

## Варіант 0

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. Знайти потенціал іонізації  $U_i$  атома водню.
2. Користуючись співвідношенням невизначеностей Гейзенберга, оцінити невизначеність швидкості електрона в атомі водню, вважаючи розмір атома близько 0,1 нм.

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. Визначити можливі значення азимутального моменту імпульсу  $M$  електрона в збудженому атомі водню, якщо енергія збудження  $W = 12,09$  еВ.
4. Визначити питому енергію зв'язку ядер ізотопів кремнію  $^{30}\text{Si}_{14}$  та берилію  $^8\text{Be}_4$ . Порівняти стійкість ядер.
5. Визначити сталу розпаду та середній час життя радіоактивного ізотопу кобальту  $^{55}\text{Co}_{27}$ , якщо відомо, що його активність зменшується на 4 % за годину. Продукт розпаду нерадіоактивний.
6. Визначити енергетичний вихід ядерної реакції  $^{14}\text{N}_7(\alpha, p)^{17}\text{O}_8$ , якщо питома енергія зв'язку ядра азоту  $W_{\text{зв}}(^{14}\text{N}_7) = 7,48$  МєВ/нук; ядра гелію  $W_{\text{зв}}(^4\text{He}_2) = 7,075$  МєВ/нук; ядра ізотопу кисню  $W_{\text{зв}}(^{17}\text{O}_8) = 7,75$  МєВ/нук.

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Знайти швидкість поширення акустичних коливань у кристалі алюмінію, якщо температура Дебая для алюмінію 396 К, а стала ґратки алюмінію  $d = 4,1$  Å.
8. Щільність струму  $j$  у мідному провіднику дорівнює 3 А/мм<sup>2</sup>. Знайти напруженість електричного поля  $E$  у провіднику.
9. Визначити концентрацію вільних електронів у металі за температури абсолютного нуля. Енергію Фермі прийняти рівною 1 еВ.
10. Мінімальна енергія, необхідна для отримання пари електрон-дірка в чистому телурі при 0 °С, дорівнює 0,34 еВ. У скільки разів зростає його електропровідність при збільшенні температури від 300 До 400 К?

## Варіант 1

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. Яку найменшу енергію  $W_{\min}$  повинні мати електрони, щоб при збудженні атомів водню ударами цих електронів з'явилися всі лінії всіх серій спектру водню?
2. Порівняти дебройлівські довжини хвиль електрона і протона, що пройшли прискорюючу різницю потенціалів  $U = 103$  В.

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. Визначити можливі значення проекції моменту імпульсу  $M_z$  орбітального руху електрона в атомі на напрямок зовнішнього магнітного поля, якщо електрон знаходиться в  $4d$ -стані.
4. Знайти дефект маси та питому енергію зв'язку ядер двох ізотопів магнію  $^{23}\text{Mg}_{12}$  та  $^{24}\text{Mg}_{12}$ . Який із цих ізотопів більш стійкий?
5. Знайти активність одного грама полонію  $^{210}\text{Po}_{84}$ , якщо період напіврозпаду  $T = 138$  діб.
6. Визначити за допомогою табличних значень мас атомів теплові ефекти реакцій:  
1)  $^7\text{Li}_3(p, n)^7\text{Be}_4$ ; 2)  $^9\text{Be}_4(n, \gamma)^{10}\text{Be}_4$ .

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Знайти максимальну частоту пружних коливань атомів у кристалічній решітці заліза, якщо температура Дебая для заліза  $420$  °С.
  8. Визначити об'ємну щільність теплової потужності  $w$  у металевому провіднику, якщо щільність струму  $j = 100$  А/мм<sup>2</sup>. Напруженість  $E$  електричного поля у провіднику дорівнює  $10$  мВ/м<sup>3</sup>.
  9. Визначити відношення концентрацій  $n_1/n_2$  вільних електронів при  $T = 0$  К в літій та цезії, якщо відомо, що енергії Фермі для цих металів відповідно дорівнюють  $4,72$  еВ і  $1,53$  еВ.
- 4.2 Обчислити «червону межу» внутрішнього фотоелекту, якщо ширина забороненої зони напівпровідника  $\Delta W_0 = 3$  еВ.

## Варіант 2

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. Обчислити кругову частоту обертання  $\omega$  електрона на другій борівській орбіті одноразово іонізованого атома гелію
2. Обчислити дебройлівські довжини хвиль протона і атома урану, що мають однакову кінетичну енергію, що дорівнює 100 еВ.

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. Атом водню, поглинувши квант світла з енергією 10,2 еВ з основного стану перейшов у збуджений  $p$ -стан. Визначити зміну моменту імпульсу орбітального руху  $\Delta M$  електрона.
4. Яку найменшу енергію необхідно витратити, щоб розділити на окремі нуклони ізобарні ядра  ${}^7\text{Li}_3$  та  ${}^7\text{Be}_4$ ? Пояснити, чому для ядра берилію ця енергія менша, ніж для ядра літію?
5. Було кілька радіоактивного ізотопу срібла. Маса радіоактивного ізотопу срібла зменшилася у 8 разів за 810 діб. Визначити період напіврозпаду радіоактивного срібла.
6. Обчислити енергію, що виділяється при протіканні термоядерної реакції  ${}^6\text{Li}_3 + {}^2\text{H}_1 \rightarrow 2 {}^4\text{He}_2$ . Порівняти її з величиною енергії зв'язку, що припадає на один нуклон для ядра  ${}^6\text{Li}_3$ .

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Визначити максимальне значення імпульсу фотона в кристалічній решітці алюмінію, якщо стала ґратки  $d = 4,09 \text{ \AA}$ .
8. По провіднику з площею поперечного перерізу  $50 \text{ мм}^2$  тече струм. Середня швидкість дрейфу вільних електронів  $0,282 \text{ мм/с}$ , їх концентрація  $7,9 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$ . Знайти силу струму та щільність струму у провіднику.
9. Знайти різницю енергій (в одиницях  $kT$ ) між електроном, що знаходиться на рівні Фермі, і електронами, що знаходяться на рівнях, ймовірності заповнення яких дорівнюють 0,2 і 0,8.
10. Обчислити температурний коефіцієнт опору германію за температури  $T = 200 \text{ К}$ . Ширина забороненої зони для германію  $\Delta W_0 = 1,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

## Варіант 3

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. У спектрі випромінювання атомарного водню відомі довжини хвиль двох ліній серії Бальмера 410,2 нм та 481,1 нм. Якій серії належить спектральна лінія, хвильове число якої дорівнює різниці хвильових чисел цих ліній? Яка її довжина хвилі?
2. Ширина сліду електрона на фотографії, отриманій камерою Вільсона, становить  $\Delta x = 10^{-3}$  м. Знайти невизначеність у визначенні швидкості.

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. Електрон у збудженому атомі водню знаходиться у  $3p$  стані. Визначити зміну магнітного моменту  $\Delta P_m$ , зумовленого орбітальним рухом електрона, при переході атома в основний стан.
4. Природний уран є сумішшю трьох ізотопів  $^{237}\text{U}_{92}$ ,  $^{236}\text{U}_{92}$ ,  $^{238}\text{U}_{92}$ . Чим відрізняються їхні ядра? Обчислити заряд та радіус ядра  $^{238}\text{U}_{92}$ .
5. Радіоактивний натрій  $^{24}\text{Na}_{11}$  розпадається, викидаючи  $\beta^-$  частинки. Період напіврозпаду натрію 148 годин. Обчислити кількість атомів, що розпалися за 10 годин, якщо спочатку в препараті було  $2,5 \cdot 10^{19}$  атомів.
6. Написати схему та визначити енергетичний вихід ядерної реакції  $^9\text{Be}_4(p, \alpha)^6\text{Li}_3$ .

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Визначити величину максимального імпульсу фонону в кристалі міді, якщо температура Дебая для міді дорівнює 330 К. Швидкість звуку міді 4550 м/с.
8. Щільність електричного струму в мідному дроті дорівнює  $j = 100$  А/см<sup>2</sup>. Визначити щільність теплової потужності  $w$  струму, якщо питомий опір міді дорівнює  $\rho = 1,8 \cdot 10^{-8}$  Ом м
9. Яка ймовірність заповнення електронами в металі енергетичного рівня, розташованого на 0,01 еВ нижче за рівень Фермі, при температурі 18 °С
10. Червона межа фотопровідності безпримісного напівпровідника за дуже низьких температур відповідає  $\lambda_0 = 0,85$  мкм. Обчислити температурний коефіцієнт опору цього напівпровідника при  $T = 300$  К.

## Варіант 4

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. Визначити енергію фотона  $W$ , що відповідає другій лінії серії Пашена атома водню.
2. При якій швидкості електрона його дебройлівська довжина хвилі дорівнювати-ме: а) 500 нм; б) 0,1 км

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. Обчислити повну енергію  $W$ , орбітальний момент імпульсу  $M$  і магнітний момент  $P_m$  електрона атома водню, що знаходиться в  $2p$  стані.
4. Чим відрізняються ядра ізоотопів вуглецю  $^{12}\text{C}_6$  та  $^{13}\text{C}_6$ ? Обчислити заряд, масу та радіус ядра  $^{12}\text{C}_6$ .
5. Які правила зміщення для бета-розпаду? На ядро якого елемента перетвориться ядро  $^{239}\text{U}_{92}$  після двох  $\beta^-$  розпадів?
6. При обстрілі ядер фтору  $^{19}\text{F}_9$  протонами утворюється кисень  $^{16}\text{O}_8$ . Скільки енергії звільняється у цій реакції і які ще ядра утворюються?

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Визначити максимальне значення енергії фонону в міді, якщо температура Дебая для міді дорівнює 330 К.
8. Визначити щільність струму  $j$ , якщо напруженість  $E$  електричного поля у провіднику дорівнює 1,2 мВ/м. Об'ємна щільність теплової потужності  $w$  дорівнює 12 кВт/м<sup>3</sup>.
9. Обчислити енергію Фермі для алюмінію за температури  $T = 0$  К. Вважати, що на кожен атом алюмінію припадає три вільних електрона. Густина алюмінію 2700 кг/м<sup>3</sup>.
10. Для власного напівпровідника отримано значення опору  $R_1 = 2,1$  кОм при температурі  $T_1 = 300$  К. Який опір матиме напівпровідник при температурі  $T_2 = 400$  К, якщо ширина забороненої зони  $\Delta W_0 = 0,34$  еВ?

## Варіант 5

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. Знайти період обертання  $T$  електрона на першій борівській орбіті атома водню та кутову швидкість  $\omega$  електрона.
2. Оцінити за допомогою співвідношень невизначеностей Гейзенберга мінімальну кінетичну енергію електрона, що рухається в ділянці  $l \approx 0,1$  нм. Прийняти  $p \approx \Delta p$  та  $\Delta x = l/2$ .

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. Електрон в атомі знаходиться у  $5f$ -стані. Знайти азимутальний момент імпульсу  $M$  електрона і максимальне значення проекції азимутального моменту імпульсу  $M_{z \max}$  на напрямок зовнішнього магнітного поля.
4. Визначити хімічний елемент, ядро якого має однакову кількість протонів і нейтронів і радіус у півтора рази менший за радіус ядра  $^{27}\text{Al}_{13}$ .
5. Який ізотоп утворюється в результаті семи альфа- та чотирьох бета-розпадів ізотопу  $^{235}\text{U}_{92}$ ?
6. Обчислити енергію ядерної реакції  $^9\text{Be}_4 (\alpha, n) ^{12}\text{C}_6$ .

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Визначити максимальне значення енергії та імпульсу фононів у кристалі алюмінію, якщо температура Дебая для алюмінію 374 К. Стала ґратки  $d = 4,09$  Å.
8. Визначити щільність струму  $j$ , якщо об'ємна щільність теплової потужності  $w = 10$  кВт/м<sup>3</sup>. Напруженість електричного поля у провіднику дорівнює 10 мВ/м.
9. Визначити кількість вільних електронів, що припадає на один атом натрію при  $T = 0$  К. Енергія Фермі для натрію дорівнює 3,12 еВ, густина натрію 970 кг/м<sup>3</sup>.
10. Температурний коефіцієнт опору чистого безпримісного напівпровідника при  $T = 300$  К дорівнює  $\alpha = -0,047$  К<sup>-1</sup>. Обчислити «червону межу»  $\lambda_0$  фотопровідності.

## Варіант 6

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. Знайти перший потенціал збудження атома водню  $U_1$ .
2. Яку енергію  $W$  необхідно додатково додати електрону, щоб його дебройлівська довжина хвилі зменшилася від 100 до 50 пм?

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. Орбітальний момент імпульсу електрона в атомі водню  $M = 1,83 \cdot 10^{-32}$  Дж с. Визначити магнітний момент  $P_m$ , обумовлений рухом електрона.
4. Який склад ядра радіоактивного ізотопу натрію  $^{24}\text{Na}_{11}$ ? Скільки атомів міститься в 1 мг препарату натрію?
5. Визначити питому енергію зв'язку ядер ізотопів кремнію  $^{30}\text{Si}_{14}$  та берилію  $^8\text{Be}_4$ . Порівняти стійкість цих ядер.
6. При бомбардуванні  $^{27}\text{Al}_{13}$   $\alpha$ -частинками утворюється фосфор  $^{30}\text{P}_{15}$ . Записати цю реакцію та розрахувати енергетичний ефект цієї реакції.

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Визначити мінімальну довжину хвилі пружних коливань кристала свинцю, якщо температура Дебая свинцю дорівнює  $90^\circ\text{C}$ .
8. Сила струму  $I$  у металевому провіднику дорівнює  $0,8$  А, площа поперечного перерізу  $S$  провідника  $4$  мм<sup>2</sup>. Приймаючи, що у кожному кубічному сантиметрі міститься  $n = 2,5 \cdot 10^{22}$  вільних електронів, визначити середню швидкість їх упорядкованого руху.
9. Енергетичний рівень у металі розташований на  $0,1$  еВ вище за рівень Фермі. Як зміниться ймовірність заповнення електронами цього рівня, якщо температура зменшиться від  $1000$  до  $300$  К?
10. Червона межа фотопровідності чистого германію за дуже низьких температур  $\lambda_0 = 1,7$  мкм. За якої температури  $T$  температурний коефіцієнт опору дорівнюватиме  $\alpha = -0,047$  К<sup>-1</sup>

## Варіант 7

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. Знайти довжину хвилі  $\lambda$  фотона, що відповідає переходу електрона з другої борівської орбіти на першу в одноразово іонізованому атомі гелію.
2. Порівняти невизначеність швидкості електрона атома водню з величиною його швидкості на першій борівській орбіті.

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. Використовуючи принцип Паулі, визначити, яка максимальна кількість  $s$ -,  $p$ - та  $d$ -електронів може перебувати в електронних  $K$ -,  $L$ - та  $M$ -оболонках атома.
4. Чим відрізняються ядра ізоотопів хлору  $^{35}\text{Cl}_{17}$  і  $^{37}\text{Cl}_{17}$ ? Як змінюються масове та зарядове числа елемента при випромінюванні з ядра двох протонів? Обчислити радіус ядра  $^2\text{H}_1$ .
5. Обчислити в а.о.м. масу ізоотопу літію  $^8\text{Li}_3$ , енергія зв'язку ядра якого 41,3 МеВ.
6. При обстрілі ядер бору  $^{11}\text{B}_5$  протонами утворюється берилій  $^8\text{Be}_4$ . Які ще ядра утворюються у цієї реакції і скільки енергії звільняється?

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Визначити швидкість звуку в кристалі, якщо його дебаївська температура становить 300 К, а стала кристалічної решітки  $2,2 \text{ \AA}$ .
8. При площі перерізу  $S = 3 \text{ мм}^2$  сила струму  $I$  у металевому провіднику дорівнює 1 А. Приймаючи, що у кожному кубічному сантиметрі міститься  $2,6 \cdot 10^{22}$  вільних електронів, визначити середню швидкість їхнього впорядкованого руху.
9. Визначити максимальну швидкість вільних електронів у металі при  $T = 0 \text{ К}$ , якщо енергія Фермі дорівнює 5 еВ.
10. Ширина забороненої зони напівпровідника  $\Delta W_0 = 2 \text{ еВ}$ . Визначити «червону межу» внутрішнього фотоефекту.



## Варіант 8

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. Знайти в довжинах хвиль спектральні інтервали, у яких укладено серії Лаймана та Бальмера для атомарного водню.
2. Знайти довжину хвилі де Бройля для електрона, що рухається коловою орбітою в атомі водню, який знаходиться в основному стані.

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. Записати електронну конфігурацію атомів: 1) бору; 2) вуглецю; 3) натрію.
4. Визначити заряд (у кулонах) та масу (в атомних одиницях маси та кілограмах) ядра атома бору.
5. Написати схеми  $\beta^-$ -розпаду радіоактивних ізотопів  $^{23}\text{Mg}_{12}$ ,  $^{60}\text{Co}_{27}$  і схему  $\beta^+$ -розпаду ізотопу  $^{13}\text{N}_7$ .
6. Визначити енергію, що виділяється в акті синтезу дейтерію:  $p + n \rightarrow {}^2\text{H}_1$ .

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Визначити в електрон-вольтах максимальну енергію фонону, який може збуджуватися в кристалі, що має температуру Дебая 227 К. Фотон якої довжини мав би таку енергію?
8. Визначити об'ємну щільність теплової потужності  $w$  у металевому провіднику, якщо щільність струму  $j = 10 \text{ А/мм}^2$ . Напруженість електричного поля у провіднику дорівнює  $1 \text{ МВ/м}$ .
9. Енергетичний рівень у металі розташований на  $0,01 \text{ еВ}$  нижче рівня Фермі. Як зміниться ймовірність заповнення електронами цього рівня, якщо температура зростає від  $200$  до  $300 \text{ К}$ ?
10. Електропровідність чистого телуру зі збільшенням температури від  $300 \text{ К}$  до  $400 \text{ К}$  зросла в  $5,2$  рази. Визначити ширину забороненої зони за  $T = 0 \text{ К}$

## Варіант 9

### *Основні уявлення квантової фізики*

1. Знайти перший потенціал збудження дворазово іонізованого атома літію.
2. Діаметр бульбашки в рідко-водневій бульбашковій камері становить величину порядку  $d = 10^{-7}$  м. Оцініть невизначеність у визначенні швидкостей електрона та альфа частинки в такій камері, якщо невизначеність координати прийняти рівною діаметру бульбашки.

### *Фізика атомів, молекул та атомного ядра*

3. У заповненій оболонці, що характеризується квантовим числом  $n = 3$ , зазначити кількість електронів, які мають такі однакові квантові числа: 1)  $m_s = +1/2$ ; 2)  $m = -2$ ; 3)  $m_s = -1/2$  та  $m = 0$ ; 4)  $m_s = +1/2$  та  $l = 2$ .
4. Знайти кількість протонів і нейтронів, що входять до складу ядер:  $^{24}\text{Na}_{11}$ ,  $^6\text{Li}_3$ ,  $^{56}\text{Fe}_{26}$ . Виразити масу ядра ізотопу ртуті  $^{200}\text{Hg}_{80}$  у кілограмах та атомних одиницях маси.
5. Яке утвориться ядро, якщо ядро ізотопу  $^{238}\text{U}_{92}$  відчеє послідовно вісім альфа- та шість бета(-)-розпадів?
6. В результаті захоплення ядром  $^{235}\text{U}_{92}$  повільного нейтрону утворюються уламки: ксенон-139 і стронцій-94 і одночасно виділяються три нейтрони. Знайти енергію, що звільняється при ядерному перетворенні.

### *Елементи фізики конденсованих станів*

7. Визначити швидкість звуку в кристалі свинцю, якщо температура Дебая для свинцю 90 К, а період кристалічної ґратки  $d = 6 \text{ \AA}$ .
8. Визначити напруженість  $E$  електричного поля у провіднику, якщо об'ємна щільність теплової потужності  $w = 15 \text{ кВт/м}^3$ . Щільність струму дорівнює  $j = 1 \text{ А/мм}^2$ .
9. При якій концентрації вільних електронів у металі температура виродження електронного газу в ньому дорівнює  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ?
10. Температурний коефіцієнт опору германію при  $T = 200 \text{ К}$  дорівнює  $\alpha = -0,11 \text{ К}^{-1}$ . Визначити ширину забороненої зони.