

2. zh, Fizika M1, BME, gépészmérnök szak, 2018. december 3.

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: Fénysebesség: $c \approx 3 \times 10^8$ m/s. Elemi töltés: $e \approx 1.6 \times 10^{-19}$ C. Elektron tömege: $m_e \approx 9.1 \times 10^{-31}$ kg. Planck-állandó: $h \approx 6.6 \times 10^{-34}$ kg m²/s. Boltzmann-állandó: $k_B \approx 1.38 \times 10^{-23}$ m²kg/(s²K). Vezetőképesség-kvantum: $G_0 = 2e^2/h \approx 77 \mu\text{S} \approx 1/(12.9 \text{ k}\Omega)$. A hidrogénatom egyetlen elektronjának alapállapotú energiája $E_1 = -1$ rydberg ≈ -13.6 eV. Elektronvolt: $1 \text{ eV} \approx 1.6 \times 10^{-19}$ J.

1. Egy a rácsállandójú egydimenziós kristályban az elektronok energiasajátállapotait a k hullámszám indexeli. Mely hullámszámokhoz tartozó állapotok azonosak egymással?

- +(A) k és $k + 2\pi/a$.
- (B) k és $k + \pi/a$.
- (C) k és $k + \pi/(2a)$.
- (D) k és $k + 2\pi/(5a)$.

2. Egydimenziós egyatomos láncban a rácsállandó $a = 2 \text{ \AA}$, az alagutazási mátrixelem pedig $t = -1$ eV. Mekkora a sáv alját jellemző effektív tömeg?

- (A) kb. $0.4 m_e$.
- +(B) kb. $0.95 m_e$.
- (C) kb. $1.3 m_e$.
- (D) kb. $1.9 m_e$.

3. Az előző feladatban szereplő modellben mekkora a $k = \pi/(2a)$ hullámszámhoz tartozó elektronállapot csoportsebessége?

- (A) 0 m/s.
- +(B) kb. 6×10^5 m/s.
- (C) kb. 6×10^6 m/s.
- (D) kb. 6×10^7 m/s.

4. Tekintsük az egydimenziós egyatomos lánc szoroskötésű modelljét, és tegyük fel hogy minden egyes atom egyetlen elektront ad a vizsgált sávhoz. Fém vagy szigetelő az így modellezett anyag? Ne felejtse el figyelembe venni az elektronok spin szabadsági fokát.

- +(A) fém.
- (B) szigetelő.
- (C) akár fém, akár szigetelő is lehet.
- (D) egyik sem.

5. Tekintsünk egy fém mintát, mely piezorezisztivitást mutat: nyújtás hatására megváltozik az ellenállása. Tegyük fel, hogy az effektust jellemző piezorezisztív együttható $c = 4$. Állandó elektromos feszültséget kapcsolva a minta két végére, hogyan változik az átfolyó áram ha az anyagot 1%-kal megnyújtjuk?

- + (A) kb. 4%-kal csökken.
- (B) kb. 2%-kal csökken.
- (C) kb. 2%-kal nő.
- (D) kb. 4%-kal nő.

6. Tekintsünk egy $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$ méretű piezoelektromos kockát, melynek élei az x , y , z irányokban állnak. Kapcsoljunk az x tengelyre merőleges két oldallapja közé 1 V elektromos feszültséget. Ennek hatására a kocka 10 mikrométert megnyúlik az x irányba. Ugyanilyen elrendezésben mennyit nyúlik meg az x irányban egy $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{cm}$ méretű kocka, ha arra is 1 V elektromos feszültséget kapcsolunk?

- (A) 5 mikrométert.
- + (B) 10 mikrométert.
- (C) 20 mikrométert.
- (D) 40 mikrométert.

7. Egy aranyszálat elszakítunk, és közben mérjük a vezetőképességét. Amikor az elszakítás után a két aranyszál távolsága 100 pm, akkor a rendszer vezetőképessége $0.01 G_0$. Amikor a két aranyszál távolsága 200 pm, akkor a rendszer vezetőképessége $0.001 G_0$. Mekkora a rendszer vezetőképessége, amikor a két aranyszál távolsága 300 pm?

- (A) $10^{-3} G_0$.
- (B) $6.6 \times 10^{-4} G_0$.
- + (C) $10^{-4} G_0$.
- (D) $10^{-6} G_0$.

8. Tekintsük a 6. feladatban vizsgált kocka anyagát, illetve ennek az anyagnak az inverz piezoelektromos tenzorát. Mekkora ennek a tenzornak a \tilde{d}_{xxx} eleme?

- (A) 0.
- (B) 10 m/V.
- (C) 10 cm/V.
- + (D) 10 $\mu\text{m}/\text{V}$.

9. Az arany fajlagos ellenállása szobahőmérsékleten $23\text{n}\Omega \cdot \text{m}$. Mekkora a vezetőképessége egy 2 cm hosszú, 100 μm átmérőjű, henger alakú aranyszálnak?

- (A) kb. $2.2 \times 10^3 G_0$.
- (B) kb. $4.4 \times 10^3 G_0$.
- + (C) kb. $2.2 \times 10^5 G_0$.
- (D) kb. $4.4 \times 10^5 G_0$.

10. Egy n-típusú adalékolt félvezetőben donornívók alakulnak ki. Zérus hőmérsékleten melyik állítás teljesül?

- (A) A donornívók üresek, a vezetési sáv üres, így az anyag szigetelőként viselkedik.
- (B) A donornívók üresek, és a donor-elektronok a vezetési sávban vannak, így az anyag fémként viselkedik.
- (C) Minden donornívó egyszeresen betöltött, és az anyag fémként viselkedik.
- + (D) Minden donornívó egyszeresen betöltött, és az anyag szigetelőként viselkedik.

11. Egy donoratomokkal adalékolt félvezető anyag vezetési sávjának alján az elektronok effektív tömege $0,4 m_e$, és az anyag dielektromos állandója $\epsilon_r = 2$. Hány rydberg távolságra vannak a donornívók a vezetési sáv aljától?

- (A) 1 rydberg.
- +(B) 0,1 rydberg.
- (C) 0,01 rydberg.
- (D) 0,001 rydberg.

12. Egy GaAs-alapú LED-re egyenfeszültséget kapcsolunk, és 1 mA áramot folytatunk át rajta. Feltéve, hogy minden áthaladó elektron fotonkibocsátással rekombinálódik az intrinszik tartományban, becsüld meg a P sugárzási teljesítményt. A becsléshez használd fel, hogy a GaAs tiltott sávjának szélessége $E_g \approx 1.43$ eV.

- +(A) $P \approx 1.43$ mW.
- (B) $P \approx 14.3$ mW.
- (C) $P \approx 0.143$ W.
- (D) $P \approx 1.43$ W.

13. Tekintjük egy kétnívós atom és az elektromágneses sugárzás kölcsönhatásának elemi folyamatait. Melyik folyamat megy végbe fotonok jelenléte nélkül?

- +(A) Spontán emisszió.
- (B) Indukált emisszió.
- (C) Abszorpció.
- +(D) Egyik sem.

Eredetileg az A-t szántam helyes megoldásnak, de a megfogalmazás úgy sikerült, hogy a D is elfogadható jó válaszként. 'A' és 'D' válaszok egyaránt 5 pontot értek.

14. Ha egy sugárzó fekete test hőmérsékletét növeljük, akkor hogyan változik a sugárzási spektrum intenzitás-maximumához tartozó frekvencia?

- +(A) Nő.
- (B) Csökken.
- (C) Nem változik.
- (D) Attól függ.

15. Egy háromnívós atomból álló gázt szeretnénk lézerként használni. Ehhez populáció-inverziót kell létrehozni, amihez optikai pumpálást alkalmazunk. Tekintsük az alapállapotú nívó energiáját az energia referenciapontjának, $E_1 = 0$. Legyen a másik két nívó energiája $E_2 = 1.4$ eV és $E_3 = 1.8$ eV. Milyen hullámhosszú sugárzást bocsát ki ez a lézer?

- (A) 387 nm.
- (B) 688 nm.
- +(C) 886 nm.
- (D) 3100 nm.

16. Használjunk egy 532 nm hullámhosszú zöld lézert egy ideális Michelson-interferométerben, amelyben a nyalábosztó pontosan 50-50 százalékos. Tudjuk, hogy ha a minta-ág és a referencia-ág ugyanolyan hosszú, akkor a konstruktív interferencia miatt az ernyőn látható folt intenzitása maximális. Ehhez képest hány nanométerrel kell távolabbra vinnünk a minta-ágban levő síktüköröt, hogy az ernyőn látható folt intenzitása a maximális intenzitás felére csökkenjen?

- (A) kb. 67 nm-rel.
- (B) kb. 133 nm-rel.
- (C) kb. 266 nm-rel.
- (D) kb. 532 nm-rel.

17. A Földről indított, Holdról visszavert rövid lézerpulzust használunk a pillanatnyi Föld-Hold-távolság méréséhez. Mérésünk szerint az impulzus az indítástól számított 2.54 s múlva ér vissza hozzánk. Mekkora a távolságunk a Holdtól?

- (A) kb. 40 000 km.
- (B) kb. 190 000 km.
- (C) kb. 381 000 km.
- (D) kb. 762 000 km.

18. Egy kétnívós atom $\lambda = 3.5 \mu\text{m}$ hullámhosszú sugárzást tud elnyelni és kibocsátani. Vesszünk egy tartályt, amibe szobahőmérséketen, gáz halmazállapotban 10^{23} darab ilyen atomot helyezünk el. Becsüld meg, hogy az atomok közül mennyi van a gerjesztett állapotban?

- (A) kb. 10^5 .
- (B) kb. 10^{12} .
- (C) kb. 10^{17} .
- (D) kb. 10^{22} .

19. Ha egy 2 mW teljesítményű, 532 nm hullámhosszú lézerpontterrel fél másodpercig egy ember szemébe világítunk, akkor az már maradandó károsodást okozhat. Becsüld meg, hány foton lép ki eközben a lézerpontterből.

- (A) kb. 2.7×10^{12} .
- (B) kb. 2.7×10^{13} .
- (C) kb. 2.7×10^{14} .
- (D) kb. 2.7×10^{15} .

20. Optikai rács rácsállandója $d = 24 \mu\text{m}$. A rácsot 720 nm hullámhosszú vörös fényel világítjuk meg, mely az optikai rács síkjára merőlegesen esik be. A beesés irányához képest milyen szögben halad tovább az első elhajló nyaláb (első elhajlási rend)?

- (A) kb. 0.015 radián.
- (B) kb. 0.03 radián.
- (C) kb. 0.06 radián.
- (D) kb. 0.12 radián.