

Тема 1. Волны

1.1. Плоская продольная волна с амплитудой $A = 0,1$ мм и длиной волны $\lambda = 10$ см распространяется в упругой среде с плотностью $\rho = 4$ г/см³ и модулем Юнга $E = 100$ ГПа. Найти максимальную скорость смещения частиц среды.

1.2. В трубе длиной $l = 1,2$ м находится воздух при температуре $T = 300$ К. Определить частоту основного тона (минимальную частоту возможных колебаний) в случае, если труба закрыта с одного из концов.

1.3. В цилиндрической трубе диаметром $d = 20$ см и длиной $l = 5$ м, заполненной воздухом при температуре $T = 300$ К, распространяется звуковая волна интенсивностью $I = 50$ мВт/м². Найти энергию звукового поля, заключенного в трубе.

1.4. Плоская электромагнитная волна с частотой $\nu = 10$ МГц распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью $\sigma = 10$ мСм/м и диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 9$. Найти отношение амплитуд плотностей токов проводимости и смещения.

1.5. По прямому проводнику круглого сечения течет постоянный ток I . Найти поток вектора Пойнтинга через боковую поверхность участка данного проводника, имеющего сопротивление R .

1.6. В воздухе при температуре $T = 300$ К распространяется звуковая волна с частотой $\nu = 1$ кГц. Амплитуда смещения частиц среды составляет $A = 0,25$ мм. Найти максимальное ускорение частиц среды.

1.7. Как и во сколько раз изменится частота основного тона натянутой струны, если ее длину уменьшить на 25 %, а силу натяжения увеличить на 44 %?

1.8. Найти мощность точечного изотропного источника звука, если на расстоянии $r = 25$ м от него интенсивность звука равна $I = 20$ мВт/м².

1.9. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, частота которой $\nu = 100$ МГц и амплитуда электрической составляющей $E_m = 50$ мВ/м. Найти среднее за период значение модуля плотности тока смещения.

1.10. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, частота которой $\nu = 100$ МГц и амплитуда электрической составляющей $E_m = 50$ мВ/м. Найти среднее за период значение плотности потока энергии.

Тема 2. Интерференция света

2.1. На пути монохроматического пучка света с длиной волны $\lambda = 600$ нм находится плоскопараллельная стеклянная ($n = 1,5$) пластинка толщиной $d = 0,1$ мм. Свет падает на пластину нормально. На какой угол нужно повернуть пластину, чтобы оптическая длина пути изменилась на $\lambda/2$?

2.2. Найдите все длины волн видимого света, которые будут максимальной усилены при разности хода интерферирующих волн $\Delta = 1,8$ мкм.

2.3. Расстояние от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана равны соответственно $a = 25$ см и $b = 100$ см. Бипризма стеклянная ($n = 1,5$) с преломляющим углом $\theta = 6 \cdot 10^{-3}$ рад. Найти длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране $\Delta x = 0,55$ мм.

2.4. На мыльную пленку ($n = 1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине пленки *отраженный* свет с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?

2.5. На установке для наблюдения колец Ньютона был измерен в отраженном свете радиус третьего темного кольца ($k = 3$). Когда пространство между плоскопараллельной пластиной и линзой заполнили жидкостью, то тот же радиус стало иметь кольцо с номером, на единицу большим. Определить показатель преломления n жидкости.

2.6. Два параллельных пучка света, расстояние между которыми $d = 2$ см, падают нормально на грань стеклянной ($n = 1,5$) призмы с преломляющим углом $\theta = 30^\circ$. Найти оптическую разность хода волн после преломления их призмой.

2.7. Найдите все длины волн видимого света, которые будут максимальной ослаблены при разности хода интерферирующих волн $\Delta = 1,8$ мкм.

2.8. Если экран в опыте Юнга сместить на расстояние $\Delta l = 1$ м, то ширина интерференционных полос на экране увеличится на $\Delta b = 0,5$ мм. Определить расстояние d между двумя щелями, если длина волны λ , испускаемой источником монохроматического света равна $0,6$ мкм.

2.9. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинами положили тонкую проволочку, параллельную линии соприкосновения пластин и находящуюся на расстоянии $a = 75$ мм от нее. При освещении пластин монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм на верхней пластине наблюдаются интерференционные полосы. Определить диаметр проволочки, если на расстоянии $b = 30$ мм насчитывается $m = 16$ светлых полос.

2.10. Расстояние между вторым и первым темным кольцами Ньютона в отраженном свете $\Delta r_{2,1} = 1$ мм. Определить расстояние $\Delta r_{10,9}$ между десятым и девятым кольцами.

Тема 3. Дифракция и поляризация

3.1. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм и диафрагма с круглым отверстием радиусом $r = 1$ мм расположены на расстоянии $a = 1$ м друг от друга. На каком расстоянии должна быть расположена точка наблюдения, чтобы отверстие открывало три зоны Френеля.

3.2. На щель падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). За щелью помещена собирающая линза, в фокальной плоскости которой находится экран, удаленный от щели на $L = 1$ м. Ширина изображения щели на экране $b = 1$ см. Найти ширину щели.

3.3. Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм падает нормально на дифракционную решетку с периодом $d = 2,5$ мкм, содержащую $N = 10000$ штрихов. Найти угловую ширину максимума второго порядка.

3.4. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda = 147$ пм. Определить расстояние между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго порядка наблюдается, когда излучение падает под углом $\alpha = 31^\circ 30'$ к поверхности кристалла.

3.5. Предельный угол полного внутреннего отражения на границе жидкости с воздухом $\alpha_{\text{пр}} = 43^\circ$. Под каким углом должен падать луч света из воздуха на поверхность этой жидкости, чтобы отраженный свет был полностью поляризован?

3.6. Частично поляризованный свет с степенью поляризации $P=0,8$ падает на поляризатор. Во сколько раз изменяется интенсивность прошедшего через поляризатор света при вращении поляризатора?

3.7. Плоская световая волна с длиной волны $\lambda = 0,7$ мкм падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом $r = 1,4$ мм. На каком максимальном расстоянии от диафрагмы может быть расположен экран, чтобы в центре дифракционной картины наблюдалось темное пятно?

3.8. На щель шириной $a = 0,1$ мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). За щелью помещена собирающая линза, в фокальной плоскости которой находится экран. Определить угловую ширину второго максимума (в минутах).

3.9. С помощью дифракционной решетки с периодом $d = 20$ мкм требуется разрешить дублет натрия ($\lambda_1 = 589,0$ нм и $\lambda_2 = 589,6$ нм) в спектре второго порядка. При какой наименьшей длине решетки это возможно?

3.10. Параллельный пучок рентгеновского излучения падает на поверхность кристалла, расстояние между атомными плоскостями которого $d = 280$ пм. Определить длину волны рентгеновского излучения, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается под углом $\alpha = 65^\circ$ к поверхности кристалла.

3.11. Параллельный пучок света падает на стеклянный шар ($n=1,5$). На какой угол от первоначального направления распространения отклонены полностью поляризованные в результате отражения лучи света?

3.12. Некоторое вещество поместили в продольное магнитное поле соленоида ($H = 56,5$ кА/м), расположенного между двумя поляризаторами. Длина трубки с веществом равна $l = 30$ см. Найти постоянную Верде, если при одном направлении магнитного поля поворот плоскости поляризации составил $\varphi_1 = +5^\circ 10'$, а при противоположном — $\varphi_2 = -3^\circ 20'$.

Тема 4. Квантовые свойства света

- 4.1. Считая, что тепловые потери обусловлены только излучением, определить, какую мощность необходимо подводить к свинцовому шарикю диаметром $d = 2$ см, чтобы при температуре окружающей среды $T_0 = -13$ °С поддерживать его температуру равной $T = 17$ °С. Поглощательная способность свинца $a = 0,6$.
- 4.2. При увеличении термодинамической температуры в два раза длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на $\Delta\lambda = 400$ нм. Найти начальную температуру тела.
- 4.3. Определить, до какого потенциала зарядится уединенный медный шарик ($A = 4,47$ эВ) при облучении его ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 140$ нм.
- 4.4. Давление P монохроматического света с длиной волны $\lambda = 620$ нм на зеркальную поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, составляет $0,16$ мкПа. Определить концентрацию фотонов в световом пучке.
- 4.5. Фотон ($\lambda = 1$ пм) рассеялся на свободном электроне под углом $\theta = 60^\circ$. Какую долю (в %) своей энергии фотон передал электрону?
- 4.6. Определить силу тока, протекающего по вольфрамовой проволоке диаметром $d = 0,8$ мм, температура которой в вакууме поддерживается равной $T = 2800$ °С. Поверхность проволоки принять серой с поглощательной способностью $\alpha = 0,343$. Удельное сопротивление проволоки $\rho = 0,92$ мкОм·м.
- 4.7. Вследствие изменения температуры черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с $\lambda_1 = 2,4$ мкм на $\lambda_2 = 0,8$ мкм. Во сколько раз изменилась максимальная спектральная плотность энергетической светимости?
- 4.8. Для прекращения фотоэффекта с платиновой пластинки ($A_1 = 5,29$ эВ), нужно приложить задерживающую разность потенциалов $U_1 = 3,7$ В. Если платиновую пластинку заменить другой пластинкой, то задерживающую разность потенциалов придется увеличить до $U_2 = 6$ В. Определить работу A_2 выхода электронов с поверхности этой пластинки.
- 4.9. Давление P монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600$ нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно $0,4$ мкПа. Определить число фотонов, падающих на поверхность площадью $S = 30$ см² за одну секунду.
- 4.10. При рассеянии излучения на свободных электронах энергия электрона отдачи составляет 20 % от энергии падающего излучения. Длина волны рассеянного излучения составляет $1,5$ пм. Определить длину волны падающего излучения.

Тема 5. Волновые свойства микрочастиц и основы квантовой механики

- 5.1. При каком значении кинетической энергии (в эВ) дебройлевская длина электрона равна его комптоновской длине волны λ_C ?
- 5.2. На узкую щель шириной $a = 1$ мкм направлен параллельный пучок электронов, имеющих скорость $v = 3,65$ Мм/с. Учитывая волновые свойства электронов, определить ширину центрального дифракционного максимума, полученного на экране, отстоящем от щели на расстояние $L = 10$ см.
- 5.3. Используя соотношение неопределенностей оценить низший энергетический уровень электрона в атоме водорода. Принять линейные размеры атома $l \approx 0,1$ нм.
- 5.4. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней $\Delta E_{n+1,n}$ к энергии E_n частицы в случае $n = 5$.
- 5.5. В одномерном «потенциальном ящике» шириной l находится электрон. Вычислить вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале $1/4l$, равноудаленном от стенок «ящика».
- 5.6. При какой ширине d прямоугольного потенциального барьера коэффициент прозрачности D для электронов равен 0,02? Разность энергий $U - E = 5$ эВ.
- 5.7. Кинетическая энергия электрона равна удвоенному значению его энергии покоя. Вычислите длину волны де Бройля этого электрона.
- 5.8. На грань некоторого кристалла под углом $\alpha = 60^\circ$ к его поверхности падает параллельный пучок электронов, движущихся с одинаковой скоростью. Расстояние между атомными плоскостями кристалла $a = 0,2$ нм. Определить скорость электронов, если в этих условиях наблюдается максимум первого порядка.
- 5.9. Во сколько раз дебройлевская длина волны частицы меньше неопределенности ее координаты, которая соответствует неопределенности импульса в 1 %?
- 5.10. Электрон находится в потенциальном ящике. Определить ширину l потенциальной ямы, если разность $\Delta E_{5,4}$ между пятым и четвертым энергетическими уровнями электрона составляет 2 эВ.
- 5.11*. Волновая функция некоторой частицы имеет вид $\psi(r) = \sqrt{a^3/\pi} e^{-ar}$, где r – расстояние частицы от силового центра, $a = 10^8$ м⁻¹. Определить среднее значение расстояния $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.
- 5.12*. Вычислить коэффициент прохождения τ электрона с энергией $E = 81$ эВ через потенциальный барьер высотой $U = 80,75$ эВ.

Тема 6. Строение атома и основы ядерной физики

6.1. Определить линейную скорость движения электрона на первом боровском уровне в ионе гелия He^+ .

6.2. Используя векторную модель атома, определить наименьший угол α , который может образовать вектор L момента импульса орбитального движения электрона в атоме с направлением внешнего магнитного поля. Электрон в атоме находится в f -состоянии.

6.3. Определить постоянную экранирования σ для L -серии рентгеновского излучения, если при переходе электрона в атоме вольфрама ($Z = 74$) с M -оболочки на L -оболочку длина волны испущенного фотона составляет 140 пм.

6.4. Уран ^{234}U является продуктом распада наиболее распространенного изотопа урана ^{238}U . Определить период полураспада $T_{1/2}$ урана ^{234}U , если его массовая доля ω в естественном уране ^{238}U равна $6 \cdot 10^{-5}$. Период полураспада урана равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.

6.5. Вычислить энергию связи $E_{св}$ ядра 3_2He .

6.6. Ядерная реакция имеет вид $^6_3Li + ? \rightarrow ^9_4Be + ^4_2He$. Определить недостающий элемент и рассчитать энергию ядерной реакции.

6.7. Электрон в водородоподобном ионе находится на орбите радиуса $r = 119$ пм и имеет момент импульса $L = 3,17 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Найти порядковый номер элемента.

6.8. Найти квантовое число n , соответствующее возбужденному состоянию иона He^+ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5 и 30,4 нм.

6.9. Напряжение, приложенное к рентгеновской трубке $U = 40$ кВ. На сколько сместится коротковолновая граница λ_{min} рентгеновского спектра при увеличении напряжения в 2 раза.

6.10. Определите, какая часть (в %) радиоактивного изотопа $^{225}_{89}Ac$ распадается в течение 6 суток. Период полураспада 10 суток.

6.11. Вычислить дефект массы Δm ядра 7_3Li .

6.12. Ядерная реакция имеет вид $^{12}_6C + ^2_1H \rightarrow ? + ^{11}_5B$. Определить недостающий элемент и рассчитать энергию ядерной реакции.