

## 1. zh, Fizika M1, BME, gépészmérnök szak, 2018. október 15.

Ezt a feladatlapot nem kell beadni, csak a válaszlapot. Minden kérdésre pontosan egy helyes válasz van. Ennek a feladatlapnak az üres részei használhatók a szükséges részletszámolások elvégzésére. Kék toll, zsebszámológép használható, minden más segédeszköz használata tiltott. Mobiltelefon nem használható, zsebszámológépként sem. A feladatokat önállóan kell megoldani. A hallgatók közti kommunikáció és a nem engedélyezett segédeszközök használata büntetendő.

Minden kérdés esetén a helyes válasz 5 pontot ér. A válaszlapon javítani nem lehet. Rossz, hiányzó, vagy értelmezhetetlen válasz egyaránt 0 pontot ér. Így az elérhető maximális pontszám 100. A zh érvényes, ha az elért pontszám legalább 40, azaz ha a helyes válaszok száma legalább 8.

Néhány számszerű adat, ami szükséges lehet a számításokhoz: Nehézségi gyorsulás:  $g \approx 9.81 \text{ m/s}^2$ . Fénysebesség:  $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Elemi töltés:  $e \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Elektron tömege:  $m_e \approx 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ . Planck-állandó:  $h \approx 6.6 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2/\text{s}$ . Vákuum permittivitása  $\varepsilon_0 \approx 8.9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ . A hidrogénatom egyetlen elektronjának alapállapotú energiája  $E_1 = -1 \text{ rydberg} \approx -13.6 \text{ eV}$ . Elektronvolt:  $1 \text{ eV} \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

1. Három méter magasból elengedünk egy kétkilós testet. Mekkora a becsapódási sebessége?

- (A) kb. 19.6 m/s.
- (B) kb. 3.1 m/s.
- (C) kb. 12.8 m/s.
- +(D) kb. 7.7 m/s.

2. Mennyi a periódusideje a  $\lambda = 680 \text{ nm}$  hullámhosszú vörös fénynek?

- (A) 163 milliszekundum (milli =  $10^{-3}$ )
- (B) 540 nanoszekundum (nano =  $10^{-9}$ )
- (C) 16,9 picoszekundum (pico =  $10^{-12}$ )
- +(D) 2,3 femtoszekundum (femto =  $10^{-15}$ )

3. Az első Pauli-mátrix  $\hat{\sigma}_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ . Melyik vektor az, amelyik +1 sajátértékkel sajátvektora ennek a mátrixnak?

- (A)  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$
- (B)  $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$
- +(C)  $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$
- (D)  $\begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$

4. Egydimenzióban mozgó elektron dinamikáját szeretnénk leírni kvantummechanikailag, a spin figyelembevétel nélkül. Ebben az esetben az állapotjelzőként használt  $\psi$  hullámfüggvény milyen függvény?

- +(A)  $\psi : \mathbb{R} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$
- (B)  $\psi : \mathbb{C} \times \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$
- (C)  $\psi : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$
- (D)  $\psi : \mathbb{R} \rightarrow [0, 1]$

5. Egy elektron a hidrogénatom klasszikus Rutherford-modelljének megfelelően körpályán mozog a rögzítettnek tekintett proton körül. Tegyük fel, hogy a mozgás az  $xy$  síkban történik, és a pálya sugara  $R = 0.3 \text{ \AA}$ . Mekkora az elektron gyorsulása?

- (A) kb.  $2.8 \times 10^{21} \text{ m/s}^2$
- (B) kb.  $2.8 \times 10^{22} \text{ m/s}^2$
- + (C) kb.  $2.8 \times 10^{23} \text{ m/s}^2$
- (D) kb.  $2.8 \times 10^{24} \text{ m/s}^2$

6. Adott pillanatban egy egydimenzióban mozgó elektron hullámfüggvénye  $\psi(x) = N\chi_{[0,L]}(x)$ , ahol  $N$  egy pozitív szám, és  $\chi_{[0,L]}(x)$  az a függvény aminek értéke a  $[0, L]$  intervallumon belül 1, minden más pontban pedig 0. Mekkora kell választani  $N$ -et, hogy a  $\psi$  hullámfüggvény normált legyen?

- (A)  $N = 1$ .
- (B)  $N = 1/L$ .
- + (C)  $N = 1/\sqrt{L}$ .
- (D)  $N = \sqrt{2/L}$ .

7. Egy héliumatomban (He) két proton, néhány neutron, és két elektron található. Egy egyszeresen pozitívan töltött héliumionban csak egy elektron van. Hány rydberg az alapállapotú energiája ennek az egyetlen elektronnak?

- (A)  $-1/4$  rydberg.
- (B)  $-1$  rydberg.
- (C)  $-2$  rydberg.
- + (D)  $-4$  rydberg.

8. Egydimenzióban mozgó elektron pillanatnyi hullámfüggvénye  $\psi_1(x) = \frac{i}{\sqrt{a}}\chi_{[0,a]}(x)$ , ahol  $\chi_{[0,a]}(x)$  az a függvény aminek értéke a  $[0, a]$  intervallumon belül 1, egyébként 0. Mi a hely várhatóértéke ebben az állapotban?

- (A)  $-a/2$ .
- (B) 0.
- + (C)  $a/2$ .
- (D)  $a$ .

9. Hányszorososan degenerált a hidrogénatom  $n = 4$  főkvantumszámú nívója, a spin szabadsági fokot is figyelembe véve?

- (A) 2
- (B) 18
- + (C) 32
- (D) 16

10. A réz fajlagos ellenállása  $\rho = 16.8 \text{ n}\Omega \text{ m}$ . Mekkora egy  $10 \text{ cm}$  hosszú,  $1 \text{ mm}^2$  keresztmetszetű rézdrót ellenállása?

- (A)  $1,68 \mu\Omega$ .
- + (B)  $1,68 \text{ m}\Omega$ .
- (C)  $16,8 \text{ m}\Omega$ .
- (D)  $0,168 \Omega$ .

11. Tekintsünk két különböző fémeket (1-es és 2-es), melyek közül az elsőnek kétszer akkor a fajlagos vezetőképessége, mint a másodiknak:  $\sigma_1/\sigma_2 = 2$ . A vezetési elektronok sűrűsége mindkét fémekben ugyanakkora. A Drude-modell alapján állapítsd meg, hogy mekkora a relaxációs idők aránya,  $\tau_1/\tau_2 = ?$

- (A) 1/2
- (B) 1
- + (C) 2
- (D) egyik sem

12. Egydimenziós kristályos szerkezetű fém rácsállandója  $3 \text{ \AA}$ . A kristály minden atomja két vezetési elektront ad. A kvantummechanikai Sommerfeld-modell alapján mekkora ebben a rendszerben a vezetési elektronok Fermi-hullámszáma,  $k_F = ?$  Ne felejtse el figyelembe venni az elektronok spin szabadsági fokát.

- (A) kb.  $5.2 \frac{1}{\text{nm}}$ .
- + (B) kb.  $10.4 \frac{1}{\text{nm}}$ .
- (C) kb.  $52 \frac{1}{\text{nm}}$ .
- (D) kb.  $104 \frac{1}{\text{nm}}$ .

13. Egy fémadarabot homogén izotrop módon összenyomunk, úgy hogy térfogata 3%-kal csökken. Nő vagy csökken az ellenállása az összenyomás hatására? Hány százalékkal? Válaszodat alapozd a geometriai Ohm-törvényre és a Drude-féle vezetőképesség-formulára. Tedd fel, hogy az összenyomásnak nincs hatása a vezetési elektronok számára és a relaxációs időre.

- (A) Kb. 6 %-kal csökken.
- + (B) Kb. 2 %-kal csökken.
- (C) Kb. 3 %-kal nő.
- (D) Kb. 6 %-kal nő.

14. Adott pillanatban egy egydimenzióban mozgó elektron hullámfüggvénye  $\psi(x) = \frac{1}{\pi^{1/4}\sqrt{L}} e^{-\frac{x^2}{2L^2}}$ . Melyik operátornak sajátfüggvénye ez a hullámfüggvény?

- (A)  $\hat{x}$ -nek.
- (B)  $\hat{p}$ -nek.
- (C) mindkettőnek.
- + (D) egyiknek sem.

15. Mi az elektromos áram dimenziója egy egydimenziós modellben?

- + (A) A
- (B)  $A \cdot m$
- (C)  $A/m^2$
- (D) egyik sem

16. Egydimenzióban mozgó elektron pillanatnyi hullámfüggvénye  $\psi(x) = \frac{1}{\pi^{1/4}\sqrt{L}}e^{-\frac{x^2}{2L^2}}e^{ikx}$ . Add meg az elektron által vitt részecskeáram-sűrűséget az  $x = 0$  pontban! Emlékeztetőül, az részecskeáram-sűrűség kifejezhető például  $j(x) = \text{Re} \left[ \psi^*(x) \frac{\hat{p}}{m_e} \psi(x) \right]$  alakban.

- (A)  $\frac{\hbar k}{\sqrt{\pi L m_e}}$
- (B)  $\frac{\hbar k}{m_e}$
- (C)  $\frac{\hbar k}{\sqrt{\pi 2 L m_e}}$
- (D)  $\frac{\hbar^2 k^2}{2 m_e}$

17. Megfelelő frekvenciájú elektromágneses sugárzással a hidrogénatom alapállapotban levő elektronját fel lehet gerjeszteni az  $n = 3$  főkvantumszámú gerjesztett állapotba. Mekkora kell választani ehhez a sugárzás frekvenciáját?

- (A) kb.  $3.0 \times 10^{14}$  Hz
- (B) kb.  $4.7 \times 10^{14}$  Hz
- +(C) kb.  $2.9 \times 10^{15}$  Hz
- (D) kb.  $1.8 \times 10^{16}$  Hz

18. Egy adott típusú elemi fém egyszerű köbös rácsban kristályosodik, azaz az atomok egy kocka-rács rácspontjaiban helyezkednek el. A kristály rácsállandója, azaz a kockák élének hossza,  $3 \text{ \AA}$ . Minden atom két vezetési elektronnal járul hozzá a vezetéshez. Mekkora a vezetési elektronok töltéssűrűsége ebben az anyagban?

- (A)  $3.7 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$
- +(B)  $7.4 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$
- (C)  $3.0 \times 10^{30} \text{ m}^{-3}$
- (D)  $6.7 \times 10^{29} \text{ m}^{-3}$

19. Az egydimenziós Sommerfeld-modellben az elektronok stacionárius állapotait a  $k$  hullámszám jellemzi. Mekkora a csoportsebessége a  $k = 1 \frac{1}{\text{nm}}$  hullámszámú elektronnak?

- (A) kb.  $10^3 \text{ m/s}$
- +(B) kb.  $10^5 \text{ m/s}$
- (C) kb.  $10^7 \text{ m/s}$
- (D) kb.  $10^9 \text{ m/s}$

20. Egy fémekben az elektronok stacionárius állapotainak betöltési valószínűségét a Fermi-Dirac-függvény adja meg. Tekintsük ezt a fémeket zérus hőmérsékleten, és válasszunk ki egy elektronállapotot a Fermi-energia felett. Melyik állítás igaz erre az állapotra?

- +(A) A hőmérséklet növelésével az állapot betöltési valószínűsége nő.
- (B) A hőmérséklet növelésével az állapot betöltési valószínűsége csökken.
- (C) Az állapot betöltési valószínűsége a hőmérséklettől függetlenül mindig 0.
- (D) Az állapot betöltési valószínűsége a hőmérséklettől függetlenül mindig 1.