

ФИЗИКА, ч. 3

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 2-1

Вариант № 1

1. Предполагая, что неопределенность координаты движущейся частицы равна дебройлевской длине волны, оцените относительную неточность $\Delta p/p$ импульса этой частицы. [$\Delta p/p \approx 16\%$]
2. Оцените размытость энергетического уровня в атоме водорода: 1) для основного состояния; 2) для возбужденного состояния (время жизни τ равно 10^{-8} с). Принять, что $\Delta t = \tau$. [1) $\Delta t = \infty$, $\Delta E = 0$; 2) $\Delta E \approx 0,06$ мкэВ]
3. Найдите дебройлевскую длину волны протонов, если при попадании в поперечное магнитное поле с индукцией 0,10 Тл радиус кривизны их траектории равен 23 мм. [1,8 пм]
4. Определите, как изменится длина волны де Бройля электрона атома водорода при переходе его с четвертой боровской орбиты на вторую. [$\lambda_4/\lambda_2 = 2$]

Вариант № 2

1. Принимая, что электрон находится внутри атома радиусом $r = 0,15$ нм, оцените неопределенность энергии электрона. Принять, что $\Delta r \approx r$; $\Delta p \approx p$. [$\Delta E \approx 0,42$ эВ]
2. Электрон с кинетической энергией 15 эВ находится в металлической пылинке радиусом $r = 0,5$ мкм. Оцените относительную неточность $\Delta v/v$, с которой может быть определена скорость электрона. Принять, что $\Delta r \approx r$. [$\Delta v/v \approx 10^{-4}$]
3. Определите длину волны де Бройля электрона, находящегося в атоме водорода на третьей боровской орбите. [1 нм]
4. При каком значении кинетической энергии дебройлевская длина волны электрона равна его комптоновской длине волны? [$T = (\sqrt{2} - 1)mc^2$]

Вариант № 3

1. Покажите, что для частицы, неопределенность местоположения которой $\Delta x = \lambda/(2\pi)$, где λ – ее дебройлевская длина волны, неопределенность скорости равна скорости частицы.
2. Ширина l следа электрона, обладающего кинетической энергией 1,5 кэВ, на фотопластинке, полученной с помощью камеры Вильсона, равна 1 мкм. Определите, можно ли по данному следу обнаружить отклонение в движении электрона от законов классической механики. Принять, что $\Delta r \approx l$. [$\Delta p/p \ll 1$, нет]
3. Определите длину волны де Бройля электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 150 В. [0,1 нм]
4. Параллельный поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой прямоугольной щелью шириной $b = 1,0$ мкм. Определите скорость этих электронов, если на экране, отстоящем от щели на расстоянии $l = 50$ см, ширина Δx центрального дифракционного максимума равна 0,36 мм.

$$[v = 4\pi\hbar / \Delta x] = 1,97 \cdot 10^6 \text{ м/с}]$$

Вариант № 4

1. Электрон находится в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы L . Оцените с помощью соотношения неопределенностей силу давления электрона на стенки этой ямы при минимально возможной энергии. $[F \approx \hbar^2/(mL^3)]$

2. Время излучения атомом фотона 10^{-8} с. С какой неопределенностью Δx может быть локализован фотон в направлении своего движения?

$$[\Delta x \approx c\tau = 3 \text{ м}]$$

3. Какую энергию ΔE необходимо сообщить нерелятивистскому электрону, чтобы его дебройлевская длина волны λ уменьшилась в n раз?

$$[\Delta E = \frac{2\pi^2\hbar^2}{m\lambda^2}(n^2 - 1)]$$

4. На грань кристалла никеля падает параллельный пучок электронов. Кристалл поворачивают так, что угол скольжения изменяется. Когда этот угол становится равным 64° , наблюдается максимальное отражение электронов, соответствующее дифракционному максимуму первого порядка. Принимая расстояние между атомными плоскостями кристалла равным 200 пм, определите для электронов длину волны де Бройля и их скорость. [360 пм; 2 Мм/с]

Вариант № 5

1. Ширина l следа электрона на фотографии, полученного с помощью камеры Вильсона, равна 10^{-3} м. Оцените неопределенность Δv его скорости. Принять $\Delta r \approx l$. [$\Delta v \approx 0,116$ м/с]
2. Оцените неопределенность скорости Δv электрона в атоме водорода, полагая, что размер атома $r = 0,10$ нм. Принять $\Delta r \approx r$. Сравните полученную величину со скоростью v_1 электрона на первой боровской орбите. [$\Delta v \approx 1,15 \cdot 10^6$ м/с; $v_1 = 2,2 \cdot 10^6$ м/с]
3. В опыте Дэвиссона и Джермера, обнаруживших дифракционную картину при отражении пучка электронов от естественной дифракционной решетки-монокристалла никеля, оказалось, что в направлении, составляющем угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением падающих электронов, наблюдается максимум отражения четвертого порядка ($k = 4$). Определите кинетическую энергию электронов, если расстояние между кристаллографическими плоскостями никеля составляет 0,2 нм. [201 эВ]
4. Параллельный пучок электронов, ускоренных разностью потенциалов $U = 25$ В, падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, расстояние между которыми $d = 50$ мкм. Определите расстояние между соседними максимумами дифракционной картины на экране, расположенном на расстоянии $L = 100$ см от щелей.

$$[\Delta x = 2\pi\hbar \sqrt{neU}] = 4,9 \text{ мкм }]$$

Вариант № 6

1. Оцените минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером $r = 0,20$ нм. Принять, что $\Delta r \approx r$; $\Delta p \approx p$.
[$T_{\text{мин}} \approx 1$ эВ]
2. Применяя соотношение неопределенностей, покажите, что для движущейся частицы, неопределенность координаты которой равна длине волны де Бройля, неопределенность скорости равна скорости частицы.
3. На пути электрона с дебройлевской длиной волны $0,1$ нм находится потенциальный барьер высотой 120 эВ. Определите длину волны де Бройля после прохождения барьера. [218 пм]
4. Электрон движется по окружности радиусом $0,5$ см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определите длину волны де Бройля. [0,1 нм]

Вариант № 7

1. Электрон движется в атоме водорода по первой боровской орбите радиусом $r_1 = 0,528 \text{ \AA}$. Принимая, что допускаемая неточность импульса составляет 10 % от его числового значения, оцените неопределенность координаты электрона. Принять $\Delta r \approx r_1$. Применимо ли в данном случае для электрона понятие «траектория»?

$$[\Delta r = 5,28 \text{ \AA} \gg r_1 = 0,528 \text{ \AA}, \text{ нет}]$$

2. Оцените размытость энергетического уровня в атоме аргона: 1) для возбужденного состояния (время жизни τ_1 равно 10^{-8} с); 2) для метастабильного состояния (время жизни τ_2 равно 2 с). Принять, что $\Delta t = \tau$. [1) 6,6 нэВ; 2) $3,3 \cdot 10^{-16}$ эВ]
3. Какую энергию ΔE необходимо сообщить нерелятивистскому электрону, чтобы его дебройлевская длина волны λ уменьшилась в n раз?

$$[\Delta E = \frac{2\pi^2 \hbar^2}{m\lambda^2} (n^2 - 1)]$$

4. Моноэнергетический пучок нейтронов, получаемый в результате ядерной реакции, падает на кристалл с периодом $d = 0,15$ нм. Определите скорость нейтронов, если брэгговское отражение первого порядка наблюдается, когда угол скольжения $\vartheta = 45^\circ$.

$$[v = h/(2md \sin \vartheta) = 1,87 \cdot 10^3 \text{ м/с}]$$

Вариант № 8

1. Частица массой m находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной L с бесконечно высокими стенками. Оцените с помощью соотношения неопределенностей минимально возможную энергию частицы. Принять, что $\Delta x \approx L; \Delta p_x \approx p$. [$E_{\min} \approx \hbar^2 / (8mL^2)$]
2. Оцените наименьшие ошибки, с которыми можно определить скорость электрона, протона и шарика массой 1 мг, если координаты частиц и центра шарика установлены с неопределенностью 1 мкм. [$\approx 10^2$; ≈ 10 и $\approx 10^{-20}$ см/с]
3. Выведите зависимость между длиной волны де Бройля релятивистского электрона и ускоряющим потенциалом. [$\lambda = hc / eU(2m_0c^2 + eU)$]
4. Параллельный поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой прямоугольной щелью шириной $b = 2,0$ мкм. Определите скорость этих электронов, если на экране, отстоящем от щели на расстояние $l = 50$ см, ширина центрального дифракционного максимума равна 0,72 мм.
[$v = 4\pi\hbar l / (mb\Delta x) = 2,0 \cdot 10^6$ м/с]

Вариант № 9

1. Диаметр пузырька в жидко-водородной пузырьковой камере составляет величину порядка 10^{-7} м. Оцените неопределенность определения скоростей электрона и α -частицы в такой камере, если неопределенность в определении координаты принять равной диаметру пузырька. [$\Delta v_e \approx 1,16 \cdot 10^3$ м/с; $\Delta v_\alpha \approx 0,16$ м/с]
2. Оцените неопределенность Δv скорости электрона атома водорода, находящегося на второй боровской орбите. Принять $\Delta r \approx r$.
[$\Delta v \approx 5 \cdot 10^5$ м/с]
3. Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией 15 мТл по окружности радиусом 1,4 м. Определите длину волны де Бройля протона.
[0,197 пм]
4. Какую энергию ΔE необходимо сообщить нерелятивистскому электрону, чтобы его дебройлевская длина волны λ уменьшилась в 3 раза?

$$\left[\Delta E = \frac{16\pi^2 \hbar^2}{m\lambda^2} \right]$$

Вариант № 10

1. Оцените относительную неточность, с которой может быть определена скорость электрона атома водорода, находящегося на третьей боровской орбите. Принять $\Delta r \approx r$. [$\Delta v/v \approx 33\%$]
2. Электрон с кинетической энергией 15 эВ находится в металлической пылинке радиусом $r = 0,5$ мкм. Оцените относительную неточность, с которой может быть определена скорость электрона. Принять, что $\Delta r \approx r$, $\Delta p \approx p$. [$\Delta v/v \approx 4 \cdot 10^{-4}$]
3. Найдите дебройлевскую длину волны молекул водорода, соответствующую их наиболее вероятной скорости при комнатной температуре. [128 пм]
4. Определите длину волны де Бройля электрона, находящегося в атоме водорода на второй боровской орбите. [0,665 нм]