

# Kvantummechanika B

## vizsgazh.

1. Az Einstein-de Haas-kísérletben a mágneses térben torziós szálon függő ferromágneses rúd elfordul, ha a mágneses teret kikapcsolják. A kísérlettel
  - A. meghatározták az elemi töltést.
  - B. meghatározták az elektronok töltésének és tömegének arányát.
  - C. bizonyították az impulzusmomentum és a mágneses momentum kapcsolatát.
2. A hőmérsékleti sugárzás spektruma kis frekvenciákon a klasszikus Reyleigh-Jeans-törvényt követi, de nagy frekvenciákon ettől eltér, és növekedés helyett nullához tart. Ennek az az oka, hogy
  - A. az üregbe zárt elektromágneses sugárzás módusaira a Planck-féle kvantumhipotézis érvényes.
  - B. magas hőmérsékleten a rácsrezgések már nem lineárisak.
  - C. az üregbe zárt elektromágneses sugárzás módusaira az ekvipartíció tétele érvényes.
3. A fotoeffektus során megvilágított fémlemezről elektronok lépnek ki. A kilépő elektronok
  - A. száma arányos a fény frekvenciájával.
  - B. sebessége növekszik a fény frekvenciájával.
  - C. hullámhossza növekszik a fény frekvenciájával.
4. Elektronnal végzett kétréses interferenciakísérletben
  - A. Az elektron kettéoszlik, egyik fele az egyik, másik fele a másik résen megy keresztül.
  - B. összeadódnak annak valószínűségei, hogy az elektron az egyik, ill. hogy a másik résen ment keresztül.

- C. ha kísérletileg meghatározzuk, hogy az elektron melyik résen ment át, az interferencia megszűnik.
5. Melyik kísérlet bizonyítja a diszkrét atomi energiaszintek létezését?
- A. Davisson-Germer-kísérlet  
 B. Frank-Hertz-kísérlet  
 C. Millikan-kísérlet
6. A hidrogénatom alapállapotú energiája (mozdulatlan atommagot feltételezve)  $-13.6 \text{ eV}$ . Ennek alapján mennyi lehet az egyszerűen ionizált héliumatom ( $\text{He}^+$ ) alapállapotú energiája?
- A.  $-54.4 \text{ eV}$   
 B.  $-27.2 \text{ eV}$   
 C.  $-6.8 \text{ eV}$
7. A Duane-Hunt-törvény a fékezési röntgensugárzás spektrumában előforduló legkisebb hullámhosszat adja meg. Ez az összefüggés abból következik, hogy
- A. a Bohr-elmélet érvényes rá.  
 B. a bombázó elektron mozgási energiája teljes egészében a keletkező röntgenfoton energiájává alakul át.  
 C. a bombázó elektron a céltárgy egyik atomjában belsőhéj-ionizációt okoz.
8. Az  $\hat{S}_z$  spinoperátor normált sajátállapotait jelöljük  $|\uparrow\rangle$ -val ill.  $|\downarrow\rangle$ -val. Az  $\hat{S}_y$  operátor normált sajátállapotai felírhatók

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle + \frac{i}{\sqrt{2}}|\downarrow\rangle$$

( $+\hbar/2$  sajátérték) ill.

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle - \frac{i}{\sqrt{2}}|\downarrow\rangle$$

( $-\hbar/2$  sajátérték) alakban. Mi a valószínűsége annak, hogy a

$$\frac{4}{5}|\uparrow\rangle - i\frac{3}{5}|\downarrow\rangle$$

állapotban levő elektronon az  $\hat{S}_y$  spinkomponenst megmérve a  $-\hbar/2$  értéket kapjuk?

9. A hidrogénatom Hamilton-operátora gömbszimmetrikus, ezért felcserélhető az impulzusmomentum operátorának mind az  $x$ , mind az  $y$  komponensével.
- A. Emiatt a hidrogénatom energiaszintjei elfajultak.
  - B. Emiatt a hidrogénatom energia-sajátállapotai egyidejűleg az impulzusmomentum  $x$  és  $y$  komponensének is sajátállapotai.
  - C. Emiatt a hidrogénatom energia-sajátállapotai is gömbszimmetrikusak.

10. Az

$$-\hat{S}_x \cos \theta + \hat{S}_y \sin \theta$$

operátor sajátértékei  $\pm \hbar/2$ . Határozza meg a sajátvektorait! Itt

$$\hat{S}_x = \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\hat{S}_y = \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}.$$

11. A hidrogénatom alapállapotának hullámfüggvénye

$$\frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right)$$

ahol

$$a_0 = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{m_e q_e^2}$$

a Bohr-sugár. Mi a  $p_z$  impulzus-komponens négyzetének várható értéke ebben az állapotban?

12. A harmonikus oszcillátor energia-sajátértékegyenlete

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{m\omega^2}{2}\psi = E\psi.$$

Miért nem lehet az  $E$  sajátérték negatív?

- A. Mert az ellentmondana az ekvipartíció elvének.

- B. Mert a harmonikus oszcillátor energiaoperátorának várható értéke minden állapotban pozitív.
- C.  $E$  lehet negatív is, hiszen az egyenlet mindig megoldható.

13. Számítsa ki a

$$-3\hat{a}\hat{a}^\dagger + 2\hat{a}\hat{a}^\dagger\hat{a}\hat{a}^\dagger$$

operátor várható értékét a harmonikus oszcillátor alapállapotában!

14. A kétatomos molekulák rezgési-forgási spektruma egymástól közelítőleg egyenlő távolságra levő csúcsokból áll, mivel
- A. a rezgési energiaszintek sokkal közelebb vannak egymáshoz, mint a forgási energiaszintek.
  - B. alkalmazható rájuk a Planck-féle kvantumhipotézis.
  - C. a rotátor szomszédos energiaszintjeinek különbsége lineárisan függ a mellékkvantumszámtól.
15. Ha az impulzusmomentum négyzetének sajátértéke  $\ell(\ell+1)\hbar^2$ , ahol  $\ell$  nemnegatív egész szám, akkor mennyi lehet az impulzusmomentum  $y$ -komponensének sajátértéke a közös sajátállapotban?
- A. Csak az impulzusmomentum  $z$ -komponensének vannak közös sajátállapotai az impulzusmomentum négyzetével.
  - B.  $m\hbar$ , ahol  $m = -\ell, -\ell + 1, \dots, \ell$ .
  - C.  $m(m+1)\hbar$ , ahol  $m = |\ell|, |\ell| + 1, |\ell| + 2, \dots$
16. Egydimenziós  $L$  szélességű végtelen potenciálgödörben (belül nulla, kívül végtelen a potenciál) mozgó részecske esetében a normált alapállapot

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\pi \frac{x}{L}\right), x \in (0, L).$$

Mi a valószínűsége, hogy a részecske helyét mérésel meghatározva azt  $L/2$  és  $3L/4$  között találjuk?

17. Melyik az időfüggetlen Schrödinger-egyenlet?

- A.  $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar/2$
- B.  $\hat{x}\hat{p}_x - \hat{p}_x\hat{x} = i\hbar$
- C.  $\hat{H}\psi = E\psi$

18. A szabad tömegpont hullámfüggvénye szétfolyik (kiszélesedik), mivel
- A. a hullámfüggvényre nem érvényes a szuperpozíció elve.
  - B. a hullámfüggvény síkhullámok szuperpozíciója, és az egyes összetevők különböző sebességgel terjednek.
  - C. a részecske töltése taszító hatást gyakorol rá.
19. A radioaktív  $\alpha$ -bomlás felezési idői azért változnak annyira széles határok között ( $\mu s$ -tól tízmilliárd évig), mert
- A. a potenciálgáton való áthaladás valószínűsége exponenciálisan függ  $-const./\sqrt{E}$ -től, ahol  $E$  a bomlás energiája.
  - B. az atommagok mérete is nagyon széles határok közt változik.
  - C. az atommagok hőmérséklete is széles határok között változik.
20. A hidrogén molekula-ionban az elektron alapállapota
- A. az egyik vagy a másik atomi pálya (hidrogén alapállapot).
  - B. az atommagok belsejében kialakuló kötött állapot.
  - C. a mindkét atommaghoz egyaránt tartozó kötő molekulapálya.
21. Írja fel ésszerű jelölésekkel a hidrogén-molekula Hamilton-operátorát!
22. Az egyszeres vegyérték kovalens kötés esetében megfelel
- A. két elektronnak, amelyek azonos spinnel egy kötő és egy nem kötő molekulapályán tartózkodnak.
  - B. két elektronnak, amelyek ellentétes spinnel ugyanazon a kötő molekulapályán tartózkodnak.
  - C. egy elektronnak, amely kötő molekulapályán tartózkodik.
23. Az impulzusmomentumok összeadási szabálya szerint az  $\ell = 2$  mellékkvantumszámú pályán lévő elektron eredő impulzusmomentumának nagysága  $\hbar\sqrt{j(j+1)}$ , ahol a  $j$  kvantumszám
- A.  $1/2$ .
  - B.  $3/2$  vagy  $5/2$ .
  - C.  $\sqrt{3}/2$  vagy  $\sqrt{15}/2$ .
24. A Born-Oppenheimer közelítés

- A. mozdulatlan elektronok mellett határozza meg az atommagok energiaszintjeit.
- B. figyelembe veszi az atommagok mozgásának hatását az elektronrendszerre.
- C. azon alapul, hogy az atommagok mozgási energiája sokkal kisebb, mint az elektronoké.

Minden feladatra maximum 1 pont kapható.

Ponthatárok:

- 0-12 pont: 1
- 13-15 pont: 2
- 16-18 pont: 3
- 19-21 pont: 4
- 22-24 pont: 5