

Министерство образования Республики Беларусь

БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра “Экспериментальная и теоретическая физика“

Ю.А.Бумай

В.А.Вилькоцкий

Д.С.Доманевский

В.Э.Малаховская

А.М.Новоселов

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ И
ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

В трех частях

ЧАСТЬ III “ОПТИКА, ЭЛЕМЕНТЫ АТОМНОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ”

М и н с к 2 0 0 2

УДК 53 (075.4)

Бумай Ю.А., Вилькоцкий В.А., Доманевский Д.С., Малаховская В.Э., Новоселов А.М. Контрольные работы и методические указания по общей физике для студентов заочного отделения инженерно-технических и инженерно-педагогических специальностей. Часть III “Оптика, элементы атомной и ядерной физики” - Мн.:БГПА, 2002.- 53 с.

Методическое пособие предназначено для самостоятельной работы и контроля знаний по разделам “Оптика”, “Атомная и ядерная физика” учебной дисциплины ”Общая физика” для студентов заочного отделения инженерно-технических и инженерно-педагогических специальностей БГПА. В пособие включена рабочая программа дисциплины по данным разделам, набор задач и таблицы вариантов контрольных работ, а также основные понятия, формулы и справочные значения физико-химических величин, необходимые для выполнения контрольных работ. Пособие может быть использовано также для контроля знаний по соответствующим разделам общей физики студентов дневной формы обучения.

Рецензент Д.А.Русакевич

© Ю.А.Бумай, В.А.Вилькоцкий, Д.С.Доманевский, В.Э.Малаховская,
А.М.Новоселов 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Общие методические указания к выполнению контрольных работ.....	4
Раздел “Оптика, элементы атомной и ядерной физики” рабочей программы курса общей физики.....	7
Рекомендуемая литература.....	10
Учебные материалы.....	11
1. Оптика, элементы атомной и ядерной физики	11
1.1. Основные понятия и формулы.....	11
1.2. Контрольные задачи	22
2. Таблицы вариантов контрольных работ....	47
Приложения.....	49

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. За время изучения курса общей физики студент заочник должен представить в учебное заведение в зависимости от специальности от трех до шести контрольных работ (по разделу “Оптика, элементы атомной и ядерной физики” – одну или две контрольные работы). **Работа сдается на проверку не позднее чем за месяц до начала экзаменационной сессии.**

2. Перед выполнением контрольных работ необходимо ознакомиться с материалом, указанным в рабочей программе, изучить соответствующие разделы рекомендованной учебной литературы. Необходимо иметь в виду, что формулы и основные положения, приведенные в данном пособии, носят справочный характер. За разъяснением вызывающих трудности вопросов курса необходимо обратиться к лектору или преподавателю - консультанту на кафедру, осуществляющую преподавание физики для данной специальности. В период подготовки к выполнению контрольных работ и самопроверки рекомендуется решение задач из любого из рекомендованных сборников задач по курсу общей физики.

3. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются по таблице вариантов. Выбор номера варианта осуществляется по последней цифре номера персональной зачетной книжки. В отдельных случаях вариант назначается преподавателем индивидуально.

4. Контрольные работы нужно выполнять черными или синими чернилами в школьной тетради, на обложке которой привести необходимые сведения по следующему образцу:

Студент ***** факультета БНТУ

Ф. И. О.

Шифр специальности ***** Группа *****

Адрес: г. ***** , ул. ***** дом ***, кв. ***

Контрольная работа N *** по физике

5. Условия задач в контрольной работе необходимо переписывать **полностью, без сокращений**. Для **замечаний преподавателя и работы над ошибками оставлять страницу**. Решение каждой задачи необходимо начинать с другой страницы.

6. В конце контрольной работы указать, каким учебником или учебным пособием студент пользовался при изучении физики и решении задач (название учебника, автор, год издания). Это делается для того, чтобы рецензент в случае необходимости мог выяснить, откуда появилась та или иная формула, используемая при решении задачи, правильность ее понимания студентом, или указать, что следует студенту изучить для завершения контрольной работы. Табличные значения физических величин, необходимых для решения большинства задач, приведены в конце пособия в приложении. При отсутствии значения физической величины в данном пособии можно использовать значения этой величины из другой справочной литературы с обязательной ссылкой на нее при оформлении задачи. Для специальностей, требующих представления нескольких контрольных работ в течение семестра, каждую из работ необходимо высылать на рецензию в отдельной тетради. Во избежание повторения одних и тех же ошибок очередную работу желательно высылать только после получения рецензии на предыдущую.

7. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию.

8. Зачтенные контрольные работы предъявляются экзаменатору.

Студент должен быть готов во время экзамена дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

9. Решения задач следует сопровождать исчерпывающими пояснениями; в тех случаях, когда это возможно, дать чертеж, выполненный аккуратно (с помощью чертежных принадлежностей).

10. Решать задачу надо в **общем виде**, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.

11. После получения расчетной формулы для проверки ее правильности следует подставить в правую часть формулы размерности величин, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом размерность является размерностью искомой величины, т.е. совпадает с размерностью левой части. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.

12. Числовые значения величин при подстановке их в расчетную формулу следует выражать только в единицах системы **СИ**. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения величин с одинаковой размерностью, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.

13. При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 4630 надо записать $4,63 \cdot 10^3$, вместо 0,00532 записать $5,32 \cdot 10^{-3}$ и т.п.

14. Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений (см., например, приложение о приближенных вычислениях в “Задачнике по физике” А.Г. Чертова, А.А. Воробьева). Как правило, окончательный ответ следует записывать с

количеством значащих цифр после запятой соответствующих используемому при расчетах числу с наименьшим количеством значащих цифр после запятой. Это относится и к случаю, когда расчеты проводятся с применением калькуляторов, имеющих большое количество разрядов.

РАЗДЕЛЫ “ОПТИКА, ЭЛЕМЕНТЫ АТОМНОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ” РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Рабочая программа предназначена для специальностей инженерно-технического (приборостроительного, машиностроительного) и инженерно-педагогического профиля.

Оптика

Введение. Предмет оптики и эволюция представлений о природе света.

Геометрическая оптика. Границы применимости геометрической оптики. Понятие оптического луча. Законы геометрической оптики. Центрированная оптическая система. Кардинальные элементы центрированной оптической системы: фокусы, фокальные плоскости, главные плоскости и главные точки, узлы. Формула оптической системы. Дифракция. Действующая дифракция. Входной и выходной зрачок оптической системы. Светосила оптической системы. Тонкая линза. Построение изображений в оптических системах. Лупа, зрительная труба, микроскоп. Глаз и зрение.

Интерференция световых волн. Когерентность. Временная и пространственная когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Классические интерференционные опыты: бипризма Френеля, бизеркала Френеля, опыт Юнга, интерференция в тонких пленках, кольца Ньютона. Интерферометры. Многолучевая интерференция. Просветленная оптика и другие практические применения интерференции.

Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на простейших преградах (круглом отверстии, крае полуплоскости). Спираль Корню. Дифракция Фраунгофера на щели и на системе щелей. Дифракционные решетки. Разновидности дифракционных решеток (амплитудные, фазовые, пропускающие, отражающие). Особенности изготовления дифракционных решеток, реплики. Применение дифракционных решеток.

Фотометрия и термодинамика излучения. Основные фотометрические величины (поток лучистой энергии, сила света, яркость, освещенность). Источники Ламберта. Особенности восприятия излучения человеческим глазом. Фотометрические и светотехнические величины. Функция видности. Тепловое излучение. Закон Кирхгофа. Энергетическая светимость. Испускательная и поглощательная способность тела. Абсолютно черное тело. Законы излучения абсолютно черного тела (формула Планка, закон Стефана-Больцмана, закон Вина). Оптическая пирометрия. Методы оптического измерения температуры.

Поляризация света. Поляризованный свет. Плоскополяризованный свет, свет, поляризованный по кругу и эллипсу. Получение поляризованного света. Двойное лучепреломление в кристаллах. Призма Николя. Поляризация света при отражении. Угол Брюстера, закон Брюстера. Оптически активные среды. Вращение плоскости поляризации.

Дисперсия света. Явление дисперсии. Опыты Ньютона. Нормальная и аномальная дисперсии. Электронная теория дисперсии.

Перенос излучения в мутных средах. Классификация мутных сред (дымы, туманы, взвеси, суспензии, мутные твердые тела). Ослабление излучения в мутных средах. Поглощение и рассеяние излучения. Закон Бугера.

Квантовые свойства света. Фотоэффект и уравнение Эйнштейна. Внешний и внутренний фотоэффект. Фотогальванический эффект. Эффект

Комптона и импульс фотона. Элементарная теория эффекта Комптона. Давление света. Опыты Лебедева.

Фотохимическое действие света. Фотохимическое действие света. Законы фотохимии. Сенсibilизаторы. Физические основы фотографии. Цветная фотография. Голография. Физические принципы и техническая реализация голографии.

Элементы атомной физики

Строение атома. Опыты Резерфорда. Постулаты Бора. Теория водородного атома. Спектральные серии и уровни энергии. Недостатки теории Бора. Гипотеза де Бройля. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Квантование энергии на примере частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры. Свойства лазерного излучения и его применение в технологических процессах. Элементы нелинейной оптики.

Элементы ядерной физики

Атомное ядро. Ядерные реакции. Закон радиоактивного распада. Цепная реакция деления ядер. Ядерные реакторы. Термоядерная реакция синтеза. Проблема источников энергии и возможные пути ее решения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.3,2. М.: Наука, 1977-1979.
2. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. М.: Наука, 1972-1974, Т.3;

Киев: Дніпро, 1994, Т.3.

3. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1985.
4. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс физики. Т.3. М.: Высшая школа, 1973-1979.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.4, Оптика. М., Наука, 1985.
6. Саржевский А.М.. Оптика. Минск, Изд. Университетское, 1984.
7. Чертов А.Г., Воробьев А.А., Федоров М.Ф. Задачник по физике. М.: Высшая школа, 1981.
8. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. М.: Наука, 1979.
9. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общему курсу физики. М.: Наука, 1982.

Дополнительная

1. Лансберг Г.С. Оптика. М.: Наука, 1976.
2. Фейнман Р., Лейтон С. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1977, вып. 3.
3. Бутиков Е.И.. Оптика. М., Высшая школа, 1986.
4. Калитеевский Н.И. Волновая оптика. -М.: Высшая школа, 1978.
5. Шпольский Э. В. Атомная физика. -М.: Наука, 1974, Т.1-2.
6. Китайгородский А.И. Введение в физику. М.: Наука 1973.
7. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. М.: Наука, 1977.
8. Чертов А.Г. Единицы физических величин. М.: Высшая школа, 1977.
9. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. М.: Наука, 1979.
10. Кошкин Н., Васильчикова Е. Элементарная физика. Справочник. М.: АО

Столетие, 1996.

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. ОПТИКА, ЭЛЕМЕНТЫ АТОМНОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

1.1. Основные понятия и формулы

Скорость света в среде

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

где c — скорость света в вакууме; n — показатель преломления среды.

Оптическая длина пути световой волны

$$L = n l,$$

где l — геометрическая длина пути световой волны в среде с показателем преломления n .

Оптическая разность хода двух световых волн

$$\Delta = L_1 - L_2.$$

Зависимость разности фаз от оптической разности хода световых волн

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda},$$

где λ — длина световой волны.

Условие усиления света при интерференции

$$\Delta = \pm k \lambda, \text{ где } k=0, 1, 2, 3, \dots$$

Условие ослабления света

$$\Delta = \pm(2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \text{ где } k=0, 1, 2, 3, \dots$$

Оптическая разность хода световых волн, возникающая при отражении монохроматического света от тонкой пленки

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} \pm \frac{\lambda}{2} \text{ или } \Delta = 2dn \cos i_2 \pm \frac{\lambda}{2}$$

где d — толщина пленки; n — показатель преломления пленки; i_1 — угол падения; i_2 — угол преломления света в пленке.

Расстояние между двумя интерференционными полосами на экране, расположенном параллельно двум когерентным источникам света

$$\Delta y = \frac{d}{L} \lambda,$$

где L — расстояние от источников света до экрана, d — расстояние между источниками ($d \ll L$).

Радиус светлых колец Ньютона в отраженном свете

$$r_k = \sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2}},$$

где $k=1, 2, 3, \dots$ — номер кольца; R — радиус кривизны.

Радиус темных колец Ньютона в отраженном свете

$$r_k = \sqrt{kR\lambda}, \text{ где } k=1, 2, 3, \dots$$

Угол φ отклонения лучей, соответствующий максимуму (светлая полоса) при дифракции на одной узкой щели, определяется из условия

$$a \sin \varphi = (2k+1) \frac{\lambda}{2}, \text{ где } k=0, 1, 2, 3, \dots,$$

где a — ширина щели; k — порядковый номер максимума.

Угол φ отклонения лучей, соответствующий минимуму (светлая полоса) при дифракции на узкой щели, определяется из условия

$$a \sin \varphi = k \lambda, \text{ где } k=1, 2, 3, \dots,$$

где a — ширина щели; k — порядковый номер максимума.

Угол φ отклонения лучей, соответствующий максимуму (светлая полоса) при дифракции света на дифракционной решетке, определяется из условия

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda, \text{ где } k=0, 1, 2, 3, \dots,$$

где d — период дифракционной решетки, k — порядковый номер максимума (порядок спектра).

Радиус внешней границы m -ой зоны Френеля

$$r_m = \sqrt{m \frac{ab}{a+b} \lambda},$$

где a — расстояние от источника света до волновой поверхности, b — расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения.

Разрешающая способность дифракционной решетки

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN,$$

где $\Delta\lambda$ — наименьшая разность длин волн двух соседних спектральных линий (λ и $\lambda + \Delta\lambda$), при которой эти линии могут быть видны отдельно в спектре, полученном посредством данной решетки; N — полное число щелей решетки.

Угловая дисперсия дифракционной решетки

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

Линейная дисперсия дифракционной решетки

$$D_{\text{лин}} = F \frac{d\varphi}{d\lambda} = FD,$$

где F — фокусное расстояние линзы, проектирующей спектр на экран.

Формула Вульфа — Брэгга

$$2d \sin \theta = k\lambda,$$

где θ — угол скольжения (угол между направлением параллельного пучка рентгеновского излучения, падающего на кристалл, и атомной плоскостью в кристалле); d — расстояние между атомными плоскостями кристалла.

Разрешающая способность (разрешающая сила) объектива

$$R = \frac{1}{d\psi} = \frac{D}{1,22\lambda},$$

где $d\psi$ — наименьшее угловое расстояние между двумя точками, при котором они еще разрешаются оптическим прибором, D - диаметр объектива, λ - длина волны света.

Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = n_{21},$$

где ε_B — угол падения, при котором отразившийся от диэлектрика луч полностью поляризован; n_{21} — относительный показатель преломления второй среды относительно первой.

Закон Малюса

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

где I_0 — интенсивность плоскополяризованного света, падающего на анализатор; I — интенсивность этого света после анализатора; α — угол между направлением колебаний электрического вектора света, падающего на анализатор, и плоскостью пропускания анализатора (если колебания электрического вектора падающего света совпадают с этой плоскостью, то анализатор пропускает данный свет без ослабления).

Угол поворота плоскости поляризации монохроматического света при прохождении через оптически активное вещество:

а) $\varphi = \alpha d$ (в твердых телах),

где α — постоянная вращения; d — длина пути, пройденного светом в оптически активном веществе;

б) $\varphi = [\alpha] \rho d$ (в растворах),

где $[\alpha]$ — удельное вращение; ρ — массовая концентрация оптически активного вещества в растворе.

Релятивистская масса

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (\beta)^2}},$$

где m_0 — масса покоя частицы; v — ее скорость; c — скорость света в вакууме; β — скорость частицы, выраженная в долях скорости света ($\beta = v/c$).

Взаимосвязь массы и энергии релятивистской частицы

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{E_0}{\sqrt{1 - (\beta)^2}},$$

где $E_0 = m_0 c^2$ — энергия покоя частицы.

Полная энергия свободной частицы

$$E = E_0 + T,$$

где T — кинетическая энергия релятивистской частицы.

Кинетическая энергия релятивистской частицы

$$T = (m - m_0)c^2 = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (\beta)^2}} - 1 \right).$$

Импульс релятивистской частицы

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = m_0 c \frac{\beta}{\sqrt{1 - (\beta)^2}}.$$

Связь между полной энергией и импульсом релятивистской частицы

$$E^2 = E_0^2 + (pc)^2$$

Закон Стефана—Больцмана

$$R_e = \sigma T^4,$$

где R_e — энергетическая светимость абсолютно черного тела, σ — постоянная

Стефана—Больцмана; T — термодинамическая температура Кельвина.

Если тело не является абсолютно черным, то закон Стефана—Больцмана применяют в виде

$$R_e = a\sigma T^4,$$

где a — коэффициент (степень) черноты тела ($a < 1$).

Закон смещения Вина

$$\lambda_m = \frac{b}{T},$$

где λ_m — длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения; b — постоянная Вина.

Максимальная спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела

$$(r_{\lambda,T})_{\max} = C_1 T^5,$$

где $C_1 = 1,29 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м³ К⁵).

Энергия фотона

$$\varepsilon = h\nu = \hbar\omega,$$

где h — постоянная Планка; \hbar — постоянная Планка, деленная на 2π ; ν — частота фотона; ω — циклическая частота.

Масса фотона

$$m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}.$$

где c — скорость света в вакууме; λ — длина волны фотона.

Импульс фотона

$$p = mc = \frac{h}{\lambda}.$$

Формула Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A + T_{\max} = A + \frac{m\nu_{\max}^2}{2}$$

где $h\nu$ — энергия фотона, падающего на поверхность металла; A — работа выхода электрона; T_{\max} — максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона.

Красная граница фотоэффекта

$$\nu_0 = \frac{A}{h}, \text{ или } \lambda_0 = \frac{hc}{A}$$

где ν_0 — минимальная частота света, при которой еще возможен фотоэффект; λ_0 — максимальная длина волны света, при которой еще возможен фотоэффект; h — постоянная Планка; c — скорость света в вакууме.

Формула Комптона

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta) = 2\frac{h}{m_0c} \sin^2 \frac{\theta}{2},$$

где λ_1 — длина волны фотона, встретившегося со свободным или слабосвязанным электроном; λ_2 — длина волны фотона, рассеянного на угол θ после столкновения с электроном; m_0 — масса покоящегося электрона.

Комптовская длина волны

$$\Lambda = \frac{h}{m_0c}.$$

Давление света при нормальном падении на поверхность

$$P = \frac{E_e(1 + \rho)}{c} = w(1 + \rho),$$

где E_e — энергетическая освещенность, w — объемная плотность энергии излучения; ρ — коэффициент отражения.

Момент импульса электрона согласно теории Бора для атома водорода

$$L_n = m\nu_n r_n = \hbar n,$$

где m — масса электрона; ν_n — скорость электрона на n -й орбите; r_n — радиус

n -й стационарной орбиты; $\hbar = h/2\pi$ — постоянная Планка; n — главное квантовое число ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Радиус n -й стационарной орбиты

$$r_n = a_0 n^2,$$

где a_0 — первый боровский радиус.

Энергия электрона в атоме водорода

$$E_n = \frac{E_i}{n^2},$$

где E_i — энергия ионизации атома водорода.

Энергия, излучаемая или поглощаемая атомом водорода,

$$\varepsilon = \hbar\omega = E_{n_2} - E_{n_1} = E_i \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right),$$

где n_1 и n_2 — квантовые числа, соответствующие энергетическим уровням, между которыми совершается переход электрона в атоме.

Спектроскопическое волновое число

$$\nu = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right),$$

где λ — длина волны излучения или поглощения атомом; R — постоянная Ридберга.

Длина волны де Бройля

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p},$$

где p — импульс частицы.

Импульс частицы и его связь с кинетической энергией T :

а) $p = m_0 v = \sqrt{2m_0 T}$ при $v \ll c$ (нерелятивистский случай),

$$\text{б) } p = m v = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{1}{c} \sqrt{(2E_0 + T)T} \text{ при } v \leq c \text{ (релятивистский случай),}$$

где m_0 — масса покоя частицы; m — релятивистская масса; v — скорость частицы; c — скорость света в вакууме; E_0 — энергия покоя частицы ($E_0 = m_0 c^2$)

Соотношение неопределенностей:

$$\text{а) } \Delta p_x \Delta x \geq \hbar \text{ (для координаты и импульса),}$$

где Δp_x , — неопределенность проекции импульса на ось X , Δx — неопределенность координаты;

$$\text{б) } \Delta E \Delta t \geq \hbar \text{ (для энергии и времени),}$$

где ΔE — неопределенность энергии; Δt — время жизни квантовой системы в данном энергетическом состоянии.

Одномерное уравнение Шредингера для стационарных состояний

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0,$$

где $\psi = \psi(x)$ — волновая функция, описывающая состояние частицы; m — масса частицы; E — полная энергия; $U = U(x)$ — потенциальная энергия частицы.

Плотность вероятности

$$\frac{dw(x)}{dx} = |\Psi(x)|^2,$$

где $dw(x)$ — вероятность того, что частица может быть обнаружена вблизи точки с координатой x на участке dx .

Вероятность обнаружения частицы в интервале от x_1 до x_2

$$w = \int_{x_1}^{x_2} |\Psi(x)|^2 dx.$$

Решение уравнения Шредингера для одномерного, бесконечно глубокого, прямоугольного потенциального ящика:

а) $\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{\pi n}{l} x$ (собственная нормированная волновая функция);

б) $E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2ml^2}$ (собственное значение энергии),

где n —квантовое число ($n=1, 2, 3, \dots$); l —ширина ящика. В области $0 < x < l$ $U=\infty$ и $\psi(x)=0$.

Массовое число ядра (число нуклонов в ядре)

$$A = Z + N,$$

где Z — зарядовое число (число протонов); N — число нейтронов.

Закон радиоактивного распада

$$dN = -\lambda N dt, \text{ или } N = N_0 e^{-\lambda t},$$

где dN — число ядер, распадающихся за интервал времени dt , N — число ядер, не распавшихся к моменту времени t ; N_0 — число ядер в начальный момент ($t_0=0$); λ — постоянная радиоактивного распада.

Число ядер, распавшихся за время t ,

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t}).$$

В случае, если интервал времени Δt , за который определяется число распавшихся ядер, много меньше периода полураспада $T_{1/2}$, то число распавшихся ядер можно определить по формуле

$$\Delta N = N_0 \lambda \Delta t.$$

Зависимость периода полураспада от постоянной радиоактивного распада

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

Среднее время τ жизни радиоактивного ядра, т. е. интервал времени, за который число нераспавшихся ядер уменьшается в e раз,

$$\tau = \frac{1}{\lambda}.$$

Число атомов N , содержащихся радиоактивном изотопе,

$$N = \frac{N_A m}{\mu},$$

где m —масса изотопа; μ —молярная масса; N_A — постоянная Авогадро.

Активность A радиоактивного изотопа

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t},$$

где dN — число ядер, распадающихся за интервал времени dt ; A_0 — активность изотопа в начальный момент времени.

Удельная активность изотопа

$$a = \frac{A}{m}.$$

Дефект массы ядра,

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m_{\text{ядр}},$$

где Z — зарядовое число (число протонов в ядре); A — массовое число (число нуклонов в ядре); $(A - Z)$ — число нейтронов в ядре; m_p — масса протона; m_n — масса нейтрона; $m_{\text{ядр}}$ — масса ядра.

Изменение энергии при ядерной реакции определяется соотношением

$$\Delta W = (\sum M_1 - \sum M_2) c^2$$

где $\sum M_1$ —сумма масс частиц до реакции и $\sum M_2$ —сумма масс частиц после реакции. Если $\sum M_1 > \sum M_2$, то реакция идет с выделением энергии, если же $\sum M_1 < \sum M_2$, то реакция идет с поглощением энергии. Отметим, что в последнюю формулу так же, как и при вычислении энергии связи ядра, мы можем подставлять массу изотопов, а не ядер, так как поправки на массу электронов оболочки входят с разными знаками и поэтому исключаются.

Энергия связи ядра

$$E_{\text{св}} = \Delta m c^2,$$

где Δm — дефект массы ядра; c — скорость света в вакууме. Во внесистемных единицах энергия связи ядра равна $E_{\text{св}} = 931 \Delta m$, где дефект массы Δm — в а.е.м.; 931 — коэффициент пропорциональности (1 а.е.м. ~ 931 МэВ).

1.2. Контрольные задачи

1. На пути пучка света поставлена стеклянная пластина толщиной $d=1$ мм так, что угол падения луча $i_1=30^\circ$. На сколько изменится оптическая длина пути светового пучка?

2. На мыльную пленку с показателем преломления $n=1,33$ падает по нормали монохроматический свет с длиной волны $\lambda=0,6$ мкм. Отраженный свет в результате интерференции имеет наибольшую яркость. Какова наименьшая возможная толщина d_{min} пленки?

3. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой находится жидкость. Найти показатель преломления жидкости, если радиус r_3 третьего темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете с длиной волны $\lambda=0,6$ мкм равен 0,82 мм. Радиус кривизны линзы $R=0,5$ м.

4. Радиус второго темного кольца Ньютона в отраженном свете $r_2=0,4$ мм. Определить радиус R кривизны плосковыпуклой линзы, взятой для опыта, если она освещается монохроматическим светом с длиной волны $\lambda=0,64$ мкм.

5. На тонкую пленку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda=500$ нм. Отраженный от нее свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину d_{min} пленки, если показатель преломления материала пленки $n=1,4$.

6. Расстояние L от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1 м. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной $l=1$ см

укладывается $N=10$ темных интерференционных полос. Длина волны $\lambda=0,7$ мкм.

7. На стеклянную пластину положена выпуклой стороной плосковыпуклая линза. Сверху линза освещена монохроматическим светом длиной волны $\lambda=500$ нм, найти радиус R линзы, если радиус четвертого, темного кольца Ньютона в отраженном свете $r_4=2$ мм.

8. На тонкую глицериновую пленку толщиной $d=1,5$ мкм нормально к ее поверхности падает белый свет. Определить длины волн лучей видимого участка спектра ($0,4<\lambda<0,8$ мкм), которые будут ослаблены в результате интерференции.

9. На стеклянную пластину нанесен тонкий слой прозрачного вещества с показателем преломления $n=1,3$. Пластина освещена параллельным пучком монохроматического света с длиной волны $\lambda=640$ нм, падающим на пластинку нормально. Какую минимальную толщину d_{\min} должен иметь слой, чтобы отраженный пучок имел наименьшую яркость?

10. На тонкий стеклянный клин падает нормально параллельный пучок света с длиной волны $\lambda=500$ нм. Расстояние между соседними темными интерференционными полосами в отраженном свете $b=0,5$ мм. Определить угол α между поверхностями клина. Показатель преломления стекла, из которого изготовлен клин, $n=1,6$.

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

12. Между двумя плоскопараллельными пластинами на расстоянии $L=10$ см от границы их соприкосновения находится проволока диаметром $d=0,01$ мм, образуя воздушный клин. Пластины освещаются нормально

падающим монохроматическим светом ($\lambda=0,6$ мкм). Определить ширину b интерференционных полос, наблюдаемых в отраженном свете.

13. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается нормально падающим монохроматическим светом ($\lambda=590$ нм). Радиус кривизны R линзы равен 5 см. Определить толщину d_3 воздушного промежутка в том месте, где в отраженном свете наблюдается третье светлое кольцо.

14. Точечный источник света с $\lambda=500$ нм помещен на расстоянии $a=0,500$ м перед непрозрачной преградой с отверстием радиуса $r=0,500$ мм. Определить расстояние b от преграды до точки, для которой число m открываемых отверстием зон Френеля будет равно: а) 1, б) 5, в) 10.

15. Точечный источник света с $\lambda=550$ нм помещен на расстоянии $a=1,00$ м перед непрозрачной преградой с отверстием радиуса $r=2,00$ мм.

а) Какое минимальное число m_{\min} открытых зон Френеля может наблюдаться при этих условиях?

б) При каком значении расстояния b от преграды до точки наблюдения получается минимально возможное число открытых зон?

в) При каком радиусе r отверстия может оказаться в условиях данной задачи открытой только одна центральная зона Френеля?

16. Исходя из определения зон Френеля, найти число m зон Френеля, которые открывает отверстие радиуса r для точки, находящейся на расстоянии b от центра отверстия, в случае если волна, падающая на отверстие, плоская.

17. На непрозрачную преграду с отверстием радиуса $r=1,000$ мм падает плоская монохроматическая световая волна. Когда расстояние от преграды до установленного за ней экрана равно $b_1=0,575$ м, в центре дифракционной картины наблюдается максимум интенсивности. При увеличении расстояния до значения $b_2=0,862$ м максимум интенсивности сменяется минимумом. Определить длину волны λ света.

18. Интенсивность, создаваемая на экране некоторой

монохроматической световой волной в отсутствие преград, равна I_0 . Какова будет интенсивность I в центре дифракционной картины, если на пути волны поставить преграду с круглым отверстием, открывающим: а) 1-ю зону Френеля, б) половину 1-й зоны Френеля, в) полторы зоны Френеля, г) треть 1-й зоны Френеля?

19. Свет от монохроматического источника ($\lambda=0,6$ мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием. Диаметр отверстия 6 мм. За диафрагмой на расстоянии 3 м от нее находится экран. 1) Сколько зон Френеля укладывается в отверстии диафрагмы? 2) Каким будет центр дифракционной картины на экране: темным или светлым?

20. Вычислить радиусы первых пяти зон Френеля, если расстояние от источника света до волновой поверхности равно 1 м, расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения также равно 1 м и $\lambda=5 \cdot 10^{-7}$ м.

21. Вычислить радиусы первых пяти зон Френеля для случая плоской волны. Расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения равно 1 м. Длина волны $\lambda=5 \cdot 10^{-7}$ м.

22. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии l от точечного источника монохроматического света ($\lambda=6 \cdot 10^{-5}$ см). На расстоянии $0,5l$ от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром 1 см. Чему равно расстояние l , если преграда закрывает только центральную зону Френеля?

23. На пластину с щелью, ширина которой $a=0,05$ мм, падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda=0,7$ мкм. Определить угол φ отклонения лучей, соответствующий первому дифракционному максимуму.

24. Какое наименьшее число N_{\min} штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре второго порядка можно было видеть раздельно две желтые линии натрия с длинами волн $\lambda_1=589,0$ нм и $\lambda_2=589,6$ нм?

Какова длина l такой решетки, если постоянная решетки $d=5$ мкм?

25. Дифракционная решетка, освещенная нормально падающим монохроматическим светом, отклоняет спектр третьего порядка на угол $\varphi_1=30^\circ$. На какой угол φ_2 отклоняет она спектр четвертого порядка?

26. На поверхность дифракционной решетки нормально к ее поверхности падает монохроматический свет. Постоянная дифракционной решетки в $n=4,6$ раза больше длины световой волны. Найти общее число m_{\max} дифракционных максимумов, которые теоретически можно наблюдать в данном случае.

27. На дифракционную решетку падает нормально параллельный пучок белого света. Спектры третьего и четвертого порядка частично накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре четвертого порядка накладывается граница ($\lambda=780$ нм) спектра третьего порядка?

28. На дифракционную решетку, содержащую $n=600$ штрихов на миллиметр, падает нормально белый свет. Спектр проецируется помещенной вблизи решетки линзой на экран. Определить длину l спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 11,2 м. Границы видимого спектра: $\lambda_{\text{кр}}=780$ нм, $\lambda_{\text{ф}}=400$ нм.

29. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения. Расстояние между атомными плоскостями равно 280 пм. Под углом в $\theta=65^\circ$ к атомной плоскости наблюдается дифракционный максимум первого порядка. Определить длину волны λ рентгеновского излучения.

30. На непрозрачную пластину с узкой щелью падает нормально плоская монохроматическая световая волна ($\lambda=600$ нм). Угол отклонения лучей, соответствует второму дифракционному максимуму, $\varphi=20^\circ$. Определить ширину a щели.

31. На дифракционную решетку, содержащую $n=100$ штрихов на 1 мм, нормально падает монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум второго порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на угол $\Delta\varphi=16^\circ$. Определить длину волны λ света, падающего на решетку.

32. На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет ($\lambda=410$ нм). Угол $\Delta\varphi$ между направлениями на максимумы первого и второго порядка равен $2^\circ 21''$. Определить число n штрихов на 1 мм дифракционной решетки.

33. Постоянная дифракционной решетки в $n=4$ раза больше длины световой волны монохроматического света, нормально падающего на ее поверхность. Определить угол α между двумя первыми симметричными дифракционными максимумами.

34. Расстояние между штрихами дифракционной решетки $d=4$ мкм. На решетку падает нормально свет длиной волны $\lambda=0,58$ мкм. Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

35. Определить угловую дисперсию дифракционной решетки для $\lambda=589$ нм в спектре первого порядка. Постоянная решетки равна $2,5 \cdot 10^{-4}$ см.

36. Угловая дисперсия дифракционной решетки для $\lambda=668$ нм в спектре первого порядка равна $2,02 \cdot 10^5$ рад/м. Найти период дифракционной решетки.

37. Найти линейную дисперсию (в мм/нм) дифракционной решетки предыдущей задачи, если фокусное расстояние линзы, проектирующей спектр на экран, равно 40 см.

38. На каком расстоянии друг от друга будут находиться на экране две линии ртутной дуги ($\lambda_1=577$ нм и $\lambda_2=579,1$ нм) в спектре первого порядка, полученном при помощи дифракционной решетки с периодом $2 \cdot 10^{-4}$ см? Фокусное расстояние линзы, проектирующей спектр на экран, равно 0,6 м.

39. На дифракционную решетку нормально падает пучок света. Красная линия ($\lambda = 630$ нм) видна в спектре третьего порядка под углом $\varphi = 60^\circ$. Какая спектральная линия видна под этим же углом в спектре четвертого порядка? 2) Какое число штрихов на 1 мм, длины имеет дифракционная решетка? 3) Чему равна угловая дисперсия этой решетки для линии $\lambda = 630$ нм в спектре третьего порядка?

40. Для какой длины волны дифракционная решетка с постоянной $d = 5$ мкм имеет угловую дисперсию $D = 6,3 \cdot 10^5$ рад/м в спектре третьего порядка?

41. Почему в случае отражательной решетки удается наблюдать дифракционные максимумы малых порядков при периодах решетки d , много больших длины волны λ , например, при $d \sim 1$ мм?

42. Можно ли различить невооруженным глазом два находящиеся на расстоянии 5 км столба, отстоящих друг от друга на 1 м? Диаметр зрачка принять равным 4 мм.

43. В зрительную трубу рассматривается лунная поверхность. Диаметр объектива трубы $d = 4,00$ см. При каком минимальном расстоянии a_{\min} между двумя кратерами их можно увидеть отдельно? Длину световой волны принять равной 600 нм.

44. Пластинку кварца толщиной $d = 2$ мм поместили между параллельными призмами Николя, в результате чего плоскость поляризации монохроматического света повернулась на угол $\varphi = 53^\circ$. Какой наименьшей толщины следует взять пластинку, чтобы поле зрения поляризатора стало совершенно темным?

45. Параллельный пучок света переходит из глицерина в стекло так, что пучок, отраженный от границы раздела этих сред, оказывается максимально поляризованным. Определить угол φ между падающим и преломленным пучками.

46. Кварцевую пластинку поместили между скрещенными призмами

Николя. При какой наименьшей толщине d_{\min} кварцевой пластины поле зрения между призмами Николя будет максимально просветлено? Постоянная вращения α кварца равна 27 град/мм.

47. При прохождении света через трубку длиной $l_1=20$ см, содержащую раствор сахара концентрацией $C_1=10\%$, плоскость поляризации света повернулась на угол $\varphi_1=13,3^\circ$. В другом растворе сахара, налитом в трубку длиной $l_2=15$ см, плоскость поляризации повернулась на угол $\varphi_2=5,2^\circ$. Определить концентрацию C_2 второго раствора.

48. Пучок света последовательно проходит через две призмы Николя, плоскости пропускания которых образуют между собой угол $\varphi=40^\circ$. Принимая, что коэффициент поглощения k каждой призмы равен 0,15, найти, во сколько раз пучок света, выходящий из второй призмы ослаблен по сравнению с пучком, падающим на первую призму.

49. На сколько процентов уменьшается интенсивность света после прохождения через призму Николя, если потери света составляют 10%?

50. Угол падения ε_1 луча на поверхность стекла равен 60° . При этом отраженный пучок света оказался максимально поляризованным. Определить угол ε_2 преломления луча.

51. Угол преломления луча в жидкости $i_2=35^\circ$. Определить показатель преломления n жидкости, если известно, что отраженный пучок света максимально поляризован.

52. Угол α между плоскостями пропускания поляроидов равен 50° . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в $n=8$ раз. Пренебрегая потерей света при отражении, определить коэффициент поглощения k света в поляроидах.

53. Пучок света, идущий в стеклянном сосуде с глицерином, отражается от дна сосуда. При каком угле ε падения отраженный пучок света

максимально поляризован?

54. Пучок света переходит из жидкости в стекло. Угол падения ε_1 пучка равен 60° , угол преломления $\varepsilon_2=50^\circ$. При каком угле падения ε_B пучок света, отраженный от границы раздела этих сред, будет максимально поляризован?

55. Пучок света падает на плоскопараллельную стеклянную пластину, нижняя поверхность которой находится в воде. При каком угле падения ε_B свет, отраженный от границы стекло—вода, будет максимально поляризован?

56. Частица движется со скоростью $v=c/3$, где c — скорость света в вакууме. Какую долю энергии покоя составляет кинетическая энергия частицы?

57. При какой скорости β (в долях скорости света) релятивистская масса любой частицы вещества в $n=3$ раза больше массы покоя?

58. Определить отношение релятивистского импульса электрона с кинетической энергией $T=1,53$ МэВ к комптоновскому импульсу m_0c электрона.

59. Скорость электрона $v=0,8c$ (где c — скорость света в вакууме). Зная энергию покоя электрона в единицах МэВ, определить в тех же единицах кинетическую энергию T электрона.

60. Протон имеет импульс $p=469$ МэВ/с. Какую кинетическую энергию необходимо дополнительно сообщить протону, чтобы его релятивистский импульс возрос вдвое? ($1 \text{ МэВ/с}=5,33 \times 10^{-22}$ кг м/с)

61. Во сколько раз релятивистская масса m электрона, обладающего кинетической энергией $T=1,53$ МэВ, больше массы покоя m_0 ?

62. Какую скорость β (в долях скорости света) нужно сообщить частице, чтобы ее кинетическая энергия была равна удвоенной энергии покоя?

63. При какой скорости v релятивистская масса частицы в $k=3$ раза больше массы покоя этой частицы?

64. Релятивистский электрон имел импульс $p_1=m_0c$. Определить

конечный импульс этого электрона (в единицах m_0c), если его энергия увеличилась в $n=2$ раза.

65. Определить скорость v электрона, имеющего кинетическую энергию $T=1,53$ МэВ.

66. Релятивистский протон обладал кинетической энергией, равной энергии покоя. Определить, во сколько раз возрастет его кинетическая энергия, если его импульс увеличится в $n=2$ раза.

67. Электрон движется, со скоростью $v=0,6c$, где c — скорость света в вакууме. Определить релятивистский импульс p электрона.

68. Вычислить истинную температуру T вольфрамовой раскаленной ленты, если радиационный пирометр показывает температуру $T_{\text{рад}}=2,5$ кК. Принять, что поглощательная способность для вольфрама не зависит от частоты излучения и равна $a=0,35$.

69. Вычислить энергию, излучаемую за время $t=1$ мин с площади $S=1$ см² абсолютно черного тела, температура которого $T=1000$ К.

70. Черное тело имеет температуру $T_1=500$ К. Какова будет температура T_2 тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в $n=5$ раз?

71. Длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения абсолютно черного тела, $\lambda_m=0,6$ мкм. Определить температуру T тела.

72. Температура абсолютно черного тела $T=2$ кК. Определить длину волны λ_m , на которую приходится максимум энергии излучения, и спектральную плотность энергетической светимости $(r_{\lambda,T})_{\text{max}}$ для этой длины волны.

73. Определить максимальную спектральную плотность $(r_{\lambda,T})_{\text{max}}$ энергетической светимости, рассчитанную на 1 нм в спектре излучения абсолютно черного тела. Температура тела $T=1$ К.

74. Определить температуру T и энергетическую светимость R_e абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения приходится на длину волны $\lambda_m = 600$ нм.

75. Из смотрового окошечка печи излучается поток $\Phi_e = 4$ кДж/мин. Определить температуру T печи, если площадь окошечка $S = 8$ см².

76. Поток излучения абсолютно черного тела $\Phi_e = 10$ кВт. Максимум энергии излучения приходится на длину волны $\lambda_m = 0,8$ мкм. Определить площадь S излучающей поверхности.

77. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместится с красной границы видимого спектра ($\lambda_{m1} = 780$ нм) на фиолетовую ($\lambda_{m2} = 390$ нм)?

78. Определить поглощательную способность a серого тела, для которого температура, измеренная радиационным пирометром, $T_{\text{рад}} = 1,4$ кК, тогда как истинная температура T тела равна $3,2$ кК.

79. Муфельная печь, потребляющая мощность $P = 1$ кВт, имеет отверстие площадью $S = 100$ см². Определить долю η мощности, рассеиваемой стенками печи, если температура ее внутренней поверхности равна 1 кК.

80. Средняя энергетическая светимость R поверхности Земли равна $0,54$ Дж/(см² мин). Какова должна быть температура T поверхности Земли, если условно считать, что она излучает как серое тело с коэффициентом черноты $a = 0,25$?

81. Определить энергию ϵ , массу m и импульс p фотона с длиной волны $\lambda = 1,24$ нм.

82. Красная граница фотоэффекта для цинка $\lambda_0 = 310$ нм. Определить максимальную кинетическую энергию T_{max} фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны $\lambda = 200$ нм.

83. На поверхность калия падает свет с длиной волны $\lambda = 150$ нм.

Определить максимальную кинетическую энергию T_{\max} фотоэлектронов.

84. Фотон с энергией $\varepsilon=10$ эВ падает на серебряную пластину и вызывает фотоэффект. Определить импульс p , полученный пластиной, если принять, что направления движения фотона и фотоэлектрона лежат на одной прямой, перпендикулярной поверхности пластин.

85. На фотоэлемент с катодом из лития падает свет длиной волны $\lambda=200$ нм. Найти наименьшее значение задерживающей разности потенциалов U_{\min} , которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок.

86. На пластину падает монохроматический свет ($\lambda=0,42$ мкм). Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов $U=0,95$ В. Определить работу A выхода электронов с поверхности пластины.

87. Какова должна быть длина волны излучения, падающего на платиновую пластину, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была $v_{\max}=3$ Мм/с?

88. На цинковую пластину падает пучок ультрафиолетового излучения ($\lambda=0,2$ мкм). Определить максимальную кинетическую энергию T_{\max} и максимальную скорость v_{\max} фотоэлектронов.

89. На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетового излучения ($\lambda=0,25$ мкм). Фототок прекращается при минимальной задерживающей разности потенциалов $U_{\min}=0,96$ В. Определить работу выхода A электронов из металла.

90. Определить максимальную скорость v_{\max} фотоэлектрона, вырванного с поверхности металла γ -квантом с энергией $\varepsilon=1,53$ МэВ.

91. На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda=0,1$ мкм. Красная граница фото эффекта $\lambda_0=0,3$ мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

92. На металл падает рентгеновское излучение с длиной волны $\lambda=1$

нм. Пренебрегая работой выхода, определить максимальную скорость u_{\max} фотоэлектронов.

93. На металлическую пластину направлен монохроматический пучок света с частотой $\nu=7,3 \cdot 10^{14}$ Гц. Красная граница λ_0 фотоэффекта для данного материала равна 560 нм. Определить максимальную скорость u_{\max} фотоэлектронов.

94. На цинковую пластину направлен монохроматический пучок света. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов $U=1,5$ В. Определить длину волны λ света, падающего на пластину.

95. Определить угол θ рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии $\Delta\lambda=3,63$ пм.

96. Фотон при эффекте Комптона на свободном электроном был рассеян на угол $\theta=\pi/2$. Определить Импульс p (в МэВ/с), приобретенный электроном, если энергия фотона до рассеяния была $\varepsilon_1=1,02$ МэВ ($1 \text{ МэВ}/c=5,33 \cdot 10^{-22}$ кг м/с).

97. Рентгеновское излучение ($\lambda=1$ нм) рассеивается электронами, которые можно считать практически свободными. Определить максимальную длину волны λ_{\max} рентгеновского излучения в рассеянном пучке.

98. Фотон с энергией ε_1 , равной энергии покоя электрона (m_0c^2), рассеялся на свободном электроном на угол $\theta=120^\circ$. Определить энергию ε_2 рассеянного фотона и кинетическую энергию T электрона отдачи (в единицах m_0c^2).

99. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол $\theta=\pi/2$? Энергия фотона до рассеяния $\varepsilon_1=0,51$ МэВ.

100. Определить максимальное изменение длины волны $(\Delta\lambda)_{\max}$, при

комптоновском рассеянии света на свободных электронах и свободных протонах.

101. Фотон с длиной волны $\lambda_1=15$ пм рассеялся на свободном электроне. Длина волны рассеянного фотона $\lambda_2=16$ пм. Определить угол θ рассеяния.

102. Фотон с энергией $\varepsilon_1=0,51$ МэВ был рассеян при эффекте Комптона на свободном электроне на угол $\theta=180^\circ$. Определить кинетическую энергию T электрона отдачи.

103. В результате эффекта Комптона фотон с энергией $\varepsilon_1=1,02$ МэВ рассеян на свободных электронах на угол $\theta=150^\circ$. Определить энергию ε_2 рассеянного фотона.

104. Определить угол θ , на который был рассеян квант с энергией $\varepsilon_1=1,53$ МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи $T=0,51$ МэВ.

105. Фотон с энергией $\varepsilon_1=0,51$ МэВ при рассеянии на свободном электроне потерял половину своей энергии. Определить угол рассеяния θ .

106. Определить импульс p_e электрона отдачи, если фотон с энергией $\varepsilon_1=1,53$ МэВ в результате рассеяния на свободном электроне потерял $1/3$ своей энергии.

107. Определить энергетическую освещенность E_e зеркальной поверхности, если давление p , производимое излучением, равно 40 мкПа. Излучение падает нормально к поверхности.

108. Поток энергии, излучаемой электрической лампой, $\Phi_e=600$ Вт. На расстоянии $r=1$ м от лампы перпендикулярно падающим лучам расположено круглое плоское зеркальце диаметром $d=2$ см. Определить силу F светового давления на зеркальце. Лампу рассматривать как точечный изотропный излучатель.

109. Давление p света с длиной волны $\lambda=40$ нм, падающего нормально на черную поверхность, равно 2 нПа. Определить число N фотонов, падающих за время $t=10$ с на площадь $S=1$ мм² этой поверхности.

110. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda=0,663$ мкм падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление $p=0,3$ мкПа. Определить концентрацию n фотонов в световом пучке.

111. Определить коэффициент отражения ρ поверхности, если при энергетической освещенности $E_e=120$ Вт/м² давление p света на нее оказалось равным 0,5 мкПа.

112. Давление света, производимое на зеркальную поверхность, $p=5$ мПа. Определить концентрацию n_0 фотонов вблизи поверхности, если длина волны света, падающего на поверхность, $\lambda=0,5$ мкм.

113. На расстоянии $r=5$ м от точечного монохроматического ($\lambda=0,5$ мкм) изотропного источника расположена площадка ($S=8$ мм²) перпендикулярно падающим пучкам. Определить число N фотонов, ежесекундно падающих на площадку. Мощность излучения $P=100$ Вт.

114. На зеркальную поверхность под углом $\alpha=60^\circ$ к нормали падает пучок монохроматического света ($\lambda=590$ нм). Плотность потока энергии светового потока $\Phi=1$ кВт/м². Определить давление p , производимое светом на зеркальную поверхность.

115. Свет падает нормально на зеркальную поверхность, находящуюся на расстоянии $r=10$ см от точечного изотропного излучателя. При какой мощности P излучателя давление p на зеркальную поверхность будет равным 1 мПа?

116. Свет с длиной волны $\lambda=600$ нм нормально падает на зеркальную поверхность и производит на нее давление $p=4$ мкПа. Определить число N фотонов, падающих за время $t=10$ с на площадь $S=1$ мм² этой поверхности.

117. На зеркальную поверхность площадью $S=6 \text{ см}^2$ падает нормально поток излучения $\Phi_e=0,8 \text{ Вт}$. Определить давление p и силу давления F света на эту поверхность.

118. Точечный источник монохроматического ($\lambda=1 \text{ нм}$) излучения находится в центре сферической зачерненной колбы радиусом $R=10 \text{ см}$. Определить световое давление p , производимое на внутреннюю поверхность колбы, если мощность источника $P=1 \text{ кВт}$.

119. Невозбужденный атом водорода поглощает квант излучения с длиной волны $\lambda=102,6 \text{ нм}$. Вычислить, пользуясь теорией Бора, радиус r электронной орбиты возбужденного атома водорода.

120. Определить энергию ε фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на основной уровень.

121. Вычислить по теории Бора радиус r_2 второй стационарной орбиты и скорость v_2 электрона на этой орбите для атома водорода.

122. Вычислить по теории Бора период T вращения электрона в атоме водорода, находящегося в возбужденном состоянии, определяемом главным квантовым числом $n=2$.

123. Определить изменение энергии ΔE электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с частотой $\nu=6,28 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$.

124. Во сколько раз изменится период T вращения электрона в атоме водорода, если при переходе в невозбужденное состояние атом излучил фотон с длиной волны $\lambda=97,5 \text{ нм}$?

125. На сколько изменилась кинетическая энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $\lambda=435 \text{ нм}$?

126. В каких пределах $\Delta\lambda$ должна лежать длина волн монохроматического света, чтобы при возбуждении атомов водорода квантами

этого света радиус r орбиты электрона увеличился в 16 раз?

127. В однозарядном ионе лития электрон перешел с четвертого энергетического уровня на второй. Определить длину волны λ излучения, испущенного ионом лития.

128. Электрон в атоме водорода находится на третьем энергетическом уровне. Определить кинетическую T , потенциальную $П$ и полную E энергию электрона. Ответ выразить в электрон-вольтах.

129. Фотон выбивает из атома водорода, находящегося в основном состоянии, электрон с кинетической энергией $E=10$ эВ. Определить энергию ε фотона.

130. Вычислить длину волны де Бройля λ для электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов $U=22,5$ В.

131. Вычислить длину волны де Бройля λ для протона, движущегося со скоростью $v=0,6c$ (c — скорость света в вакууме).

132. Вычислить наиболее вероятную длину волны де Бройля λ молекул азота, содержащихся в воздухе при комнатной температуре.

133. Определить энергию ΔT , которую необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его длина волны де Бройля уменьшилась от $\lambda_1=0,2$ мм до $\lambda_2=0,1$ мм.

134. На сколько по отношению к комнатной должна измениться температура идеального газа, чтобы длина волны де Бройля λ его молекул уменьшилась на 20%?

135. Параллельный пучок моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму в виде узкой прямоугольной щели, ширина которой $a=0,06$ мм. Определить скорость этих электронов, если известно, что на экране, отстоящем от щели на расстоянии $l=40$ мм, ширина центрального дифракционного максимума $b=10$ мкм.

136. При каких значениях кинетической энергии T электрона ошибка в определении длины волны де Бройля λ по нерелятивистской формуле не превышает 10%?

137. Из катодной трубки на диафрагму с узкой прямоугольной щелью нормально к плоскости диафрагмы направлен поток моноэнергетических электронов. Определить анодное напряжение трубки, если известно, что на экране, отстоящем от щели на расстоянии $l=0,5$ м, ширина центрального дифракционного максимума $\Delta x=10,0$ мкм. Ширину b щели принять равной $0,10$ мм.

138. Протон обладает кинетической энергией $T=1$ кэВ. Определить дополнительную энергию ΔT , которую необходимо ему сообщить для того, чтобы длина волны λ де Бройля уменьшилась в три раза.

139. Определить длины волн де Бройля α - частицы и протона, прошедших одинаковую ускоряющую разность потенциалов $U=1$ кВ.

140. Электрон обладает кинетической энергией $T=1,02$ МэВ. Во сколько раз изменится длина волны де Бройля, если кинетическая энергия T электрона уменьшится вдвое?

141. Кинетическая энергия T электрона равна удвоенному значению его энергии покоя ($2m_0c^2$). Вычислить длину волны λ де Бройля для такого электрона.

142. Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона, движущегося внутри сферы радиусом $R=0,05$ нм.

143. Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию T_{\min} электрона, движущегося внутри сферической области диаметром $d=0,1$ нм.

144. Определить относительную неопределенность $\Delta p/p$ импульса

движущейся частицы, если допустить, что неопределенность ее координаты равна длине волны де Бройля.

145. Используя соотношение неопределенностей, оценить наименьшие ошибки Δv в определении скорости электрона и протона, если координаты центра масс этих частиц могут быть установлены с неопределенностью 1 мкм.

146. Какова должна быть кинетическая энергия T протона в моноэнергетическом пучке, используемого для исследования структуры с линейными размерами $l \approx 10^{-13}$ см?

147. Используя соотношение неопределенностей, оценить ширину l одномерного потенциального ящика, в котором минимальная энергия электрона $E_{\min}=10$ эВ.

148. Альфа-частица находится в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике. Используя соотношение неопределенностей, оценить ширину l ящика, если известно, что минимальная энергия α -частицы $E_{\min}=8$ МэВ.

149. Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии составляет $\Delta t=10^{-8}$ с. При переходе атома в нормальное состояние испускается фотон, средняя длина волны $\langle \lambda \rangle$ которого равна 600 нм. Оценить ширину излучаемой спектральной линии $\Delta \lambda$, если не происходит ее уширения за счет других процессов.

150. Для приближенной оценки минимальной энергии электрона в атоме водорода можно предположить, что неопределенность Δr радиуса r электронной орбиты и неопределенность Δp импульса p электрона на такой орбите соответственно связаны следующим образом: $\Delta r \approx r$ и $\Delta p \approx p$. Используя эти соотношения и соотношение неопределенностей, найти значение радиуса электронной орбиты, соответствующего минимальной энергии электрона в атоме водорода.

151. Моноэнергетический пучок электронов высвечивает в центре экрана электронно-лучевой трубки пятно радиусом $r \approx 10$ см. Пользуясь соотношением неопределенностей, найти, во сколько раз неопределенность Δx координаты электрона на экране в направлении, перпендикулярном оси трубки, меньше размера r пятна. Длину L электронно-лучевой трубки принять равной 0,50 м, а ускоряющее электрон напряжение U — равным 20 кВ.

152. Среднее время жизни Δt атома в возбужденном состоянии составляет около 10^{-8} с. При переходе атома в нормальное состояние испускается фотон, средняя длина волны $\langle \lambda \rangle$ которого равна 400 нм. Оценить относительную ширину $\Delta \lambda / \lambda$, излучаемой спектральной линии, если не происходит уширения линии за счет других процессов.

153. Для приближенной оценки минимальной энергии электрона в атоме водорода можно предположить, что неопределенность Δr радиуса r электронной орбиты и неопределенность Δp импульса p электрона на такой орбите соответственно связаны следующим образом: $\Delta r \approx r$ и $\Delta p \approx p$. Используя эти связи, а также соотношение неопределенностей, определить минимальное значение энергии T_{\min} электрона в атоме водорода.

154. Частица находится в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике. Найти отношение разности $\Delta E_{n,n+1}$ соседних энергетических уровней к энергии E_n частицы в трех случаях: 1) $n=2$; 2) $n=5$; 3) $n \rightarrow \infty$.

155. Электрон находится в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике шириной $l=0,1$ нм. Определить в электрон-вольтах наименьшую разность энергетических уровней электрона.

156. Электрон находится в прямоугольном потенциальном ящике с непроницаемыми стенками. Ширина ящика $l=0,2$ нм, энергия электрона в ящике $E=37,8$ эВ. Определить номер n энергетического уровня и модуль

волнового вектора ($k=2\pi/\lambda$).

157. Частица в потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружения частицы: в средней трети ящика? в крайней трети ящика?

158. Частица в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике шириной l находится в возбужденном состоянии ($n=3$). Определить, в каких точках интервала $0 < x < l$ плотность вероятности нахождения частицы имеет максимальное и минимальное значения.

159. В прямоугольной потенциальной яме шириной l с абсолютно непроницаемыми стенками ($0 < x < l$) находится частица в основном состоянии. Найти вероятность w местонахождения этой частицы в области $1/4l < x < 3/4l$.

160. Частица в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность w обнаружения частицы в крайней четверти ящика?

161. Волновая функция, описывающая движение электрона в основном состоянии атома водорода, имеет вид $\psi(r)=A \exp(-r/a_0)$, где A — некоторая постоянная; a_0 — первый боровский радиус. Найти для основного состояния атома водорода наиболее вероятное расстояние электрона от ядра.

162. Частица находится в основном состоянии в прямоугольной яме шириной l с абсолютно непроницаемыми стенками. Во сколько раз отличаются вероятности местонахождения частицы: w_1 — в крайней трети и w_2 — в крайней четверти ящика?

163. Волновая функция, описывающая движение электрона в основном состоянии атома водорода, имеет вид $\psi(r)=A \exp(-r/a_0)$, где A — некоторая постоянная; a_0 — первый боровский радиус. Найти для основного состояния атома водорода среднее значение $\langle F \rangle$ кулоновской силы.

164. Электрон находится в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике шириной l . В каких точках в интервале

$0 < x < l$ плотности вероятности нахождения электрона на втором и третьем энергетических уровнях одинаковы? Вычислить плотность вероятности для этих точек. Решение пояснить графиком.

165. Волновая функция, описывающая движение электрона в основном состоянии атома водорода, имеет вид $\psi(r) = A \exp(-r/a_0)$, где A — некоторая постоянная; a_0 — первый боровский радиус. Найти для основного состояния атома водорода среднее значение $\langle \Pi \rangle$ потенциальной энергии.

166. Найти период полураспада $T_{1/2}$ радиоактивного изотопа, если его активность за время $t=10$ сут уменьшилась на 24% по сравнению с первоначальной.

167. Определить, какая доля радиоактивного изотопа ${}_{89}\text{Ac}^{225}$ распадается в течение времени $t=6$ сут.

168. Активность A некоторого изотопа за время $t=10$ сут уменьшилась на 20%. Определить период полураспада $T_{1/2}$ этого изотопа.

169. Определить массу m изотопа ${}_{53}\text{I}^{131}$, имеющего активность $A=37$ ГБк.

170. Найти среднюю продолжительность жизни τ атома радиоактивного изотопа кобальта ${}_{27}\text{Co}^{60}$.

171. Счетчик α -частиц, установленный вблизи радиоактивного изотопа, при первом измерении регистрировал $N_1=1400$ частиц в минуту, а через время $t=4$ ч — только $N_2=400$. Определить период полураспада $T_{1/2}$ изотопа.

172. Во сколько раз уменьшится активность изотопа ${}_{15}\text{P}^{32}$ через время $t=20$ сут?

173. На сколько процентов уменьшится активность изотопа иридия ${}_{77}\text{Ir}^{192}$ за время $t=15$ сут?

174. Определить число N ядер, распадающихся в течение времени: 1) $t_1=1$ мин; 2) $t_2=5$ сут, — в радиоактивном изотопе фосфора ${}_{15}\text{P}^{32}$ массой $m=1$ мг.

175. Из каждого миллиона атомов радиоактивного изотопа каждую секунду распадается 200 атомов. Определить период полураспада $T_{1/2}$ изотопа.

176. Вычислить энергию связи $E_{св}$ ядра дейтерия ${}_1\text{H}^2$ и трития ${}_1\text{H}^3$.

177. Определить число N атомов радиоактивного препарата йода ${}_{53}\text{I}^{131}$ массой $m=0,5$ мкг, распавшихся в течение времени: 1) $t_1=1$ мин; 2) $t_2=7$ суток.

178. Определить активность A радиоактивного препарата массой $m=0,1$ мкг.

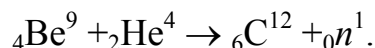
179. Сколько атомов полония распадается за сутки из 1 млн. атомов?

180. Сколько атомов эманации радия (радона) распадается за сутки из 1 млн. атомов?

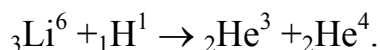
181. Природный уран представляет собой смесь трех изотопов: ${}_{92}\text{U}^{234}$, ${}_{92}\text{U}^{235}$, ${}_{92}\text{U}^{238}$. Содержание урана ${}_{92}\text{U}^{234}$ ничтожно (0,006%), на долю ${}_{92}\text{U}^{235}$ приходится 0,71%, а остальную массу (99,28%) составляет уран ${}_{92}\text{U}^{238}$. Периоды полураспада этих изотопов соответственно равны $2,5 \cdot 10^5$ лет, $7,1 \cdot 10^8$ лет и $4,5 \cdot 10^9$ лет. Вычислить процентную долю радиоактивности, вносимую каждым изотопом в общую радиоактивность природного урана.

182. К 10 мг радиоактивного изотопа ${}_{20}\text{Ca}^{45}$ примешано 30 мг нерадиоактивного изотопа ${}_{20}\text{Ca}^{40}$. Насколько уменьшилась удельная активность препарата?

183. Вычислить энергетический эффект Q реакции:



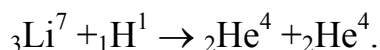
То же, для реакции:



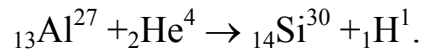
184. Найти число протонов и нейтронов, входящих в состав ядер трех изотопов магния: 1) ${}_{12}\text{Mg}^{24}$, 2) ${}_{12}\text{Mg}^{25}$ и 3) ${}_{12}\text{Mg}^{26}$.

185. Найти энергию связи ядра изотопа лития ${}_3\text{Li}^7$.

186. Найти энергию, освобождающуюся при ядерной реакции

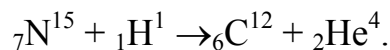
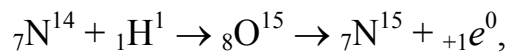
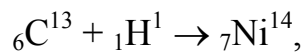
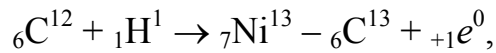


187. Какая энергия выделится, если при реакции



подвергаются превращению все ядра, находящиеся в 1 г алюминия? Какую энергию надо затратить, чтобы осуществить это превращение, если известно, что при бомбардировке ядра алюминия α - частицами с энергией в 8 МэВ только одна α - частица из $2 \cdot 10^6$ частиц вызывает превращение?

188. Принимая, что источником энергии солнечного излучения является энергия образования гелия из водорода по следующей циклической реакции:



Подсчитать, сколько тонн водорода каждую секунду должно превращаться в гелий. Солнечная постоянная равна $1,96 \text{ кал}/(\text{см}^2 \text{ мин})$. Принимая, что водород составляет 35% массы Солнца, подсчитать, на сколько лет хватит запаса водорода, если излучение Солнца считать неизменным.

189. В качестве источника нейтронов употребляется трубка, содержащая порошок бериллия ${}_4\text{Be}^9$ и газообразный радон. При реакции α - частиц, испускаемых радоном, с бериллием возникают нейтроны. Написать реакцию получения нейтронов. Найти количество радона, введенного в источник при его изготовлении, если известно, что этот источник дает через 5 суток после его изготовления $1,2 \cdot 10^6$ нейтронов в 1 сек. Выход такой реакции равен $1/4000$, т. е. только одна α - частица из 4000 вызывает реакцию.

190. В реакции ${}_7\text{N}^{14}(\alpha, p)$ кинетическая энергия α - частицы равна $W=7,7 \text{ МэВ}$. Найти, под каким углом к направлению движения α - частицы вылетает протон, если известно, что его кинетическая энергия $W=8,5 \text{ МэВ}$.

191. Изотоп гелия ${}^3_2\text{He}$ получается бомбардировкой ядер трития ${}^3_1\text{H}$ протонами. Написать уравнение ядерной реакции. Найти энергию, выделяющуюся при этой реакции. Найти «порог» ядерной реакции, т. е. найти минимальное значение кинетической энергии бомбардирующей частицы, при которой происходит эта реакция. Учесть, что при пороговом значении кинетической энергии бомбардирующей частицы относительная скорость частиц, возникающих в результате реакции, равна нулю.

2. ТАБЛИЦЫ ВАРИАНТОВ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ.

1. Таблица вариантов для специальностей, учебными планами которых предусмотрено по курсу общей физики три контрольные работы (в том числе по разделу “Оптика, элементы атомной и ядерной физики” одна контрольная работа). Для **МСФ, ИПФ и ПСФ.**

Контрольная работа 3

Вариант	Номера задач							
	0	1	17	44	69	95	107	119
1	2	18	45	70	96	108	120	168
2	3	23	46	71	97	109	121	169
3	4	24	47	72	98	110	122	170
4	5	28	48	73	99	111	123	171
5	6	29	49	74	100	112	124	172
6	7	31	50	89	101	113	125	173
7	8	34	51	90	102	114	126	174
8	9	36	52	91	103	115	127	175
9	10	37	53	92	104	116	128	176
11*	11	42	54	93	105	117	129	177
12*	12	43	55	94	106	118	124	178

Варианты 11*,12* являются дополнительными и могут быть назначены преподавателем индивидуально.

2. Таблицы вариантов для специальностей, учебными планами которых предусмотрено по курсу общей физики шесть контрольных работ (в том числе по разделу “Оптика, элементы атомной и ядерной физики” две контрольные работы).

Контрольная работа N 5

Вариант	Номера задач							
	0	1	14	20	32	44	56	68
1	2	15	21	33	45	57	69	83
2	3	16	22	34	46	58	70	84
3	4	17	23	35	47	59	71	85
4	5	18	24	36	48	60	72	86
5	6	19	25	37	49	61	73	87
6	7	20	26	38	50	62	74	88
7	8	21	27	39	51	63	75	89
8	9	22	28	40	52	64	76	90
9	10	17	29	41	53	65	77	91
11*	11	18	30	42	54	66	78	92
12*	12	19	31	43	55	67	79	93

Контрольная работа N 6

Вариант	Номера задач							
	0	95	107	119	130	142	154	166
1	96	108	120	131	143	155	167	181
2	97	109	121	132	144	156	168	182
3	98	110	122	133	145	157	169	183
4	99	111	123	134	146	158	170	184
5	100	112	124	135	147	159	171	185
6	101	113	125	136	148	160	172	186
7	102	114	126	137	149	161	173	187
8	103	115	127	138	150	162	174	188
9	104	116	128	139	151	163	175	189
11*	105	117	129	140	152	164	176	190
12*	106	118	124	141	153	165	177	191

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Основные физические постоянные (округленные значения), используемые в разделе 1

Элементарный заряд	e	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Скорость света в вакууме	c	$3,00 \cdot 10^8$ м/с
Постоянная Стефана—Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² К ⁴)
Постоянная закона смещения Вина	b	$2,90 \cdot 10^{-3}$ м К
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж с
Постоянная Планка	$\hbar = h/2\pi$	$1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж с
Постоянная Ридберга	R	$1,10 \cdot 10^{-7}$ м ⁻¹
Радиус Бора	a_0	$0,529 \cdot 10^{-10}$ м
Комптоновская длина волны электрона	Λ	$2,43 \cdot 10^{-12}$ м
Энергия ионизации атома водорода	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18}$ Дж (13,6 эВ)
Атомная единица массы	а.е.м.	$1,660 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м

2. Энергия ионизации

Вещество	E_i , Дж	E_i , эВ
Водород	$2,18 \cdot 10^{-18}$	13,6
Гелий	$3,94 \cdot 10^{-18}$	24,6
Литий	$1,21 \cdot 10^{-18}$	75,6
Ртуть	$1,66 \cdot 10^{-18}$	10,4

Вещество	Показатель
Алмаз	2,42
Вода	1,33
Глицерин	1,47
Стекло	1,50

3. Показатель преломления

4. Работа выхода электронов

Металл	A , Дж	A , эВ	Металл	A , Дж	A , эВ
Калий	$3,5 \cdot 10^{-19}$	2,2	Серебро	$7,5 \cdot 10^{-19}$	4,7
Литий	$3,7 \cdot 10^{-19}$	2,3	Цезий	$3,2 \cdot 10^{-19}$	2,0
Платина	$10 \cdot 10^{-19}$	6,3	Цинк	$6,4 \cdot 10^{-19}$	4,0
Рубидий	$3,4 \cdot 10^{-19}$	2,1			

5. Массы атомов легких изотопов

Изотоп	Символ	Масса, а.е.м.	Изотоп	Символ	Масса, а.е.м.
Нейтрон	n^1	1,00867	Бериллий	${}_4\text{Be}^7$ ${}_4\text{Be}^9$	7,01693 9,01219
Водород	${}_1\text{H}^1$ ${}_1\text{H}^2$ ${}_1\text{H}^3$	1,00783 2,01410 3,01605	Бор	${}_5\text{B}^{10}$ ${}_5\text{B}^{11}$	10,01294 11,00930
Гелий	${}_2\text{He}^3$ ${}_2\text{He}^4$	3,01603 4,00260	Углерод	${}_6\text{C}^{12}$ ${}_6\text{C}^{13}$ ${}_6\text{C}^{14}$	12,00000 13,00335 14,00324
Литий	${}_3\text{Li}^6$ ${}_3\text{Li}^7$	6,01513 7,01601	Азот Кислород	${}_7\text{N}^{14}$ ${}_8\text{O}^{16}$ ${}_8\text{O}^{17}$	14,00307 15,99491 16,99913

6. Периоды полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ	Период полураспада	Изотоп	Символ	Период полураспада
Актиний	${}_{89}\text{Ac}^{225}$	10 сут	Радий	${}_{86}\text{Ra}^{226}$	1620 лет
Йод	${}_{53}\text{I}^{131}$	8 сут	Радон	${}_{86}\text{Rn}^{222}$	3,8 сут
Кобальт	${}_{27}\text{Co}^{60}$	5,3 г	Стронций	${}_{38}\text{Sr}^{90}$	28 лет
Магний	${}_{12}\text{Mg}^{27}$	10 мин	Фосфор	${}_{15}\text{P}^{32}$	14,3 сут
Полоний	${}_{84}\text{Po}^{210}$	138 сут	Церий	${}_{58}\text{Ce}^{144}$	285 сут

7. Масса и энергия покоя некоторых частиц

Частица	m_0		E_0	
	кг	а.е.м.	Дж	МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Дейтрон	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	1876
α -частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733
Нейтральный π -мезон	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14498	$2,16 \cdot 10^{-11}$	135

8. Относительные атомные массы A (округленные значения) и порядковые номера Z некоторых элементов

Элемент	Символ	A	Z	Элемент	Символ	A	Z
Азот	N	14	7	Марганец	Mn	55	25
Алюминий	Al	27	13	Медь	Cu	64	29
Аргон	Ar	40	18	Молибден	Mo	96	42
Барий	Ba	137	56	Натрий	Na	23	11
Ванадий	V	60	23	Неон	Ne	20	10
Водород	H	1	1	Никель	Ni	59	28
Вольфрам	W	184	74	Олово	Sn	119	50
Гелий	He	4	2	Платина	Pt	195	78
Железо	Fe	56	26	Ртуть	Hg	201	80
Золото	Au	197	79	Сера	S	32	16
Калий	K	39	19	Серебро	Ag	108	47
Кальций	Ca	40	20	Углерод	C	12	6
Кислород	O	16	8	Уран	U	238	92
Магний	Mg	24	12	Хлор	Cl	35	17

9. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
Экса	Э	10^{18}	деци	д	10^{-1}
Пэта	П	10^{15}	санتي	с	10^{-2}
Тера	Т	10^{12}	милли	м	10^{-3}
Гига	Г	10^9	микро	мк	10^{-6}
Мега	М	10^6	нано	н	10^{-9}
Кило	к	10^3	пико	п	10^{-12}
Гекто	г	10^2	фемто	ф	10^{-15}
Дека	да	10^1	атто	а	10^{-18}

10. Греческий алфавит

Обозначения букв	Название букв	Обозначения букв	Названия букв
Α, α	альфа	Ν, ν	ню
Β, β	бета	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	гамма	Ο, ο	омикрон
Δ, δ	дэльта	Π, π	пи
Ε, ε	эпсилон	Ρ, ρ	ро
Ζ, ζ	дзета	Σ, σ	сигма
Η, η	эта	Τ, τ	тау
Θ, θ	тэта	Υ, υ	ипсилон
Ι, ι	йота	Φ, φ	фи
Κ, κ	каппа	Χ, χ	хи
Λ, λ	лямбда	Ψ, ψ	пси
Μ, μ	ми	Ω, ω	омега

Учебное издание

БУМАЙ Юрий Александрович
ВИЛЬКОЦКИЙ Вольдемар Антонович
ДОМАНЕВСКИЙ Дмитрий Сергеевич
МАЛАХОВСКАЯ Вера Эдуардовна
НОВОСЕЛОВ Анатолий Михайлович

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОБЩЕЙ
ФИЗИКЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

В трех частях

ЧАСТЬ III “ ОПТИКА, ЭЛЕМЕНТЫ АТОМНОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ”

Редактор,

Подписано в печать

Формат 60 × 84 1/16. Бумага тип. №2. Офсет печать.

Усл.печ.л. ..., Уч.-изд.л. 1,1. Тираж 100. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусская государственная политехническая академия

Лицензия ЛВ № 155 от 30.01.98. 220027, Минск, пр. Ф.Скорины, 65.