

Задачи для самостоятельной работы

Интерференция света

1. Разность хода двух когерентных лучей 2,5 мкм. Определить длины волн видимого света (от 760 нм до 400 нм), которые дадут интерференционные максимумы.
2. На каком расстоянии от экрана находятся мнимые источники света ($\lambda=0,6$ мкм), расстояние между которыми 0,4 мм, а ширина светлых интерференционных полос на экране 2 мм? Решение пояснить рисунком.
3. Каждый интерференционный максимум, создаваемый на экране двумя когерентными источниками белого света, является многоцветным с красным (0,7 мкм) наружным и фиолетовым (0,4 мкм) внутренним краями. Какова ширина первого максимума, если расстояние между источниками света 4 мм, а их расстояние до экрана 4 м?
4. Для получения колец Ньютона используют плосковыпуклую линзу с радиусом кривизны 12,5 м. Освещая линзу монохроматическим светом, определили, что расстояние между четвертым и пятым темными кольцами равно 0,5 мм. Найти длину волны падающего света. Наблюдение ведется в отраженном свете.
5. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой находится жидкость. Найти показатель преломления жидкости, если радиус третьего темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете с длиной волны 0,6 мкм равен 0,82 мм. Радиус кривизны линзы 0,5 м.
6. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом. Наблюдение ведется в отраженном свете. Радиусы двух соседних темных колец равны соответственно 4,0 мм и 4,38 мм. Радиус кривизны линзы равен 6,4 м. Найти порядковые номера колец и длину волны падающего света.
7. Определить толщину глицериновой пленки ($n=1,47$), если при освещении ее белым светом, падающим под углом 45° , она в отраженном свете кажется красной. Длина волны красных лучей 0,63 мкм. Принять $k=5$.
8. На мыльную пленку одинаковой толщины (показатель преломления $n=1,33$) падает белый свет под углом 45° . При какой наименьшей толщине пленки отраженный от нее свет будет зеленым (550 нм)?
9. На тонкий стеклянный клин нормально падает монохроматический свет. Наименьшая толщина клина, с которой видны интерференционные полосы 0,1 мкм, расстояние между полосами 5 мм. Определить длину волны падающего света и угол между поверхностями клина
10. Определить показатель преломления материала, из которого изготовлен клин, преломляющий угол которого $3 \cdot 10^{-4}$ рад, если на один сантиметр приходится 22 интерференционные полосы максимума интенсивности света. Длина волны нормально падающего монохроматического света равна 0,415 мкм.

Дифракция света. Метод зон Френеля.

1. Определите длину волны монохроматического света, нормально падающего на узкую щель шириной 0,05 мм, если направление света на первый дифракционный максимум (по отношению к первоначальному направлению света) составляет 1° .
2. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 600 нм нормально падает на непрозрачный экран с круглым отверстием диаметром 1,2 мм. На расстоянии 18 см за экраном на оси отверстия наблюдается темное пятно. На какое минимальное расстояние нужно сместиться от этой точки вдоль оси отверстия, удаляясь от него, чтобы в центре дифракционной картины вновь наблюдалось темное пятно?
3. Найти радиус восьмой зоны Френеля для плоского волнового фронта, если радиус второй зоны 2,7 мм.
4. Вычислить радиусы первых трех зон Френеля, если расстояние от источника света до волновой поверхности 1 м, расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения 1 м, длина волны 500 нм.
5. Пучок белого света с длинами волн в интервале от 0,4 до 0,76 мкм падает нормально на дифракционную решетку. При этом в спектре третьего порядка ($k = 3$) под углом φ наблюдается линия, соответствующая длине волны 0,48 мкм. Будут ли видны под этим же углом еще какие-нибудь спектральные линии?
6. Какое наименьшее число штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре второго порядка можно было видеть отдельно две желтые линии натрия с длинами волн 589 нм и 589,6 нм? Какова длина такой решетки, если постоянная решетки 6 мкм?
7. Свет падает нормально на дифракционную решетку шириной 20 мм. Под некоторым углом дифракции две спектральные линии 475,2 нм и 474,8 нм оказались на пределе разрешения (по критерию Рэля). Найти угол дифракции.
8. Построить примерный график зависимости интенсивности I от $\sin\psi$ для дифракционной решетки с числом штрихов $N=4$ и отношением периода решетки к ширине щели $d/b=3$.
9. Сравните наибольшую разрешающую способность для желтой линии натрия ($\lambda = \quad \text{нм}$) двух дифракционных решеток одинаковой длины ($l = \quad \text{мм}$), но разных периодов ($d_1 = \quad \text{мм}$, $d_2 = \quad \text{мм}$).
10. Угловая дисперсия D_φ дифракционной решетки для $\lambda = \quad \text{нм}$ в спектре второго порядка составляет $4 \cdot \quad \text{рад/м}$. Определите постоянную дифракционной решетки.
11. На дифракционную решетку, имеющую $N=500$ щелей на одном миллиметре ширины, нормально падает свет от разрядной трубки, наполненной гелием. Найти: 1) наибольший порядок дифракционного максимума, который дает эта решетка для фиолетового участка спектра с

длиной волны $\lambda =$ 1; 2) длину волны в спектре второго порядка, на которую накладывается синяя линия $\lambda_2 =$ 1 спектра третьего порядка.

Поглощение, поляризация и дисперсия света

1. Солнечные лучи, отраженные поверхностью реки, оказались полностью поляризованными. Под каким углом к горизонту находилось Солнце? Чему равен угол преломления лучей? Показатель преломления воды 1,33.
2. Определить скорость света в алмазе, если угол полной поляризации при отражении света от поверхности алмаза 67° ?
3. Пучок света падает на плоскопараллельную стеклянную пластину ($n_1=1,6$), нижняя поверхность которой находится в воде ($n_2=1,33$). При каком угле падения свет, отраженный от границы стекло-вода будет максимально поляризован?
4. Интенсивность света, прошедшего через анализатор, составляет 9% от интенсивности естественного света, падающего на поляризатор. Найти угол между главными плоскостями этих николей, если потеря на поглощение и отражение света в каждом николе 8% (от падающего на них света).
5. Интенсивность света после прохождения через поляризатор и анализатор уменьшилась в 4 раза. Найти угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если на поляризатор падал естественный свет. Поглощением света пренебречь.
6. Угол между плоскостями пропускания поляроидов равен 40° . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в 6 раз. Пренебрегая потерей света при отражении, определить коэффициент поглощения света в поляроидах.
7. При прохождении света через трубку длиной 20 см, содержащую раствор сахара концентрацией 10%, плоскость поляризации света повернулась на угол $13,3^\circ$. В другом растворе сахара, налитом в трубку длиной 15 см, плоскость поляризации повернулась на угол $5,2^\circ$. Определить концентрацию второго раствора.
8. Пучок света последовательно проходит через 2 николя, плоскости пропускания которых образуют между собой угол 35° . Принимая, что коэффициент поглощения каждого николя равен 0,15, найти во сколько раз пучок света, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с пучком, падающим на первый николь.
9. Зависимость показателя преломления n от длины волны в вакууме λ для некоторой среды определяется формулой $n=a+b/\lambda^2$, где a и b – постоянные. Найти выражение (через длину волны) для групповой скорости u света в данной среде.
10. Коэффициент поглощения прозрачной пластины для некоторой длины волны изменяется линейно от $0,8 \text{ м}^{-1}$ у одной поверхности пластины до $1,2 \text{ м}^{-1}$ – у другой поверхности. При прохождении света через такую пластину интенсивность его уменьшилась на 10%. Найти толщину пластины.

Тепловое излучение. Фотоэффект. Давление света. Эффект Комптона

1. Абсолютно черное тело изготовлено в виде полости с малым отверстием радиуса 5 мм. Полость нагревают изнутри током, проходящим по вольфрамовой спирали. Нагреватель потребляет мощность 100 Вт, 10 % которой рассеивается в окружающую среду через стенки полости. Найти температуру, установившуюся внутри полости.
2. При охлаждении абсолютно черного тела длина волны, соответствующая максимуму его излучения, увеличилась от 0,4 до 0,7 мкм. Во сколько раз уменьшилась при этом полная лучеиспускательная способность (энергетическая светимость) тела?
3. Количество лучистой энергии ежесекундно посылаемой Солнцем через площадку 1 м^2 , расположенную перпендикулярно солнечным лучам на верхней границе земной атмосферы, называется солнечной постоянной. Определить величину солнечной постоянной, считая Солнце абсолютно черным телом с температурой поверхности 5800 К. Радиус Солнца $6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$, расстояние от Солнца до Земли $1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$.
4. Цинковую пластинку освещают ультрафиолетовым светом длиной волны 30 нм. Определить, на какое максимальное расстояние от пластинки может удалиться фотоэлектрон, если вне пластинки имеется задерживающее однородное электрическое поле напряженностью 10 В/см.
5. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла 0,275 мкм. Найти: а) работу выхода электрона из этого металла; б) максимальную скорость электронов, вырываемых из металла светом длиной волны 180 нм; в) максимальную кинетическую энергию вырываемых электронов.
6. Квант света длиной волны 232 нм вырывает с поверхности пластины электрон. Определить суммарный импульс, сообщаемый при этом пластине, если электрон вылетает навстречу падающему фотону. Электрон обладает энергией 2 эВ.
7. Давление света с длиной волны 40 нм, падающего нормально на черную поверхность, равно 2 нПа. Определить число фотонов, падающих за время 10 с на площадь 1 мм^2 этой поверхности.
8. Определить коэффициент отражения поверхности, если при энергетической освещенности 120 Вт/м^2 давление света на нее оказалось равным 0,5 мкПа.
9. Красная граница фотоэффекта для цинка 310 нм. Определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны 200 нм.
10. Давление света, производимое на зеркальную поверхность, 5 мПа. Определить концентрацию фотонов вблизи поверхности, если длина волны света, падающего на поверхность, 0,5 мкм.
11. Фотон с длиной волны 5 пм испытал комптоновское рассеяние под углом 90° на первоначально покоившемся электроне. Определить: 1)

изменение длины волны фотона при рассеянии; 2) энергию электрона отдачи; 3) импульс электрона отдачи.

12. Фотон с энергией 0,25 МэВ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроном. Определить кинетическую энергию электрона отдачи, если длина волны рассеянного фотона изменилась на 20%.

Волна де Бройля. Соотношение неопределенностей

1. Масса движущегося электрона в 2 раза больше массы покоя. Определить длину волны де Бройля для такого электрона.

2. Сравнить длины волн де Бройля электрона, прошедшего разность потенциалов 1000 В, атома водорода, движущегося со скоростью равной средней квадратичной скорости при температуре 27 °С, и шарика массой 1 г, движущегося со скоростью 0,1 м/с.

3. При увеличении энергии электрона на $\Delta E = 200$ эВ его дебройлевская длина волны изменилась в 2 раза. Найти первоначальную длину волны электрона.

4. Электронный пучок ускоряется в электронно-лучевой трубке разностью потенциалов $U =$. Принимая, что неопределенность импульса равна 0,1 % от его числового значения, определите неопределенность координаты электрона.

5. Определить длины волн де Бройля электрона и протона, прошедших одинаковую ускоряющую разность потенциалов 400 В.

6. Электрон с кинетической энергией 10 эВ локализован в области 1 мкм. Оценить относительную неопределенность скорости электрона.

7. Частица массы m локализована в области размером l . Оценить кинетическую энергию E_k частицы, при которой ее относительная неопределенность будет порядка 0,01.

8. Оценить минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером 0,10 нм.

9. Атом испустил фотон с длиной волны 0,550 мкм. Продолжительность излучения 10 нс. Определить наибольшую погрешность, с которой может быть измерена длина волны излучения.

10. Средняя кинетическая энергия электрона в невозбужденном атоме водорода 13,6 эВ. Используя соотношение неопределенностей, найти наименьшую погрешность, с которой можно вычислить координату электрона в атоме.

Основы квантовой физики. Туннельный эффект. Потенциальная яма. Атом водорода

1. Определить коэффициент пропускания прямоугольного потенциального барьера высотой 10 эВ и шириной $5 \cdot 10^{-10}$ м для электрона с энергией 9 эВ.

2. Найти для электрона с энергией E вероятность прохождения потенциального барьера, изображенного на рисунке.
3. Вычислить отношение вероятностей нахождения электрона в интервалах $l/4 < x < l/2$ и $0 < x < l/4$ на первом энергетическом уровне одномерной потенциальной ямы, ширина которой l .
4. Частица находится в потенциальной яме шириной l . Определить вероятность нахождения частицы в интервале $l/4 < x < l/3$ на первом энергетическом уровне.
5. Электрон находится в основном состоянии в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками, ширина которой $0,1$ нм. Определить импульс электрона.
6. Определить, при какой ширине одномерной потенциальной ямы дискретность энергии электрона становится сравнимой с энергией теплового движения при температуре 300 К.
7. Определить, при какой температуре дискретность энергии электрона, находящегося в одномерной потенциальной яме, ширина которой $2 \cdot 10^{-9}$ м, становится сравнимой с энергией теплового движения.
8. Определить ширину одномерной потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками, если при переходе электрона с третьего энергетического на второй излучается энергия 1 эВ ?
9. Вычислить для атома водорода длины волн первых трех линий серии Бальмера.
10. Вычислить для атома водорода длины волн первых трех линий серии Лаймана.
11. Вычислить для атома водорода длины волн первых трех линий серии Пашена.
12. Найти период обращения электрона на первой боровской орбите в атоме водорода и его угловую скорость.
13. Волновая функция, описывающая основное состояние электрона в атоме водорода, имеет вид $\psi = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-r/a}$, где a – первый боровский радиус. Вычислить вероятность того, что электрон находится внутри области, ограниченной сферой радиусом, равным первому боровскому радиусу.
14. Волновая функция, описывающая основное состояние электрона в атоме водорода, имеет вид $\psi = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-r/a}$, где a – первый боровский радиус. Найти постоянную нормировки A .

Основы статистической физики и физики твердого тела

1. Теплоемкость серебра при $T=10$ К равна 199 Дж/(кмоль·град). Определить характеристическую температуру Дебая.
2. Определить приближенно скорость звука в алмазе, зная, что дебаевская температура алмаза равна 1860 К и постоянная решетки $d=1,54$ Å.

3. Найти максимальную скорость электронов в металле при 0 К.
4. Насколько приближенной является запись функции Ферми в виде

$$f(E) \approx \frac{1}{1 + e^{(E-\mu)/kT}} \text{ при } E-\mu=2kT ?$$

5. Каковы соответственно вероятности того, что при комнатной температуре электрон займет состояния, лежащие на 0,1 эВ выше и на 0,1 ниже уровня Ферми ?
6. При нагревании кремниевого кристалла от температуры 0 °С до 10 °С его удельная проводимость возрастает в 2,28 раза. По приведенным данным определите ширину (считая ее постоянной) запрещенной зоны кристалла кремния.
7. Во сколько раз изменится при повышении температуры от 300 до 310 К электропроводность собственного полупроводника, ширина запрещенной зоны которого равна 3 эВ ?
8. Концентрация основных носителей заряда в *n*-Si равна 10^{15} см^{-3} . Найти концентрацию неосновных носителей заряда.
9. Найти долю свободных электронов в металле при температуре 0 К, кинетическая энергия которых больше половины максимальной.
10. Экспериментальное значение границы Ферми для лития при 0 К равно 3,5 эВ. Какое значение эффективной массы электрона следует подставить в формулу, чтобы получить согласие между теоретическим и экспериментальными значениями границы Ферми.
11. Найти относительное число молекул гелия Δ , скорости которых лежат в интервале от 990 до 1010 м/с при температуре 300 К.
12. Определить долю свободных электронов в металле при $T=0$ К, энергии которых заключены в интервале от $1/2E_{\text{макс}}$ до $E_{\text{макс}}$.
13. Определить концентрацию свободных электронов в металле при $T=0$ К. Энергия ферми равна 1 эВ.
14. Найти максимальную скорость электронов в металле при 0 К.
15. Определить, во сколько раз число электронов со скоростями $1/2v_{\text{макс}}$ до $v_{\text{макс}}$ больше числа электронов со скоростями от 0 до $1/2v_{\text{макс}}$.
16. На какой высоте содержание водорода в воздухе по сравнению с содержанием углекислого газа увеличится на 1,5 раза? Температуру считать постоянной и равной 23 °С.
17. Относительное число молекул газа, длина свободного пробега которых лежит в пределах от l до $l+dl$, определяется по формуле

$$\frac{dn}{n} = \frac{A}{\lambda} dl$$

где A – постоянный нормировочный множитель. Найти относительное число Δ молекул газа, длина свободного пробега которых больше, чем 5λ .

18. Насколько приближенной является запись функции Ферми в виде

$$f(E) \approx \frac{1}{1 + e^{(E-\mu)/kT}} \text{ , при } E-\mu=2 \text{ kT и при } E-\mu=10 \text{ kT ?}$$