

2. zh, Fizika M1, BME, gépészmérnök szak, 2017. december 4.

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 vagy fekete 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.

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

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

2. Egydimenziós egyatomos láncban a rácsállandó $a = 2 \text{ \AA}$, az alagutazási mátrixelem pedig $t = -1,5 \text{ eV}$. Ebben a modellben kiszámolhatjuk az elektronok energiasajátértékeit. Milyen széles energiatartományban helyezkednek el ezek az energiasajátértékek, azaz milyen széles a modell által leírt elektron-sáv?

- (A) 0,75 eV.
- (B) 1,5 eV.
- (C) 3 eV.
- + (D) 6 eV.

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

- (A) kb. $9,1 \times 10^5 \text{ m/s}$.
- (B) kb. $4,55 \times 10^5 \text{ m/s}$.
- (C) kb. $6,1 \times 10^6 \text{ m/s}$.
- + (D) 0 m/s.

4. Az egydimenziós egyatomos lánc modellje elektromos vezetés szempontjából fémes vagy szigetelő viselkedést ír le?

- (A) Szigetelőt, hiszen ez a modell csak egyetlen sávot tartalmaz.
- (B) Fémeset, hiszen a modell a vezetési sávot írja le.
- + (C) Akár szigetelőt, akár fémet is leírhat, attól függően hogy hol helyezkedik el az elektronok Fermi-energiája.
- (D) Akár szigetelőt, akár fémet is leírhat, attól függően hogy mekkora a hőmérséklet.

5. Mi a mechanikai feszültség dimenziója egy egydimenziós modellben?

- + (A) erő.
- (B) erő/hossz.
- (C) erő/felület.
- (D) erő/térfogat.

6. Foszforatomokkal adalékolt szilícium-kristályban hol helyezkednek el a foszforatomok?

- (A) A szabályos gyémántrácsot alkotó szilíciumatomok közti térrészben.
- + (B) Egy-egy hiányzó szilíciumatom helyén ülnek.
- (C) A kristály felületén.
- (D) Páronként szorosan egymás mellett helyezkednek el, ún. kötött állapotokat alkotva.

7. Tekintsük az egyatomos lánc elektronjainak szoroskötésű modelljét. Tegyük fel, hogy az alagutazási mátrixelem $t(\varepsilon) = t_0(1 - 3\varepsilon)$ függvény szerint függ az ε mechanikai deformációtól, ahol $t_0 < 0$. Hogyan változik a sáv alját jellemző effektív tömeg, ha nyújtjuk a láncot?

- + (A) Nő.
- (B) Csökken.
- (C) Nem változik.
- (D) Nem lehet eldönteni.

8. Egy donoratomokkal adalékolt félvezető anyag vezetési sávjának alján az elektronok effektív tömege $0,4 m_e$, és az anyag dielektromos állandója $\varepsilon_r = 2$. 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.

9. Egy ideális, $k = 1000$ N/m rugóállandójú rugóból és egy $m = 5,15$ g tömegű testből álló harmonikus oszcillátort szeretnénk tömegmérésre használni. Hogyan tolódik el az oszcillátor sajátfrekvenciája, ha ráragasztunk $\Delta m = 0,1$ g extra tömeget?

- (A) Kb. 8 Hz-cel nő.
- (B) Kb. 8 Hz-cel csökken.
- (C) Kb. 4 Hz-cel nő.
- (D) Kb. 4 Hz-cel csökken.

A helyes válasz: kb. 0,67 Hz-cel csökken. Mivel ez nem szerepel a lehetséges válaszok között (csak ennek 2π -szerese, ami a D válasz), ezért mindenki +5 pontot kap. Elnézést a hibáért.

10. Legyen az előző feladatban szereplő tömegmérő eszköz jósági tényezője nagy, $Q \gg 1$. Hogyan változik ennek az eszköznek a tömeg-felbontása, ha az m tömegű testet lecseréljük $2m$ tömegű testre, és közben az oszcillátor Q jósági tényezője nem változik?

- (A) Nem változik a tömegfelbontás.
- (B) Javul a tömegfelbontás, azaz az új eszközzel kisebb extra tömeget is ki tudunk mutatni, mint a régivel.
- + (C) Romlik a tömegfelbontás.
- (D) A megadott adatok nem elégségesek a válaszhoz.

11. Soros RLC rezgőkört $U(t) = U_0 \cos(2\pi ft)$ váltófeszültséggel gerjesztünk a sajátfrekvenciáján. Mekkora az ellenálláson átfolyó váltóáram amplitúdója?

- (A) $U_0 \frac{1}{R}$.
- (B) $U_0 \sqrt{\frac{L}{R^2 C}}$.
- (C) $U_0 \sqrt{\frac{C}{L}}$.
- (D) Egyik sem.

12. Tekintsünk egy kocka alakú, 1 cm x 1 cm x 1 cm méretű, longitudinális piezoelektromosságot mutató mintát. A mintát x irányban 2 kN erővel összenyomva 12500 voltos elektromos feszültséget mérünk az x és -x irányú felületek között. Mekkora elektromos feszültséget mérünk ugyanezen az anyagon ugyanezen elrendezésben, ha ugyanilyen erővel nyomjuk össze, de a minta mérete 2 cm x 2 cm x 2 cm? Tételezd fel, hogy az x irányú összenyomás hatására az x és -x irányú felületeken kialakuló η felületi töltéssűrűség arányos az x irányú mechanikai deformációval (ε), $\eta = \alpha\varepsilon$, ahol α egy anyagi állandó (tehát a minta geometriájától független).

- (A) 3125 voltot.
- +(B) 6250 voltot.
- (C) 12500 voltot.
- (D) 25000 voltot.

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

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

14. 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 fényt bocsát ki ez a lézer? Emlékeztetőül: $1 \text{ eV} \approx 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$, a Planck-állandó $h \approx 6,6 \times 10^{-34} \text{ J s}$, a fénysebesség $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

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

15. Az előző feladatban szereplő háromnívós atomban a $3 \rightarrow 2$ spontán átmenet tipikus időtartama T_{32} , a $2 \rightarrow 1$ spontán átmenet tipikus időtartama T_{21} . Milyen viszonyban kell legyen ez a két időtartam, hogy a lehető leghatékonyabb populációinverziót kapjuk, és így az eszköz lézerként működjön?

- (A) T_{32} legyen sokkal hosszabb mint T_{21} .
- +(B) T_{32} legyen sokkal rövidebb mint T_{21} .
- (C) T_{32} legyen körülbelül ugyanannyi mint T_{21} .
- (D) Mindegy hogy mi T_{32} és T_{21} viszonya.

16. Tekintsünk egy $\lambda = 633$ nm hullámhosszon működő hélium-neon gázlézert. Tegyük fel hogy az optikai rezonátor szerepét játszó két tükör távolsága 1 cm. Becsüld meg, hogy a használt rezonátormódusnak hány zérushelye van a két tükör közti térrészben.

+(A) kb. 31600.

(B) kb. 15800.

(C) kb. 5000.

(D) kb. 2500.

17. A CERN-ben található részecskegyorsítóval kapcsolatos a következő négy állítás. Melyik hamis?

(A) A gyorsítóban nagysebességű protonokat ütköztetnek egymással, és ez lehetővé tette a Higgs-bozon felfedezését.

+(B) Az ütközések következtében a protonok alkotóelemekre esnek szét, ezek között van a Higgs-bozon is, ami a detektorba becsapódva elektromos jelet indukál.

(C) A gyorsítóban a protonokat elektromos és mágneses terek segítségével gyorsítják és tartják jól meghatározott pályán.

(D) A gyorsítóban a protonokat közel fénysebességre gyorsítják fel.

18. Egy proton a fénysebesség 80%-ával halad. Relativisztikusan számolva mekkora a hullámhossza? A proton tömege $m \approx 1,7 \times 10^{-27}$ kg, a Planck-állandó $h \approx 6,6 \times 10^{-34}$ J s, a fénysebesség $c \approx 3 \times 10^8$ m/s.

(A) kb. 0.73 femtométer.

+(B) kb. 0.99 femtométer.

(C) kb. 0.73 picométer.

(D) kb. 0.99 picométer.

19. Egy képzeletbeli kétrés-kísérletben a rések távolsága legyen éppen egy proton átmérője, azaz 1,8 femtométer. Mekkora hullámhosszú sugárzást kell alkalmaznunk, hogy az első kioltáshoz tartozó szög 45 fok legyen?

+(A) Kb. 2,5 femtométer.

(B) Kb. 1,3 femtométer.

(C) Kb. 0,7 femtométer.

(D) Kb. 0,1 femtométer.

20. Egy $v = 10^7$ m/s sebességgel haladó protont szeretnénk 1 km sugarú körpályán tartani. Mekkora homogén mágneses tér szükséges ehhez? Számolj nemrelativisztikusan. A proton tömege $m \approx 1,7 \times 10^{-27}$ kg, töltése $q \approx 1,6 \times 10^{-19}$ C.

(A) Kb. 1 tesla.

(B) Kb. 10 millitesla.

+(C) Kb. 100 microtesla.

(D) Kb. 1 microtesla.