

ОПТИКА

Задания по физике для самостоятельной работы
студентов

Бадмаев Б.Б., Дарибазарон Э.Ч., Санеев Э.Л.

технологический университет
Министерство образования РФ

ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЗАДАНИЯ ПО ФИЗИКЕ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

РАЗДЕЛ: "ОПТИКА"

Редактор Т.Ю.Артюнина

Подготовлено в печать . 2001 г. Формат 60×80 1/16
Усл.п.л. 3,72; уч.-изд.л. 3,2; Тираж 150 экз.

РИО ВСГТУ, Улан-Удэ, Ключевская, 40а
Отпечатано на ротапринте ВСГТУ, Улан-Удэ,
Ключевская, 42.

© Восточно-Сибирский государственный

Составители: Бадмаев Б.Б.,
Дарибазарон Э.Ч.,
Санеев Э.Л.

Улан-Удэ 2000

Основные формулы

Оптическая разность хода	$\Delta = s_2 n_2 - s_1 n_1$
Условие интерференционного максимума	$\Delta = \pm m \lambda \quad (m=0,1,2,\dots)$
Условие интерференционного минимума	$\Delta = \pm (2m - 1) \frac{\lambda}{2}$ $(m=1,2,\dots)$
Ширина интерференционных полос в опыте Юнга	$\Delta x = \frac{\lambda l}{d}$
Оптическая разность хода в тонких пленках в проходящем и отраженном свете	$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$ $\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$
Радиусы светлых и темных колец Ньютона в проходящем свете (или темных и светлых - в отраженном)	$r_m = \sqrt{m \lambda R} \quad (m=1,2,\dots)$ $r_m = \sqrt{(2m - 1) \frac{R \lambda}{2}} \quad (m=1,2,\dots)$
Радиусы зон Френеля для сферического и плоского волнового фронта	$r_m = \sqrt{\frac{m \lambda a b}{(a + b)}} \quad (m=1,2,\dots)$ $r_m = \sqrt{m \lambda b} \quad (m=1,2,\dots)$

Направления дифракционных максимумов и минимумов

от одной щели $\varphi_0=0, a \sin \varphi_m = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (m=1,2,\dots)$
 $a \sin \varphi_m = \pm m \lambda \quad (m=1,2,\dots)$

Направления главных максимумов дифракционной решетки

$$d \sin \varphi_m = \pm m \lambda \quad (m=0,1,2,\dots)$$

Разрешающая способность

дифракционной решетки $R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = mN$

Формула Вульфа-Брэггов

$$2d \sin \theta_m = m \lambda \quad (m=1,2,\dots)$$

Степень поляризации

$$P = \frac{(I_{\max} - I_{\min})}{(I_{\max} + I_{\min})}$$

Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

Закон Малюса

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

Угол поворота плоскости и поляризации света в кристаллах и растворах

$$\varphi = [\alpha] \cdot c \cdot \ell \quad \varphi = [\alpha] \cdot \ell$$

Фазовая скорость света

$$v = \frac{c}{n}$$

Групповая скорость света

$$u = \frac{c}{n} \left(1 + \frac{\lambda}{n} \cdot \frac{dn}{d\lambda} \right)$$

Дисперсия вещества

$$D = \frac{dn}{d\lambda}$$

Направления излучения

Вавилова-Черенкова	$\cos \theta = \frac{c}{nV}$
Закон Стефана-Больцмана	$R_T = \sigma T^4$
Закон смещения Вина	$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$
Давление света при нормальном падении на поверхность	$p = \frac{I}{c}(1 + \rho) = \omega(1 + \rho)$
Энергия фотона	$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта	$h\nu = A + E_k$
Изменение длины волны при эффекте Комптона	$\Delta\lambda = \lambda_c(1 - \cos\theta)$
Комптоновская длина волны	$\lambda_c = \frac{h}{m_0c} = \frac{hc}{E_0}$

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Интерференция света

1. Введите понятие когерентности: а) волн; б) источников.
2. Какое явление называется интерференцией волн?
3. Почему при сложении некогерентных волн не наблюдается устойчивая интерференционная картина?
4. Можно ли на экране получить интерференционную картину от двух лампочек накаливания? Почему?

5. Что называется: а) оптической длиной пути; б) оптической разностью хода? Какова связь разности хода и разности фаз?

6. Запишите условия: а) интерференционных максимумов; б) интерференционных минимумов.

7. Опишите методы получения интерференционной картины.

8. Как изменится интерференционная картина при: а) увеличении расстояния между источниками; б) увеличении расстояния от источников до экрана; в) уменьшении длины волны?

9. При каких условиях можно наблюдать полосы равной толщины? Где локализована интерференционная картина?

10. Линзу какого радиуса кривизны целесообразно использовать для наблюдения колец Ньютона? Почему?

11. При каких условиях можно наблюдать полосы равного наклона? Где локализована интерференционная картина?

12. Приведите примеры практического использования интерференции света. В чем заключается "просветление" оптики?

Дифракция света

1. Какое явление в оптике называется дифракцией света?
2. В чем заключается принцип Гюйгенса-Френеля? Какое дополнение и с какой целью ввел Френель в принцип Гюйгенса?
3. Опишите суть метода зон Френеля.
4. Опишите дифракцию Френеля на круглом отверстии и диске. Чем отличаются дифракционные картины в этих случаях?

5. Запишите выражение для амплитуды при дифракции Френеля на круглом отверстии. Какой вид примет эта формула в случае: а) четного числа открытых зон Френеля; б) нечетного числа открытых зон Френеля?

6. Что представляет собой и где применяется зонная пластинка?

7. Опишите характер дифракционной картины при дифракции Фраунгофера на одной щели. Как используется принцип Гюйгенса-Френеля при расчете дифракционной картины в этом случае?

8. Чем отличается дифракционная картина при дифракции Фраунгофера на решетке от дифракционной картины на одной щели?

9. Напишите условия: а) главных максимумов; б) главных минимумов при дифракции на решетке.

10. Сформулируйте критерий Релея. Напишите выражение: а) для угловой дисперсии; б) разрешающей способности дифракционной решетки.

11. Как изменится дифракционная картина, если закрыть половину решетки?

12. С помощью какого параметра в случае плоского фронта волны можно определить, имеет место дифракция Фраунгофера или дифракция Френеля, или можно пользоваться законами геометрической оптики.

Поляризация и дисперсия света.

Элементы оптики движущихся сред

1. В чем заключается явление поляризации? Какой свет называется: а) естественным; б) частично поляризованным; в) полностью поляризованным?

2. Что называется плоскостью падения света, плоскостью колебания вектора \mathbf{E} , плоскостью поляризации? Изобразите графически линейно поляризованную световую волну.

3. Укажите способы получения поляризованного света. Запишите и проанализируйте формулы Френеля для интенсивности света, отраженного от границы раздела двух диэлектриков.

4. Введите понятие степени поляризации P . Как зависит этот параметр от угла падения световой волны? Сравните (качественно) степени поляризации отраженного и преломленного лучей.

5. Сформулируйте закон Брюстера. Как связан угол Брюстера с показателем преломления среды, от которой происходит отражение света?

6. Какова интенсивность отраженного от поверхности диэлектрика луча, падающего под углом Брюстера, если он поляризован: а) в плоскости падения; б) в плоскости колебаний вектора \mathbf{E} ?

7. В чем заключается двойное лучепреломление? Опишите различия в поведении обыкновенного и необыкновенного лучей. В каких средах наблюдается явление двойного лучепреломления?

8. Сформулируйте закон Малюса и проиллюстрируйте его графически. Можно ли пользоваться анализатором в качестве поляризатора и наоборот?

9. Поясните сущность явления вращения плоскости поляризации. От чего зависит угол вращения плоскости поляризации?

10. Сформулируйте закон поглощения света (закон Бугера). Каков физический смысл коэффициента поглощения k ?

11. Что называется дисперсией света? Введите понятие нормальной и аномальной дисперсии.

12. Как зависит показатель преломления n от частоты ω внешнего электрического поля? Постройте и проанализи-

руйте график зависимостей $n=n(\omega)$ и $n=n(\lambda_0)$, где λ_0 - длина волны в вакууме.

13. Какова связь между фазовой и групповой скоростями света?

14. В чем заключается эффект Доплера (в оптике)? При каком угле между направлением движения источника и линией наблюдения эффект Доплера называют продольным, а при каком - поперечным?

15. От чего зависит угол между направлением распространения излучения и вектором скорости v частицы в излучении Вавилова-Черенкова?

Тепловое излучение.

Квантовая природа излучения

1. Какова природа теплового излучения и люминесценции? Какое из этих излучений является равновесным? Объясните.

2. Дайте определение понятий: а) энергетических светимость тела R ; б) испускательная способность тела r_ω ; в) поглотительная способность тела $a_{\omega,T}$.

Какое тело называется: абсолютно черным; серым?

3. Сформулируйте закон Кирхгофа. Чему равна испускательная способность $r(\omega,T)$ идеально отражающей поверхности?

4. Сформулируйте законы Стефана-Больцмана и Вина. Изобразите графически зависимость испускательной способности абсолютно черного тела от частоты при нескольких постоянных значениях температуры.

5. Какую функцию описывает формула Рэлея-Джинса? При каких длинах волн она удовлетворительно согласуется с экспериментом?

6. Какую гипотезу выдвинул М.Планк при выводе формулы для испускательной способности абсолютно чер-

ного тела? Каков смысл постоянной Планка h и чему она равна?

7. В чем состоит фотоэлектрический эффект? Сформулируйте законы фотоэффекта. Какие противоречия были обнаружены при классическом описании фотоэффекта?

8. Запишите формулу Эйнштейна для фотоэффекта. Что называется работой выхода $A_{\text{вых}}$ и от чего она зависит? Чем определяется максимальная кинетическая энергия электрона, покинувшего вещество?

9. При каком условии возникает фотоэффект? Определите красную границу λ_0 фотоэффекта в случае меди, если для нее работа выхода равна 4,4 эВ?

10. Какие процессы называются: однофотонными; многофотонными? Запишите выражения для массы, импульса и энергии фотона через величины h , λ и c , где c - скорость свет в вакууме.

11. Какова природа давления света с точки зрения квантовых представлений? Как объясняется возникновение светового давления волновой теорией?

12. Покажите, что в эффекте Комптона проявляются корпускулярные свойства света. Каковы особенности этого эффекта? Что называется комптоновской длиной волны? Почему эффект Комптона не наблюдается при рассеянии видимого света?

Примеры решения задач

Пример 1. Для устранения отражения света от поверхности линзы на нее наносится тонкая пленка вещества с показателем преломления 1,25, меньшим, чем у стекла (просветление оптики). При какой наименьшей толщине пленки отражение света с длиной волны 0,72 мкм не будет наблюдаться, если угол падения лучей 60° ?

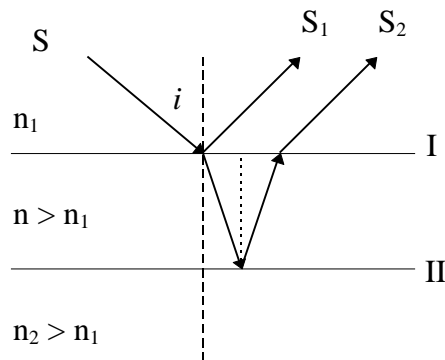
Дано: $n=1,25$; $\lambda=0,72$ мкм; $i=60^\circ$.

Найти: d_{\min} .

Решение. Оптическая разность хода лучей, отраженных от нижней и верхней поверхностей пленки (рис.1),

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i}, \quad (1)$$

где d - толщина пленки; n - показатель преломления пленки; i - угол падения лучей. В выражении учтено, что отражение лучей на обеих поверхностях происходит от оптически более плотной среды и по-



этому потери полуволны в обоих случаях компенсируют друг друга. Условие интерференционного максимума

$$\Delta = \pm(2m-1)\frac{\lambda}{2} \quad (m=1,2,\dots) \quad (2)$$

где λ - длина волны света. Подставляя (1) в (2) и учитывая, что выражение (1) положительно, получаем

$$1d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} = (2m-1)\frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Из (3) найдем возможные значения толщины пленки:

$$d = \frac{(2m-1)\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}. \quad (4)$$

Наименьшая толщина пленки наблюдается при $m=1$:

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} :$$

$$d_{\min} = 0,72 \cdot 10^{-6} \text{ м} / 4\sqrt{(1,25)^2 - \sin^2 60^\circ} = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,2 \text{ мкм}.$$

Ответ: $d=0,2$ мкм.

Пример 2. Постоянная дифракционная решетки 10 мкм, ее ширина 2 см. В спектре какого порядка эта решетка может разрешить дуплет $\lambda_1=486,0$ нм и $\lambda_2=486,1$ нм?

Дано: $c=10$ мкм; $l=2$ см; $\lambda_1=486,0$ нм; $\lambda_2=486,1$ нм.

Найти: m

Решение. Разрешающая способность дифракционной решетки

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN, \quad (1)$$

где $\Delta\lambda$ - минимальная разность длин волн двух спектральных линий λ и $\lambda+\Delta\lambda$, разрешаемых решеткой; m - порядок спектра; N - число щелей решетки. Так как постоянная решетки c есть расстояние между серединами соседних щелей, то

$$N = \frac{l}{c}, \quad (2)$$

где l - ширина решетки. Из формулы (1) с учетом (2) находим

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{mV} = \frac{c\lambda}{ml}. \quad (3)$$

Дуплет спектральных линий λ_1 и λ_2 будет разрешен, если

$$\Delta\lambda \leq \lambda_2 - \lambda_1. \quad (4)$$

Подставляя (3) в (4), с учетом того, что $\lambda = \lambda_1$

$$\frac{c\lambda_1}{ml} \leq \lambda_2 - \lambda_1. \quad (5)$$

Из выражения (5) следует, что дуплет λ_1 и λ_2 будет разрешен во всех спектрах с порядком

$$m \geq \frac{c\lambda_1}{l(\lambda_2 - \lambda_1)}.$$

Проводя вычисления, получаем

$$\frac{c\lambda_1}{l(\lambda_2 - \lambda_1)} = \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 486,0 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot (486,1 - 486,0) \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 2,43$$

Так как m - целое число, то $m \geq 3$.

Ответ: $m \geq 3$.

Пример 3. Естественный свет падает на поверхность диэлектрика под углом полной поляризации. Степень поляризации преломленного луча составляет 0,124. Найти коэффициент пропускания света.

Дано: $p''=0,124$.

Найти: I .

Решение. Естественный свет можно представить как наложение двух некогерентных волн, поляризованных во взаимно перпендикулярных плоскостях и имеющих одинаковую интенсивность

$$I_{\parallel} = I_{\perp}, \quad (1)$$

где индексы \parallel и \perp обозначают колебания, параллельные и перпендикулярные плоскости падения света на поверхность диэлектрика, причем, интенсивность падающего света

$$I = I_{\parallel} + I_{\perp}. \quad (2)$$

При падении света под углом полной поляризации отражаются только волны, поляризованные в плоскости, перпендикулярной плоскости падения. Интенсивность преломленной волны

$$I'' = I''_{\parallel} + I''_{\perp}. \quad (3)$$

Составляющие интенсивности преломленной волны

$$I'' = I, \quad I'' = I - I', \quad (4)$$

где I' - интенсивность отраженного света. Степень поляризации преломленного луча

$$p'' = \frac{I''_{\max} - I''_{\min}}{I''_{\max} + I''_{\min}} = \frac{I''_{\parallel} - I''_{\perp}}{I''_{\parallel} + I''_{\perp}} = \frac{I''_{\parallel} - I''_{\perp}}{I''} \quad (5)$$

С учетом равенств (4) и (1) выражение (5) можно представить в виде

$$p'' = \frac{I'}{I''}. \quad (6)$$

Коэффициент пропускания света

$$\tau = \frac{I''}{I} = \frac{I''}{(I' + I'')} \quad (7)$$

или с учетом выражения (6)

$$\tau = \frac{1}{(1 + p'')}.$$

Проводя вычисления, получаем

$$\tau = \frac{1}{(1 + 0,124)} = 0,89$$

Ответ: $\tau=0,89$.

Пример 4. Интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор, уменьшилась в 2,3 раза. Во сколько раз она уменьшится, если за первым поставить второй такой же поляризатор так, чтобы угол между их главными плоскостями был равен 60° ?

Дано: $I_0/I_1=2,3$; $\alpha=60^\circ$.

Найти: I_0/I_2 .

Решение. Естественный свет можно представить как наложение двух некогерентных волн, поляризованных во взаимно перпендикулярных плоскостях и имеющих одинаковую интенсивность. Идеальный поляризатор пропускает колебания, параллельные его главной плоскости, и полностью задерживает колебания, перпендикулярные этой плоскости. На выходе из первого поляризатора получается плоскополяризованный свет, интенсивность которого с учетом потерь на отражение и поглощение света поляризаторов равна

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0 (1 - k), \quad (1)$$

где I_0 - интенсивность естественного света; k - коэффициент, учитывающий на потери на отражение и поглощение. После прохождения второго поляризатора интенсивность света уменьшается как за счет отражения и поглощения света поляризатором, так и из-за несовпадения плоскости поляризации света с главной плоскостью поляризатора. В соответствии с законом Малюса и с учетом потерь на отражение и поглощение света эта интенсивность равна

$$I_2 = I_1 (1 - k) \cos^2 \alpha, \quad (2)$$

где α - угол между плоскостью поляризации света, которая параллельна главной плоскости первого поляризатора, и главной плоскостью второго поляризатора. Найдем во сколько раз уменьшилась интенсивность света:

$$\frac{I_0}{I_2} = \frac{I_0}{(I_1 (1 - k) \cos^2 \alpha)}. \quad (3)$$

Из выражения (1) найдем

$$(1 - k) = \frac{2I_1}{I_0}. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (3), получаем

$$\frac{I_0}{I_2} = \frac{1}{(2 \cos^2 \alpha) \cdot (I_0 / I_1)^2};$$

$$\frac{I_0}{I_2} = \frac{1}{(2 \cos^2 60^\circ) (2,3)^2} = 10,6.$$

Ответ: $\frac{I_0}{I_2} = 10,6$.

Пример 5. Измерение показателя преломления оптического стекла дало $n_1=1,528$ для $\lambda_1=0,434$ мкм и $n_2=1,523$ для $\lambda_2=0,486$ мкм. Вычислить отношение групповой скорости к фазовой для света с длиной волны 0,434 мкм.

Дано: $\lambda_1=0,434$ мкм; $\lambda_2=0,486$ мкм; $n_1=1,528$; $n_2=1,523$.

Найти: u_1/v_1 .

Решение. Зависимость групповой скорости u от показателя преломления n и длины волны λ имеет вид

$$u = \frac{c}{n} \left(1 + \frac{\lambda}{n} \cdot \frac{dn}{d\lambda} \right), \quad (1)$$

где c - скорость света в вакууме.

Фазовая скорость $v = c/n$. (2)

Разделив выражение (1) на (2), получим

$$\frac{u}{v} = 1 + \frac{\lambda}{n} \cdot \frac{dn}{d\lambda}. \quad (3)$$

Для длины волны λ_1 и средней дисперсии $\frac{dn}{d\lambda} = \frac{\Delta n}{\Delta \lambda}$ имеем

$$\frac{u_1}{v_1} = 1 + \frac{\lambda_1}{n_1} \left[\frac{(n_2 - n_1)}{(\lambda_2 - \lambda_1)} \right].$$

Проводя вычисления, получаем

$$\frac{u_1}{v_1} = 0,973.$$

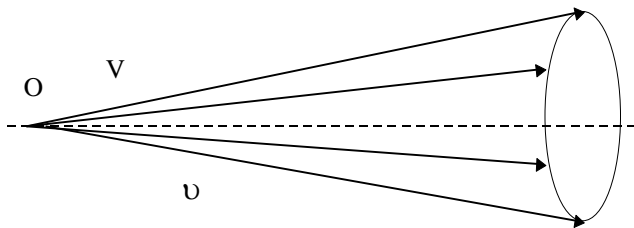
Ответ: $\frac{u_1}{v_1} = 0,973.$

Пример 6. В черенковском счетчике из каменной соли релятивистские протоны излучают в конусе с раствором 82° . Определить кинетическую энергию протонов. Показатель преломления каменной соли 1,54.

Дано: $2\vartheta = 82^\circ$; $n=1,54$.

Найти: E_k .

Решение. Излучение Вавилова-Черенкова возникает, когда скорость движения V заряженной частицы в среде



больше фазовой скорости $v=c/n$ света в этой среде (c - скорость света в вакууме, n - показатель преломления среды). Излучение направлено вдоль образующих конуса, ось которого совпадает с направлением движения частицы (см. рис.), а угол 2ϑ при вершине определяется из формулы

$$\cos \vartheta = c/(nV) \quad (1)$$

Кинетическая энергия релятивистской частицы

$$E_k = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (V/c)^2}} - 1 \right) \quad (2)$$

где $E_0=m_0c^2$ - энергия покоя частицы; m_0 - масса покоя. Для протонов $E_0=938$ МэВ. Отношение V/c определим из (1):

$$\frac{V}{c} = \frac{1}{n} \cos \vartheta \quad (3)$$

Подставляя (3) в (2), получаем

$$E_k = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (1/n \cos \vartheta)^2}} - 1 \right) = 900 \text{ МэВ}$$

Ответ: $E_k = 900$ МэВ.

Пример 7. Во сколько раз увеличится мощность излучения черного тела, если максимум энергии излучения сместится от красной границы видимого спектра к его фиолетовой границе?

Дано: $\lambda_k = 0,76$ мкм; $\lambda_\phi = 0,38$ мкм.

Найти: N_ϕ/N_k .

Решение. Длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения черного тела, согласно закону смещения Вина, равна

$$\lambda_{\max} = b/T \quad (1)$$

где T - термодинамическая температура тела; b - постоянная Вина. Из формулы (1) определяем температуру, при которой максимум энергии излучения приходится на красную λ_k и фиолетовую λ_ϕ границы видимого спектра:

$$T_k = b/\lambda_k, \quad T_\phi = b/\lambda_\phi \quad (2)$$

Мощность излучения

$$N = R_T S, \quad (3)$$

где R_T - энергетическая светимость тела; S - площадь его поверхности. В соответствии с законом Стефана-Больцмана

$$R_T = \sigma T^4, \quad (4)$$

где σ - постоянная Стефана-Больцмана. Для температур T_k и T_ϕ

$$N_k = \sigma T_k^4 S \quad \text{и} \quad N_\phi = \sigma T_\phi^4 S \quad (5)$$

Из формул (5) находим

$$\frac{N_\phi}{N_k} = \left(\frac{T_\phi}{T_k} \right)^4 \quad (6)$$

или с учетом (2) имеем

$$\frac{N_\phi}{N_k} = \left(\frac{\lambda_k}{\lambda_\phi} \right)^4 = \frac{0,76 \cdot 10^{-6}}{(0,38 \cdot 10^{-6})^4} = 16$$

Ответ: $N_\phi / N_k = 16$.

Пример 8. Давление света (длина волны равна 0,55 мкм), нормально падающего на зеркальную поверхность, равна 9 мкПа. Определить концентрацию фотонов вблизи поверхности.

Дано: $\lambda = 0,55 \cdot 10^{-4}$ м; $p = 9 \cdot 10^{-6}$ Па; $\rho = 1$.

Найти: n .

Решение. Давление света при нормальном падении на поверхность с коэффициентом отражения ρ

$$p = I/c(1+\rho) = \omega(1+\rho) \quad (1)$$

где I - интенсивность излучения, c - скорость света в вакууме; $\omega = I/c$ - объемная плотность энергии излучения.

Энергия одного фотона $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$, где h - постоянная

Планка. Объемная плотность энергии излучения

$$\omega = \frac{nhc}{\lambda}, \quad (2)$$

где n - концентрация фотонов.

Подставляя (2) в (1), получаем

$$p = \frac{nhc}{\lambda}(1+\rho),$$

откуда,

$$n = \frac{\lambda \cdot p}{hc(1+\rho)};$$

$$n = \frac{0,55 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 9 \cdot 10^{-6} \text{ Па}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} (1+1)} = 2,49 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$$

Ответ: $n = 2,49 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$.

Пример 9. Красная граница фотоэффекта для никеля равна 0,257 мкм. Найти длину волны света, падающего на никелевый электрод, если фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов 1,5 В.

Дано: $\lambda_k = 0,257$ мкм; $U = 1,5$ В.

Найти: λ .

Решение. Согласно уравнению Эйнштейна для внешнего фотоэффекта,

$$\frac{hc}{\lambda} = A + E_k, \quad (1)$$

где h - постоянная Планка; c - скорость света в вакууме; λ - длина волны света; A - работа выхода электрона из металла; E_k - максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов. Красная граница фотоэффекта определяется из условия равенства энергии фотона работе выхода электронов:

$$\frac{hc}{\lambda_k} = A. \quad (2)$$

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

$$E_k = eU, \quad (3)$$

где e - заряд электрона; U - задерживающая разность потенциалов. Подставляя выражения (2) и (3) в (1), получаем

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_k} + eU. \quad (4)$$

Из уравнения (4) найдем длину волны света:

$$\lambda = \left(\frac{1}{\lambda_k} + \frac{eU}{hc} \right)^{-1} = 1,97 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 0,196 \text{ мкм.}$$

Ответ: $\lambda=0,196$ мкм.

Пример 10. Гамма-фотон с длиной волны 1,2 пм в результате комптоновского рассеяния на свободном электро-не отклонился от первоначального направления на 60° . Определить кинетическую энергию и импульс отдачи. До столкновения электрон покоился.

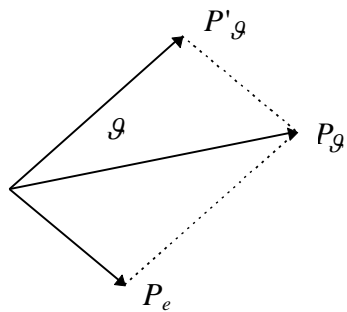
Дано: $\lambda_1=1,2 \cdot 10^{-12}$ м; $\vartheta=60^\circ$.

Найти: E_k ; p .

Решение. Изменение длины волны при комптоновском рассеянии на неподвижном свободном электро-не

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \lambda_c(1 - \cos\vartheta), \quad (1)$$

где λ_1 и λ_2 - длины волн падающего и рассеяного фотонов; ϑ - угол рассеяния фотона (см. рис.); $\lambda_c = \frac{h}{m_0c} = \frac{hc}{E_0}$ - комптоновская длина волны электрона;



h - постоянная Планка; c - скорость света в вакууме; m_0 и $E_0=m_0c^2$ - масса и энергия покоя электрона. Из выражения (1) найдем

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \lambda_c(1 - \cos\vartheta). \quad (2)$$

Выразим энергию падающего и рассеяного фотона через его длину волны:

$$\varepsilon_1 = \frac{hc}{\lambda_1}, \quad \varepsilon_2 = \frac{hc}{\lambda_2} = \frac{hc}{\lambda_1 + \lambda_c(1 - \cos\vartheta)}. \quad (3)$$

Кинетическая энергия электрона отдачи, согласно закону сохранения энергии, равна

$$E_k = \varepsilon_1 - \varepsilon_2. \quad (4)$$

Подставляя выражение (3) в (4), находим

$$E_k = \frac{hc}{\lambda_1} \cdot \frac{\lambda_c(1 - \cos\vartheta)}{\lambda_1 + \lambda_c(1 - \cos\vartheta)} = E_0 \left(\frac{\lambda_c}{\lambda_1} \right) \frac{\lambda_c(1 - \cos\vartheta)}{\lambda_1 + \lambda_c(1 - \cos\vartheta)};$$

$$E_k = 0,787 \cdot 10^{-18} \text{ Дж.}$$

Зная кинетическую энергию электрона, найдем его импульс. Поскольку кинетическая энергия электрона сравнима с его энергией покоя, импульс и кинетическая энергия связаны релятивистским соотношением:

$$p = \frac{1}{c \cdot \sqrt{E_k(E_k + 2E_0)}};$$

$$p = \frac{1}{\frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{c \cdot \sqrt{0,787 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} (0,787 + 2 \cdot 0,818) \cdot 10^{-13} \text{ Дж}}}} = 4,6 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

Ответ: $E_k = 0,492$ МэВ; $p=4,6 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с.

1. На мыльную пленку ($n=1,3$) падает нормально пучок лучей белого света. Какова наименьшая толщина пленки, если в отраженном свете она кажется зеленой? ($\lambda=0,55$ мкм).

2. Пучок параллельных лучей ($\lambda=0,6$ мкм) падает под углом $\alpha=30^\circ$ на мыльную пленку ($n=1,3$). При какой наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут максимально ослаблены интерференцией? Максимально усилены?

3. Монохроматический свет ($\lambda=0,5$ мкм) падает нормально на круглое отверстие диаметром $d=1$ см. На каком расстоянии от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы в отверстии помещалось 2 зоны Френеля? Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины?

4. На круглое отверстие диаметром $d=4$ мм падает нормально параллельный пучок лучей ($\lambda=0,5$ мкм). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $R_0=1$

м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии? Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины, если в месте наблюдения поместить экран?

5. Определить перемещение зеркала в интерферометре Майкельсона, если интерференционная картина сместилась на 100 полос. Опыт проводился со светом с длиной волны $\lambda=0,546$ мкм.

6. В оба пучка света интерферометра Жамена были помещены цилиндрические трубки длиной 10 см, закрытые с обоих концов плоско-параллельными прозрачными пластинами; воздух из трубок был откачан. При этом наблюдалась интерференционная картина в виде светлых и темных полос. В одну из трубок был впущен водород, после чего интерференционная картина сместилась на $m=23,7$ полосы. Найти показатель преломления водорода. Длина волны света $\lambda=590$ нм.

7. На тонкий стеклянный клин падает нормально монохроматический свет. Двугранный угол между поверхностями клина $\alpha=2'$. Показатель преломления стекла $n=1,55$. Определить длину световой волны, если расстояние между смежными интерференционными максимумами в отраженном свете $D=0,3$ мм.

8. На тонкий стеклянный клин падает в направлении нормали и его поверхности монохроматический свет ($\lambda=600$ нм). Определить угол между поверхностями клина, если расстояние между смежными интерференционными минимумами в отраженном свете $e=4$ мм.

9. Две плоскопараллельные стеклянные пластинки приложены одна к другой так, что между ними образовался воздушный клин. Двугранный угол между пластинками $\alpha=30''$. На одну из пластинок падает нормально монохроматический свет ($\lambda=0,6$ мкм). На каком расстоянии от линии соприкосновения пластинок будут наблюдаться в отражен-

ном свете первая и вторая светлые полосы (интерференционные максимумы)?

10. Вычислить радиус 50-й зоны Френеля для плоского фронта волны ($\lambda=0,5$ мкм), если построение делается для точки наблюдения, находящейся на расстоянии $R_0=1$ м от фронта волны.

11. Расстояние 2-х когерентных источников света до экрана равно 2 м, а отстоят они друг от друга на 40 мкм. Найти расстояние между максимумами первого порядка, если длина волны 585,2 нм.

12. При рассмотрении интерференционной картины от зеркал Френеля было установлено, что максимумы отстоят друг от друга на 5 мм. Определить длину волны мнимых источников монохроматического света, если расстояние между ними 50 мкм и отстоят они от экрана на 0,5 м.

13. Определить показатель преломления стеклянного клина с преломляющим углом равным $3 \cdot 10^{-4}$ рад, если на 1 см приходится 22 интерференционные полосы максимума света. Свет ($\lambda=0,486$ мкм) падает нормально на клин.

14. На стеклянную пластинку нанесен тонкий слой вещества с показателем преломления равным 1,4. Пластина освещается пучком параллельных лучей с длиной волны 0,54 мкм. Какую толщину должна иметь пленка, чтобы отраженные лучи имели наименьшую яркость?

15. Какова толщина мыльной пленки, если при наблюдении ее в отраженном свете она представляется зеленой ($\lambda=0,5$ мкм). Когда угол между нормалью и лучом зрения равен 35° ? Показатель преломления мыльной воды принять 1,33.

16. На изображении натриевого пламени ($\lambda=0,589$ мкм), наблюдаемом на вертикальной мыльной пленке, видны - темные горизонтальные полосы. Расстояние между серединами темных полос равно 5 мм. Коэффициент пре-

ломления мыльной воды равно 1,33. Каков угол между поверхностями пленки?

17. Тонкая пленка толщиной 0,5 мкм освещается желтым светом с длиной волны 590 нм. Какой будет казаться эта пленка в проходящем свете, если показатель преломления вещества пленки 1,48, а лучи направлены перпендикулярно к поверхности пленки? Что будет происходить с окраской пленки, если ее наклонять относительно лучей?

18. Имеется кварцевый клин с углом $5,0''$. При освещении этого клина монохроматическими лучами с $\lambda=600$ нм, перпендикулярно к его поверхности, наблюдается интерференционные полосы. Определить ширину этих полос.

19. Для измерения толщины волоса его положили на стеклянную пластинку и сверху прикрыли другой пластинкой. Расстояние от волоса до линии соприкосновения пластинок, которой он параллелен, оказалось равным 20 см. При освещении пластинок красным светом ($\lambda=750$ нм) на 1 см наблюдается 8 полос. Определить толщину волоса.

20. Между двумя стеклянными пластинками зажата тонкая металлическая проволочка диаметром 0,85 мм. Расстояние от проволочки до линии соприкосновения пластинок, образующих воздушный клин, равно 25 см. При освещении пластинок монохроматическими лучами с длиной волны $\lambda=700$ нм видны интерференционные полосы, параллельные линии соприкосновения пластинок. Определить число полос на 1 см длины.

21. При перемещении зеркала в интерферометре Майкельсона интерференционная картина сместилась на 100 полос. Опыт проводится со светом длиной волны 546 нм. На сколько сместилось зеркало?

22. При контроле качества шлифовки поверхности с помощью интерферометра Линника оказалось, что на поверхности имеется царапина, вызывающая искривление ин-

терференционных полос на 2,3 полосы. Наблюдение ведется в зеленом свете с $\lambda=530$ нм. Определить глубину царапины.

23. На пути луча света поставлена стеклянная пластинка толщиной 1 мм так, что угол падения луча равен 30° . На сколько изменится оптическая длина пути луча?

24. Какой должна быть толщина пластинки при $n=1,6$ и $\lambda=550$ нм, если с введением пластинки на пути одного из интерферирующих лучей картина смещается на 4 полосы?

25. В каких пределах может меняться толщина пластинки с $n=1,6$, чтобы можно было наблюдать максимум 12-го порядка для $\lambda=0,6$ мкм?

26. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом с длиной волны 600 нм, расстояние между отверстиями 1 мкм и расстояние от отверстия до экрана 3 м. Найти на экране положение трех первых светлых полос.

27. В опыте Юнга стеклянная пластинка толщиной в 2 см помещена на пути одного из интерферирующих лучей, перпендикулярно к нему. На сколько могут отличаться между собой значения показателя преломления в различных местах пластинки, чтобы изменение разности хода от этой неоднородности не превышало 1 мм.

28. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр ($\lambda=500$ нм), заменить красным ($\lambda=600$ нм).

29. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная полоса смещалась в положение первоначально занятое 5 светлой полосой (не считая центральной). Луч падал на пластинку перпендикулярно, показатель преломления пластинки 1,5. Длина волны света 600 нм. Какова толщина пластинки?

30. На толстую стеклянную пластинку, покрытую тонкой пленкой с показателем преломления $n=1,4$, падает нормально параллельный пучок монохроматического света с $\lambda=0,6$ мкм. Отраженный свет максимально ослаблен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину пленки.

31. Расстояние между когерентными источниками света $d=0,5$ мм, расстояние от источников до экрана равно 5 м. В зеленом свете получились интерференционные полосы на расстоянии 5 мм друг от друга. Найти длину волны зеленого света.

32. Зеркала Френеля образуют угол 179° . Освещенная щель находится на расстоянии 10 см от линии пересечения зеркал и параллельно этой линии. Экран расположен на расстоянии 3 м от линии пересечения зеркал. На зеркало падает монохроматический свет $\lambda=0,5$ мкм. Каково расстояние между светлыми интерференционными полосами на экране?

33. Расстояние между вторым и первым темными кольцами Ньютона в отраженном свете равно 1 мм. Определить расстояние между десятым и девятым кольцами.

34. Плоско-выпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определить толщину слоя воздуха там, где в отраженном свете ($\lambda=0,6$ мкм) видно первое светлое кольцо Ньютона.

Диаметр второго светлого кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ($\lambda=0,6$ мкм) равен 1,2 мм. Определить оптическую силу плосковыпуклой линзы, взятой для опыта.

36. Плосковыпуклая линза с оптической силой $D=2$ дптр выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Радиус 4-го темного кольца Ньютона в проходящем свете равен 0,7 мм. Определить длину световой волны.

37. Диаметры 2-х светлых колец Ньютона $d_1=4$ мм и $d_n=4,8$ мм. Порядковые номера колец не определялись, но известно, что между двумя измеренными кольцами расположено 3 светлых кольца. Кольца наблюдались в отраженном свете ($\lambda=500$ нм). Найти радиус кривизны плосковыпуклой линзы.

38. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой налита жидкость. Радиус 8-го темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ($\lambda=700$ нм) равен 2 мм. Радиус кривизны выпуклой поверхности линзы $R=1$ м. Найти показатель преломления жидкости.

39. На стеклянную пластинку положена плосковыпуклая линза. На линзу перпендикулярно к ее плоской поверхности, падает монохроматический свет ($\lambda=0,6$ мкм). Определить оптическую силу линзы и толщину воздушного зазора там, где в отраженном свете видно шестое темное кольцо, радиус которого 1,73 мм.

40. Плосковыпуклая линза с оптической силой в 1 дптр положена выпуклой стороной на плоскую поверхность стекла. Система освещается светом с длиной волны 0,6 мкм, падающим перпендикулярно к плоской поверхности линзы. Определить расстояние между 3 и 4 кольцами Ньютона, наблюдаемыми в отраженном свете.

41. Плосковыпуклая линза с радиусом кривизны 1 м положена выпуклой стороной на плоскопараллельную стеклянную пластинку. На плоскую поверхность линзы падает нормально монохроматический свет ($\lambda=0,6$ мкм). В отраженном свете наблюдаются кольца Ньютона. Когда пространство между линзой и пластинкой заполнили некоторой жидкостью, радиус 5-го темного кольца уменьшился на 0,23 мм. Найти показатель преломления жидкости.

42. Собирающая линза положена на плоскую стеклянную пластинку причем вследствие попадания пыли между линзой и пластинкой нет контакта. Диаметры 5-го и 15-го темных колец Ньютона, наблюдаемых в отраженном свете ($\lambda=589$ нм), равны 0,7 мм и 1,7 мм. Определить радиус кривизны поверхности линзы, обращенной к пластинке.

43. Стеклянная симметричная двояковыпуклая линза сложена с такой же двояковогнутой, причем получившаяся система имеет оптическую силу $D=0,25$ дптр. Между линзами в некоторой точке имеется контакт, вокруг которого наблюдается в отраженном свете интерференционная картина. Определить радиус 5-го темного кольца, если длина волны равна 0,6 мкм.

44. Наблюдатель отсчитывает ширину 10 колец Ньютона вдали от их центра. Она оказывается равной 0,7 мм. Ширина следующих 10 колец оказывается равной 0,4 мм. Наблюдение производится в отраженном свете и при длине волны 589 нм. Определить радиус кривизны поверхности линзы.

45. Спектр натрия состоит из 2-х линий с длинами волн 589 нм. и 589,59 нм. Какое по счету темное кольцо Ньютона, соответствующее одной из этих линий, совпадает со следующим по счету темным кольцом, соответствующим другой линии? Наблюдение производится в отраженном свете.

46. Определить, темное или светлое кольцо Ньютона в отраженном свете будет иметь радиус 5,3 мм, если оно получилось при освещении линзы с радиусом кривизны 18 м светом с длиной волны 450 нм. параллельно главной оптической оси линзы. Какой радиус получится у этого же кольца, если в зазоре между линзой и пластинкой, на которой лежит линза, будет находиться этиловый спирт?

47. Расстояние между 10 и 15 темными кольцами Ньютона при наблюдении в отраженном свете равно 2,34 мм. Вычислить радиус кривизны линзы, лежащей на плоской пластинке, если длина волны падающего света 546 нм.

48. Определить толщину воздушного зазора между плосковыпуклой линзой и плоской стеклянной пластинкой в том месте, где наблюдается пятое светлое кольцо, если наблюдение ведется: а) в отраженном свете, б) проходящем свете. Длина волны 600 нм.

49. Во сколько раз изменится радиус колец Ньютона, если пространство между плосковыпуклой линзой и плоскопараллельной пластинкой заполнить сероуглеродом с показателем преломления 1,6.

50. Линза кронгласса (показатель преломления 1,51) лежит на плоскопараллельной пластинке из флинтгласса (показатель преломления 1,80). Пространство между ними заполнено бензолом (показатель преломления 1,6). При наблюдении в отраженном монохроматическом свете ($\lambda=590$ нм) радиус 6-го светлого кольца оказался равным 5 мм. Определить радиус кривизны линзы.

51. Оптическая сила плосковыпуклой линзы ($n=1,5$) равна 0,5 дптр. Линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определить радиус 7-го темного кольца Ньютона в проходящем свете ($\lambda=0,5$ мкм).

52. Кольца Ньютона наблюдаются в отраженном свете ($\lambda=589$ нм) под углом 0° . В некоторой точке толщина воздушного слоя между выпуклой поверхностью линзы и плоской пластинкой ($d=1,7767$ мкм). Какое кольцо (светлое или темное) будет проходить через эту точку?

53. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом. Наблюдение ведется в отраженном свете. Радиусы 2-х соседних темных колец равны $r_k=4$ мм и $r_{k+1}=4,38$ мм. Радиус кривизны линзы $R=6,4$ м.

Найти порядковые номера колец и длину волны падающего света.

54. Каково расстояние между 10 и 11 темными кольцами Ньютона, рассматриваемыми в отраженном монохроматическом свете, если расстояние между 1 и 2 темными кольцами равно 0,41 мм?

55. Плосковыпуклая линза с оптической силой 0,5 дптр лежит на стеклянной пластинке. Радиус 5-го темного кольца Ньютона в отраженном свете равен 1,5 мм. Определить длину световой волны.

56. Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Радиус 10-го темного кольца Ньютона в отраженном свете ($\lambda=589$ нм) равен 1,25 мм. Определить фокусное расстояние линзы, если она изготовлена из стекла с $n=1,6$.

57. Найти расстояние между 3 и 16 темными кольцами Ньютона, если расстояние между 2 и 20 темными кольцами равно 4,8 мм. Наблюдение проводится в отраженном свете.

58. Расстояние между 5 и 25 светлыми кольцами Ньютона равно 9 мм. Радиус кривизны линзы 15 м. Найти длину волны монохроматического света, падающего перпендикулярно на установку. Наблюдение проводится в отраженном свете.

59. Установка для наблюдения колец Ньютона в отраженном свете освещается монохроматическим светом, падающим перпендикулярно. После того, как пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнили жидкостью, радиусы темных колец уменьшились в 1,25 раза. Найти показатель преломления жидкости.

60. Найти расстояние между 2 и 12 темными кольцами Ньютона, если расстояние между 2 и 20 темными коль-

цами Ньютона равно 4,8 мм. Наблюдение ведется в проходящем свете.

61. Установка для наблюдения колец Ньютона в отраженном свете освещается монохроматическим светом $\lambda=500$ нм, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено водой. Найти толщину слоя воды между линзой и стеклянной пластинкой в том месте, где наблюдается 3 светлое кольцо.

62. Найти радиус кривизны линзы, если при наблюдении колец Ньютона в проходящем свете расстояние между 3 и 2 светлыми кольцами 0,4 мм. Длина волны света 589 нм.

63. Свет от монохроматического источника ($\lambda=0,6$ мкм) падает нормально на диафрагму с круглыми отверстием. Диаметр отверстия 6 мм. За диафрагмой на расстоянии 3 м от нее находится экран. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии диафрагмы? Каким будет центр дифракционной картины на экране: темным или светлым?

64. Монохроматический свет ($\lambda=0,5$ мкм) падает нормально на круглое отверстие диаметром $d=1$ см. На каком расстоянии от отверстия помещалась одна зона Френеля? Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины?

65. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии 4 м от точечного источника монохроматического света ($\lambda=500$ нм). Посередине между экраном и источником света помещена диафрагма с круглым отверстием. При каком радиусе отверстия центр дифракционных колец, наблюдаемых на экране, будет наиболее темным?

66. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии l от точечного источника монохроматического света ($\lambda=600$ нм). На расстоянии 0,5 м от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром 1 см. Чему равно

расстояние l , если преграда закрывает только центральную зону Френеля.

67. Точечный источник света ($\lambda=0,5$ мкм) расположен на расстоянии $R=1$ м перед диафрагмой с круглым отверстием радиусом 1 мм. Найти расстояние R_0 от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии $k=3$.

68. На мыльную пленку, находящуюся в воздухе, падает параллельный пучок монохроматических лучей ($\lambda=0,52$ мкм). Угол падения равен $61^{\circ} 10'$. При каком наименьшем толщине пленки станут видны интерференционные полосы, если наблюдение ведется в отраженном свете?

69. На круглое отверстие радиусом 1 мм в непрозрачном экране падает нормально параллельный пучок света длиной волны 0,5 мкм. На пути лучей, прошедших через отверстие, помещают экран. Определить максимальное расстояние от отверстия до экрана, при котором в центре дифракционной картины еще будет темное пятно.

70. У зон Френеля, построенных для плоского фронта волны, радиус окружности, ограничивающей центральную зону, равен 2 см. Радиус последней окружности равен 14 см. Сколько всего зон Френеля содержится на чертеже?

71. В непрозрачном экране сделано круглое отверстие диаметром 1 мм. Экран освещается параллельным пучком света длиной волны 0,5 мкм, падающим нормально к плоскости экрана. На каком расстоянии от экрана должна находиться точка наблюдения, чтобы в отверстии помещалась одна зона Френеля.

72. Тонкая металлическая пластинка имеет круглое отверстие диаметром 4 мм. На пластинку падает нормально параллельный пучок лучей с длиной волны 0,5 мкм. На экране, удаленном от пластинки на 1 м наблюдается ди-

фракционная картина. Темное или светлое пятно наблюдается в центре дифракционной картины?

73. Если при фотографировании вместо объектива пользоваться малым отверстием, то наиболее резкие снимки получаются при диаметре отверстия $0,9$ диаметра центральной зоны Френеля. Какого диаметра должно быть отверстие, чтобы производить фотографирование камерой, имеющей длину 30 см? Принять длину волны света $0,5$ мкм.

74. Экран находится на расстоянии l от источника монохроматического света с длиной волны 600 нм. Посередине между ними помещен круглый непрозрачный экран диаметром $d=1$ см. Каково расстояние l , если экран загораживает центральную зону Френеля?

75. Экран находится на расстоянии 4 м от монохроматического источника света. Посередине между ними помещен экран с круглым отверстием. При каком радиусе отверстия центр дифракционных колец будет наиболее темным? Длина волны света 500 нм.

76. Радиус четвертой зоны Френеля для плоского фронта волны $r=3$ мм. Определить радиус двадцать пятой зоны.

77. На щель шириной $a=0,05$ мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda=0,6$ мкм). Определить угол отклонения лучей, соответствующих четвертой темной дифракционной полосе.

78. На узкую щель падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второй темной дифракционной полосе, равен 1° . Скольким длинам волн падающего света равна ширина щели?

79. Вычислить радиус шестой зоны Френеля для плоской монохроматической волны ($\lambda=546$ нм), если точка наблюдения находится на расстоянии $R_0=4,4$ м от фронта волны.

80. Вычислить радиус центральной зоны Френеля на фронте волны, отстоящем на расстоянии $l=1$ м от точечного источника монохроматического света ($\lambda=550$ нм), если точка наблюдения находится на расстоянии $R_0=5$ м от фронта волны.

81. Определить отношение радиусов первых трех зон Френеля r_3, r_2, r_1 .

82. Расстояние между точечными источниками A и точкой наблюдения B равно 2 м. В какой точке на луче AB надо поместить диафрагму D с отверстием, диаметр которого $1,8$ мм, чтобы при рассмотрении из точки B в отверстии укладывалось 3 зоны Френеля? Длина волны излучаемого света 600 нм.

83. В точке A находится источник монохроматического света ($\lambda=500$ нм) Диафрагма D с отверстием, радиус которого 1 мм, перемещается из точки, отстоящей от A на 1 м, в точку, отстоящую от A на $1,75$ м. Сколько раз будет наблюдаться затемнение в точке B , если $AB=2$ м?

84. В точке A находится точечный источник монохроматического света ($\lambda=500$ нм). Диафрагма D с отверстием, радиус которого 1 мм, перемещается из точки, отстоящей от A на 50 см, в точку, отстоящую от A на 150 см. Сколько раз будет наблюдаться затемнение в точку B , если $AB=2$ м?

85. Монохроматическое излучение с длиной волны $0,6$ мкм падает параллельным пучком нормально на плоскость со щелью шириной 10 мкм. Определить угол, на который отклонится пучок лучей, дающий дифракционный максимум первого порядка.

86. На щель шириной 10 мкм нормально падает пучок монохроматического света ($\lambda=577$ нм). Под какими углами к первоначальному направлению наблюдаются максимумы первого, второго, третьего порядков?

87. Нормально к плоскости щели падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 0,546 мкм. Вычислить ширину щели, если первая светлая полоса, считая от центральной светлой области дифракционной картины, наблюдается под углом 2° к первоначальному направлению лучей.

88. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 400 нм падает нормально на щель шириной 20 мкм. За щелью помещена линза с фокусным расстоянием 50 см, с помощью которой можно наблюдать дифракционные полосы на экране. Определить расстояние между светлыми и темными полосами первого и второго порядков.

89. На узкую щель нормально падает параллельный пучок лучей ($\lambda=490$ нм). Дифракционная картина, даваемая щелью, наблюдается на экране с помощью линзы с фокусным расстоянием 40 см. Определить ширину щели, если расстояние между серединами полос спектров первого и второго порядка на экране равно 7 мм.

90. На диафрагму с круглым отверстием нормально падает параллельный пучок света. На экране, отстоящем на расстоянии 1 м от диафрагмы, наблюдается дифракционная картина. Каким должен быть диаметр отверстия, если на нем укладывается 8 зон Френеля, а длина волны падающего монохроматического света равна 500 нм?

91. На дифракционную решетку падает нормально свет с длиной волны 590 нм, спектр третьего порядка виден под углом $10^{\circ}12'$. Определить длину волны, для которой спектр второго порядка будет виден под углом $6^{\circ}18'$.

92. Длина решетки $l=15$ м, период $d=5$ мкм. В спектре какого наименьшего порядка получаются отдельные изображения двух спектральных линий с разностью длин волн $\Delta\lambda=0,1$ нм, если линии лежат в крайней красной части спектра? (от 780 до 700 нм).

93. Дифракционная решетка содержит $N_0=200$ штрихов на 1 мм длины. На решетку падает нормально монохроматический свет ($\lambda=0,6$ мкм). Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

94. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки. Чему должно быть равно постоянная дифракционной решетки, чтобы в направлении $\varphi=41^{\circ}$ совпадали максимумы двух линий: $\lambda_1=653,6$ нм и $\lambda_2=410,2$ нм?

95. Две дифракционные решетки имеют одинаковый период $d=3\cdot 10^{-3}$ мм, ширина первой $l_1=2$ м, второй $l_2=6$ мм. Определить наибольшую разрешающую способность каждой решетки для $\lambda=589,6$ нм.

96. На дифракционную решетку нормально падает пучок света. Угол дифракции для натриевой линии ($\lambda=589$ нм) в спектре первого порядка был найден равным $17^{\circ}8'$. Некоторая линия дает в спектре второго порядка угол дифракции, равный $24^{\circ}12'$. Найти длину волны линии и число штрихов на 1 мм решетки.

97. Сколько штрихов на 1 мм должна иметь дифракционная решетка, чтобы углу $\varphi=90^{\circ}$ соответствовал максимум пятого порядка для света с длиной волны $\lambda=500$ нм?

98. Две дифракционные решетки имеют одинаковую ширину $l=3$ мм, но разные периоды $d_1=3\cdot 10^{-3}$ мм и $d_2=6\cdot 10^{-3}$ мм. Определить их наибольшую разрешающую способность для желтой линии натрия с $\lambda=589,6$ нм.

99. При помощи дифракционной решетки с периодом 0,02 мм получено первое дифракционное изображение на расстоянии 3,6 см от центрального и на расстоянии 1,8 м от решетки. Найти длину световой волны.

100. Найти период решетки, если дифракционное изображение первого порядка получено на расстоянии 2,43

см от центрального, а расстояние от решетки до экрана 1 м. Решетка была освещена светом с длиной волны 0,486 мкм.

101. Определить период решетки, если спектр первого порядка для зеленой линии ртути ($\lambda=548,1$ нм) наблюдается под углом $19^{\circ}18'$. Сколько штрихов имеет решетка на 1 мм длины?

102. Если смотреть на граммофонную пластинку почти параллельно ее поверхности, то в отраженном от нее свете наблюдаются радужные блики. Чем это объяснить? Вычислите длину волны красного света, если расстояние между бороздками на граммофонной пластинке равно 0,025 мм, а угол, под которым видны дифракционные спектры, 2° .

103. На дифракционную решетку нормально падает фиолетовый свет ($\lambda=0,4$ мкм). Период решетки равен 2 мкм. Какого наибольшего порядка дифракционный максимум дает эта решетка?

104. На дифракционную решетку, имеющую 430 штрихов на 1 мм, нормально падает пучок света от натриевой горелки ($\lambda=600$ нм). Определить угол отклонения трубы спектрометра, при котором наблюдается последний дифракционный максимум. Каков порядок этого максимума?

105. На дифракционную решетку, имеющую 200 штрихов на 1 мм, нормально к ней падает пучок света от разрядной водородной трубки. Под каким минимальным углом к направлению первоначального пучка нужно поставить трубку спектрометра, чтобы в поле зрения совпали линии водорода с длиной волны 656,3 мкм и 410,2 мкм?

106. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядков отчасти накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница ($\lambda=400$ нм) спектра третьего порядка?

107. На дифракционную решетку, имеющую 200 штрихов на 1 мм, падает нормально белый свет. Спектр проектируется на экран линзой, помещенной вблизи решетки. Определить длину спектра первого порядка на экране, если он отстоит на 4 м от линзы. Границы видимого спектра принять равными 780 и 400 мкм.

108. Под углом $\alpha=30^{\circ}$ наблюдается четвертый максимум красной линии падения ($\lambda=0,664$ мкм). Определить период дифракционной решетки и ее ширину, если наименьшее разрешаемое решеткой отклонение здесь составляет $\Delta\lambda=0,322$ мкм.

109. Определить, сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ($\lambda=0,6$ мкм) максимум пятого порядка отклонен на угол 18° ?

110. На дифракционную решетку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет. Период решетки равен 2 мкм. Какого наибольшего порядка дифракционный максимум дает эта решетка в случае красного цвета ($\lambda=0,7$ мкм) и в случае фиолетового ($\lambda=0,45$ мкм).

111. Ширина решетки 15 мм, период 5 мкм. В спектре какого наименьшего порядка получатся отдельные изображения двух спектральных линий с разностью длин волн $\Delta\lambda=10^{-10}$ м, если линии лежат в крайней красной части спектра (от 780 и 700 нм)?

112. На плоскую дифракционную решетку шириной 6 см параллельным пучком нормально к решетке падает свет следующего спектрального состава $\lambda_1=760$ нм, $\lambda_2=600$ нм, $\lambda_3=400$ нм. Общее число штрихов решетки 15000. Начертить спектры 1-го порядка, предварительно найдя расстояние от середины дифракционной решетки до спектральной линии.

113. На плоскую дифракционную решетку параллельным пучком падает свет с длиной волны 400 нм. Определить угол, под которым наблюдается максимум первого порядка. Решетка имеет 500 штрихов на 1 мм. Лучи падают нормально к плоскости решетки.

114. Свет от ртутной лампы падает нормально на плоскую дифракционную решетку, ширина которой 5 см. Общее число штрихов решетки 10000. Определить угол между фиолетовыми ($\lambda=0,405$ мкм) и желтыми ($\lambda=0,577$ мкм) лучами в спектре первого порядка.

115. На плоскую дифракционную решетку с постоянной, равной $5 \cdot 10^{-3}$ мм, нормально падает пучок монохроматического света. Угол между направлениями лучей, дающих максимум первого порядка справа и слева от центральной полосы дифракционной картины, равен $13^{\circ}48'$. Определить длину волны падающего света.

116. Определить ширину дифракционной решетки, которая позволила бы разрешить в спектре 3-го порядка две линии натрия с длинами волн 589 и 589,6 нм. Постоянная решетки равна $5 \cdot 10^{-3}$ мм.

117. Определить угловую дисперсию дифракционной решетки для длины волны 436 нм в 3-м порядке. Постоянная решетки $2 \cdot 10^{-3}$ мм.

118. Каково должно быть наименьшее число штрихов дифракционной решетки, чтобы она могла разрешить в первом порядке две спектральные линии с длинами волн 475,2 нм; 474,8 нм?

119. Определить разрешающую способность дифракционной решетки шириной 2 см в 3 порядке, если постоянная решетки равна $5 \cdot 10^{-4}$ см. Какова наименьшая разность длин волн разрешаемых спектральных линий в желтой области спектра ($\lambda=600$ нм).

120. Сравнить разрешающие способности двух дифракционных решеток, если одна из них имеет 420 штрихов на 1 мм при ширине 2 см, а вторая содержит 700 штрихов на 1 мм при ширине решетки 4,8 см.

121. Пластинку кварца толщиной $d=2$ мм, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации света повернулась на угол $\varphi=53^{\circ}$. Какова должна быть толщина пластинки, чтобы монохроматический свет, с которыми проводился опыт, не прошел через анализатор?

122. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен 57° . Определить скорость распространения света в этом кристалле.

123. Раствор глюкозы с концентрацией $C_1=0,28$ г/см³, налитый в стеклянную трубку, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света, проходящего через этот раствор, на угол $\varphi_1=32^{\circ}$. Определить концентрацию C_2 раствора в другой трубке такой же длины, если он вращает плоскость поляризации на угол $\varphi_2=24^{\circ}$.

124. Угол поворота плоскости поляризации желтого света натрия при прохождении через трубку с раствором сахара $\varphi=40^{\circ}$. Длина трубки $l=15$ см. Удельное вращение сахара $[\alpha]=66,5$ град/дм г/см³. Определить концентрацию сахара в растворе.

125. Определить удельное вращение мятного масла, плотность которого 0,905 г/см³ в трубке длиной 10 см, если угол вращения равен 22° .

126. Определить удельное вращение рафинозы, если угол вращения равен $7^{\circ}16'$, концентрация ее в растворе 3,43 г/см³, длина трубки 2 дм.

127. Луч света, падая на поверхность раствора, частично отражается, частично преломляется. Определить коэффициент преломления раствора, если отраженный луч

полностью поляризуется при угле преломления 35° . Какова скорость света в растворе?

128. Определить угол полной поляризации при отражении света от стекла, показатель преломления которого равен 1,57. Найти скорость распространения света в этом стекле.

129. На пути естественного света поставлены поляризатор и анализатор. Угол между главными плоскостями николей равен 60° . Определить, как изменится яркость света после прохождения сквозь николи, если потери на поглощение и отражение в каждом николе составляют 10%.

130. В результате прохождения естественного света через поляризатор и анализатор яркость света уменьшилась на 80%. Определить угол между главными плоскостями николей, если известно, что каждый николь поглощает и отражает 10% падающего светового потока.

131. Яркость светового потока после прохождения естественного света через две призмы Николя уменьшилась в 5,4 раза. Определить процент потерь светового потока в связи с поглощением и отражением в каждом николе, если угол между главными сечениями николей составляет 45° .

132. Естественный свет падает на кристалл каменной соли под углом полной поляризации φ . Определить этот угол, если показатель преломления каменной соли 1,544.

133. Определить угол полной поляризации при падении света на поверхность стеклянной пластинки и скорость света в ней, если $n=1,52$.

134. Угол максимальной поляризации при отражении от кристалла каменной соли равен $57^{\circ}05'$. Определить скорость распространения света в этом кристалле.

135. Найти угол полной поляризации при отражении от границы стекло-вода.

136. На стеклянную пластинку с показателем преломления 1,6 падает естественный луч света. Определить угол между падающим и отраженным лучом, если отраженный луч максимально поляризован. Какова скорость распространения света в этом стекле?

137. Предельный угол полного внутреннего отражения для некоторой жидкости равен 49° . Определить угол полной поляризации.

138. Определить, во сколько раз будут ослаблен луч естественного света, если его пропустить через два поляроида, плоскости поляризации которых составляет угол 60° . Поглощением света в поляроидах пренебречь.

139. Определить, во сколько раз будет ослаблен луч естественного света, если его пропустить через 2 николя, плоскости поляризации которых составляет угол 45° . Принять, что при прохождении через каждый николь интенсивность света вследствие поглощения и отражения уменьшается на 10%.

140. Чему равен угол между плоскостями поляризации 2-х николей, если после прохождения света через николи его интенсивность уменьшается в 4 раза? Поглощением света в николях пренебречь.

141. Между скрещенными николями при комнатной температуре поставлена стеклянная трубка с раствором сахара в воде. После этого для получения темного поля пришлось повернуть николь-анализатор на $26^{\circ}36'$. Концентрация раствора $0,2 \text{ г/см}^3$. Длина трубки 2 дм. Освещение производилось излучением паров натрия. Определить постоянную вращения сахара в этих условия.

142. Угол преломления луча в жидкости равен 36° . Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный от ее поверхности луч при этом угле падения максимально поляризован.

143. Угол полной поляризации при отражении света от поверхности некоторого вещества $60^{\circ}20'$. Определить скорость распространения света в этом веществе. Вещество изотропно.

144. Под каким углом надо отразить луч от корунда, чтобы получить полную поляризацию отраженного луча? Показатель преломления корунда равен 1,77.

145. На стеклянную пластинку с показателем преломления 1,7 падает луч под углом полной поляризации. На сколько надо изменить угол падения, чтобы получить полную поляризацию отраженного луча, если пластинку поместить в сосуд с водой ($n=1,33$).

146. Луч света, идущий в стеклянном сосуде, наполненном серной кислотой, отражается от поверхности стекла. При каком угле падения отраженный свет максимально поляризован? Показатель преломления кислоты 1,43, показатель преломления стекла 1,52.

147. Каков угол между главными плоскостями николей, если световой поток, выходящий из анализатора, составляет 50% от светового потока, прошедшего через поляризатор? Путь лучей ограничен только сечением первого николя.

148. Определить, на сколько процентов уменьшится яркость светового пучка после прохождения через призму Николя, если на призму падает естественный свет. Потери энергии, связанные с поглощением и отражением света в николях, составляет 12%.

149. Главные плоскости двух николей составляет угол 30° . Как изменится яркость, проходящего через 2 николя, если поставить главные плоскости под углом 60° ?

150. Яркость светового пучка уменьшилась в 9 раз в результате пропускания естественного света через 2 призмы Николя. Определить угол между главными плоскостями ни-

колей. Потери энергии, связанные с поглощением и отражением света в каждом николе, составляет 10%.

151. Луч света, идущий в воздухе, падает на поверхность жидкости под углом 54° . Определить угол преломления луча, если отраженный луч максимально поляризован. Найти скорость света в жидкости.

152. Никотин (чистая жидкость), содержащийся в стеклянной трубке длиной $l=8$ см, вращает плоскость поляризации желтого света натрия на угол $\varphi = 136,6^{\circ}$. Плотность никотина $\rho=1,01$ г/см³. Определить удельное вращение никотина.

153. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен 43° . Каков должен быть угол падения луча на поверхности жидкости и воздуха, чтобы отраженный луч был максимально поляризован? Найти скорость света в жидкости.

154. Луч света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения отраженный луч максимально поляризован? Найти скорость света в воде.

155. Луч света проходит через жидкость. налитую в стеклянный ($n=1,5$) сосуд, и отражается от дна. Отраженный луч полностью поляризован при падении его на дно сосуда под углом $42^{\circ}37'$. Найти: 1) показатель преломления жидкости, 2) под каким углом должен падать на дно сосуда луч света, идущий в этой жидкости, чтобы наступило полное внутреннее отражение.

156. Под каким углом должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы?

157. Определить угол поворота поляризации натриевого луча для раствора сахара при концентрации сахара 0,3

г/см³. Длина трубки 20 см, удельное вращение для луча натриевого пламени 66,5 град/дм г/см³.

158. Раствор сахара, налитый в трубку длиной 18 см и помещенный между поляризатором и анализатором, поворачивает плоскость колебаний желтых лучей натриевого пламени на 30°. Какое количество сахара находится в 1 м³ раствора, если постоянная вращения сахара для желтых лучей натрия 66,7 град/дм г/см³.

159. При прохождении монохроматического света ($\lambda=589,5$ нм) через пластинку оптически активного вещества толщиной 2 мм, плоскость поляризации этого света поворачивается на угол 43,44 градуса. Определить удельное вращение этого вещества.

160. Известно, что удельное вращение оптически активных веществ зависит от длины волны. Сравнить удельное вращение кварца, если одна и та же пластинка из него толщиной в 0,2 мм поворачивает плоскость поляризации волны с $\lambda=185,48$ нм на 74,18 градусов, а с $\lambda=2140$ нм на 0,31 градус.

161. Кварцевая пластинка толщиной 2,17 мм помещена между поляризатором и анализатором с параллельными плоскостями пропускания, при этом свет в поле зрения не попадает. Определить удельное вращение кварца для данной длины волны.

162. Между скрещенными николями поместили трубку с растворами оптически активного вещества, при этом плоскость поляризации его повернулась на 26,6 градуса и поле зрения стало светлым. Каково удельное вращение этого оптически активного вещества, если длина трубки $l=2$ дм, концентрация раствора 0,1 г/см³?

163. Плоскости поляризации николей составляет угол 90°. Какой толщины кварцевую пластинку нужно поместить между николями, чтобы поле зрения стало макси-

мально светлым, если удельное вращение кварца для данной длины волны 16,54 град/мм?

164. Какой толщины кварцевую пластинку между николями, поставленными "на темноту" (с параллельными плоскостями пропускания), чтобы пропускания, чтобы получить поле зрения максимально светлым? Удельное вращение кварца для данной длины волны 21,72 град/мм.

165. Зеленый свет максимально ослаблен при прохождении через два скрещенных николя. Какой толщины пластинку из кварца надо поместить между николями, чтобы поле зрения стало максимально светлым, если удельное вращение кварца для зеленого света равно 463 рад/м.

166. Между скрещенными николями поместили пластинку кварца толщиной 1 мм, вырезанную параллельно оптической оси. На какой угол нужно повернуть анализатор, чтобы погасить свет, если опыт проводится со светом $\lambda=0,5$ мкм и постоянная вращения кварца для данных условий 30 град/мм.

167. Между скрещенными николями поместили при комнатной температуре стеклянную трубку длиной 2 дм с раствором сахара в воде. На сколько градусов нужно повернуть анализатор, чтобы повернуть темное поле зрения, если концентрация сахара 0,1 г/см³ с постоянной вращения сахара при данных условиях 56,5 град/г/см³.

168. Определить толщину кварцевой пластинки, для которой угол поворота плоскости поляризации света с длиной волны 490 нм равен 150°. Постоянная вращения в кварце для этой длины волны равна 26,3 град/мм.

169. Определить удельное вращение водного раствора тростникового сахара при температуре 20°C, для желтых лучей ($\lambda=589,3$ нм), если при его концентрации 0,2 г/см³ плоскость поляризации желтого света поворачивается на 43,2 град. Длина трубки с раствором 2 дм.

170. Вычислить угол вращения плоскости колебания мускатного шалфея, находящегося в трубке длиной 15 см, если плотность его $0,89 \text{ г/см}^3$, а удельное вращение $30 \text{ град/г/см}^3 \text{дм}$.

171. На стеклянную пластинку с показателем преломления 1,54 падает естественный луч света. Определить угол между падающими и отраженными лучами, если отраженный луч максимально поляризован.

172. Между скрещенными николями поместили пластинку кварца толщиной 3 мм, в результате чего поле зрения стало максимально светлым. Определить постоянную вращения используемого в опыте кварца для монохроматического света.

173. Определить постоянную вращения для кварца, если кварцевая пластинка, вырезанная перпендикулярно оптической оси и помещенная между николями с параллельными главными плоскостями, полностью затемняет поле зрения. Толщина пластинки равна 4,02 мм.

174. Концентрация раствора сахара, налитого в стеклянную трубку, равна $0,3 \text{ г/см}^3$. Этот раствор вращает плоскость поляризации монохроматического света на 25^0 . Определить концентрацию раствора сахара в другой такой же трубке, если она вращает плоскость поляризации на 20^0 .

175. Между скрещенными николями поместили пластинку кварца, вырезанную перпендикулярно оптической оси. Чтобы погасить свет, потребовалось повернуть анализатор на угол 22^0 . Найти толщину пластинки, если опыт производится с монохроматическим светом ($\lambda=0,5 \text{ мкм}$), а постоянная вращения кварца для данной длины волны $29,7 \text{ град/мм}$.

176. Концентрация водного раствора сахара определялась сахариметром (поляриметром). Чему равна эта концентрация, если для восстановления первоначальной (без

трубки с раствором) освещенности поля зрения анализатора сахариметра пришлось повернуть на 20^0 ? Длина трубки с раствором 1,5 дм, удельное вращение раствора $1,14 \cdot 10^{-2} \text{ рад} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$.

177. Определить удельное вращение сахарозы в соке сахарного тростника, если угол поворота плоскости колебаний поляризованного света составил 17^0 при длине трубки с раствором, равной 10 см. Концентрация раствора $0,25 \text{ г/см}^3$.

178. Найти толщину кварцевой пластинки, поворачивающей плоскости колебаний поляризованного света на 180^0 , если удельное вращение кварца 572 рад/дм .

179. Определить концентрацию раствора оптически активного вещества, если при прохождении линейно поляризованного света через трубку с этим раствором плоскость поляризации повернулась на $2^030'$. Длина трубки 1,9 дм. Удельное вращение для данных условий $66,5 \text{ град/дм}$.

180. Определить удельное вращение кварца для $\lambda=656,3 \text{ нм}$, если пластинка толщиной 3 мм поворачивает плоскость поляризации на 52^0 .

181. Какова температура абсолютно черного тела, если максимум излучения его приходится: 1) на инфракрасную область ($\lambda=1 \text{ мкм}$), 2) на ультрафиолетовую область ($\lambda=300 \text{ нм}$), 3) на область рентгеновских лучей ($\lambda=0,1 \text{ нм}$).

182. Максимум энергии излучения Солнца приходится на длину волны 470 нм. Считая Солнце абсолютно черным телом, определить температуру фотосферы.

183. Из смотрового окошка печи за 1 мин излучается энергия 5040 Дж. Определить температуру печи, если площадь окошка 3 см^2 .

184. Температура абсолютно черного тела равна 100^0C . Какова будет его температура, если в результате нагревания тела мощность его излучения увеличится в 4 раза?

185. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела максимум спектральной плотности излучательности переместился с 500 на 700 нм. Как и во сколько раз изменилась суммарная мощность излучения?

186. Из смотрового окошечка печи площадью 10 см^2 излучается $8,4 \cdot 10^5$ Дж в минуту. Определить длину волны, на которую приходится максимум спектральной плотности излучательности.

187. Земля, вследствие лучеиспускания, теряет 47,74 Дж/с с каждого квадратного метра своей поверхности. При какой температуре абсолютно черное тело излучало бы такое же количество энергии?

188. Считая Солнце абсолютно черным телом с температурой поверхности 5800 К, радиус $6,95 \cdot 10^8$ м, найти энергию и массу, ежесекундно теряемые Солнцем при излучении.

189. Вследствие изменения температуры серого тела максимум спектральной плотности излучательности сместился с 240 нм на 800 нм. Во сколько раз изменится излучательность тела?

190. На какую длину волны приходится максимум излучения абсолютно черного тела, имеющего температуру человеческого тела (37°C)?

191. Температура абсолютно черного тела возросла от 500 К до 1500 К. Во сколько раз увеличилась его излучательность?

192. Найти площадь излучающей поверхности нити 25-ваттной лампы, если температура нити 2450 К. Излучение нити составляет 30% излучения абсолютно черного тела при данной температуре. Потерями тепла, связанными с теплопроводностью пренебречь.

193. Какова температура нити 25-ваттной лампочки, если считать, что при равновесии все выделяющееся в нити

тепло теряется в результате лучеиспускания. Светящаяся поверхность спирали $2,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$. Излучательность вольфрама составляет 0,31 от излучательности абсолютно черного тела для этой температуры.

194. На какую длину волны приходится максимум излучения абсолютно черного тела: если температура тела равна: а) 0°C , б) $4\,000^\circ \text{C}$. В какой области спектра лежит максимум излучения?

195. Максимум излучения полного излучателя приходится на длину волны 0,58 мкм. Определить лучистый поток, испускаемый излучателем, если площадь его поверхности равна 4 см^2 .

196. Максимум излучения абсолютно черного тела приходится на длину волны 250 нм. На какую длину волны придется максимум излучения, если температуру тела повысить на 50°C ?

197. Вследствие повышения температуры максимума спектральной плотности излучательности абсолютно черного тела переместился с 2 мкм до 1 мкм. Во сколько раз изменилась излучательность?

198. Вычислить спектральную плотность излучательности тела для длины волны 0,5 мкм при температуре 2100 К, если спектральная поглощательная способность при тех температурах и длине волны равна 0,8.

199. Температура абсолютно черного тела уменьшилась в два раза, в результате чего λ увеличилась на 600 нм. Определить начальную и конечную температуры тела.

200. Вычислить спектральную плотность излучательности абсолютно черного тела при температуре 2400 К для длины волны 0,5 мкм и длины волны 5 мкм. Которое из этих двух вычислений можно делать по формуле Вина, а которое только по формуле Планка?

201. Температура "голубой звезды" 30 000 К. Определить длину волны, соответствующую максимуму спектральной плотности излучательности.

202. Определить спектральную поглощательную способность тела для длины волны 400 нм, если спектральная испускательная способность тела при температуре 1500 К равна спектральной плотности излучательности абсолютно черного тела при температуре 1450 К.

203. Максимум энергии излучения абсолютно черного тела приходится на длину волны в 2 мкм. На какую длину волны он сместится, если температура тела увеличится на 350° С?

204. Во сколько раз увеличится мощность излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения передвинется от красной границы видимого спектра к его фиолетовой границе?

205. В каких областях спектра лежат длины волн, соответствующих максимуму спектральной плотности энергетической светимости, если источником света служат: 1) спираль электрической лампочки ($T=6000$ К), 2) поверхность Солнца ($T=6000$ К) и 3) атомная бомба, в которой в момент взрыва развивается температура около 10 млн. градусов. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

206. Найти, считая излучение Солнца постоянным, время, за которое масса Солнца уменьшится вдвое. Температуру поверхности Солнца принять равной 5800 К.

207. Найти, на сколько уменьшится масса Солнца за год вследствие излучения? Температуру поверхности Солнца принять равной 5800 К.

208. Зачерненный шарик остывает от температуры 27°С до 20°С. На сколько изменилась длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности его излучательности?

209. Температура абсолютно черного тела равна 4547°С. Определить длину волны, на которую приходится максимуму энергии излучения этого тела. Найти суммарную энергию излучения тела при заданной температуре, если излучающая поверхность равна 10 м².

210. Определить температуру и излучательность абсолютно черного тела, если максимуму энергии излучения приходится на длину волны 400 нм.

211. Определить количество квантов энергии, испускаемых источниками мощностью в 5 Вт, если один из них испускает инфракрасное излучение с $\lambda=760$ нм, а второй - ультрафиолетовое с $\lambda=359$ нм.

212. Определить красную границу фотоэффекта для лития, цинка и вольфрама.

213. При освещении катода светом с длинами волн сначала 440 нм, затем 680 нм обнаружили, что запирающий потенциал изменился в 3,3 раза. Определить работу выхода электрона.

214. Определить, при каком запирающем потенциале прекратится эмиссия электронной цезиевого катода, освещаемого светом с длиной волны 600 нм.

215. Определить скорости, с которыми вылетают фотоэлектроны из меди, если она облучается монохроматическим светом ($\lambda=430$ нм). Работа выхода электронов меди равна 4,5 эВ.

216. Работа выхода электронов из натрия 2,15 эВ. Произойдет ли фотоэффект, если натрий будет подвергнут облучению оранжевым светом с длиной волны 600 нм?

217. Какой длины волны свет следует направить на поверхность серебряной пластинки, чтобы из нее вылетали электроны со скоростью 2500 км/с? Работа выхода электронов из серебра 4,78 эВ.

218. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла 275 нм. Найти работу выхода электрона из этого металла и максимальную скорость электронов, вырываемых из этого металла светом с длиной волны 180 нм.

219. На поверхность серебряной пластинки падают ультрафиолетовые лучи $\lambda=0,3$ мкм. Работа выхода электронов из серебра 4,7 эВ. Будет ли иметь место фотоэффект?

220. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла 275 нм. Найти: а) работу выхода электронов из этого металла; б) максимальную скорость электронов, вырываемых из металла светом с $\lambda=180$ нм, в) максимальную кинетическую энергию вырываемых электронов.

221. Определить длину волны света, который, будучи направлен на поверхность никеля, обеспечит фотоэлектронам скорость $3 \cdot 10^8$ см/с.

222. При фотоэффекте с поверхности платины величина задерживающего потенциала оказалась равной 0,8 эВ. Вычислить длину волны используемого света.

223. Определить красную границу фотоэффекта для пластины цезия.

224. Красная граница фотоэффекта для рубидия $\lambda=540$ нм. Определить работу выхода и максимальную скорость электронов при освещении поверхности металла светом с длиной волны 400 нм.

225. При освещении поверхности цезия излучением с длиной волны 360 нм задерживающий потенциал $U=1,478$ В. Определить красную границу фотоэффекта для цезия.

226. Красная граница фотоэффекта для калия соответствует длине волны 577 нм. При какой разности потенциалов между анодом и катодом прекратится эмиссия электронов с поверхности калия, если освещать катод излучением с $\lambda=400$ нм? Контактная разность потенциалов между

анодом и катодом $U=28$ В и контактное поле направлено от анода к катоду.

227. Определить наименьший задерживающий потенциал, необходимый для прекращения эмиссии с фотокаатода, если поверхность его освещается излучением с $\lambda=0,4$ мкм и красная граница фотоэффекта катодов данного типа лежит при 0,67 мкм.

228. На металлическую пластинку падает монохроматический пучок света с длиной волны 0,413 мкм. Поток фотоэлектронов, вырываемых с поверхности металла, полностью задерживается разностью потенциалов в 1 В. Определить работу выхода и красную границу фотоэффекта.

229. Работа выхода для калия $A=2,5$ В. Пусть на калий падает свет с длиной волны 360 нм. Определить: а) запирающий потенциал; б) максимальную кинетическую энергию; в) скорость электронов.

230. Какая доля энергии фотона расходуется на работу выхода электрона, если красная граница фотоэффекта 307 мкм и кинетическая энергия 1 эВ?

231. Натрий освещается монохроматическим светом с $\lambda=200$ нм. Работу выхода электронов из натрия $A=2,5$ эВ. Какую наименьшую разность потенциалов нужно приложить, чтобы прекратить эмиссию электронов?

232. На металлическую пластинку падает монохроматический свет ($\lambda=0,413$ мкм). Потеря фотоэлектронов, вырываемых с поверхности металла, полностью задерживается, когда разность потенциалов тормозящего электрического поля достигает 1 В. Определить работу выхода в электрон-вольтах и красную границу фотоэффекта.

233. Цезий (работа выхода 1,88 эВ) освещается спектральной линией водорода ($\lambda=0,476$ мкм). Какую наименьшую задерживающую разность потенциалов нужно приложить, чтобы фототок прекратился?

234. Рубидий, цезий и натрий облучаются светом с длиной волны 620 нм. Работа выхода у этих металлов равны 1,53 эВ; 1,87 эВ; 2,48 эВ. Определить скорость фотоэлектронов.

235. Какую длину волны должен иметь фотон, чтобы его масса была равна массе покоящегося электрона?

236. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности серебра гамма лучами с длиной волны 2,47 пм.

237. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектронов, если красная граница фотоэффекта $\lambda=307$ нм и максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона 1 эВ?

238. На поверхность лития падает монохроматический свет ($\lambda=310$ нм). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов не менее 1,7 эВ. Определить работу выхода.

239. Какова должна быть длина волны ультрафиолетовых лучей, падающих на поверхность некоторого металла, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна 10 мм/с? Работой выхода пренебречь.

240. На платиновую пластинку падают ультрафиолетовые лучи. Для прекращения фотоэффекта нужно приложить задерживающую разность потенциалов 3,7 В. Если платиновую пластинку заменить пластинкой из другого металла, то задерживающую разность потенциалов нужно увеличить до 6 В. Определить работу выхода электронов с поверхности этой пластинки.

241. Излучение с длиной волны 0,07 нм рассеивается графитом. Наблюдается излучение, рассеянное под углом 90° . Определить угол между падающим фотоном и электроном отдачи.

242. На зеркальную поверхность площадью 10 см^2 падает под углом 45° пучок фотонов интенсивностью 10^{18} фотонов/с. Длина волны падающего света 400 нм. Определить величину светового давления на поверхность, если коэффициент отражения поверхности 0,75.

243. Определить силу светового давления солнечного излучения на поверхности земного шара, считая ее абсолютно черной и не учитывая поглощения излучения в атмосфере Земли. Если бы атмосфера не поглощала, то 1 см^2 земной поверхности, расположенной перпендикулярно лучам, получал бы около 8 Дж/мин. Радиус Земли 6400 км.

244. В опытах П.Н.Лебедева, показавшего существование светового давления, энергетическая освещенность соответствовала приблизительно 64 Дж/см^2 . Вычислить давление, которое должны были испытывать зачерненные и зеркальные лепестки измерительной установки.

245. Определить давление солнечного света на зачерненную пластинку, расположенную перпендикулярно солнечным лучам на верхней границе земной атмосферы. Солнечная постоянная $1,4 \text{ кВт/м}^2$, коэффициент отражения пластинки 8%.

246. На поверхность, площадь которой $0,01 \text{ м}^2$, каждую минуту падает 63 Дж световой энергии перпендикулярно поверхности. Вычислить световое давление на эту поверхность, если она: а) полностью отражает свет; б) полностью поглощает свет.

247. Монохроматический пучок света ($\lambda=490$ нм), падая нормально на поверхность, производит давление на нее, равное $9,81 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$. Сколько квантов света падает каждую секунду на единицу площади этой поверхности? Коэффициент отражения света 0,5.

248. На поверхность площадью 3 см^2 за 5 мин падает свет, энергия которого 20 Дж. Определить световое давле-

ние на поверхность, если она: а) полностью поглощает лучи, б) полностью отражает лучи.

249. Определить угол рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном (эффект Комптона), если изменение длины волны фотона рассеяния $3,62 \cdot 10^{-3}$ нм.

250. Рентгеновское излучение с длиной волны $7,2 \cdot 10^{-2}$ нм рассеивается графитом. Определить длину волны рентгеновских лучей, рассеянных под углом $\theta_1 = \pi$ и $\theta_2 = \pi/2$ к первоначальному направлению.

251. Фотон рентгеновского излучения с длиной волны 21,4 пм в результате эффекта Комптона испытал рассеяние под углом 90° к первоначальному направлению. Какую часть своей энергии фотон передал электрону?

252. Электрон движется со скоростью 10^8 м/с. В результате торможения электрона в электрическом поле атома он останавливается и испускает 1 фотон. Определить длину волны испускаемого света.

253. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны 500 пм.

254. Определить комптоновское изменение длины волны при рассеянии рентгеновского излучения на протонах под углом 120° к первоначальному направлению.

255. Рентгеновское излучение с длиной волны 60 пм рассеивается графитом. Определить длину волны рентгеновских лучей, рассеянных под углом $\theta = \pi/2$ к первоначальному направлению.

256. Найти давление света на стенки электрической 100-ваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферической сосуд радиусом 5 см. Стенки лампы отражают 10% падающего на них света.

257. Определить величину светового давления и силу давления, производимого на зеркальную поверхность площадью 100 см^2 лучистым потоком в 10 Вт.

258. Поток световой энергии, падающий нормально на зеркальную поверхность в 10 см^2 , равен 0,6 Вт. Вычислить величину светового давления.

259. Какова должна быть плотность потока энергии, падающего на зеркальную поверхность, чтобы световое давление при нормальном падении лучей было равно 10^{-7} Н/м^2 .

260. Параллельный пучок монохроматических лучей ($\lambda = 662 \text{ нм}$) падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление $3 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$. Определить концентрацию фотонов в световом пучке.

261. На зеркальце с идеальной отражающей поверхностью нормально падает свет от электрической дуги. Площадь зеркальца $0,3 \text{ см}^2$. Определить величину импульса, полученного зеркальцем, если плотность потока световой энергии, падающей на него, равна 10^4 Вт/см^2 , а время освещения 1 с.

262. Монохроматический пучок света ($\lambda = 0,662 \text{ мкм}$) падает нормально на поверхность с коэффициентом отражения 0,8. Определить количество фотонов, ежесекундно поглощаемых 1 см^2 поверхности, если давление света на поверхность равно 1 мкПа.

263. Параллельный пучок света с интенсивностью $0,2 \text{ Вт/см}^2$ падает под углом 60° на плоское зеркало с коэффициентом отражения 0,9. Определить давление света на зеркало.

264. Давление монохроматического света ($\lambda = 600 \text{ нм}$) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно к падающим лучам, 10^{-11} Н/см^2 . Сколько фотонов падает в 1 с на 1 см^2 этой поверхности?

265. В результате эффекта Комптона фотон при соударении с электроном был рассеян на угол 90° . Энергия рассеянного фотона 0,4 МэВ. Определить энергию фотона до рассеяния.

266. Определить угол рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии равно 3,62 пм.

267. Определить импульс электрона отдачи при эффекте Комптона, если фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол 180° .

268. Фотон ($\lambda=1$ пм) рассеялся на свободном электроном под углом 90° . Какую долю своей энергии фотон передал электрону?

269. В результате эффекта Комптона фотон при соударении с электроном был рассеян на 90° . Энергия рассеянного фотона 0,4 МэВ. Определить энергию фотона до рассеяния.

270. Давление монохроматического света ($\lambda=600$ нм) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно к падающим лучам, равно 10^{-11} н/см². Сколько фотонов падает в 1 с на 1 см² этой поверхности?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Интервалы длин волн, соответствующих данному цвету спектра

Цвет спектра	Интервал длины волны, нм
Фиолетовый	400-450
Синий	450-480
Голубой	480-500
Зеленый	500-560
Желтый	560-590

Оранжевый	590-620
Красный	620-760

Показатель преломления

Вещество	n	Вещество	n
Азот	1,00030	Глицерин	1,47
Кислород	1,00027	Сероуглерод	1,63
Воздух	1,00029	Кварц	1,46
Спирт	1,36	Стекло	1,50
Вода	1,33	Алмаз	2,42
Бензол	1,50		

Примечание. Как известно, показатели преломления зависят от природы вещества и длины волны света, поэтому приведенные значения n следует рассматривать как условные.:

Работа выхода электронов из металла

Металл	$A_{\text{вых}}$	
	эВ	10^{-19} Дж
Алюминий	3,74	5,98
Вольфрам	4,5	7,2
Железо	4,36	6,98
Золото	4,58	7,42
Литий	2,3	3,7
Натрий	2,5	4,0
Платина	6,3	10,1
Серебро	4,7	7,5
Цинк	4,0	6,4

12	12	42	72	102	132	162	192	222	252
13	13	43	73	103	133	163	193	223	253
14	14	44	74	104	134	164	194	224	254
15	15	45	75	105	135	165	195	225	255
16	16	46	76	106	136	166	196	226	256
17	17	47	77	107	137	167	197	227	257
18	18	48	78	108	138	168	198	228	258
19	19	49	79	109	139	169	199	229	259
20	20	50	80	110	140	170	200	230	260
21	21	51	81	111	141	171	201	231	261
22	22	52	82	112	142	172	202	232	262
23	23	53	83	113	143	173	203	233	263
24	24	54	84	114	144	174	204	234	264
25	25	55	85	115	145	175	205	235	265
26	26	56	86	116	146	176	206	236	266
27	27	57	87	117	147	177	207	237	267
28	28	58	88	118	148	178	208	238	268
29	29	59	89	119	149	179	209	239	269
30	30	60	90	120	150	180	210	240	270

№ вариан.	Номера задач								
1	1	31	61	91	121	151	181	211	241
2	2	32	62	92	122	152	182	212	242
3	3	33	63	93	123	153	183	213	243
4	4	34	64	94	124	154	184	214	244
5	5	35	65	95	125	155	185	215	245
6	6	36	66	96	126	156	186	216	246
7	7	37	67	97	127	157	187	217	247
8	8	38	68	98	128	158	188	218	248
9	9	39	69	99	129	159	189	219	249
10	10	40	70	100	130	160	190	220	250
11	11	41	71	101	131	161	191	221	251