

Министерство образования Российской Федерации

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

Кафедра физики

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ

ТЕМА: ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ

**АВТОРЫ: ПЛЕТНЕВА Е.Д.
ВАТОЛИНА Н.Д.**

**ЕКАТЕРИНБУРГ
2003**

УДК 373.53

Рецензенты: к.ф.-м.н., доцент Волков А.Г.

Автор: Е.Д.Плетнева, Н.Д.Ватолина

Физика: Волновая оптика: Методические указания: Задания индивидуальной домашней работы/ Е.Д.Плетнева, Н.Д.Ватолина. Екатеринбург: ООО "Изд-во УМЦ УПИ", 2003, 14с.

Методические указания включают в себя варианты индивидуального домашнего задания по теме «Волновая оптика» курса общей физики. В них содержатся правила оформления индивидуального домашнего задания и список необходимой литературы при выполнении этого вида учебной работы студента.

Методические указания соответствуют программе курса «Общая физика» и отвечают всем требованиям, принятым на кафедре физики УГТУ-УПИ.

Для студентов УГТУ-УПИ всех специальностей всех форм обучения.

Подготовлено кафедрой физики
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

© ООО "Издательство УМЦ УПИ", 2003

Индивидуальное домашнее задание необходимо оформить на листах формата А-4.

Титульный лист должен иметь все атрибуты указанные ниже

Министерство образования Российской Федерации

ГОУ ВПО УГТУ-УПИ

Кафедра физики

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

ТЕМА: ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Выполнил: Студент группы –
ФИО
Дата

Проверил: Доцент кафедры физики
ФИО
Дата

Екатеринбург
2004 г

Внутренние страницы должны иметь поля: сверху и снизу 2,5 см. Слева 3,0 см. Справа 2,0см.

Текст и графики (диаграммы) должны быть написаны без помарок и исправлений. Допускается оформление на компьютере.

Ответы оформляются в порядке постановки, от первого последовательно к последнему заданию.

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 1

1. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом ($\lambda = 600$ нм). Расстояние между отверстиями $d = 1$ мм, расстояние от отверстий до экрана $L = 3$ м. Найти положение трех первых светлых полос.
2. Найти радиусы r_k первых пяти зон Френеля, если расстояние от источника света до волновой поверхности $a = 1$ м, расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения $b = 1$ м. Длина волны света $\lambda = 500$ нм.
3. Мощность излучения раскаленной металлической поверхности $N = 0,67$ кВт. Температура поверхности $T = 2500$ К, ее площадь $S = 10$ см². Какую мощность излучения N имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение k энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.
4. Найти задерживающуюся разность потенциалов U для электронов, вырываемых при освещении калия светом с длиной волны $\lambda = 330$ нм.
5. Рентгеновские лучи с длиной волны $\lambda_0 = 70,8$ пм испытывают комптоновское рассеяние на парафине. Найти длину волны λ рентгеновских лучей, рассеянных в направлениях: а) $\varphi = \pi/2$; б) $\varphi = \pi$.
6. На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластинку толщиной $h = 1$ мм. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку: 1) нормально; 2) под углом $i = 30^\circ$?

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 2

1. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света $d = 0,5$ мм, расстояние до экрана $L = 5$ м. В зеленом свете получились интерференционные полосы, расположенные на расстоянии $l = 5$ мм друг от друга. Найти длину волны λ = зеленого цвета.

2. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии l от точечного источника монохроматического света ($\lambda = 600$ нм). На расстоянии $a = 0,0l$ от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром $D = 1$ см. Найти расстояние l , если преграда закрывает только центральную зону Френеля.

3. Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке $T = 2450$ К. Отношение ее энергетической светимости к энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре $k = 0,3$. Найти площадь S излучающей поверхности спирали.

4. При фотоэффекте с платиновой поверхности электроны полностью задерживаются разностью потенциалов $U = 0,8$ В. Найти длину волны λ применяемого облучения и предельную длину волны λ_0 , при которой еще возможен фотоэффект.

5. Какова была длина волны λ_0 рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом $\varphi = 60^\circ$ длина волны рассеянного излучения оказалась равной $\lambda = 25,4$ пм?

6. Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру абсолютно черного тела, чтобы его излучательная способность R_e возросла в два раза?

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 3

1. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение, первоначально занятое пятой светлой полосой (не считая центральной). Луч падает перпендикулярно к поверхности пластинки. Показатель преломления пластинки $n = 1,5$. Длина волны $\lambda = 600$ нм. Какова толщина h пластинки.

2. На диафрагму с диаметром отверстия $D = 1,96$ мм падает нормально параллельный пучок монохроматического света ($\lambda = 600$ нм). При каком наибольшем расстоянии l между диафрагмой и экраном в центре дифракционной картины еще будет наблюдаться темное пятно?

3. Какую энергетическую светимость R_λ имеет абсолютно черное тело, если максимум спектральной плотности его энергетической светимости приходится на длину волны $\lambda = 484$ нм?

4. Фотоны с энергией $\varepsilon = 4,9$ эВ вырывают электроны из металла с работой выхода $A = 4,5$ эВ. Найти максимальный импульс p_{max} , передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

5. Рентгеновские лучи с длиной волны $\lambda_0 = 20$ пм испытывают комптоновское рассеяние под углом $\varphi = 90^\circ$. Найти изменение $\Delta\lambda$ длины волны рентгеновских лучей при рассеянии, а также энергию W_e и импульс электрона отдачи.

6. Принимая коэффициент черноты угля при температуре $T = 600$ К равным 0,8, определить: 1) излучательную способность R_e угля; 2) энергию W , излучаемую с поверхности угля площадью $S = 5$ см² за время $t = 10$ мин.

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 4

1. В опыте Юнга стеклянная пластинка толщиной $h = 12$ см помещается на пути одного из интерферирующих лучей перпендикулярно к лучу. На сколько могут отличаться друг от друга показатели преломления в различных местах пластинки, чтобы изменение разности хода от этой неоднородности не превышало $\Delta = 1$ мкм?

2. На щель шириной $a = 6\lambda$ падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны λ . Под каким углом φ будет наблюдаться третий дифракционный минимум света?

3. В каких областях спектра лежат длины волн, соответствующие максимуму спектральной плотности энергетической светимости, если источником света служит: а) спираль электрической лампочки ($T = 3000$ К); б) поверхность Солнца ($T = 6000$ К); в) атомная бомба, в которой в момент взрыва развивается температура $T \cong 10^7$ К? Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

4. Найти постоянную Планка h , если известно, что электроны, вырывающиеся из металла светом с частицей $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15}$ Гц, полностью задерживаются разностью потенциалов $U_1 = 6,6$ В, а вырывающиеся светом с частотой $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15}$ Гц – разностью потенциалов $U_2 = 16,5$ В.

5. При комптоновском рассеянии энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния $\varphi = \pi/2$. Найти энергию W и импульс p рассеянного фотона.

6. Мощность излучения шара радиусом $R = 10$ см при некоторой постоянной температуре T равна 1 кВт. Найти эту температуру, считая шар серым телом с коэффициентом поглощения $a_{\tau} = 0,25$.

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 5

1. Пучок света ($\lambda = 582$ нм) падает перпендикулярно к поверхности стеклянного клина. Угол клина $\gamma = 20''$. Какое число k_0 темных интерференционных полос приходится на единицу длины клина? Показатель преломления стекла $n = 1,5$.

2. Какое число штрихов N_0 на единицу длины имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ртути ($\lambda = 546,1$ нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом $\varphi = 19^\circ$?

3. На рис. 129 дана кривая зависимости спектральной энергетической светимости абсолютно черного тела r_λ от длины волны λ при некоторой температуре. К какой температуре T относится эта кривая? Какой процент излучаемой энергии приходится на долю видимого спектра при этой температуре?

4. Вакуумный фотоэлемент состоит из центрального катода (вольфрамового шарика) и анода (внутренней поверхности посеребренной изнутри колбы). Контрактная разность потенциалов между электродами $U_0 = 0,6$ В ускоряет вылетающие электроны. Фотоэлемент освещается светом с длиной волны $\lambda = 230$ нм. Какую задерживающую разность потенциалов U надо приложить между электродами, чтобы фототок упал до нуля? Какую скорость v получают электроны, когда они долетят до анода, если не прикладывать между катодом и анодом разности потенциалов?

5. Энергия рентгеновских лучей $\varepsilon = 0,6$ мэВ. Найти энергию W_e электрона отдачи, если длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния изменилась на 20%.

6. Определить температуру T абсолютно черного тела, при которой максимум спектральной плотности излучательной способности $(r_{\lambda,T})_{\max}$ приходится на красную границу видимого спектра ($\lambda_1 = 750$ нм); на фиолетовую ($\lambda_2 = 380$ нм).

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 6

1. Тонкая пленка с показателем преломления 1,5 освещается светом с длиной волны $\lambda = 600$ нм. При какой минимальной толщине пленки исчезнут интерференционные полосы?

2. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки. Какова должна быть постоянная d дифракционной решетки, чтобы в направлении $\varphi = 41^\circ$ совпадали максимумы линий $\lambda_1 = 656,3$ нм и $\lambda_2 = 410,2$ нм?

3. На какую длину волны λ приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, имеющего температуру, равную температуре $t = 37^\circ\text{C}$ человеческого тела, т. е. $T = 310$ К?

4. Одна из пластин незаряженного плоского конденсатора освещается рентгеновскими лучами, вырывающими из нее электроны со скоростью $v = 10^6$ м/с. Электроны собираются на второй пластине. Через какое время t фототок между пластинами прекратится, если с каждого квадратного сантиметра площади вырывается каждую секунду $n = 1 \cdot 10^{13}$ электронов? Расстояние между пластинами $d = 10$ мм.

5. Найти наименьшую $\lambda_{\min}$ и наибольшую $\lambda_{\max}$ длины волн спектральных линий водорода в видимой области спектра.

6. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,4$ МэВ рассеялся под углом $\theta = 90^\circ$ на свободном электроне. Определить энергию ε рассеянного фотона и кинетическую энергию T электрона отдачи.

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 7

1. Установка для получения колец Ньютона освещается белым светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. Радиус кривизны линзы $R = 5$ м. Наблюдение ведется в проходящем свете. Найти радиусы r_c и $r_{кр}$ четвертого синего кольца ($\lambda_c = 400$ нм) и третьего красного кольца ($\lambda_{кр} = 630$ нм).

2. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию λ_2 в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия ($\lambda_1 = 670$ нм) спектра второго порядка?

3. Абсолютно черное тело имеет температуру $T_1 = 2900$ К. В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на $\Delta\lambda = 9$ мкм. До какой температуры T_2 охладилось тело?

4. Кванты света с энергией $W = 7,9 \cdot 10^{-19}$ Дж вырывают фотоэлектроны из металла с работой выхода $A_v = 7,2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Найти максимальный импульс p , передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

5. Найти наибольшую длину волны λ_{max} в ультрафиолетовой области спектра водорода. Какую наименьшую скорость v_{min} должны иметь электроны, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами электронов появилась эта линия?

6. При увеличении термодинамической температуры T абсолютно черного тела в два раза длина волны λ_m , на которую приходится максимум спектральной плотности излучательной способности $(r_{\lambda,T})_{max}$, уменьшилась на $\Delta\lambda = 400$ нм. Определить начальную и конечную температуры T_1 и T_2 .

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 8

1. Установка для получения колец Ньютона освещается светом от ртутной дуги, падающим по нормали к поверхности пластинки. Наблюдение ведется в проходящем свете. Какое по порядку светлое кольцо, соответствующее линии $\lambda_1 = 579,1$ нм, совпадает со следующим светлым кольцом, соответствующим линии $\lambda_2 = 577$ нм?

2. На дифракционную решетку нормально падает пучок монохроматического света. Максимум третьего порядка наблюдается под углом $\varphi = 36^{\circ}48'$ к нормали. Найти постоянную d решетки, выраженную в длинах волн падающего света.

3. Температура T абсолютно черного тела изменилась при нагревании от 1000 до 3000 К. Во сколько раз увеличилась при этом его энергетическая светимость R_3 ? На сколько изменилась длина волны λ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости r_λ ?

4. Катод фотоэлемента освещается монохроматическим светом с длиной волны λ . При отрицательном потенциале на аноде, равном $U_1 = 1,6$ В, ток в цепи прекращается. При изменении длины волны света в $n = 1,5$ раза ток в цепи прекращается при отрицательном напряжении $U_2 = 1,8$ В. Определите работу выхода $A_{\text{в}}$ электронов с поверхности катода.

5. В каких пределах должна лежать энергия бомбардирующих электронов, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами этих электронов спектр водорода имел только одну спектральную линию?

6. Температура T абсолютно черного тела равна 2кК. Определить 1) спектральную плотность излучательной способности $r_{\lambda,T}$ для длины волны $\lambda = 600$ нм; 2) излучательную способность R_e в интервале длин волн от $\lambda_1 = 590$ нм до $\lambda_2 = 610$ нм. Принять, что средняя спектральная плотность излучательной способности тела в этом интервале равна значению, найденному для длины волны $\lambda = 600$ нм.

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 9

1. На тонкую стеклянную пластинку, покрытую очень тонкой пленкой, показатель преломления n_2 вещества которой равен 1,4, падает нормально направленный пучок монохроматического света ($\lambda = 0,6$ мкм). Отраженный свет максимально ослаблен вследствие интерференции. Определить толщину d пленки.

2. Кольца Ньютона наблюдаются с помощью двух одинаковых плосковыпуклых линз радиусом кривизны R равным 1 м, сложенных вплотную выпуклыми поверхностями (плоские поверхности линз параллельны). Определить радиус r_2 второго светлого кольца, наблюдаемого в отраженном свете ($\lambda = 600$ нм) при нормальном падении света на поверхность верхней линзы.

3. На щель шириной $a = 0,1$ мм нормально падает параллельный пучок света от монохроматического источника ($\lambda = 0,6$ мкм). Определить ширину l центрального максимума в дифракционной картине, проецируемой с помощью линзы, находящейся непосредственно за щелью, на экран отстоящий от линзы на расстоянии $\Delta = 1$ м.

4. Для прекращения фотоэффекта, вызванного облучением ультрафиолетовым светом платиновой пластинки, нужно приложить задерживающую разность потенциалов $U_1 = 3,7$ В. Если платиновую пластинку заменить другой пластинкой, то задерживающую разность потенциалов придется увеличить до 6 В. Определить работу выхода электронов с поверхности этой пластинки.

5. В результате эффекта Комптона фотон при соударении с электроном был рассеян на угол $\theta = 90^\circ$. Энергия ε' рассеянного фотона равна 0,4 МэВ. Определить энергию ε фотона до рассеяния.

6. Муфельная печь потребляет мощность $P = 1$ кВт. Температура T её внутренней поверхности при открытом отверстии площадью $S = 25$ см² равна 1,2 кК. Считая, что отверстие печи излучает как абсолютно черное тело, определить, какая часть ε мощности рассеивается стенками.

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Вариант 10

1. На стеклянный клин нормально к его грани падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм. В возникшей при этом интерференционной картине на отрезке длиной $l = 1$ см наблюдается 10 полос. Определить преломляющий угол α клина.

2. В установке для наблюдения колец свет с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм падает нормально на плосковыпуклую линзу с радиусом кривизны $R_1 = 1$ м, положенную выпуклой стороной на вогнутую поверхность плосковогнутой линзы с радиусом кривизны $R_2 = 2$ м. Определить радиус r_3 третьего темного кольца Ньютона, наблюдаемого в отраженном свете.

3. На диафрагму с круглым отверстием радиусом $r = 1$ мм падает нормально параллельный пучок света длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. На пути лучей, прошедших через отверстие, помещают экран. Определить максимальное расстояние $b_{\max}$ от центра отверстия до экрана, при котором в центре дифракционной картины еще будет наблюдаться темное пятно.

4. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 307$ нм и максимальная кинетическая энергия $T_{\max}$ фотоэлектрона равна 1 эВ.

5. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,75$ МэВ рассеялся на свободном электроне под углом $\theta = 60^\circ$. Принимая, что кинетическая энергия и импульс электрона до соударения с фотоном были пренебрежимо малы, определить: 1) энергию ε' рассеянного фотона; 2) кинетическую энергию T электрона отдачи; 3) направление его движения.

6. Максимальная спектральная плотность излучательной способности $(r_{\lambda,T})_{\max}$ абсолютно черного тела равна $4,16 \cdot 10^{11} \frac{\text{Вт} / \text{м}^2}{\text{м}}$. На какую длину волны λ_m оно приходится?

ЛИТЕРАТУРА

1. **Савельев И.В.** Курс общей физики. Книги 1, 2, 3, 4, 5. - М.: Наука Физматлит, 1998. Кн. 1 336 с.; Кн. 2 336 с.; Кн. 3 208 с.; Кн. 4 256 с.; Кн. 5 368 с.

2. **Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б.** Курс физики. Т. 1, 2, 3. - М.: Высшая школа, 1973–1979. Т. 1, 384 с.; Т. 2, 375 с.; Т. 3, 511 с.
3. **Детлаф А.А., Яворский Б.М.** Курс физики. - М.: Высшая школа, 1989. - 608 с., 1999. - 718 с.
4. **Трофимова Т.И.** Курс физики. - М.: Высшая школа, , 1985. - 352 с., 1996. - 432 с., 1997. - 512 с., 1998. - 542 с.
5. **Зисман Г.А., Тодес О.М.** Курс общей физики Т.1, 2,3. – Киев: Дніпро, 1994. Т.1, 350с.; Т. 2, 383с.; Т.3. 512 с.
6. **Сивухин Л.В.** Общий курс физики. - М.: Наука, 1979-1989.-Т.I-V.