

# ФИЗИКА

## Контрольные материалы, 3 семестр

### Модуль 1

#### 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/см<sup>3</sup> 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/м<sup>2</sup>. 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/м<sup>2</sup>.

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  $\lambda$ , 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 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 со 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 –  $\varphi_2 = -3^\circ 20'$ .

## Модуль 2

### Тема 4. Квантовые свойства света

- 4.1. Считая, что тепловые потери обусловлены только излучением, определить, какую мощность необходимо подводить к свинцовому шариком диаметром  $d = 2$  см, чтобы при температуре окружающей среды  $T_0 = -13^\circ\text{C}$  поддерживать его температуру равной  $T = 17^\circ\text{C}$ . 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 электроном 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  $T = 2800^\circ\text{C}$ . Поверхность проволоки

принять серой с поглощательной способностью  $a=0,343$ . 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  $S = 30$  см<sup>2</sup> 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  $\lambda_c$ ?

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  $\ell$  находится электрон. Вычислить вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале  $\frac{1}{4}\ell$ , 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 %?

нормировочный коэффициент  $A$ .

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  $\psi(r) = \sqrt{\frac{a^3}{\pi}} e^{-ar}$ , где  $r$  – расстояние частицы от силового центра,  $a = 10^8 \text{ м}^{-1}$ . Определить среднее значение расстояния  $\langle r \rangle$  частицы до силового центра.

5.12. Вычислить коэффициент прохождения  $\tau$  электрона с энергией  $E = 81 \text{ эВ}$  через потенциальный барьер высотой  $U = 80,75 \text{ эВ}$ .

## Тема 6. Строение атома и основы ядерной физики

6.1. Определить линейную скорость движения электрона на первом боровском уровне в ионе гелия  $\text{He}^+$ .

6.2. Используя векторную модель атома, определить наименьший угол  $\alpha$ , 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  $\sigma$  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  $140 \text{ пм}$ .

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

6.5. Вычислить энергию связи  $E_{\text{св}}$  ядра  $^3_2\text{He}$ .

6.6. Ядерная реакция имеет вид  $^6\text{Li} + ? \rightarrow ^9\text{Be} + ^4\text{He}$ . Определить недостающий элемент и рассчитать энергию ядерной реакции.

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

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

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

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

6.11. Вычислить дефект массы  $\Delta m$  ядра  $^7_3\text{Li}$ .

6.12. Ядерная реакция имеет вид  $^{12}\text{C} + ^2\text{H} \rightarrow ? + ^{11}\text{B}$ . Определить недостающий элемент и рассчитать энергию ядерной реакции.