olyan egyenes szakaszon mozog, amelynek 100 pm-es hossza az atomok átmérőjének a nagyságrendjébe esik. Számítsuk ki az impulzus és a sebesség minimális bizonytalanságát! ( $5,3 \cdot 10^{-25}$  kg·m/s;  $5,8 \cdot 10^5$  m/s)