

# 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 волн от двух когерентных источников

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. При увеличении длины волны, испускаемой источником монохроматического света на  $\Delta\lambda = 0,1$  мкм в опыте Юнга ширина интерференционных полос на экране увеличилась на

$\Delta b = 0,2$  мм. Определить расстояние  $l$  от щелей до экрана, если расстояние  $d$  между двумя щелями 1 мм.

2.4. 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.

2.5. С помощью схемы Юнга наблюдают интерференцию красного света с длиной волны 700 нм, выделяемого с помощью светофильтра. Определить ширину полосы пропускания светофильтра, если на экране можно наблюдать только 15 четких полос.

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  $l$ , испускаемой источником монохроматического света равна 0,6 мкм.

2.9. Источник света с длиной волны  $\lambda = 600$  нм находится на расстоянии  $a = 10$  см от бипризмы с преломляющим углом  $\theta = 0,018$  рад. Ширина интерференционной полосы на экране, находящимся на расстоянии  $b = 140$  см от бипризмы, равна  $\Delta x = 0,5$  мм. Найти коэффициент преломления бипризмы.

2.10. На каком максимальном расстоянии друг от друга могут быть расположены отверстия диафрагмы в схеме Юнга, чтобы можно было наблюдать интерференцию света длиной волны 0,56 мкм, используя в качестве источника света Солнце? Угловой диаметр Солнца равен 32 угловые минуты.

### Тема 3. Интерференция в тонких пленках

3.1. 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?

3.2. Рассеянный монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,6$  мкм падает на тонкую пленку толщиной  $d = 0,25$  мкм, находящуюся в воздухе. Определить показатель преломления пленки, если интерференционный максимум первого порядка в *проходящем* свете наблюдается под углом  $\alpha = 45^\circ$ .

3.3. Поверхности стеклянного клина ( $n = 1,5$ ) образуют между собой угол  $\theta = 0,01^\circ$ . На клин нормально к его поверхности падает пучок лучей монохроматического света. Определить долину волны  $\lambda$  света, если ширина интерференционной полосы  $b = 1$  мм.

3.4. Диаметр  $d_2$  второго темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ( $\lambda = 0,72$  мкм) равен 1,2 мм. Определить оптическую силу  $D$  плосковыпуклой стеклянной ( $n = 1,5$ ) линзы, взятой для опыта.

3.5. 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.

- 3.6. На мыльную пленку ( $n = 1,3$ ), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине пленки *проходящий* свет с длиной волны  $\lambda = 0,55$  мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?
- 3.7. Рассеянный монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,6$  мкм падает на тонкую пленку с показателем преломления  $n = 1,5$ , находящуюся в воздухе. Определить толщину пленки, если интерференционный максимум первого порядка в *отраженном* свете наблюдается под углом  $\alpha = 30^\circ$ .
- 3.8. 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.
- 3.9. 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.
- 3.10. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой стеклянной ( $n_{ст} = 1,5$ ) линзой оптической силой  $D = 0,5$  дптр налита жидкость, показатель преломления которой меньше показателя преломления стекла. Радиус  $r_8$  восьмого темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ( $\lambda = 700$  нм) равен 2 мм. Найти показатель преломления  $n$  жидкости.

## Модуль 2

### Тема 4. Дифракция

- 4.1. На диафрагму с круглым отверстием диаметром  $d = 4$  мм падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 0,5$  мкм. Дифракционная картина наблюдается на экране, находящимся на расстоянии  $b = 1$  м от диафрагмы. Темное или светлое пятно находится в центре дифракционной картины?
- 4.2. 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.
- 4.3. Плоская монохроматическая волна интенсивностью  $I_0$  падает нормально на непрозрачный экран с круглым отверстием. Чему равна интенсивность в точке наблюдения, для которой отверстие открывает внутреннюю половину первой зоны Френеля?
- 4.4. Плоская монохроматическая волна ( $\lambda = 0,6$  мкм) интенсивностью  $I_0$  падает нормально на достаточно большую стеклянную пластину ( $n = 1,5$ ), на противоположной стороне которой сделана круглая выемка. Для точки наблюдения выемка представляет первые полторы зоны Френеля. Найти наименьшую глубину выемки, при которой в точке наблюдения интенсивность будет максимальна.
- 4.5. 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.
- 4.6. 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?

4.7. Между точечным источником света и экраном расположена диафрагма, размер отверстия которой можно менять. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны  $a = 100$  см и  $b = 125$  см. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины наблюдается при радиусе отверстия  $r_1 = 1,0$  мм, а следующий максимум при  $r_2 = 1,29$  мм.

4.8. Плоская монохроматическая волна интенсивностью  $I_0$  падает нормально на непрозрачный экран с круглым отверстием. Чему равна интенсивность в точке наблюдения, для которой отверстие открывает первую зону Френеля?

4.9. Плоская монохроматическая волна ( $\lambda = 0,6$  мкм) интенсивностью  $I_0$  падает нормально на достаточно большую стеклянную пластину ( $n = 1,5$ ), на противоположная сторона которой представляет непрозрачный экран с отверстием, открывающем для точки наблюдения первую зону Френеля. В середине отверстия сделана круглая выемка. Для точки наблюдения выемка представляет внутреннюю половину первой зоны Френеля. Найти наименьшую глубину выемки, при которой в точке наблюдения интенсивность будет минимальна.

4.10. 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).

### Тема 5. Дифракционная решетка

5.1. Дифракционная решетка содержит  $n = 200$  штрихов на 1 мм. На решетку падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 0,6$  мкм). Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

5.2. 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?

5.3. Монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 650$  нм падает нормально на дифракционную решетку. За решеткой находится линза, в фокальной плоскости которой расположен экран. На экране наблюдается дифракционная картина под углом дифракции  $\varphi = 30^\circ$ . При каком фокусном расстоянии линзы линейная дисперсия  $D_l = 0,5$  мм/нм?

5.4. 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.

5.5. Вычислить наименьшее расстояние между двумя точками на поверхности Луны, которое можно разрешить телескопом-рефлектором с диаметром зеркала  $D = 5$  м. Принять  $\lambda = 0,55$  мкм, а расстояние до Луны  $L = 3,8 \cdot 10^8$  м.

5.6. На дифракционную решетку, содержащую  $n = 400$  штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 0,55$  мкм). Определить угол  $\varphi$  дифракции (в градусах), соответствующий последнему максимуму.

5.7. Свет падает нормально на дифракционную решетку ширины  $l = 6,5$  см, имеющую 200 штрихов на миллиметр. Исследуемый спектр содержит спектральную линию  $\lambda = 670,8$  нм, которая состоит из двух компонент, отличающихся на  $\Delta\lambda = 0,015$  нм. В каком наименьшем порядке спектра эти компоненты будут разрешены?

5.8. 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.

5.9. 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.

5.10. На шпилье высотного здания на расстоянии  $d = 20$  см друг от друга установлены две желтые лампы ( $\lambda = 600$  нм). Здание рассматривают в подзорную трубу с расстояния  $L = 15$  км. При каком наименьшем диаметре объектива можно различить эти две лампы?

## Тема 6. Элементы кристаллооптики

6.1. 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?

6.2. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, угол между главными плоскостями которых составляет  $\alpha = 30^\circ$ . После прохождения света через эту систему он падает на зеркало и, отразившись, проходит вновь через нее. Пренебрегая поглощением света, определить во сколько раз уменьшилась интенсивность света после обратного прохождения.

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

6.4. 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 –  $\varphi_2 = -3^\circ 20'$ .

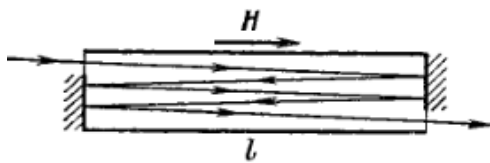
6.5. Пучок монохроматического света падает нормально на стопу из пяти одинаковых стеклянных пластин, толщиной  $l = 5$  мм каждая. Установлено, что через стопу проходит  $\tau = 55\%$  светового потока. Определить линейный показатель поглощения, если коэффициент отражения  $\rho = 5\%$  (вторичными отражениями пренебречь).

6.6. 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?

6.7. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора составляет  $30^\circ$ . Определить изменение интенсивности прошедшего через них света, если угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора изменился до  $45^\circ$ .

6.8. Степень поляризации частично поляризованного света  $P = 0,25$ . Найти отношение интенсивности естественной составляющей этого света к интенсивности поляризованной составляющей.

6.9. Узкий пучок плоско поляризованного света проходит через правовращающее положительное вещество, находящееся в продольном магнитном поле, как показано на рисунке. Длина кюветы равна  $l = 30$  см, напряженность магнитного поля  $H = 5$  кА/м, постоянная вращения вещества  $\alpha = 30$  угл. мин./мм, постоянная Верде  $V = 1,0$  угл. мин./А.



6.10. Из некоторого вещества изготовили две пластинки: одну толщиной  $d_1 = 3,8$  мм, другую –  $d_2 = 9,0$  мм. Введя поочередно эти пластинки в пучок монохроматического света, обнаружили, что первая пропускает  $\tau_1 = 84\%$  светового потока, а вторая –  $\tau_2 = 70\%$ . Пренебрегая вторичным отражением света от поверхностей пластинок, определить линейный показатель поглощения этого вещества.

### Модуль 3

#### Тема 7. Квантовые свойства света

7.1. Считая, что тепловые потери обусловлены только излучением, определить, какую мощность необходимо подводить к свинцовому шариком диаметром  $d = 2$  см, чтобы при температуре окружающей среды  $T_0 = -13$  °С поддерживать его температуру равной  $T = 17$  °С. Поглощательная способность свинца  $\alpha = 0,6$ .

7.2. 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.

7.3. Определить, до какого потенциала зарядится уединенный медный шарик ( $A = 4,47$  эВ) при облучении его ультрафиолетовым светом с длиной волны  $\lambda = 140$  нм.

7.4. 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.

7.5. Фотон ( $\lambda = 1$  пм) рассеялся на свободном электроном под углом  $\theta = 60^\circ$ . Какую долю (в %) своей энергии фотон передал электрону?

7.6. 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.

7.7. 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?

7.8. 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.

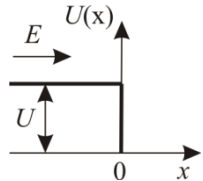
7.9. Давление  $P$  монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 600$  нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно  $0,4$  мкПа. Определить число фотонов, падающих на поверхность площадью  $S = 30$  см<sup>2</sup> за одну секунду.

7.10. 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 8. Волновые свойства микрочастиц

- 8.1. Электрон движется со скоростью  $v = 200$  Мм/с. Определить длину волны де Бройля  $\lambda$ .
- 8.2. При каком значении кинетической энергии (в эВ) дебройлевская длина электрона равна его комптоновской длине волны  $\lambda_c$ ?
- 8.3. 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.
- 8.4. Используя соотношение неопределенностей оценить низший энергетический уровень электрона в атоме водорода. Принять линейные размеры атома  $l \approx 0,1$  нм.
- 8.5. Используя соотношение неопределенностей определить естественную ширину  $\Delta\lambda$  спектральной линии при переходе атома из возбужденного состояния в основное. Принять время жизни атома в возбужденном состоянии  $\tau = 10^{-8}$  с, а длину волны излучения  $\lambda = 600$  нм.
- 8.6. С какой скоростью движется электрон, если его дебройлевская длина волны равна комптоновской длине волны  $\lambda_c$ ?
- 8.7. Кинетическая энергия электрона равна удвоенному значению его энергии покоя. Вычислите длину волны де Бройля этого электрона.
- 8.8. 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  $d = 0,2$  нм. Определить скорость электронов, если в этих условиях наблюдается максимум первого порядка.
- 8.9. Во сколько раз дебройлевская длина волны частицы меньше неопределенности ее координаты, которая соответствует неопределенности импульса в 1 %?
- 8.10. Используя соотношение неопределенностей оценить время  $\tau$  жизни в возбужденном состоянии, если ширина  $\Gamma$  энергетического уровня равна  $6 \cdot 10^{-8}$  эВ.

## Тема 9. Основы квантовой механики

- 9.1.  $\psi$ -функция некоторой частицы имеет вид  $\psi = \frac{A}{r} e^{-\frac{r}{a}}$ , где  $r$  – расстояние этой частицы до силового центра;  $a = 0,1$  нм. Используя условие нормировки вероятностей, определить нормировочный коэффициент  $A$ .
- 9.2. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней  $\Delta E_{n+1,n}$  к энергии  $E_n$  частицы в случае  $n = 5$ .
- 9.3. 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».
- 9.4. Определить коэффициент преломления  $n$  волн де Бройля для протонов на границе потенциальной ступени (см. рис.). Кинетическая энергия  $E$  протонов равна 10 эВ, а высота  $U$  потенциальной ступени равна 8 эВ.
- 
- 9.5. При какой ширине  $d$  прямоугольного потенциального барьера коэффициент прозрачности  $D$  для электронов равен 0,02? Разность энергий  $U - E = 5$  эВ.

9.6.  $\psi$ -Функция некоторой частицы имеет вид  $\psi = \frac{A}{\sqrt{r}} e^{-\frac{r}{a}}$ , где  $r$  – расстояние этой частицы до силового центра;  $a = 1$  нм. Используя условие нормировки вероятностей, определить нормировочный коэффициент  $A$ .

9.7. 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.

9.8. Волновая функция некоторой частица 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.

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

9.10. Протон и электрон прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов  $\Delta\phi = 20$  кВ. Во сколько раз коэффициент прозрачности  $D_e$  для электрона больше коэффициента прозрачности  $D_p$  для протона, если высота  $U$  барьера равна 25 кэВ и ширина  $d = 0,1$  пм?

## Модуль 4

### Тема 10. Строение атома и спектроскопия

10.1. Определить линейную скорость движения электрона на первом борновском уровне в ионе гелия  $He^+$ .

10.2. 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.

10.3. Атомарный водород, возбужденный светом определенной длины волны, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить минимальную длину волны этих линий.

10.4. При каком наименьшем напряжении  $U_{\min}$  на рентгеновской трубке начинают появляться  $K_{\alpha}$ -линии цинка ( $Z = 30$ )? Постоянную экранирования  $\sigma$  принять равной единице.

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

10.6. 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.

10.7. Атом водорода, находившийся первоначально в основном состоянии, поглотил квант света с энергией  $\varepsilon = 10,2$  эВ. Определить изменение момента импульса  $\Delta L$  орбитального движения электрона. В возбужденном атоме электрон находится в  $p$ -состоянии.

10.8. 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.

10.9. 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 пм.



10.10. Минимальная длина волны рентгеновских лучей, полученных от трубки, работающей при напряжении  $U = 60$  кВ, равна  $20,5$  пм. Определить по этим данным экспериментальное значение постоянной Планка с точностью до трех значащих цифр.

### Тема 11. Элементы физики твердого тела

11.1. При нагревании арсенида галлия ( $GaAs$ ) от  $t_1 = 0$  °С до  $t_2 = 50$  °С его внутренняя энергия изменилась на  $86$  Дж. Определить массу арсенида галлия.

11.2. При нагревании  $1$  моля некоторого вещества от  $T_1 = 10$  К до  $T_2 = 20$  К ему было сообщено количество теплоты  $Q = 2,0$  Дж. Найти температуру Дебая для данного вещества. Считать температуры  $T_1$  и  $T_2$  много меньше  $\Theta$ .

11.3. Металл находится при температуре  $T = 0$  К. Определить, во сколько раз число электронов с кинетической энергией от  $\varepsilon_f/2$  до  $\varepsilon_f$  больше числа электронов с энергией от  $0$  до  $\varepsilon_f/2$ .

11.4. Удельная проводимость чистого беспримесного полупроводника при нагревании от  $300$  К до  $400$  К увеличилась  $5,2$  раза. Определить ширину запрещенной зоны полупроводника. Ответ привести в эВ.

11.5. Определить подвижность носителей заряда в собственном полупроводнике с постоянного Холла  $R_H = 0,1$  м<sup>3</sup>/Кл, если при протекании по нему тока плотностью  $j = 1$  А/м<sup>2</sup> напряженность  $E$  электрического поля составляет  $100$  В/м.

11.6. Вычислить по классической теории теплоемкости теплоемкость кристалла бромида алюминия  $AlBr_3$  объемом  $V = 1$  мм<sup>3</sup>. Плотность кристалла бромида алюминия  $\rho = 3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

11.7. Найти отношение изменения внутренней энергии кристалла к нулевой энергии при нагревании его от нуля до температуры  $T = 0,1\Theta$ .

11.8. Определить число свободных электронов, которое приходится на один атом натрия при температуре  $T = 0$  К. Для натрия уровень Ферми  $\varepsilon_f = 3,1$  эВ, а плотность  $\rho = 970$  кг/м<sup>3</sup>.

11.9. Чистый беспримесный полупроводник с шириной запрещенной зоны  $\Delta E = 1,1$  эВ нагрели от  $T_1 = 300$  К до  $T_2 = 310$  К. Во сколько раз увеличилась при этом концентрация электронов в полупроводнике?

11.10. Определить напряженность электрического поля Холла в полупроводниковом образце, помещенном в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,2$  Тл, при пропускании тока плотностью  $j = 2$  А/м<sup>2</sup>. Постоянная Холла  $R_H = 0,15$  м<sup>3</sup>/Кл.

### Тема 12. Ядерная физика

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

12.2. Найти отношение массовой активности  $a_1$  стронция  ${}^{90}Sr$  к массовой активности  $a_2$  радия  ${}^{226}Ra$ . Периоды полураспада стронция и радия равны  $28$  лет и  $1,62 \cdot 10^3$  лет соответственно.

12.3. Точечный изотропный радиоактивный источник создает на расстоянии  $1$  м интенсивность  $\gamma$ -излучения равную  $1,6$  мВт/м<sup>2</sup>. Принимая, что при каждом распаде ядра излучается один  $\gamma$ -квант с энергией  $1,33$  МэВ, определить активность источника в Ки.

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

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

12.6. За какое время  $t$  (в часах) распадается  $1/4$  начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада  $T_{1/2} = 24$  ч?

12.7. 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.

12.8. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на расстоянии 40 см от точечного источника равна 4,3 мкА/кг. Определить время (в минутах), в течение которого можно находиться на расстоянии 6 м от источника. Предельно допустимая доза составляет 20 мР.

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

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