

№ 4976

53

Ф 503

ФИЗИКА

Контрольная работа № 5

Методическое пособие для студентов ИДО

**НОВОСИБИРСК
2019**

ФИЗИКА

Контрольная работа № 5

Методическое пособие для студентов ИДО

УДК 53(07)
Ф 503

Составители:

В.В. Христофоров, Л.М. Родникова

Рецензенты:

Н.Ю. Березин, Н.Ю. Петров

Работа подготовлена на кафедре общей физики

© Новосибирский государственный
технический университет, 2019

ВОПРОСЫ, КОТОРЫЕ ВЫНОСЯТСЯ НА ЭКЗАМЕН ПО ДАННОМУ РАЗДЕЛУ

1. Волновое уравнение для электромагнитных волн и его решения для случая однородных и изотропных сред. Характеристики плоских монохроматических волн.
2. Скорость света в среде. Оптическая длина пути.
3. Интерференция световых волн. Получение когерентных волн в оптике. Оптическая разность хода.
4. Расчет интерференционной картины от двух когерентных волн. Условия максимумов и минимумов.
5. Интерференция света в тонких пленках. Полосы равного наклона
6. Дифракция света в постановках Френеля и Фраунгофера. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля.
7. Дифракция Фраунгофера на одной щели.
8. Дифракционная решетка. Разрешающая способность решетки.
9. Естественный и поляризованный свет. Способы получения поляризованного света.
10. Поляризация света при отражении. Закон Брюстера.
11. Изменение состояния поляризации света при прохождении им поляроидов. Закон Малюса.
12. Тепловое излучение. Излучательная (испускающая) и поглощательная способности. Законы теплового излучения.
13. Внешний фотоэффект и его законы.
14. Эффект Комптона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Савельев И.В.* Курс общей физики. [В 3 т.]. Т. 2: учебное пособие для вузов по техническим (550000) и технологическим (650000) направлениям / И.В. Савельев. – СПб. [и др.], 2011. – 496 с.: ил., схемы, граф. – Парал. тит. л. англ.
2. Савельев И. В. Курс общей физики. [В 3 т.]. Т. 3: [учебное пособие для вузов по техническим (550000) и технологическим (650000) направлениям] / И. В. Савельев. – СПб. [и др.], 2011. – 317 с.: ил., табл., граф. – Парал. тит. л. англ.
3. *Иродов И.Е.* Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие для вузов / И.Е. Иродов. – М., 2007. – 256 с.: ил.
4. *Давыдков В.В.* Курс общей физики для студентов ИДО. Ч. 3. Волновая оптика. Квантовая механика: учебное пособие / В.В. Давыдков; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2004. – 91 с.: ил. – Библиогр.: с. 89.4.
5. *Чертов А.Г.* Задачник по физике: учебное пособие для вузов / А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. – М., 2008. – 640 с.: ил.
6. *Волькенштейн В. С.* Сборник задач по общему курсу физики: для технических вузов / В.С. Волькенштейн. – СПб., 2005. – 327 с.: ил.
7. *Иродов И.Е.* Волновые процессы. Основные законы: учебное пособие для вузов / И.Е. Иродов. – М., 2006. – 263 с.: ил.
8. *Трофимова Т.И.* Курс физики: учебное пособие для вузов./ Т.И. Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.

Содержание контрольной работы № 5

Темы	Номера задач
1. Интерференция света от двух когерентных источников. Интерференция в тонких пластинках и пленках	501–510
2. Интерференция в клиновидных пластинках. Кольца Ньютона	511–520
3. Зоны Френеля. Дифракция на одной щели	521–530
4. Дифракционная решетка	531–540
5. Поляризация	541–550
6. Тепловое излучение	551–560
7. Внешний фотоэффект	561–570
8. Эффект Комптона	571–580

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1

На плоскопараллельную плёнку с показателем преломления $n = 1,33$ под углом $\alpha = 45^\circ,0$ падает параллельный пучок белого света. Определите, при какой наименьшей толщине пленки отраженный свет наиболее сильно окрасится в желтый цвет ($\lambda = 0,600$ мкм).

Дано:

$$n = 1,33;$$

$$\alpha = 45^\circ,0;$$

$$\lambda = 0,600 \text{ мкм} = 0,600 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

$$d_{\min} = ?$$

Решение

При отражении света от тонких пленок наблюдается явление интерференции. Белый свет является совокупностью электромагнитных волн с различными длинами волн λ . Если пленка, согласно условию задачи, окрасилась в желтый цвет, значит, для соответствующей волны выполняется условие максимума.

Условие максимума при интерференции волн имеет вид [8]

$$\Delta = \pm k\lambda.$$

Здесь Δ – оптическая разность хода волн отраженных от верхней и нижней поверхностей плёнки; $k = 0,1,2,\dots$; λ – длина волны света в вакууме.

Если предположить, что пленка сверху и снизу граничит с воздухом, показатель преломления которого $n_0 \approx 1$, то оптическая разность хода будет равна [8]

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2} \pm \frac{\lambda}{2}.$$

Подставляя это выражение в условие интерференционного максимума, получаем уравнение

$$2d\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2} \pm \frac{\lambda}{2} = \pm k\lambda.$$

Знаки в этом уравнении выбираем из физических соображений. При этом учитываем, что толщина пленки d не может быть отрицательной. Следовательно, в правой части уравнения следует выбрать знак плюс, а в левой – знак минус. В результате приходим к уравнению

$$2d\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2} - \frac{\lambda}{2} = +k\lambda,$$

или

$$2d\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2} = k\lambda + \frac{\lambda}{2}.$$

Как видно из последнего выражения, минимальное значение толщина пленки d принимает при $k = 0$.

Тогда для d_{\min} получаем

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{4\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2}}.$$

Подставляем численные значения:

$$d_{\min} = \frac{6 \cdot 10^{-7}}{4\sqrt{(1,33)^2 - (\sin 45^\circ)^2}} \approx 1,33 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

Обращаем внимание на то, что ответ округлён до трёх значащих цифр, поскольку исходные данные приведены в условии задачи с этой точностью.

Ответ: $d_{\min} = 1,33 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$

Задача 2

Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой находится жидкость, показатель преломления которой $n_{\text{ж}} = 1.3$. На систему тел падает плоская световая волна в перпендикулярном к пластине направлении. Найти радиус линзы, если радиус $r_{\text{м}}$ восьмого темного кольца в отраженном свете с длиной волны в вакууме $\lambda_0 = 650$ нм равен 2,0 мм. Показатель преломления стекла равен 1.5.

Дано:

$$m = 8;$$

$$r_{\text{м}} = 2,0 \text{ мм};$$

$$\lambda_0 = 650 \text{ нм};$$

$$n_{\text{ст}} = 1.5;$$

$$n_{\text{ж}} = 1.3.$$

$$R = ?$$

Решение

В задаче идет речь о кольцах Ньютона, которые являются частным случаем интерференции света в тонких пленках переменной толщины. Для получения колец Ньютона используется стеклянная пластинка, на которой лежит плосковыпуклая линза. Зазор между пластиной и линзой заполнен жидкостью. Нормально падающая параллельным пучком волна на границе прозрачной среды делится на отраженную и преломленную. Интерференционную картину дают луч, отраженный от выпуклой поверхности линзы и луч, отражённый от стеклянной пластины. Интерференционная картина локализована на выпуклой поверхности линзы и имеет вид чередующихся темных и светлых колец. Каждое кольцо соответствует определенному значению толщины зазора d , т. е. является полосой «равной толщины».

Найдем оптическую разность хода интерферирующих лучей, учитывая, что луч, отраженный от стеклянной пластины, в момент отражения меняет фазу на π радиан ($n_{\text{ст}} > n_{\text{ж}}$), т. е. его оптическая длина пути при отражении меняется на половину длины волны в вакууме:

$$\Delta = 2n_{\text{ж}}d + \frac{\lambda_0}{2}.$$

Условие минимума при интерференции имеет вид

$$\Delta = \pm(2m+1)\frac{\lambda_0}{2}.$$

Здесь $m = 0, 1, 2, \dots$ – порядок минимума.

Следовательно, получаем уравнение:

$$2n_{\text{ж}}d = m\lambda_0.$$

Из последнего выражения видно, что при $m = 0$ толщина зазора между линзой и пластиной $d = 0$. Следовательно, в точке, где линза касается пластины в центре интерференционной картины, представляющей собой систему концентричных темных и светлых колец, наблюдается темное пятно. Поскольку (см. условие задачи), мы считаем $m = 8$, центральное темное пятно в расчет не берется.

Связь между толщиной зазора и соответствующим радиусом кольца Ньютона имеет вид [1]

$$r^2 = 2Rd.$$

Решая совместно два последних уравнения, получаем

$$R = \frac{n_{\text{ж}}r^2}{m\lambda_0}.$$

Вычисления дают:

$$R = \frac{1,3 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2}{8 \cdot 650 \cdot 10^{-9}} = 1,0 \text{ м}.$$

Ответ: $R = 1,0 \text{ м}$.

Задача 3

На щель шириной $b = 0,1 \text{ мм}$ падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$. Дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном параллельно щели. Определите расстояние L от щели до экрана, если расстояние между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны центрального максимума, $a = 1 \text{ см}$. Учтите, что $L \gg b$.

Дано:

$$b = 0,1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м};$$

$$\lambda = 0,5 \text{ мкм} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м};$$

$$a = 1 \text{ см} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

$$L = ?$$

Решение

Условие минимума при дифракции на щели имеет вид

$$b \sin \varphi = \pm m \lambda,$$

где $m = 1, 2, 3, \dots$ – порядок минимума; φ – угол дифракции.

Если угол φ мал, то выполняется приближенное равенство

$$\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{2L}.$$

Подставляя последнее выражение в условие минимума, и взяв, как видно из условия задачи, $m = 1$ получаем

$$L = \frac{a \cdot b}{2\lambda} = \frac{1 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = 1 \text{ м}.$$

Ответ: $L = 1 \text{ м}$.

Задача 4

На дифракционную решетку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет. Период решетки $d = 2,0 \text{ мкм}$. Определить наибольший порядок дифракционного максимума, который дает эта решетка в случае, когда длина волны света равна $\lambda_1 = 0,70 \text{ мкм}$ и в случае $\lambda_2 = 0,41 \text{ мкм}$.

Дано:

$$d = 2,0 \text{ мкм};$$

$$\lambda_1 = 0,70 \text{ мкм};$$

$$\lambda_2 = 0,41 \text{ мкм};$$

$$m_{\text{наиб}} = ?$$

Решение

Из формулы, определяющей положение главных максимумов дифракционной решетки [1] [8], найдем порядок дифракционного максимума

$$m = \frac{d \cdot \sin \theta}{\lambda},$$

где d – период решетки; θ – угол дифракции; λ – длина волны монохроматического света.

Так как $\sin \theta$ не может быть больше 1, число m не может быть больше d/λ , то есть должно выполняться неравенство

$$m \leq \frac{d}{\lambda}.$$

Подставив в формулу значения величин, получим

$$m \leq \frac{2}{0,7} = 2,86 \text{ (для } \lambda_1 \text{);}$$

$$m \leq \frac{2}{0,41} = 4,88 \text{ (для } \lambda_2 \text{)}.$$

Если учесть, что порядок максимумов является целым числом, то, отбрасывая дробную часть числа, получаем ответ задачи:

$$m_{\text{наиб}} = 2 \text{ (для } \lambda_1 \text{);}$$

$$m_{\text{наиб}} = 4 \text{ (для } \lambda_2 \text{)}.$$

Задача 5

Частично поляризованный свет пропускается через николю. При повороте николя на 45° по отношению к положению, соответствующему максимальной интенсивности выходящего пучка, интенсивность света уменьшается в 1,5 раза. Определить отношение интенсивности естественного и поляризованного света в падающем пучке. Николю считать идеальным поляризатором.

Дано:

$$\frac{I_{\max}}{I_{\alpha}} = 1,5$$

$$\alpha = 45^{\circ}$$

$$\frac{I_{\text{ест}}}{I_{\text{пол}}} = ?$$

Решение

Интенсивность падающего пучка складывается из интенсивностей естественной и поляризованной частей. Когда поляризатор стоит в положении, соответствующем максимальной яркости выходящего пучка, естественная часть ослабляется идеальным поляризатором вдвое (так как естественный свет, проходя через поляризатор, становится не только поляризованным, но и теряет интенсивность вдвое), а поляризованная пропускается полностью:

$$I_{\max} = 0,5I_{\text{ест}} + I_{\text{пол}}.$$

При повороте поляризатора на 45° интенсивность выходящего пучка, связанная с естественным светом, по-прежнему равна $0,5I_{\text{ест}}$, а интенсивность поляризованного изменится (по закону Малюса), и становится равной $I = 0,5I_{\text{ест}} + I_{\text{пол}} \cos^2 \alpha$.

По условию, $I_{\max} = 1,5I$, следовательно,

$$0,5I_{\text{ест}} + I_{\text{пол}} = 1,5(0,5I_{\text{ест}} + I_{\text{пол}} \cos^2 45^{\circ}).$$

Получаем $I_{\text{ест}} = I_{\text{пол}}$.

Ответ: $\frac{I_{\text{ест}}}{I_{\text{пол}}} = 1$.

Задача 6

Длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения абсолютно черного тела, $\lambda_{\max} = 0,58$ мкм. Определить:

1. Энергетическую светимость R_T поверхности тела.
2. Спектральную плотность $r(\lambda, T)$ энергетической светимости (испускательную способность) вблизи λ_{\max} .

Дано:

$$\lambda_{\max} = 0,58 \text{ мкм}$$

$$R_{\Gamma} - ?$$

$$r(\lambda, T) - ?$$

Решение

1. Энергетическая светимость $R_{\Gamma}^{(0)}$ абсолютно черного тела в соответствии с законом Стефана-Больцмана равна

$$R_{\Gamma}^{(0)} = \sigma T^4$$

Температуру можно вычислить с помощью закона смещения Вина:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

тогда

$$R_{\Gamma}^{(0)} = \sigma \left(\frac{b}{\lambda_{\max}} \right)^4.$$

Подставив в формулу численные значения, находим

$$R_{\Gamma}^{(0)} = 3,54 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2.$$

2. Максимум испускательной способности получим из формулы Планка, подставив вместо длины волны λ_{\max} ее значение из закона смещения Вина:

$$r(\lambda, T)_{\max} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda_{\max}^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda_{\max} kT}} - 1} = \frac{2\pi hc^2 T^5}{b^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{bk}} - 1} = C' T^5,$$

где $C' = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^3 \text{ К}^5$. Производя вычисления, находим $r(\lambda, T)_{\max} = 4,0 \cdot 10^{13} \text{ Вт/м}^3$.

Задача 7

Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 500 нм. Определите: 1) работу выхода электронов из этого металла; 2) максимальную скорость электронов, вырванных из этого металла светом длиной волны 400 нм.

Дано:

$$\lambda_0 = 500 \text{ нм};$$

$$\lambda = 400 \text{ нм}.$$

$$1) A = ?$$

$$2) v_{\max} = ?$$

Решение

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2}.$$

Если частота световой волны равна частоте красной границы фотоэффекта ν_0 , то выполняется равенство:

$$h\nu_0 = A.$$

Учитывая, что связь между частотой и длиной волны имеет вид

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0},$$

получим выражение для работы выхода:

$$A = \frac{hc}{\lambda_0}.$$

Подставляя числа, получаем:

$$A = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-7}} = 3,96 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 2,48 \text{ эВ}.$$

Перепишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, заменив частоту ее выражением через длину волны:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{m v_{\max}^2}{2}.$$

Выражая скорость электрона, получаем:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}.$$

Подставляем числа:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} - 3,96 \cdot 10^{-19} \right)} = 4,68 \cdot 10^5 \text{ м/с}.$$

Задача 8

В результате эффекта Комптона фотон при соударении с электроном был рассеян на угол $\theta = 90^\circ, 0$. Энергия рассеянного фотона $\varepsilon' = 0,400$ МэВ. Определить энергию фотона ε до рассеяния.

Дано:

$$\theta = 90^\circ, 0;$$

$$\varepsilon' = 0,400 \text{ МэВ}.$$

$$\varepsilon - ?$$

Решение

Для определения энергии первичного фотона воспользуемся формулой Комптона [1] [8]:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos\theta) = \frac{2h}{mc} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right).$$

Выразим в этой формуле изменение длины волны $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ через энергии ε' и ε соответствующих фотонов, воспользовавшись формулой $\varepsilon = hc/\lambda$.

После простых преобразований находим:

$$hc / \varepsilon' - hc / \varepsilon = (hc / mc^2) 2 \sin^2(\theta / 2).$$

Выразим из этой формулы искомую энергию:

$$\varepsilon = \varepsilon' mc^2 / (mc^2 - 2\varepsilon' \sin^2(\theta / 2)).$$

Вычисления удобно проделать во внесистемных единицах. Энергия покоя электрона, выраженная в электрон-вольтах равна $mc^2 = 0,512$ МэВ. Подставляя в конечную формулу численные значения известных величин, находим

$$\varepsilon = (0,4 \cdot 0,512) / (0,512 - 2 \cdot 0,4 \cdot \sin^2 45^\circ) = 1,83 \text{ МэВ}.$$

Таблица вариантов задач к контрольной работе № 5

Вариант	Номера задач							
	1	501	511	521	531	541	551	561
2	502	512	522	532	542	552	562	572
3	503	513	523	533	543	553	563	573
4	504	514	524	534	544	554	564	574
5	505	515	525	535	545	555	565	575
6	506	516	526	536	546	556	566	576
7	507	517	527	537	547	557	567	577
8	508	518	528	538	548	558	568	578
9	509	519	529	539	549	559	569	579
0	510	520	530	540	550	560	570	580

ЗАДАЧИ

501. Найти угловое расстояние между соседними полосами в опыте Юнга, если известно, что экран отстоит от когерентных источников света на 1,00 м, а пятая светлая полоса на экране расположена на расстоянии 1,50 мм от центра интерференционной картины.

502. В точку A экрана от источника S ($\lambda = 0,500$ мкм) приходит два луча: первый – перпендикулярно экрану, второй – отраженный от плоского зеркала, расположенного параллельно первому лучу. Лучи образуют равнобедренный треугольник с высотой $h = 2,00$ мм. Наименьшее расстояние L от источника до экрана равно 1,00 м. Определить, что будет наблюдаться в точке A экрана – усиление или ослабление освещенности. Считать, что при отражении от зеркала скачка фазы колебаний не происходит.

503. Пучок параллельных лучей ($\lambda = 0,600$ мкм), угол падения которого на мыльную пленку ($n = 1,30$) составляет $i = 30^\circ$, испытывает отражение от нее. При какой наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут максимально ослаблены интерференцией? Максимально усилены?

504. Найти угловое расстояние второго минимума на экране в опыте Юнга, если экран удален от когерентных источников на 1,00 м, а пятый максимум расположен на расстоянии 2,00 мм от центра интерференционной картины.

505. На пути одного из интерферирующих лучей в опыте Юнга помещается стеклянная пластинка толщиной 12,0 мкм. Определить, на сколько полос сместится интерференционная картина, если показатель преломления стекла $n = 1,50$, длина волны света $\lambda = 0,750$ мкм и свет падает на пластинку нормально.

506. Какова наименьшая возможная толщина плоскопараллельной пластинки с показателем преломления $n = 1,50$, если при освещении

белым светом под углами падения $i_1 = 45^\circ$, 0 и $i_2 = 60^\circ$, 0 она кажется красной ($\lambda = 0,740$ мкм)?

507. Найти расстояние между третьим и пятым минимумами на экране в опыте Юнга, если расстояние двух когерентных источников ($\lambda = 0,6$ мкм) от экрана $2,00$ м, расстояние между источниками $0,200$ мм.

508. В точку A экрана от источника S ($\lambda = 0,500$ мкм) приходят два луча: первый – перпендикулярно экрану, второй – отраженный от плоского зеркала, расположенного параллельно первому лучу. Лучи образуют равнобедренный треугольник с высотой $h = 2,00$ мм. Наименьшее расстояние L от источника до экрана равно $1,00$ м. Определить, что будет наблюдаться в точке A экрана – усиление или ослабление освещенности, если на пути первого луча перпендикулярно к нему поместить плоскопараллельную пластинку стекла ($n = 1,55$) толщиной $d = 6,00$ мкм.

509. На тонкую мыльную пленку ($n_1 = 1,30$) толщиной $1,25$ мкм падает нормально монохроматический свет. В отраженном свете пленка кажется максимально светлой. Какой минимальной толщины надо взять тонкую пленку скипидара ($n_2 = 1,48$), чтобы она в этих же условиях казалась темной?

510. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей поместили тонкую стеклянную пластинку, вследствие чего центральная светлая полоса сместилась в положение, первоначально занятое пятой светлой полоской (не считая центральной). Луч падает на пластинку перпендикулярно. Показатель преломления пластинки $1,50$. Длина волны $6,00 \cdot 10^{-7}$ м. Какова толщина пластинки?

511. На тонкий стеклянный клин ($n = 1,52$) с углом равным $1,00$ -й минуте падает нормально пучок монохроматического света длиной волны $0,591$ мкм. Сколько темных полос приходится на $1,00$ см клина?

512. Между стеклянной пластиной 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 $\lambda = 0,600$ мкм равен $0,820$ мм. Радиус кривизны линзы $R = 0,500$ м.

513. На стеклянную пластину положена выпуклой стороной плоско-выпуклая линза. Сверху линза освещена монохроматическим светом длиной волны $\lambda = 500$ нм. Найти радиус R линзы, если радиус четвертого кольца Ньютона в отраженном свете $r_4 = 2,00$ мм.

514. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками положили очень тонкую проволочку. Проволочка находится на расстоянии $L = 75,0$ мм от линии соприкосновения пластинок и ей параллельна. В отраженном свете ($\lambda = 0,500$ мкм) на верхней пластинке видны интерференционные полосы. Определить толщину проволочки, если на протяжении $d = 30,0$ мм насчитывается $m = 16$ светлых полос.

515. Мыльная пленка, расположенная вертикально, образует клин. Интерференция наблюдается в отраженном свете через красное стекло ($\lambda_k = 6,31 \cdot 10^{-5}$ см). Расстояние между соседними красными полосами при этом равно 3,00 мм. Затем эта же пленка наблюдается через синее стекло ($\lambda_c = 4,00 \cdot 10^{-5}$ см). Найти расстояние между соседними синими полосами.

516. Плосковыпуклая линза с фокусным расстоянием $f = 1,00$ м лежит выпуклой стороной на стеклянной пластинке. Радиус пятого темного кольца Ньютона в отраженном свете $r_5 = 1,10$ мм. Определить длину световой волны λ .

517. Диаметры двух светлых колец Ньютона $d_m = 4,00$ мм, $d_n = 4,80$ мм. Порядковые номера колец не определялись, но известно, что между двумя измеренными кольцами расположено три светлых кольца, кольца наблюдались в отраженном свете ($\lambda = 500$ нм). Найти радиус кривизны плосковыпуклой линзы, взятой для опыта.

518. Плоская пластина и линза применяются для наблюдения колец Ньютона. Определить толщину воздушного промежутка между линзой и пластинкой в том месте, где наблюдается пятое темное кольцо. Картина наблюдается в отраженном свете. Длина световой волны 0,656 мкм.

519. Во сколько раз изменится радиус колец Ньютона, если пространство между плосковыпуклой линзой и плоскопараллельной пластинкой заполнить сероуглеродом с показателем преломления 1,60?

520. Линза из кронгласа ($n_1 = 1,51$) лежит на плоскопараллельной пластинке из флингласа ($n_2 = 1,80$), пространство между ними заполнено бензолом ($n = 1,60$). При наблюдении в отраженном свете ($\lambda = 0,590$ мкм) радиус шестого светлого кольца оказался равным 5,00 мм. Определить радиус кривизны линзы.

521. На круглое отверстие радиусов 1,00 мм в непрозрачном экране падает нормально параллельный пучок света с длиной волны 0,500 мкм. На пути лучей, прошедших через отверстие, помещают экран. Определить максимальное расстояние от отверстия до экрана, при котором в центре дифракционной картины еще будет наблюдаться темное пятно.

522. На щель шириной 0,100 мм нормально падает параллельный пучок света от монохроматического источника ($\lambda = 0,600$ мкм). Определить ширину центрального максимума в дифракционной картине, проектируемой при помощи линзы, находящейся непосредственно за щелью, на экран, отстоящий от линзы на ее фокусном расстоянии $F = 1,00$ м.

523. Монохроматический свет ($\lambda = 0,500$ мкм) падает нормально на круглое отверстие диаметром $d = 1,00$ см. На каком расстоянии от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы в отверстии помещалась а) одна зона Френеля, б) две зоны Френеля?

524. На щель шириной $d = 0,100$ мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,500$ мкм). Максимум или минимум интенсивности света видит глаз наблюдателя, расположенного за щелью, если он смотрит в направлении, образующем с нормалью к плоскости щели угол: 1) $j_1 = 17,0^\circ$; 2) $j_1 = 43,0^\circ$?

525. На круглое отверстие диаметром $d = 4,00$ мм падает нормально параллельный пучок лучей ($\lambda = 0,500$ мкм). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $R = 1,00$ м от него. 1) Сколько зон Френеля укладывается в отверстии? 2) Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины, если в месте наблюдения поместить экран?

526. Какой должна быть ширина щели a , чтобы первый дифракционный минимум наблюдался под углом $90,0^\circ$ при освещении: а) красным светом ($\lambda = 0,760$ мкм), б) синим светом ($\lambda = 0,440$ мкм)?

527. На круглое отверстие радиусом 2,00 мм падает плоская монохроматическая волна. Найти длину волны света, освещающего отверстие, если в нем укладывается пять зон Френеля и из точки наблюдения оно видно под углом $5^{\circ},00$.

528. На щель шириной 0,100 мм падает нормально параллельный пучок белого света (0,400–0,800 мкм). Найти ширину третьего максимума на экране, отстоящем от щели на расстоянии 2,00 м.

529. Радиус четвертой зоны Френеля для плоского волнового фронта $r_4 = 3,00$ мм. Определить радиус шестой зоны.

530. На узкую щель нормально падает пучок параллельных лучей ($\lambda = 0,490$ мкм). Дифракционная картина, даваемая щелью, наблюдается на экране с помощью линзы с фокусным расстоянием 40,0 см. Определить ширину щели, если расстояние между серединами полос спектров первого и второго порядка на экране равно 7,00 мм.

531. На дифракционную решетку нормально падает пучок света. В поле зрения под углом φ видна линия $\lambda = 0,440$ мкм в спектре третьего порядка. Будут ли видны под этим же углом φ какие-либо другие спектральные линии, соответствующие длинам волн, лежащим в пределах видимого спектра (от 0,400 мкм до 0,700 мкм)?

532. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия ($\lambda = 0,670$ мкм) спектра второго порядка?

533. На дифракционную решетку нормально падает пучок света. Угол дифракции для натриевой линии ($\lambda = 0,589$ мкм) в спектре первого порядка равен $17^{\circ}08'$. Некоторая линия дает в спектре второго порядка угол дифракции, равный $24^{\circ}12'$. Найти длину волны этой линии и число штрихов на 1,00 мм длины решетки.

534. На дифракционную решетку нормально падает пучок монохроматического света. Максимум третьего порядка наблюдается под углом $36^{\circ}48'$ к нормали. 1) Найти постоянную решетки, выраженную в длинах волн падающего света. 2) Сколько максимумов дает при этом дифракционная решетка?

535. На дифракционную решетку нормально падает пучок света. Красная линия ($\lambda = 0,630$ мкм) видна в спектре третьего порядка под

углом $\varphi = 60,0^\circ$. 1) Какая спектральная линия видна под этим углом в спектре четвертого порядка? 2) Какое число штрихов на 1,00 мм длины имеет дифракционная решетка?

536. На дифракционную решетку нормально к ее поверхности падает параллельный пучок лучей с длиной волны $\lambda = 0,500$ мкм. Линза, помещенная вблизи решетки, проектирует дифракционную картину на плоский экран, удаленный от нее на расстояние $L = 1,00$ м. Расстояние между двумя максимумами первого порядка, наблюдаемыми на экране, равно $l = 20,2$ см. Определите: а) постоянную дифракционной решетки; б) число штрихов, приходящихся на 1,00 см длины решетки; в) максимальный угол отклонения лучей, соответствующих последнему дифракционному максимуму; г) количество максимумов, которые дает при этом дифракционная решетка?

537. Свет от ртутной лампы падает нормально на плоскую дифракционную решетку, ширина которой 5,00 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.

538. Определить наибольший порядок дифракционного спектра для спектральной линии с длиной волны 0,405 мкм при наблюдении с помощью решетки, имеющей 500 штрихов на 1,00 мм её длины.

539. На каком расстоянии друг от друга будут находиться на экране две линии спектра ртути с длинами волн 0,577 мкм и 0,588 мкм в спектре первого порядка, полученном с помощью дифракционной решетки с постоянной, равной $d = 4,00$ мкм? Фокусное расстояние линзы, проектирующей спектр на экран, помещенный на этом расстоянии, равно 60,0 см.

540. На дифракционную решетку, содержащую $N = 600$ штрихов на миллиметр ее длины, падает нормально белый свет. Спектр проецируется помещенной вблизи решетки линзой на экран. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана $L = 1,20$ м. Границы видимого спектра: $780 \text{ нм} \geq \lambda \geq 390 \text{ нм}$.

541. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен $57^\circ,0$. Определить фазовую скорость распространения света в этом кристалле.

542. Параллельный пучок естественного света переходит из глицерина в стекло так, что отраженный от границы раздела пучок максимально поляризован. Определить угол между падающим и преломленным пучками.

543. Предельный угол полного внутреннего отражения для некоторого вещества равен $45^\circ,0$. Чему равен угол полной поляризации для этого вещества?

544. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были максимально поляризованы? ($n_{\text{воды}} = 1,33$).

545. Чему равен показатель преломления стекла, если отраженный от него луч будет полностью поляризован при угле преломления $30^\circ,0$?

546. Пучок плоско поляризованного света, длина волны которого в вакууме 589 нм падает на пластинку исландского шпата перпендикулярно его оптической оси. Найти длины волн обыкновенного и необыкновенного лучей в кристалле, если показатели преломления исландского шпата соответственно равны $n_o = 1,66$ и $n_e = 1,49$.

547. Угол между плоскостями пропускания поляризаторов равен 50° . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в 8 раз. Пренебрегая потерями при отражении, определить коэффициент поглощения k света в поляризаторах, если $k_1 = k_2$.

548. Пучок света последовательно проходит через два николя, плоскости пропускания которых образуют между собой угол $40^\circ,0$. Принимая коэффициент поглощения каждого николя равным 0,150, найти, во сколько раз пучок света, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с пучком, падающим на первый николь.

549. Между скрещенными николями поместили пластинку кварца толщиной $d = 3,00$ мм, в результате чего поле зрения поляриметра стало максимально светлым. Определить постоянную вращения кварца α для монохроматического света, использованного в опыте.

550. При какой наименьшей толщине d_{min} кварцевой пластины, помещенной между скрещенными николями, поле зрения будет максимально просветлено? Постоянная вращения для кварца $27,0$ град/мм.

551. Электрическая печь потребляет мощность $P = 500$ Вт. Температура ее внутренней поверхности при открытом небольшом отверстии диаметром $D = 5,00$ см равна 700 °С. Какая часть потребляемой мощности рассеивается стенками?

552. Определить энергетическую светимость ΔR_Σ абсолютно черного тела, приходящуюся на узкий интервал длин волн $\Delta\lambda = 10,0\text{Å}$, соответствующий максимуму спектральной плотности энергетической светимости при температуре $T = 3000$ К.

553. Приняв Солнце за абсолютно черное тело с температурой 6000 К, определить: 1) мощность, излучаемую с $1,00$ м² его поверхности; 2) длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности; 3) максимальную излучательную способность.

554. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместится с красной границы видимого спектра ($\lambda_1 = 780$ нм) на фиолетовую ($\lambda_2 = 390$ нм)?

555. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности, сместилась с $2,40$ мкм на $0,800$ мкм. Как и во сколько раз изменились энергетическая светимость и максимум испускательной способности?

556. Температура абсолютно черного тела увеличилась в 2 раза, в результате чего длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности, уменьшилась на 600 нм. Определить начальную температуру тела.

557. Раскаленная металлическая поверхность площадью $10,0$ см излучает в $1,00$ мин. энергию, равную $4,00 \cdot 10^4$ Дж. Температура поверхности 2500 К. Найти отношение энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.

558. При нагревании абсолютно черного тела длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности, изменилась от 690 до 500 нм. Как и во сколько раз изменилась энергетическая светимость тела?

559. Какую температуру должно иметь тело, чтобы оно при температуре окружающей среды $t = 17,0\text{ }^\circ\text{C}$ излучало в 100 раз больше энергии, чем поглощало?

560. Абсолютно черное тело находится при температуре $T_1 = 2900\text{ К}$. В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум испускательной способности, изменилась на $\Delta\lambda = 9,00\text{ мкм}$. До какой температуры охладилось тело?

561. Найти работу выхода электрона с поверхности некоторого материала, если при облучении его желтым светом ($\lambda = 590\text{ нм}$) скорость выбитых электронов равна $2,80 \cdot 10^5\text{ м/с}$.

562. Красная граница фотоэффекта для цезия $\lambda_0 = 653\text{ нм}$. Найти скорость фотоэлектронов, выбитых при облучении цезия фиолетовым светом ($\lambda = 400\text{ нм}$).

563. На цинковую пластинку направлен монохроматический пучок света. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов $U = 1,50\text{ В}$. Определить длину падающей волны, если работа выхода равна $4,00\text{ эВ}$.

564. Цезий (работа выхода $1,88\text{ эВ}$) освещается светом с $\lambda = 0,476\text{ мкм}$ (спектральная линия водорода). Какую наименьшую задерживающую разность потенциалов нужно приложить для прекращения фототока?

565. Определить постоянную Планка h , если известно, что фотоэлектроны, вырываемые с поверхности катода фотоэлемента светом с частотой $n = 2,20 \cdot 10^{15}\text{ Гц}$, полностью задерживаются обратным напряжением $6,60\text{ В}$, а вырываемые светом с частотой $4,40 \cdot 10^{15}\text{ Гц}$ – напряжением $16,5\text{ В}$.

566. Калий (работа выхода равна $2,20\text{ эВ}$) освещается зеленым светом $\lambda = 509\text{ нм}$. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов.

567. Рубидий и натрий облучаются светом с длиной волны $0,620\text{ мкм}$. Работа выхода электронов из этих веществ равна соответственно $1,50$ и $2,48\text{ эВ}$. Определить максимальные скорости фотоэлектронов.

568. Определить максимальные длины световых волн, при которых возможен фотоэффект у платины и цезия, работа выхода электронов для которых равна, соответственно 6,30эВ и 1,88эВ.

569. На поверхность металла падает свет с длиной волны $\lambda = 0,100$ мкм. Красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 0,300$ мкм. Какая доля энергии падающего фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

570. В опыте рубидий, цезий и натрий облучаются светом с длиной волны $\lambda = 0,620$ мкм. Работы выхода электронов у этих металлов равны 1,53 эВ; 1,87 эВ и 2,48 эВ соответственно. Определить максимальные скорости фотоэлектронов в этом опыте.

571. Фотон, столкнувшись со свободным электроном, был рассеян на угол $\theta = \pi/2$. Определить импульс P (в МэВ/с), приобретенный электроном, если энергия фотона до рассеяния равнялась $\varepsilon = 1,02$ МэВ.

572. Рентгеновское излучение ($\lambda = 1,00$ нм) рассеивается электронами, которые можно считать практически свободными. Определить максимальную длину волны λ' рентгеновского излучения в рассеянном пучке.

573. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если фотон рассеялся на угол $\theta = \pi/2$? Энергия фотона до рассеяния $\varepsilon = 0,510$ МэВ.

574. Определить максимальное изменение длины волны $\Delta\lambda$ при комптоновском рассеянии на 1) свободных электронах и 2) свободных протонах.

575. Фотон с длиной волны $\lambda = 15,0$ пм рассеялся на свободном электроне. Длина волны рассеянного фотона $\lambda' = 16,0$ пм. Определить угол θ рассеяния.

576. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,512$ МэВ был рассеян при эффекте Комптона на свободном электроне на угол $\theta = 180^\circ$. Определить кинетическую энергию T электрона отдачи.

577. В результате эффекта Комптона фотон с энергией $\varepsilon = 1,02$ МэВ рассеян на свободном электроне на угол $\theta = 150^\circ$ Определить энергию ε' рассеянного фотона.

578. Определить угол θ , на который был рассеян фотон с энергией $\varepsilon = 1,53$ МэВ, если кинетическая энергия электрона отдачи $T = 0,512$ МэВ.

579. Фотон с энергией $\varepsilon = 250$ кэВ рассеялся под углом $\theta = 120^\circ$ на первоначально покоившемся свободном электроны. Определить энергии рассеянного фотона.

580. Определить длину волны рентгеновского излучения, если известно, что максимальная кинетическая энергия комптоновских электронов отдачи $T_{\max} = 0,19$ МэВ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вопросы, которые выносятся на экзамен по данному разделу.....	3
Список литературы.....	4
Содержание контрольной работы № 5.....	4
Примеры решения задач.....	5
Таблица вариантов задач к контрольной работе № 5.....	15
Задачи.....	16

ФИЗИКА

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 5

Методическое пособие для студентов ИДО

В авторской редакции

Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 02.12.2019. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 100 экз.
Уч.-изд. л. 1,62. Печ. л. 1,75. Изд. № 275. Заказ № 10. Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20