

### Варіант 1

1. Знайти комутатор операторів  $\hat{L}_x$  та  $\hat{y}$ .
2. Частинка знаходиться в одновимірній прямокутній потенційній ямі з нескінченно високими стінками. Знайти квантове число  $n$  енергетичного рівня частинки, якщо інтервали енергій до сусідніх з ним рівнів (верхнього та нижнього) відносяться як 1,4:1.
3. Скориставшись правилами Хунда знайти основний терм атомів Al, S та Cl.

## Варіант 2

1. Знайти власні значення оператора  $\hat{L}^2$ , які відповідають функції  $Y = A(\cos\theta + 2\sin\theta\cos\varphi)$ , де  $A$  – константа.
2. Чи може стан електрону в одновимірній нескінченно-глибокій потенціальній ямі шириною  $2a$  описуватись хвильовою функцією  $\psi = Ax^2$  (де  $A$  – константа)? Відповідь обґрунтувати.
3. Скориставшись правилами Хунда знайти число електронів в єдиній незаповненій підоболонці атому, основний терм якого  ${}^6S_{5/2}$ .

### Варіант 3

1. Знайти результат дії операторів  $\frac{d^2}{dx^2} x^2$  та  $\left(\frac{d}{dx} x\right)^2$  на функцію  $\cos x$ .
2. Як зміниться повна хвильова функція  $\Psi(x,t)$ , яка описує стаціонарні стани, якщо змінити початок відліку потенційної енергії на деяку постійну величину  $\Delta U$ ?
3. Визначити можливі мультиплетності терму  $D_{3/2}$ .

#### Варіант 4

1. Електрон з кінетичною енергією  $K = 10$  еВ локалізований в області розміром  $l = 1,0$  мкм. Оцініть відносну невизначеність швидкості електрону.
2. Знайти найбільш ймовірне значення координати частинки, стан якої описується хвильовою функцією  $\psi(x) = Bx \exp(-\alpha^2 x^2)$ , де  $B$  та  $\alpha$  – відомі сталі.
3. Записати спектральне позначення терму, у якого  $S = 1/2$ ,  $J = 5/2$ ,  $g = 6/7$ .

### Варіант 5

1. Знайти комутатор операторів  $\hat{L}_x$  та  $\hat{p}_z$ .
2. Електрон в атомі водню знаходиться в стані, який описується хвильовою функцією  $\psi(r) = A(1 + Br)\exp(\alpha r)$ , де  $A$ ,  $B$  та  $\alpha$  – сталі. За допомогою рівняння Шрьодінгера знайти  $B$ ,  $\alpha$  та енергію  $E$  електрону.
3. Записати можливі терми атому з електронною конфігурацією  $1s^1 2p^1 3p^1$ .

### Варіант 6

1. Знайти комутатор операторів  $\hat{x}$  та  $\hat{p}_x^2$ .
2. Частинка масою  $m$  перебуває у деякому одномірному потенціальному полі  $U(x)$  в стаціонарному стані, для якого хвильова функція має вигляд  $\psi(x) = A \exp(-\alpha x^2)$ , де  $A$  та  $\alpha$  – відомі сталі ( $\alpha > 0$ ). Маючи на увазі, що  $U(0) = 0$ , знайти вигляд  $U(x)$  та енергію частинки у цьому стані.
3. Записати можливі терми атому з електронною конфігурацією  $2p^1 3p^1$ .

### Варіант 7

1. Відомо, що  $[\hat{A}, \hat{B}] = 1$ . Знайти комутатор  $[\hat{A}, \hat{B}^3]$ .
2. Частинка, яка перебуває в нескінченно глибокій прямокутній потенціальній ямі, який характеризується квантовим числом  $n = 2$ . Яка ймовірність виявити частинку в крайній чверті ями?
3. Знайти терм, що відповідає основному стану атому електронна конфігурація незаповненої підоболонки якого  $5d^7$ .

### Варіант 8

1. Знайти комутатор  $[f(x), \hat{p}_x]$ , де  $f(x)$  – довільна функція координати.
2. Для електрону в атомі водню, стан якого описується хвильовою функцією  $\psi(r) = A \exp(-r/2r_0)$  ( $A$  та  $r_0$  – константи) розрахувати середнє значення його відстані від ядра.
3. Зобразити схему можливих переходів у слабкому магнітному полі для спектральної лінії, яка відповідає переходу  $^2D_{3/2} \rightarrow ^2P_{3/2}$ .



### Варіант 9

1. У деякий момент часу область локалізації вільного електрону  $\Delta x_0 = 0,10$  нм. Оцініть ширину області локалізації цього електрону через проміжок часу  $t = 1,0$  с.
2. Стан електрону, що знаходиться в одновимірній нескінченно-глибокій потенціальній ямі шириною  $2a$  описується хвильовою функцією  $\psi = \frac{1}{\sqrt{a}} \cos\left(\frac{\pi}{2a} x\right)$ .  
Знайти середнє значення імпульсу цієї частинки.
3. Записати можливі терми атому з електронною конфігурацією  $2p^1 3f^1$ .

### Варіант 10

1. Знайти комутатор операторів  $\hat{L}_x$  та  $\hat{p}^2$ .
2. Електрон знаходиться в одновимірній прямокутній потенціальній ямі шириною  $10^{-10}$  м з нескінченно високими стінками. Знайти відстань між другим та третім рівнями енергії.
3. Атом знаходиться у стані, мультиплетність якого дорівнює 3, а повний механічний момент –  $\hbar\sqrt{20}$ . Яким може бути відповідне квантове число  $L$ ?

### Варіант 11

1. Знайти комутатор операторів  $\hat{A} = 6y + 5x$  та  $\hat{B} = \frac{\partial^2}{\partial y \partial x}$
2. Частинка знаходиться в одновимірній прямокутній потенційній ямі з нескінченно високими стінками. Знайти масу частинки, якщо ширина ями дорівнює  $2a$ , а різниця енергій між 3-ім та 2-им енергетичними рівнями дорівнює  $\Delta E$ .
3. Визначити максимально можливий орбітальний механічний момент атому, що знаходиться в стані, мультиплетність якого п'ять, а число можливих значень проекції повного механічного моменту 7. Записати спектральне позначення цього терму.

### Варіант 12

1. Обчислити середнє значення квадрату моменту імпульсу в стані  $\psi(\theta, \varphi) = A \sin \theta \cos \varphi$ .
2. Для електрону в атомі водню, стан якого описується хвильовою функцією  $\psi(r) = \exp(-r/2r_0) / \sqrt{\pi r_0^3}$  ( $r_0$  – стала) знайти середню відстань від ядра.
3. Користуючись правилами Хунда, обчислити повний магнітний момент основного стану атому, в якому незаповнена під оболонка містить три  $d$ -електрони.

### Варіант 13

1. Знайти комутатор операторів  $\hat{L}_x$  та  $\hat{x}$ .
2. Стан електрону в атомі описується хвильовою функцією  $\psi = A \frac{r}{r_0} \exp\left(-\frac{r}{2r_0}\right)$ , де  $A$  та  $r_0$  – сталі величини. Знайти його найбільш імовірну відстань від ядра.
3. Атом знаходиться у  $D$ -стані, повний механічний момент якого дорівнює  $\hbar\sqrt{20}$ . Знайти можливі значення спінового механічного моменту.