



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИДО

С.И. Качин

« ____ » _____ 2013 г.

ФИЗИКА 3

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов ИДО, обучающихся по техническим направлениям

Составители

Н.С. Кравченко, Е.В. Лисичко, А.В. Макиенко

Направление	220700	140400	230100
	220400		230700
Семестр	4	4	4
Кредиты	4	4	3
Лекции, часов	8	8	6
Лабораторные работы, часов	6	6	4
Практические занятия, часов	6	6	4
Индивидуальные задания	№ 1, № 2	№ 1, № 2	№ 1, № 2
Самостоятельная работа, часов	160	142	112
Формы контроля	экзамен	экзамен	экзамен

Издательство

Томского политехнического университета

2013





УДК 53

Физика 3: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИДО, обучающихся по напр. 140400 «Электроэнергетика и электротехника», 220400 «Управление в технических системах», 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», 230700 «Прикладная информатика», 230100 «Информатика и вычислительная техника» / сост. Н.С. Кравченко, Е.В. Лисичко, А.В. Макиенко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – с. 70.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры теоретической и экспериментальной физики ФТИ «___» _____ 2012 г., протокол № ____.

Зав. кафедрой ТиЭФ

профессор, доктор физико-математических наук _____ В.Ф. Пичугин

Аннотация

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Физика 3» предназначены для студентов ИДО, обучающихся по направлениям 140400 «Электроэнергетика и электротехника», 220400 «Управление в технических системах», 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», 230700 «Прикладная информатика», 230100 «Информатика и вычислительная техника». Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приводится содержание основных тем дисциплины, темы практических и перечень лабораторных занятий, варианты заданий для индивидуальных домашних заданий и список рекомендуемой литературы. Даны методические указания по выполнению индивидуальных домашних заданий.





ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	6
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	11
3.1. Тематика практических занятий	11
3.2. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме.....	11
3.3. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину с применением ДОТ	12
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ.....	14
4.1. Общие методические указания.....	14
4.2. Варианты домашних заданий и методические указания	15
4.3. Решение типового варианта и образец оформления индивидуального задания № 1	34
4.4. Варианты индивидуального задания № 2	44
4.5. Решение типового варианта и образец оформления индивидуального задания № 2	58
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ	64
5.1. Вопросы для подготовки к экзамену	64
5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме	65
5.3. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину дистанционно.....	66
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	69



1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Физика 3» изучается во втором семестре второго курса студентами ИДО, обучающимися по направлениям 140400 «Электроэнергетика и электротехника», 220400 «Управление в технических системах», 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», 230700 «Прикладная информатика», 230100 «Информатика и вычислительная техника».

В задачи дисциплины входит приобретение студентами необходимых знаний фундаментальных законов электромагнетизма, колебательных и волновых процессов и знаний в области перспективных направлений развития современной физики; получение навыков решения теоретических задач по физике с их практическими приложениями; формирование навыков самостоятельно приобретать и применять полученные знания; овладение навыками контроля основных параметров и режимов физических процессов и управление ими с целью получения требуемых результатов; овладение навыками работы с современной научной аппаратурой, формирование навыков проведения физического эксперимента; применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности; овладение навыками обработки результатов измерений, в том числе и с применением ПК.

В результате освоения дисциплины **студент должен знать:** основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях (уравнения Максвелла и свойства электрического и магнитного полей в вакууме и в веществе, теорию колебаний и волн, основы волновой и квантовой оптики, соотношение неопределённостей, уравнения Шрёдингера, строение многоэлектронных атомов, зонную теорию металлов и полупроводников, свойства атомного ядра и элементарных частиц).

В результате освоения дисциплины **студент должен уметь:** применять уравнения Максвелла, уравнение Шрёдингера (временное и стационарное), свойства электрического и магнитного полей в вакууме и в веществе, теорию колебаний и волн для объяснения физических явлений в природе и технике, решать качественные и количественные физические задачи; решать типовые задачи по основным разделам курса, используя методы математического анализа; проводить измерения физических величин, объяснение и обработку результатов эксперимента; самостоятельно работать с учебной и справочной литературой; использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности.



Дисциплина входит в базовую часть естественнонаучного цикла. Физика является важнейшим источником знаний об окружающем мире, основой научно-технического прогресса и важнейшим компонентом человеческой культуры. Ее значение в современном образовании исключительно высоко, так как изучение физики как науки, отражающей наиболее общие закономерности в природе, формирует у студентов основные представления о естественнонаучной картине мира. Совместно с математикой физика занимает в обучении студентов одно из важных мест: курс является базовым для изучения дальнейших технических дисциплин, определяет физико-математическую подготовку студентов и, естественно, служит основой, на которой строится дальнейшее обучение студентов.

Курс «Электромагнитные колебания и волны», «Волновая и квантовая оптика», совместно с курсами высшей математики и информатики является базовым и определяет физико-математическую подготовку студентов, обучающихся по данному направлению.

Взаимосвязь дисциплины Б2.Б «Физика 3» с другими составляющими ООП следующая:

ПРЕРЕКВИЗИТЫ. Б2.Б «Физика 1», Б2,Б «Физика 2», Б2. Б3 «Математика», Б2. Б3.1 «Линейная алгебра», Б2. Б3.2 «Математический анализ 1», Б2. Б3.3 «Математический анализ 2».

КОРЕКВИЗИТЫ. Б3. Б3 «Электротехника, электроника и схемотехника», Б3. В4 «Учебно-исследовательская работа студентов».



2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Электромагнитные колебания и волны

1.1. Дифференциальное уравнение для электромагнитной волны и его решение. Плоские электромагнитные волны и их энергетические характеристики. Скорость распространения электромагнитных волн в среде. Вектор Пойнтинга. Излучение диполя. Диаграмма направленности. Сферические и цилиндрические волны. Шкала электромагнитных волн. Распространение волн в атмосфере.

Рекомендуемая литература: [2], [7],[8]

Вопросы для самоконтроля

1. Уравнение электромагнитной волны.
2. Волновая функция.
3. Связь \vec{E} и \vec{H} в электромагнитной волне.
4. Излучение и прием электромагнитных волн.
5. Вектор Умова-Пойнтинга.
6. Сложение волн. Интерференция волн.
7. Стоячие волны.
8. Эффект Доплера.
9. Фазовая и групповая скорость волн

Тема 2. Волновая оптика

2.1. Корпускулярно-волновой дуализм свойств света. Волны оптического диапазона (световые волны) – частный случай электромагнитных волн. Интерференция плоских монохроматических световых волн. Когерентность (временная и пространственная). Методы получения когерентных световых волн и наблюдения интерференции. Интерференция света в тонких пленках. Кольца Ньютона. Практические применения интерференции*.

2.2. Дифракция света. Принцип Гюйгенса. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Дифракция на круглом отверстии и диске. Дифракция Фраунгофера. Дифракция на щели. Дифракционная решетка. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Разрешающая способность спектральных приборов. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Вульфа-Брэггов. Изучение структуры кристаллов.



Принцип голографии. Голограммы Френеля и Денисюка. Применения голографии*.

2.3. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсии. Классическая теория дисперсии. Поглощение света. Рассеяние света.

2.4. Естественный и поляризованный свет. Поляризация света при отражении. Закон Брюстера. Двойное лучепреломление. Закон Малюса. Дихроизм. Интерференция поляризованных лучей. Электрические и магнитооптические явления.

Рекомендуемая литература: [1, разд.1.1–1.5], [2],[7]

Вопросы для самоконтроля

1. Электромагнитная природа света.
2. Монохроматичность света.
3. Протяженность импульса, длительность импульса.
4. Интерференция двух волн.
5. Опыт Юнга.
6. Бипризма Френеля.
7. Зеркала Френеля.
8. Интерференция в тонких пленках.
9. Кольца Ньютона
10. Временная когерентность.
11. Голография.
12. Дифракция света. Метод зон Френеля.
13. Дифракция Френеля.
14. Дифракция от щели.
15. Дифракция на дифракционной решетке.
16. Разрешающая способность дифракционной решетки.
17. Дифракция рентгеновских лучей.
18. Естественный и поляризованный свет.
19. Способы получения поляризованного света.
20. Законы Брюстера и Малюса.
21. Искусственная анизотропия и поворот плоскости поляризации.
22. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии.

Тема 3. Элементы квантовой механики и физики твердого тела

3.1. Тепловое излучение и его характеристики. Абсолютно черное тело. Законы теплового излучения (Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина). Спектральная плотность излучательности абсолютно черного тела в



рамках классической физики. Формула Релея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа. Квантовая гипотеза Планка. Формула Планка. Вывод законов теплового излучения абсолютно черного тела из формулы Планка.

3.2. Световые кванты. Энергия, импульс и масса фотонов. Фотоэффект и его законы. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и экспериментальные методы его проверки. Фотоэлементы. Эффект Комптона. Давление света. Опыты Лебедева. Аннигиляция электрон-позитронной пары.

3.3. Корпускулярно-волновой дуализм материи и его опытное обоснование. Гипотеза де Бройля. Дифракция электронов и нейтронов. Соотношение неопределенностей. Оценка энергии основного состояния атома водорода и энергии нулевых колебаний осциллятора. Задание состояния микрочастиц. Волновая функция и ее статистический смысл. Амплитуда вероятностей. Различие между квантово-механической и статистической вероятностями. Уравнение Шредингера (временное и стационарное). Частица в одномерной потенциальной яме. Туннельный эффект.

3.4. Приближение сильной и слабой связи. Модель свободных электронов. Элементы зонной теории кристаллов. Функция Блоха. Поверхность Ферми. Уровень Ферми. Число и плотность числа электронных состояний в зоне. Заполнение зон. Деление твердых тел на диэлектрики, металлы, полупроводники. Квантовая теория электропроводности и теплопроводности металлов. Электропроводность полупроводников. Электронная и дырочная проводимость. Собственные и примесные полупроводники. Понятие о p-n-переходе. Транзистор. Явление сверхпроводимости. Куперовские пары. Эффект Джозефсона и его применение. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Строение кристаллов. Типы межатомной связи в твердых телах. Дефекты в кристаллах (точечные, линейные – дислокации). Пластичность и прочность твердых тел. Колебания кристаллической решетки. Фононы. Дисперсионные кривые. Теплоемкость кристаллов. Решеточная теплопроводность. Эффект Мёссбауэра и его применение. Физические основы методов контроля качества материалов.

Рекомендуемая литература: [1, разд.2.1–2.5], [2],[7]

Вопросы для самоконтроля

1. Тепловое излучение. Законы теплового излучения.
2. Формула Планка для теплового излучения.
3. Закон Стефана-Больцмана из формулы Планка.
4. Закон Вина из формулы Планка.

5. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна.
6. Масса и импульс фотона.
7. Экспериментальное подтверждение квантовой природы света.
8. Эффект Комптона.
9. Временное уравнение Шредингера
10. Стационарное уравнение Шредингера.
11. Частица в потенциальной яме.
12. Вероятность нахождения частицы в потенциальной яме.
13. Свободная частица.
14. Туннельный эффект.

Тема 4. Физика атомов, молекул, атомного ядра и элементарных частиц

4.1. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Атом водорода. Водородоподобные атомы. Квантовые постулаты Бора. Атом водорода по теории Бора. Пространственное квантование. Магнитный момент атома. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Атом водорода по теории Шредингера.

Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Электронные оболочки атомов. Заполнение электронных оболочек. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.

Молекулы. Молекулы водорода. Обменное взаимодействие. Физическая природа химической связи. Электронные термы двухатомной молекулы. Молекулярные спектры. Рентгеновское излучение. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры. Элементы нелинейной оптики.

4.2. Парамагнитный ядерный резонанс. Радиоактивность. Радиоактивное превращение ядер. Ядерные реакции и их основные типы. Искусственная радиоактивность. Цепная реакция деления. Ядерный реактор. Коэффициент размножения нейтронов. Термоядерный синтез. Водородно-углеродистый цикл. Энергия звезд. Проблема управляемых термоядерных реакций. Экологические вопросы современной энергетики.

Иерархия структур материи. Частицы и античастицы. Модели элементарных частиц. Фотоны, лептоны, адроны (мезоны, барионы, гипероны). Фундаментальные взаимодействия. Систематика элементарных частиц. Современные методы ускорения частиц. Космические лучи. Распространение волн в атмосфере.

Рекомендуемая литература: [1, разд.3.1–3.5], [2],[7]



Вопросы для самоконтроля

1. Атом водорода по Бору.
2. Атом водорода по Шредингеру.
3. Квантовые числа.
4. Принцип Паули.
5. Образование твердого тела. Энергетические зоны.
6. Классификация твердых тел.
7. Распределение Ферми-Дирака.
8. Вырожденный электронный газ.
9. Электропроводность металлов.
10. Полупроводники. Собственные и примесные полупроводники.
11. Уровень Ферми в полупроводниках.
12. Люминесценция твердых тел.
13. Квантовые генераторы.
14. Состав и размеры ядер.
15. Энергия связи и природа ядерных сил.
16. Элементарные частицы.



3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Тематика практических занятий

1. Интерференция. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера. Поляризация света.– 2ч.
2. Законы теплового излучения Фотоэффект. Давление света. Эффект Комптона. – 2ч.
3. Атом водорода по теории Бора. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные реакции. – 2ч.

3.2. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме (КЗФ).

Лабораторные работы проходят во время сессии в Томске. Название лабораторных работ, их число и последовательность выполнения определяются маршрутом и календарным планом, составленным преподавателем. На каждую лабораторную работу отводится 2 часа.

Лабораторные работы с индексом «О» проводятся в электрической лаборатории. Лабораторные работы с индексом «МодО» проводятся в компьютерном классе. К выполнению лабораторной работы студент может приступить только после того, как получит допуск у преподавателя. Допуск к выполнению лабораторной работы студент получает по результатам устного ответа на контрольные вопросы, с которыми он должен ознакомиться при изучении методических указаний к соответствующей лабораторной работе. Студент, не получивший положительной аттестации по лабораторным работам, не допускается к сдаче экзамена.

Методические указания к выполнению лабораторных работ приведены в [12].

- | | |
|------|---|
| О-01 | Определение главных фокусных расстояний выпуклой и вогнутой линз |
| О-02 | Измерение показателя преломления стекла с помощью микроскопа |
| О-03 | Измерение показателя преломления жидкостей с помощью рефрактометра |
| О-04 | Определение зависимости показателя преломления призмы от длины световой волны |
| О-06 | Изучение дифракции Фраунгофера на щели и нити |

O-07	Изучение спектра атома водорода и постоянной Ридберга
O-09	Интерферометр Майкельсона
O-11	Измерение длины волны и угловой дисперсии дифракционной решетки
O-12	Градуирование шкалы сахариметра и определение концентрации раствора сахара
O-13	Изучение вращения плоскости поляризации света оптически активными веществами
O-14	Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра с исчезающей нитью
O-15	Изучение фотоэлемента с внешним фотоэффектом
O-16	Определение скорости света
O-18	Изучение дифракции Фраунгофера на одной и многих щелях
O-22	Градуирование монохроматора УМ-2 и определение его дисперсионных характеристик
O-25	Изучение интерференции света
O-26	Изучение поляризованного света
КО-06	Изучение дифракции Фраунгофера на периодической структуре
Комп O-01	Дифракция света от одной щели
МодO-01	Нормальная дисперсия света
МодO-02	Аномальная дисперсия света в полупроводниках

3.3. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину с применением ДОТ

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину с применением дистанционных образовательных технологий.

Лабораторные работы выполняются в онлайн режиме. Виртуальный лабораторный комплекс по дисциплине размещен по адресу [13].

Перечень лабораторных работ, их количество и последовательность выполнения представлены в календарном плане-графике изучения дисциплины на портале ИДО. Результаты выполненной лабораторной работы отправляются преподавателю по электронной почте. Оформление работы должно соответствовать требованиям, представленным в методических указаниях к лабораторной работе. Преподаватель в течение трех дней предоставляет



рецензию на выполненную работу. Все лабораторные работы необходимо выполнить до сессии.

Студент не допускается к экзамену при отсутствии положительных рецензий преподавателя на все лабораторные работы.

Тематика лабораторных работ

- О-03. Измерение показателя преломления жидкостей с помощью рефрактометра
- О-07. Изучение спектра атома водорода и постоянной Ридберга
- О-12. Градуирование шкалы сахариметра и определение концентрации раствора сахара
- О-14. Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра с исчезающей нитью
- О-18. Изучение дифракции Фраунгофера на одной и многих щелях



4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком предусмотрено выполнение двух индивидуальных домашних заданий (ИДЗ). Выполнение этих заданий необходимо для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков решения типовых задач.

Номер варианта индивидуального задания определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Если образуемое ими число больше 20, то следует взять сумму этих цифр. Например, если номер зачетной книжки 3-5А11/12, то номер варианта задания равен 12. Если номер зачетной книжки 3-5А11/31, то номер варианта задания равен 4.

4.1.1. Требования к оформлению индивидуального задания

При оформлении индивидуального домашнего задания необходимо соблюдать следующие требования.

1. Индивидуальное задание должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии со стандартами ТПУ [14]. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, отчество студента; номер группы, шифр. **Образец оформления и шаблон титульного листа** размещен на сайте ИДО (<http://portal.tpu.ru/ido-tpu>) в разделе **СТУДЕНТУ** → **ДОКУМЕНТЫ**.

2. Каждое индивидуальное задание оформляется отдельно. Студенты, изучающие дисциплину **по классической заочной форме**, оформляют индивидуальные задания в отдельных тетрадях. Студенты, изучающие дисциплину **с применением дистанционных технологий**, оформляют индивидуальные задания в отдельных файлах.

3. Текст индивидуального задания набирается в текстовом процессоре Microsoft Word. Шрифт Times New Roman, размер 12–14 pt, формулы набираются в редакторе формул (редактор формул Microsoft Equation или MathType).

4. Решения задач следует располагать в той же последовательности, что и задания.

5. Каждая задача должна начинаться с условия задачи, ниже краткая запись задачи, если необходимо – рисунок, с условными обозначениями, которые в дальнейшем будут использованы при решении задач.

6. Решение должно быть подробным, с включением промежуточных расчётов и указанием использованных формул.

7. Страницы задания должны иметь сквозную нумерацию.

8. В задание включается список использованной литературы.

Если работа не соответствует требованиям, студент получает оценку «не зачтено». В этом случае работа должна быть исправлена и повторно предоставлена преподавателю. При доработке в текст работы необходимо включить дополнительные вопросы, полученные после проверки работы преподавателем, и ответы на эти вопросы.

Студент, не получивший положительной аттестации по индивидуальному заданию, не допускается к сдаче экзамена по данной дисциплине.

4.2. Варианты домашних заданий и методические указания

4.2.1. Индивидуальное задание № 1

Вариант 1

1. Определить энергию в пДж, которую переносит за время 1 мин плоская синусоидальная электромагнитная волна, распространяющаяся в вакууме через площадку 10см^2 , расположенную перпендикулярно распространению волны. Амплитуда напряженности электрического поля волны 1мВ/м , период волны $T \ll t$.

2. Два конденсатора емкостью $0,2\text{мкФ}$ и $0,1\text{мкФ}$ включены последовательно в цепь переменного тока напряжением 220В и частотой 50Гц . Найти: 1) силу тока в цепи; 2) падение потенциала на первом и втором конденсаторах.

3. Воздушный клин имеет наибольшую толщину $0,01\text{мм}$. При нормальном падении лучей в отраженном свете $\lambda = 580\text{нм}$ наблюдатель видит интерференционные полосы. Если пространство клина заполнить жидкостью, количество полос увеличится на 12. Определить показатель преломления жидкости.

4. Оптическая сила плоско-выпуклой линзы ($n = 1,5$) $0,5\text{дптр}$. Линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определить радиус седьмого темного кольца Ньютона в проходящем свете $\lambda = 0,5\text{мкм}$.

5. Монохроматический свет длиной волны $0,6\text{мкм}$ падает нормально на диафрагму с отверстием диаметром 6мм . Сколько зон Френе-



ля укладывается в отверстия, если экран расположен в 3м за диафрагмой и какое (темное или светлое) пятно будет в центре диафрагмы?

6. С помощью дифракционной решетки с периодом 20мкм требуется разрешить дублет натрия с длинами волн 589,0нм и 589,6нм в спектре второго порядка. При какой наименьшей длине решетки это возможно?

7. Угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° ?

8. Найти температуру печи, если известно, что из отверстия в ней размером $6,1\text{см}^2$ излучается в 1с 8,28 калорий. Излучение считать близким к излучению абсолютно чёрного тела.

9. На какую длину волны приходится максимум излучательной способности спирали электрической лампочки ($T = 3000\text{K}$), если её считать абсолютно чёрным телом?

10. При эффекте Комптона энергия падающего фотона распределилась поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния равен $\pi/2$. Найти энергию рассеянного фотона.

Вариант 2

1. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,2мГн и конденсатора переменной емкости от 12нФ до 80нФ. Определить диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызвать резонанс в этом контуре. Активное сопротивление контура принять равным нулю.

2. Обмотка катушки состоит из 500 витков медного провода площадью поперечного сечения 1мм^2 . Длина катушки 50см и ее диаметр 5см. При какой частоте переменного тока полное сопротивление катушки вдвое больше ее активного сопротивления?

3. На тонкую пленку ($n = 1,33$) падает параллельный пучок белого света. Угол падения 52° . При какой толщине пленки отраженный свет будет окрашен в желтый ($\lambda = 600\text{нм}$) цвет?

4. Расстояние между щелями в опыте Юнга равно 1мм, расстояние от щелей до экрана равно 3м. Определить длину волны, испускаемой источником монохроматического света, если ширина интерференционных полос на экране равна 1,5мм.

5. Во сколько раз ослабляется интенсивность света, проходящего через два николя, плоскости пропускания которых образуют угол 30° , если в каждом из николей теряется по 10% падающего света?



6. На круглое отверстие радиусом 2мм в непрозрачном экране падает параллельный пучок света с длиной волны 0,5мкм. На каком максимальном расстоянии от отверстия на экране в центре дифракционной картины будет наблюдаться темное пятно?

7. Температура абсолютно чёрного тела увеличилась в 2 раза, в результате чего длина волны, на которую приходится максимум излучения, уменьшилась на 600нм. Найти начальную и конечную температуры тела.

8. Найти максимальное значение излучательной способности абсолютно чёрного тела, если температура тела равна 1000К.

9. Определить наибольшую длину световой волны в см, при которой может иметь место фотоэффект для платины ($A = 5,3\text{эВ}$).

10. Длина волны падающего кванта равна 0,003нм. Какую энергию в эВ приобретает комптоновский электрон отдачи при рассеянии кванта под углом 60° ?

Вариант 3

1. На какую длину волны будет резонировать контур, состоящий из катушки индуктивностью 4мкГн и конденсатора ёмкостью 1,1нФ?

2. В цепь переменного тока напряжением 220В включены последовательно ёмкость, активное сопротивление и индуктивность. Найти падение напряжения на омическом сопротивлении U_R , если известно, что падение напряжения на конденсаторе $U_C = 2U_R$ и падение напряжения на индуктивности $U_L = 3U_R$.

3. Расстояние от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1м. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной 1см укладывается 20 темных полос на экране. Длина волны 700нм.

4. Линза из крона ($n = 1,5$) лежит на пластинке из флинта ($n = 1,7$). Прослойка между линзой и пластинкой заполнена сероуглеродом ($n = 1,63$). Найти радиусы первых пяти светлых и темных колец Ньютона отраженном свете.

5. Расстояние от волновой поверхности до экрана равно 1м. Вычислить радиусы первых пяти зон Френеля для плоской волны длиной 0,5мкм.

6. Анализатор в 2 раза уменьшает интенсивность света, приходящего к нему от поляризатора. Определить угол между плоскостями поляризатора и анализатора, если потерь света в анализаторе нет.

7. При нормальном падении света на решетку длиной 2см на экране получено несколько спектров. Красная линия (630нм) в спектре третьего порядка видна под углом 20° относительно направления па-

дающего на решетку света. Найти: 1) постоянную решетки; 2) разрешающую способность решетки в спектре третьего порядка.

8. Вследствие изменения температуры абсолютно чёрного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с 2,4мкм на 0,8мкм. Как и во сколько раз изменилась излучательная способность тела?

9. Работа выхода фотоэлектрона из поверхности металла равна $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Найти длину волны лучей, освещающих пластину металла, если вырываемые электроны имеют скорость $6,3 \cdot 10^7$ см/с.

10. Энергия рентгеновских лучей равна 0,6МэВ. Найти энергию электрона отдачи в эВ, если известно, что длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния изменилась на 20%.

Вариант 4

1. Уравнение изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре имеет вид $U = 50 \cos 10^4 \pi t$ В. Емкость конденсатора 0,1мкФ. Найти длину волны, соответствующую этому контуру.

2. Конденсатор емкостью 20мкФ и реостат, активное сопротивление которого 1500Ом, включены последовательно в цепь переменного тока частотой 50Гц. Какую часть напряжения, приложенного к этой цепи, составляет падение напряжения 1) на конденсаторе; 2) на реостате?

3. Найти расстояние между 20 и 21 светлыми кольцами Ньютона, если расстояние между 2 и 3 равно 1мм, а кольца наблюдаются в отраженном свете.

4. 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 на пластинку перпендикулярно. Показатель преломления пластинки 1,5. Длина волны 600нм. Какова толщина пластинки?

5. Определить расстояние от точечного источника до экрана, если диск диаметром 1см, установленный посередине между источником и экраном закрывает только центральную зону Френеля. Длина волны источника 0,6мкм.

6. Определить угол дифракции, соответствующий второму главному максимуму при падении монохроматического света с длиной волны 600нм на дифракционную решетку с периодом 10мкм под углом 30° .

7. Ширина прозрачного и непрозрачного участков дифракционной решетки в пять раз больше длины волны падающего света. Определить углы, соответствующие трем наблюдаемым максимумам.

8. Максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости абсолютно чёрного тела равно 130 кВт/м^3 . Найти температуру абсолютно чёрного тела.

9. Определить максимальную скорость электрона, вылетевшего из цезия при освещении цезия светом с длиной волны 400 нм .

10. Определить угол рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии равно $3,63 \cdot 10^{-10} \text{ см}$.

Вариант 5

1. Определить энергию в мкДж, которую переносит за время 2 мин плоская синусоидальная волна, распространяющаяся в вакууме, через площадку 5 см^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны. Амплитуда напряженности магнитного поля волны $2,68 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$. Период волны $T \ll t$.

2. Конденсатор емкостью 1 мкФ и реостат с активным сопротивлением 3 кОм включены в цепь переменного тока частотой 50 Гц . Индуктивность реостата ничтожно мала. Найти полное сопротивление цепи, если конденсатор и реостат соединены последовательно.

3. На тонкий стеклянный клин падает нормально свет $\lambda = 600 \text{ нм}$. Расстояние между соседними интерференционными полосами в отраженном свете $0,4 \text{ мм}$. Определить угол между поверхностями клина. Показатель преломления стекла $1,6$.

4. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света $0,5 \text{ мм}$, расстояние от них до экрана 3 м . Длина волны $0,6 \text{ мкм}$. Определить расстояние между соседними максимумами.

5. Белый свет с границами видимости от 400 нм до 780 нм падает на дифракционную решетку, содержащую 500 штрихов на 1 мм . Определить ширину спектра первого порядка, если расстояние до экрана от решетки с линзой равно 3 м .

6. Поляризатор и анализатор установлены так, что угол между плоскостями пропускания равен 60° . Определить во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света при прохождении через них, если потери составляют 5% в каждом.

7. Вычислить радиусы первых пяти зон Френеля для случая плоской волны ($\lambda = 500\text{нм}$). Расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения равно 1м.

8. Найти температуру абсолютно чёрного тела, при которой максимум спектральной плотности излучательной способности приходится на красную границу видимого спектра, а именно 750нм.

9. Порог фотоэффекта для тантала составляет 297,4нм. Какова работа выхода электрона в эВ?

10. Длина волны падающего кванта равна $3 \cdot 10^{-12}\text{м}$. Найти энергию в эВ комптоновского электрона отдачи при рассеянии кванта под углом 180° .

Вариант 6

1. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 22,2нФ и катушки, намотанной из медной проволоки диаметром 0,5мм. Длина катушки 20см. Найти добротность колебательного контура.

2. Какую индуктивность нужно подключить параллельно емкости 1,1нФ, чтобы создаваемый таким образом колебательный контур резонировал на длину волны 126м?

3. Расстояние от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1,5м. Определить расстояние между щелями, если на расстоянии 1см на экране укладывается 24 темные полосы. Длина волны света 600нм.

4. Определить расстояние между 10 и 12 светлыми кольцами Ньютона в проходящем свете, если расстояние между 5 и 15 темными кольцами равно 2мм.

5. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядков частично перекрывают друг друга. Определить длину волны в спектре второго порядка, которая накладывается на фиолетовую линию с длиной волны 0,4 мкм в спектре третьего порядка.

6. Определить угол полной поляризации при отражении света от стекла, показатель преломления которого равен 1,57.

7. Между точечным источником света (0,5мкм) и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием радиуса 1мм. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны соответственно 1м и 2м. Как изменится освещенность экрана в точке, лежащей против центра отверстия, если диафрагму убрать?

8. На какую длину волны приходится максимум излучения при взрыве атомной бомбы (температура около 10^7К)? Излучение считать близким к излучению абсолютно чёрного тела.



9. Найти величину задерживающего потенциала для фотоэлектронов, испускаемых при освещении калия ($A = 2,0\text{эВ}$) светом с длиной волны 330нм .

10. Фотон с длиной волны $0,0712\text{нм}$ испытывает комптоновское рассеяние на атоме углерода. Угол рассеяния равен 90° . Чему равно изменение длины волны фотона, если рассеивающей частицей является: 1) электрон; 2) весь атом углерода?

Вариант 7

1. В среде с $\epsilon = 4$ и $\mu = 1$ распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны 200В/м . На пути волны, перпендикулярно ее распространению располагается поглощающая поверхность в виде круга радиусом 300мм . Какую энергию поглощает эта поверхность за время 1мин ? Считать $t \gg T$, где T – период волны. Ответ дать в кДж и округлить до десятых.

2. Уравнение изменения силы тока в колебательном контуре со временем дается в виде $I = -0,02\sin 400\pi t (\text{А})$. Индуктивность контура 1Гн . Найти 1) период колебаний; 2) емкость конденсатора контура; 3) максимальную разность потенциалов на обкладках конденсатора.

3. Как изменится ширина интерференционных полос в опыте Юнга, если зеленый (540нм) светофильтр заменить на красный (650нм).

4. На мыльную ($n = 1,46$) пленку падает свет под углом 45° . При какой наименьшей толщине пленка будет казаться синей ($\lambda = 400\text{нм}$), если наблюдение ведется в отраженном свете?

5. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом. Наблюдение ведется в отраженном свете. Радиусы двух соседних темных колец равны соответственно 4мм и $4,38\text{мм}$. Радиус кривизны линзы равен $6,4\text{м}$. Найти порядковые номера колец и длину волны падающего света.

6. Дифракционная решетка, содержащая 400 штрихов на 1мм , освещается монохроматическим светом с длиной волны $0,6\text{мкм}$. Найти общее число дифракционных максимумов, которые дает решетка и угол дифракции последнего максимума.

7. Луч света проходит через жидкость, налитую в стеклянный сосуд, и отражается от дна. Отраженный луч полностью поляризован при падении его на дно сосуда под углом $42^\circ 37'$. Найти показатель преломления жидкости, если показатель преломления стекла $1,5$.

8. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии 4м от точечного источника монохроматического света с длиной волны 500нм . Посередине между экраном и источником помещена диафрагма с круг-





лым отверстием. При каком радиусе отверстия центр экрана будет наиболее темным?

9. Найти какое количество энергии с 1см^2 поверхности в 1с излучает абсолютно чёрное тело, если известно, что максимальная спектральная плотность его энергетической светимости приходится на длину волны 484нм .

10. Найти угол рассеяния фотона, испытывающего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии равно $3,62\text{пм}$.

Вариант 8

1. Колебательный контур радиоприемника состоит из катушки с индуктивностью 1мГн и переменного конденсатора, емкость которого может меняться в пределах от $9,7$ до 92пФ . В каком диапазоне может принимать радиостанции этот приемник?

2. Добротность некоторого колебательного контура 5 . Определить, на сколько процентов отличается частота свободных колебаний контура ω от собственной частоты контура ω_0 . Округлить до десятых.

3. Определить расстояние между центральной и пятой светлыми полосами, если угол между зеркалами Френеля $20'$. Длина волны 600нм . Источник находится на расстоянии 20см от линии пересечения зеркал и на расстоянии 2м от экрана.

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

5. Найти ширину изображения щели на экране, удаленном от щели на 1м , если свет с длиной волны $0,5\text{мкм}$ падает на щель шириной 20мкм . Шириной изображения щели считать расстояние между первыми дифракционными минимумами по обе стороны от главного максимума.

6. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованными? Показатель преломления воды $1,33$.

7. Дифракционная решетка, освещенная нормально падающим монохроматическим светом, отклоняет спектр второго порядка на угол 14° . На какой угол отклоняет она спектр третьего порядка?

8. Температура абсолютно чёрного тела равна 727°К . Найти максимальное значение излучательной способности этого тела.





9. На поверхность лития ($A = 2,4\text{эВ}$) падает монохроматический свет, длина волны которого равна 310нм . Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить разность потенциалов не менее $1,7\text{В}$. Найти работу выхода в эВ электронов из лития.

10. Фотон с энергией $0,4\text{МэВ}$ рассеялся под углом 90° на свободном электроне. Найти энергию рассеянного фотона.

Вариант 9

1. В цепь переменного тока напряжением 220В и частотой 50Гц включены последовательно емкость $35,4\text{мкФ}$, активное сопротивление 100Ом и индуктивность $0,7\text{Гн}$. Найти силу тока в цепи и падение напряжения на емкости, активном сопротивлении и индуктивности.

2. Колебательный контур состоит из индуктивности 10^{-2}Гн , емкости $0,405\text{мкФ}$ и сопротивления 2Ом . Найти во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за время одного периода. Округлить до сотых.

3. Плоская световая волна падает на зеркала Френеля, угол между которыми $2'$. Определить длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране $0,55\text{мм}$.

4. Найти максимальную толщину пленки ($n = 1,33$), при которой свет ($\lambda = 0,64\text{мкм}$) испытывает максимальные отражения, а свет с $\lambda = 0,4\text{мкм}$ не отражается совсем. Угол падения света 30° .

5. На стеклянный клин падает нормально пучок света ($\lambda = 600\text{нм}$). Угол клина равен $20'$. Какое число темных интерференционных полос приходится на единицу длины клина? Показатель преломления стекла $1,5$.

6. Сколько штрихов на 1мм содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете с длиной волны $0,6\text{мкм}$ максимум пятого порядка отклонен от центрального максимума на угол 18° ?

7. Предельный угол полного внутреннего отражения для некоторого вещества равен 45° . Определить угол полной поляризации при отражении для данного вещества.

8. При увеличении температуры абсолютно чёрного тела в два раза длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности излучательной способности, уменьшилась на 400нм . Найти начальную и конечную температуру тела.

9. Для прекращения фотоэффекта, вызванного облучением ультрафиолетовым светом платиновой пластины ($A = 5,3\text{эВ}$), нужно приложить задерживающую разность потенциалов, равную $3,7\text{В}$. Если платиновую пластину заменить другой пластиной, то задерживающую раз-



ность потенциалов придется увеличить до 6В. Определить в эВ работу выхода электронов с поверхности второй пластины.

10. Найти максимальное изменение длины электромагнитной волны при комптоновском рассеянии на: 1) свободных электронах; 2) свободных протонах.

Вариант 10

1. В цепи, состоящей из последовательно соединенных активного сопротивления 20 Ом, катушки индуктивностью 1 мГн и конденсатора 0,1 мкФ действует синусоидальная ЭДС. Определить частоту ЭДС, при которой в цепи наступает резонанс. Найти максимальные значения силы тока и напряжений на всех элементах цепи при резонансе, если при этом максимальное значение ЭДС 30 В.

2. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами площадью 100 см² каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн, резонирует на длину волны 10 м. Определить расстояние между пластинами конденсатора в мм и округлить до сотых.

3. Найти длину волны, если в установке опыта Юнга расстояние от первого максимума до центральной полосы равно 0,05 см. Расстояние между щелями 0,5 см, расстояние до экрана 5 м.

4. Во сколько раз возрастает радиус k-того темного кольца Ньютона в отраженном свете, если длину волны света увеличить в 1,5 раза.

5. Дифракционная решетка, содержащая 100 штрихов на 1 мм, освещается нормально монохроматическим светом. Определить длину волны света, если угол между максимумами третьего порядка составляет 20°.

6. Вычислить радиус пятой зоны Френеля для плоского волнового фронта, если длина волны равна 0,5 мкм и экран находится на расстоянии 1 м от фронта волны.

7. Определить угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность прошедшего света уменьшилась в четыре раза.

8. Найти температуру абсолютно чёрного тела, максимум спектральной плотности излучательной способности которого приходится на длину волны 380 нм.

9. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 275 нм. Чему равно в эВ минимальное значение энергии фотона, вызывающего фотоэффект?

10. При комптоновском рассеянии рассеянный квант отлетел под углом 60° от первоначального направления движения, а электрон отдачи



описал окружность с радиусом 1,5см в магнитном поле с напряженностью 200Э ($1Э = 10^3/(4\pi)A/m$). Найти длину волны налетающего кванта.

Вариант 11

1. В среде с $\epsilon = 4$ и $\mu = 1$ распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны 100В/м. Определить энергию, переносимую волной через площадку 1см^2 за время 10мин. Считать $t \gg T$, где T - период волны.

2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 7мкФ и катушки индуктивностью 0,23Гн и сопротивлением 40Ом. Конденсатор заряжен количеством электричества $5,6 \cdot 10^{-4}$ Кл. Найти: 1) период колебаний; 2) логарифмический декремент затухания.

3. Определить показатель преломления вещества заполняющего трубку длиной 2см, стоящую на пути одного из лучей в опыте Юнга. В присутствии трубки картина сместилась на 20 полос. Наблюдения ведутся в желтом свете ($\lambda = 500\text{нм}$). Показатель преломления воздуха $n = 1,000276$.

4. Найти расстояние между 20 и 25 светлыми кольцами Ньютона, если расстояние между 3 и 4 равно 1,2мм. Кольца наблюдаются в отраженном свете.

5. На пленку толщиной 400нм падает белый свет под углом 30° . Показатель преломления пленки 1,3. Свет какой длины будет максимально усилен при прохождении пленки.

6. Точечный источник света с длиной волны 0,5мкм и диафрагма с круглым отверстием диаметром 2мм находятся на расстоянии 1м. Определить расстояние от экрана до диафрагмы, если в точке наблюдения на экране открыты три зоны Френеля.

7. Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. Максимум второго порядка отклонен на угол 14° . Определить угол отклонения максимума третьего порядка.

8. Определить показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч будет полностью поляризован при угле преломления 30° .

9. Какова температура абсолютно чёрного тела, если длина волны его максимума излучения равна 10мкм?

10. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн 0,35мкм и 0,54мкм обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в 2 раза. Найти в эВ работу выхода с поверхности этого металла.



Вариант 12

1. Плотность потока энергии электромагнитной волны при распространении ее в вакууме составляет $1,34 \cdot 10^{-9} \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Найти амплитуды напряженности электрического и магнитного полей.

2. Колебательный контур имеет емкость $1,1 \text{ нФ}$ и индуктивность 5 мГн . Логарифмический декремент равен $0,005$. За сколько времени потеряется вследствие затухания 99% энергии контура? Ответ округлить до десятых.

3. Угол между зеркалами Френеля $12'$, расстояние от линии пересечения зеркал до щели и экрана равны соответственно 10 см и 130 см . Длина волны света $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$. Определить ширину интерференционной полосы и число возможных максимумов.

4. На мыльную пленку падает свет под углом 30° . В отраженном свете наблюдаются интерференционные полосы. Расстояние между соседними полосами равно 4 мм . Показатель преломления пленки $1,33$. Вычислить угол между поверхностями пленки. Длина волны света 600 нм .

5. Найти радиус центрального темного пятна колец Ньютона, если между линзой и пластинкой налит бензол ($n = 1,5$). Радиус кривизны линзы 1 м . Наблюдение ведется в отраженном свете с длиной волны 589 нм .

6. Радиус четвертой зоны Френеля для плоского волнового фронта равен 3 мм . Определить радиус шестой зоны Френеля.

7. Постоянная дифракционной решетки шириной $2,5 \text{ см}$ равна 2 мкм . Какую разность длин волн может разрешить эта решетка в области желтых лучей, длина волны которых $0,6 \text{ мкм}$, в спектре второго порядка?

8. Найти угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света после прохождения их составила всего 9% интенсивности падающего света и потери света на поглощение и отражение составляют 8% в каждом из них.

9. Максимум спектральной плотности излучательной способности звезды Арктур приходится на длину волны 580 нм . Принимая, что звезда излучает как абсолютно чёрное тело, найти температуру поверхности звезды.

10. На цинковую пластинку падает свет с длиной волны 220 нм . Найти максимальную скорость фотоэлектронов.



Вариант 13

1. Найти разность фаз колебаний вектора напряженности электрического поля электромагнитной волны если расстояния от источника колебаний до точек, где происходят эти колебания составляют соответственно 10м и 15м. Период колебаний $5 \cdot 10^{-8}$ с.

2. Конденсатор емкостью 1мкФ и реостат с активным сопротивлением 3000Ом включены параллельно в цепь переменного тока частотой 50Гц. Найти полное сопротивление цепи и сдвиг фаз между напряжением и током.

3. Определить угол между зеркалами Френеля, если расстояние между интерференционными полосами на экране 1мм. Расстояние от источника до зеркал 10см, расстояние от зеркал до экрана 4м. Длина волны света $\lambda = 486$ нм.

4. Две стеклянные пластинки образуют клин с углом $30''$. На каком расстоянии от линии соприкосновения пластинок наблюдаются первая и вторая светлые полосы при освещении установки светом $\lambda = 600$ нм. Наблюдение в отраженном свете.

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

6. Вычислить радиус шестой зоны Френеля, если расстояние от источника до зонной пластинки равно 98см, а расстояние от пластинки до экрана – 529см, длина волны – 472нм.

7. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии l от точечного источника света с длиной волны 600нм. На расстоянии 0,5 l от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром 1см. Чему равно расстояние l , если преграда закрывает только центральную зону Френеля?

8. Энергетическая светимость абсолютно чёрного тела равна 3Вт/см^2 . Найти длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности этого тела.

9. При освещении металла из него вылетают электроны со скоростью $6,5 \cdot 10^2$ км/с. Определить в эВ работу выхода электронов из этого металла, если он при этом освещается лучами с длиной волны 400нм.

10. Фотон с энергией 0,4МэВ рассеялся под углом 90° на свободном электроне. Найти в эВ кинетическую энергию электрона отдачи.



Вариант 14

1. Два параллельных провода, погруженных в глицерин, индуктивно соединены с генератором электромагнитных колебаний частотой 420МГц. Расстояние между соседними пучностями стоячих волн на проводах равно 7см. Найти диэлектрическую проницаемость глицерина, магнитную проницаемость принять равной 1.

2. В цепь переменного тока напряжением 220В и частотой 50Гц включены последовательно емкость 35,4мкФ, активное сопротивление 100Ом и индуктивностью 0,7Гн. Найти мощность потребляемую контуром.

3. Найти длину волны, если в опыте Юнга расстояние от первой интерференционной полосы до центральной равно 0,15см. Расстояние от экрана до щелей 5м, расстояние между щелями 0,8см.

4. Мыльная пленка расположена вертикально. Расстояние между пятью полосами интерференции в отраженном свете длиной волны 546нм равно 2см. Найти угол клина. Показатель преломления 1,33.

5. Расстояние от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1м. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной 1см укладывается 10 темных полос на экране. Длина волны 700нм

6. Свет от точечного источника падает на диафрагму с отверстием диаметром 785мкм. Расстояние от источника до диафрагмы 55см. Определить расстояние до экрана от диафрагмы, если длина волны 691нм и на экране темное пятно.

7. На дифракционную решетку с постоянной 8мкм падает нормально монохроматический свет. Угол между спектрами шестого и девятого порядков равен 8° . Определить длину волны.

8. С поверхности сажи площадью 2см^2 при температуре 400К за время 5 минут излучается энергия 83Дж. Найти коэффициент черноты сажи.

9. Какую задерживающую разность потенциалов нужно приложить для того, чтобы задержать фотоэлектроны, испускаемые натрием, если его поверхность освещается светом с длиной волны $4 \cdot 10^{-6}\text{см}$, а фотоэффект у натрия начинается с 680нм?

10. Найти изменение длины волны при эффекте Комптона, если наблюдение ведется перпендикулярно к направлению первичного пучка излучения.

Вариант 15

1. Электрический вектор электромагнитной волны изменяется по закону $E = 200\cos(6,28 \cdot 10^8 t + 4,55x)\text{В/м}$. Электромагнитная волна полностью поглощается поверхностью тела, расположенного перпендикулярно

но оси абсцисс. Сколько энергии поглощает каждую секунду 1 м^2 поверхности. Считать $t \gg T$, где T - период колебаний.

2. В цепь переменного тока напряжением 220 В включены последовательно емкость, активное сопротивление и индуктивность. Найти падение напряжения U_R на омическом сопротивлении, если известно, что падение напряжения на конденсаторе $U_C = 3U_R$ и падение напряжения на индуктивности $U_L = 5U_R$.

3. На пути одного из лучей в опыте Юнга стоит трубка длиной 8 см . Если трубку заполнить жидкостью, картина интерференции сместится на 50 полос. Наблюдение ведется при освещении светом длиной волны 589 нм . Определить показатель преломления жидкости, считая показатель преломления воздуха равным $1,000276$.

4. На клин нормально падает свет длиной волны 582 нм . Показатель преломления клина $1,33$. Угол клина $25''$. Какое число темных полос приходится на единицу длины клина?

5. Каково расстояние между 20 и 21 светлыми кольцами Ньютона, если расстояние между 2 и 3 равно 1 мм ? Наблюдение в отраженном свете.

6. Свет длиной волны 500 нм падает нормально на поверхность стеклянного клина. В отраженном свете наблюдаются интерференционные полосы, расстояние между которыми $0,25\text{ мм}$. Определить угол клина.

7. На щель шириной 7 мкм нормально падает излучение с длиной волны 538 нм . Сколько будет наблюдаться дифракционных максимумов, считая центральный?

8. Дифракционная решетка содержит 1000 щелей. Какова ее ширина, если под углом 90° наблюдается 5000 -й добавочный минимум дифракционной картины для желтой линии натрия с длиной волны 590 нм .

9. При остывании абсолютно черного тела в результате лучеиспускания длина волны, соответствующая максимуму в спектре распределения энергии тела сместилась на 500 нм . Определить, на сколько градусов остыло тело, если первоначальная температура его была 2000 К .

10. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих из металла под действием излучения с длиной волны 180 нм , если красная граница фотоэффекта для этого металла равна 275 нм .

Вариант 16

1. Плоская электромагнитная волна $E = 200\cos(6,28 \cdot 10^8 t + 4,55x)$ В/м распространяется в некоторой среде, магнитная проницаемость которой $\mu = 1$. Определить максимальную плотность переносимой электромагнитной энергии.

2. Уравнение изменения силы тока в колебательном контуре со временем имеет вид $I = -0,01\sin 200\pi t$ А. Емкость контура $6,25 \cdot 10^{-7}$ Ф. Найти максимальную разность потенциалов на обкладках конденсатора и максимальную энергию магнитного поля.

3. Определить угол между зеркалами Френеля, если расстояние между полосами на экране равно 3 мм. Расстояние от источника до зеркал 50 см, от зеркал до экрана 2,5 м. Длина волны света 486 нм.

4. Мыльную пленку ($n = 1,33$) расположили вертикально и наблюдают в отраженном свете через красный светофильтр ($\lambda = 631$ нм). Расстояние между интерференционными полосами равно 3 мм. Найти расстояние между полосами, если эту же пленку наблюдают через синий светофильтр ($\lambda = 400$ нм).

5. При какой толщине пленки исчезают интерференционные полосы при освещении ее светом длиной волны 500 нм. Показатель преломления пленки 1,3.

6. Плоская световая волна с длиной 0,5 мкм падает на диафрагму с круглым отверстием диаметром 1 см. Определить расстояние от отверстия до экрана, если отверстие открывает одну и две зоны Френеля.

7. Сколько штрихов на 1 мм длины имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ртути с длиной волны 546,1 нм наблюдается в спектре первого порядка под углом $19^\circ 8'$.

8. Угол Брюстера при падении из воздуха на кристалл каменной соли равен 57° . Определить скорость света в этом кристалле.

9. Какой максимальный порядок спектра может наблюдаться при дифракции света с длиной волны 750 нм на решетке с периодом 30 мкм?

10. На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно чёрного тела, имеющего температуру 37°C ?

11. Найти задерживающий потенциал для фотоэлектронов, испускаемых при освещении калия светом с длиной волны 330 нм.

12. При эффекте Комптона энергия падающего фотона распределилась поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния равен 90° . Найти импульс рассеянного фотона.

Вариант 17

1. Энергия, переносимая плоской электромагнитной волной в вакууме за время 1 мин через площадку 10см^2 , расположенную перпендикулярно к направлению распространения волны, составляет $8,0 \cdot 10^{-11}$ Дж. Определить амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей. Считать $T \ll t$, где T - период волны.



2. В цепь переменного тока напряжением 220В включены последовательно емкость, активное сопротивление 100Ом и индуктивность. Найти ток, проходящий через контур, если известно, что падение напряжения на конденсаторе $U_C = 2U_R$ и падение напряжения на индуктивности $U_L = 3U_R$.

3. Определить расстояние между центром интерференционной картины и пятой светлой полосой в установке с зеркалами Френеля, если угол между зеркалами $20'$. Расстояние от зеркал до источника и экрана равны соответственно 20см и 2м. Длина волны 540нм.

4. Найти радиус первого темного кольца Ньютона, если между линзой и пластинкой налит бензол ($n = 1,5$). Радиус кривизны линзы 1м. Показатели преломления линзы и пластинки одинаковы. Наблюдение ведется в отраженном свете ($\lambda = 589$ нм).

5. Вычислить радиус первой зоны Френеля, если расстояние от источника света до зонной пластинки равно 445см, а расстояние от пластинки до экрана равно 190см и длина волны 455нм.

6. Распространяющийся в воде луч света падает на ледяную поверхность. Найти угол падения, если отраженный луч полностью поляризован. Показатель преломления воды 1,33, льда – 1,31.

7. Период дифракционной решетки 0,005мм. Определить число наблюдаемых главных максимумов в спектре дифракционной решетки для длины волны 760нм.

8. Температура абсолютно чёрного тела изменилась при нагревании от 1000К до 3000К. На сколько изменилась при этом длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости?

9. Определить постоянную Планка, если известно, что фотоэлектроны, вырывающиеся с поверхности металла светом с частотой $2,2 \cdot 10^{15}$ Гц, полностью задерживаются обратным потенциалом 6,6В, а вырывающиеся светом с частотой $4,6 \cdot 10^{15}$ Гц - потенциалом 16,5В.

10. Чему равно отношение максимальных комптоновских изменений длин волн при рассеянии фотонов на свободных электронах и на ядрах атомов водорода?

Вариант 18

1. Плоская электромагнитная волна, электрическое и магнитное поля которой изменяются во времени по косинусоидальному закону, распространяется в вакууме. Длина волны 300м. Найти мгновенное значение плотности потока энергии в момент времени $T/8$, где T - период волны, если $E_{\max} = 100$ В/м.



2. Колебательный контур состоит из конденсатора с емкостью 100пФ и катушки с индуктивностью 64мкГн и сопротивлением 1Ом. Определить собственную частоту колебаний, период колебаний, добротность контура.

3. Плоская волна падает на диафрагму с двумя щелями, отстоящими на расстоянии 2,5см. На экране на расстоянии 150см наблюдаются интерференционные полосы. На какое расстояние сместится картина интерференции, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщиной 10нм. Показатель преломления стекла 1,65.

4. На щель шириной 13мм падает нормально монохроматический свет. Определить длину волны, если угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на восьмую темную полосу равен 17° .

5. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия спектра гелия с длиной волны 0,67мкм спектра второго порядка?

6. Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения отраженный луч полностью поляризован?

7. На щель падает нормально параллельный пучок монохроматического света. Под каким углом будет наблюдаться пятый дифракционный минимум, если ширина щели в 10 раз больше длины волны падающего света.

8. Во сколько раз нужно увеличить температуру абсолютно чёрного тела, чтобы его энергетическая светимость возросла в 2 раза?

9. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 275нм. Найти в эВ работу выхода электрона из металла и максимальную кинетическую энергию электронов, вырываемых из металла светом с длиной волны 180нм.

10. Комптоновское смещение для рентгеновских лучей с длиной волны 0,01нм оказалось равным 0,0024нм. Найти угол рассеяния и энергию электронов отдачи в эВ.

Вариант 19

1. При прохождении плоской электромагнитной волны через некоторую среду ($\mu = 1$) ее длина волны изменилась в 2 раза по сравнению с прохождением через вакуум, где она составляла 300м. Определить диэлектрическую проницаемость среды и мгновенное значение плотности

потока энергии в момент времени $T/3$, где T – период волны, если $E_{\max} = 200 \text{ В/м}$.

2. В цепь переменного тока напряжением 220В включены последовательно емкость, активное сопротивление 10Ом и индуктивность. Найти мощность, потребляемую контуром, если известно, что падение напряжения на конденсаторе $U_C = 2U_R$ и падение напряжения на индуктивности $U_L = 3U_R$.

3. Каковы должны быть пределы измерений толщины пластинки с показателем преломления 1,6, чтобы наблюдать интерференционные максимумы 10-го порядка для длины волны 520нм.

4. Клиновидная пластинка шириной 100мм имеет у одного края толщину 2,254мм у другого 2,283мм. Показатель преломления пластинки 1,5. Свет длиной волны 655нм падает на пластинку под углом 30° . Определить ширину интерференционной полосы в отраженном свете.

5. На установку для получения колец Ньютона падает нормально свет длиной волны 0,52мкм. Определить толщину воздушного слоя там, где наблюдается пятое светлое кольцо в проходящем свете.

6. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света 0,5мм, расстояние от них до экрана 3м. Длина волны света 0,6мкм. Определить расстояние между соседними максимумами.

7. Под каким углом должен падать пучок света из воздуха на поверхность жидкости, налитой в стеклянный сосуд, чтобы свет, отраженный от дна сосуда, был полностью поляризован. Показатель преломления жидкости 1,08, стекла – 1,65.

8. Какое наименьшее число штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы две составляющие желтой линии натрия с длинами волн 588,0нм и 588,6нм можно было наблюдать отдельно в спектре первого порядка?

9. Как изменится общее количество излучаемой телом энергии, если одну половину тела нагреть в 2 раза больше, а другую половину охладить в 2 раза против первоначального состояния. Тело считать абсолютно чёрным телом.

10. Чему равна в эВ кинетическая энергия фотоэлектронов, испускаемых натрием, если натрий освещается светом с длиной волны $4 \cdot 10^{-8} \text{ м}$? Порог фотоэффекта для натрия 680нм.

Вариант 20

1. Разность фаз колебаний электрического вектора электромагнитной волны в двух точках, лежащих на луче и отстоящих от источни-



ка волн на расстояниях 20м и 45м, равна 60° . Найти длину волны и период. Считать, что волна распространяется в вакууме.

2. Индуктивность 22,6мГн и активное сопротивление включены параллельно в цепь переменного тока частотой 50Гц. Найти сопротивление, если известно, что сдвиг фаз между напряжением и током равен 60° .

3. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми источниками света 0,5мм, расстояние до экрана 5м. На экране расстояние между интерференционными полосами равно 5мм. Определить длину волны света.

4. Поверхности стеклянного клина образуют между собой угол $2'$. На клин нормально падает свет длиной волны 560нм. Определить ширину интерференционных полос.

5. Установка для получения колец Ньютона освещена светом ($\lambda = 500\text{нм}$), падающим нормально. Радиус кривизны линзы 5м. Наблюдение в отраженном свете. Определить ширину второго кольца Ньютона.

6. На дифракционную решетку падает монохроматический свет. Определить постоянную решетки, выраженную в длинах волн, если максимум третьего порядка наблюдается под углом $36^\circ 48'$ к нормали.

7. Определить угловую высоту Солнца над горизонтом, если солнечный луч, отраженный от поверхности воды, полностью поляризован. Показатель преломления воды 1,33.

8. На дифракционную решетку, постоянная которой 4мкм, нормально падает пучок белого света. Определить протяженность видимого участка спектра первого порядка, спроектированного на экран линзой с фокусным расстоянием 50см. Длины волн границ видимого света принять равными 380нм и 760нм.

9. Найти, на сколько уменьшится масса Солнца за год вследствие излучения. Солнце считать абсолютно чёрным телом. Температура Солнца равна 5800К.

10. Кванты света с энергией 4,9эВ вырывают электроны из металла с работой выхода 4,5эВ. Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

4.3. Решение типового варианта и образец оформления индивидуального задания № 1

Задача №1

Плоская электромагнитная волна падает нормально на поверхность плоскопараллельного слоя толщины l из немагнитного материала, диэлектрическая проницаемость которого падает экспоненциально от зна-



чения ε_1 на передней поверхности до ε_2 на задней. Найти время распространения данной фазы волны через этот слой.

Дано:

l

ε_1

ε_2

Найти: $t = ?$

Решение:

Для бесконечно малого интервала времени

$$v = \frac{dx}{dt}. \quad (1)$$

Диэлектрическая проницаемость изменяется по экспоненциальному закону

$$\varepsilon = \varepsilon_1 e^{-kx}. \quad (2)$$

Прологарифмируем и продифференцируем (1)

$$\ln \varepsilon = -kx;$$

$$\frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = -kdx, \quad (3)$$

$$dx = -\frac{1}{\varepsilon k} d\varepsilon. \quad (4)$$

Скорость распространения электромагнитных волн в среде

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}. \quad (5)$$

Подставив dx из уравнения (3) и v из (5) в (1), после преобразований, получим

$$dt = -\frac{\sqrt{\varepsilon}}{\varepsilon kc} d\varepsilon = -\frac{d\varepsilon}{\sqrt{\varepsilon} kc} = -\frac{\varepsilon^{-1/2}}{kc} d\varepsilon. \quad (6)$$

Для нахождения времени распространения данной фазы волны через слой диэлектрика проинтегрируем (6) в пределах от ε_1 до ε_2

$$t = \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} -\frac{\varepsilon^{-1/2}}{kc} d\varepsilon = \frac{1}{kc} 2\sqrt{\varepsilon} \Big|_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} = \frac{2}{kc} (\sqrt{\varepsilon_2} - \sqrt{\varepsilon_1}). \quad (7)$$

Значение k найдем из условия

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 e^{-kl}. \quad (8)$$

Из уравнения (8)

$$k = \frac{1}{l} \ln \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}. \quad (9)$$

Тогда, подставив (9) в (7), получим

$$t = \frac{2l}{c \ln \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}} (\sqrt{\varepsilon_2} - \sqrt{\varepsilon_1}). \quad (10)$$

Ответ: $t = \frac{2l}{c \ln \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}} (\sqrt{\varepsilon_2} - \sqrt{\varepsilon_1})$

Задача №2

Плоский воздушный конденсатор, обкладки которого имеют форму дисков радиусом $a = 10,0$ см, подключен к переменному синусоидальному напряжению частоты $\omega = 10000$ рад/с. Найти отношение амплитудных значений магнитной и электрической энергии внутри конденсатора.

Дано:

$$a = 10,0 \text{ см}$$

$$\omega = 10000 \text{ рад/с}$$

Найти: $W_m / W_э = ?$

Решение:

Пусть напряжение на конденсаторе меняется по закону $U = U_m \cos \omega t$ и расстояние между пластинами конденсатора равно h . Тогда электрическая энергия конденсатора

$$W_m = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} \pi a^2 h = \frac{\varepsilon_0 \pi h^2}{2h} U_m^2 \cos^2 \omega t. \quad (1)$$

Магнитная энергия может быть найдена по формуле

$$W_m = \int \frac{B^2}{2\mu_0} dV. \quad (2)$$

По теореме о циркуляции вектора \mathbf{H}

$$2\pi r H = \pi r^2 \frac{\partial D}{\partial t}. \quad (3)$$

Поскольку
$$\mathbf{H} = \frac{B}{\mu_0}, \quad (4)$$

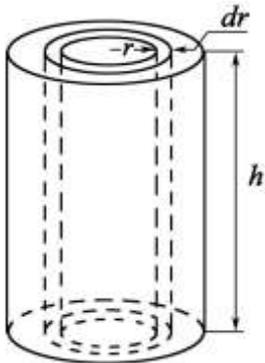
то, учитывая, что модуль вектора электростатической индукции связан с модулем напряженности электрического поля в вакууме соотношением $D = \varepsilon_0 E$, а амплитуда напряженности электрического поля в плоском конденсаторе $E_m = \frac{U_m}{h}$, получим

$$\frac{\partial D}{\partial t} = -\varepsilon_0 \left(\frac{U_m}{h} \right) \omega \sin \omega t. \quad (5)$$

Подставив (5) в (3), имеем

$$B = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \mu_0 \frac{r \omega U_m}{h} |\sin \omega t|. \quad (6)$$

В качестве элементарной поверхности примем кольцо радиусами r и $r + dr$ и высотой h . Тогда элементарный объем dV (см. рисунок) можно представить в виде



$$dV = 2\pi r dr h. \quad (7)$$

Подставив (6) и (7) в (2), получим в результате интегрирования

$$W_m = \frac{\pi}{16} \frac{\mu_0 \varepsilon_0^2 \omega^2 a^4 U_m^2}{h} \sin^2 \omega t. \quad (8)$$

Тогда отношение максимальной магнитной энергии (8) к электрической (1) равно

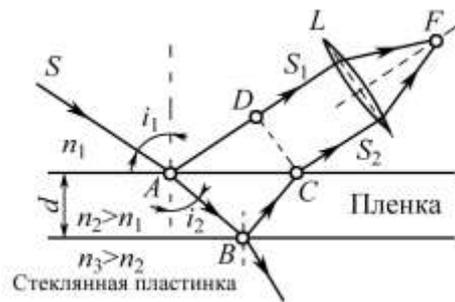
$$\frac{W_{m,\max}}{W_{э,\max}} = \frac{1}{8} \mu_0 \varepsilon_0 a^2 \omega^2. \quad (9)$$

Подставив численные значения и проведя вычисления, получим $W_m / W_э = 8,5 \cdot 10^{-13}$.

Ответ: $W_m / W_э = 8,5 \cdot 10^{-13}$.

Задача №3

На толстую стеклянную пластинку (рис.), покрытую очень тонкой пленкой, коэффициент преломления вещества которой равен 1,4, падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света ($\lambda = 0,6$ мкм). Отраженный свет максимально ослаблен вследствие интерференции. Определить толщину пленки.



Дано:

$$n_1 = 1,0029$$

$$n_2 = 1,4$$

$$n_3 = 1,5$$

$$\lambda = 0,6 \text{ мкм}$$

Найти: $d_1 = ?$

Решение:

В точках A и B падающий луч SA отражается и частично преломляется. Отраженные лучи AS_1 и BCS_2 падают на собирающую линзу L , пересекаются в ее фокусе F и интерферируют между собой. Показатель преломления воздуха ($n_1 = 1,0029$) меньше показателя преломления вещества пленки ($n_2 = 1,4$), который в свою очередь меньше показателя преломления стекла ($n_3 = 1,5$), то в обоих случаях отражение происходит от среды оптически более плотной.

Следовательно, никакого изменения фазы колебаний ни у того, ни у другого луча не происходит.

$$\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}.$$

Как видно из рисунка, оптическая разность хода

$$\Delta = (AB + BC) n_2 - ADn_1.$$

Следовательно,

$$(AB + BC) n_2 - ADn_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}.$$

Если угол падения i_1 будет уменьшаться, то в пределе при $i_1 = 0$ будем иметь

$$\Delta = 2dn_2 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

откуда искомая толщина пленки

$$d = \frac{(2k + 1)\lambda}{4n_2}.$$

Полагая $k = 0, 1, 2, 3, \dots$, получим возможные значения толщины пленки:

$$d_0 = \frac{\lambda}{4n_2} = \frac{0,6}{4 \cdot 1,4} \text{ мкм} = 0,11 \text{ мкм};$$

$$d_1 = \frac{3\lambda}{4n_2} = 3d_0 = 0,33 \text{ мкм}.$$

Задача №4

На пути плоской световой волны с $\lambda = 0,54$ мкм поставили тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием $f = 50$ см, непосредственно за ней – диафрагму с круглым отверстием и на расстоянии $b = 75$ см от диафрагмы – экран. При каких радиусах отверстия центр дифракционной картины на экране имеет максимальную освещенность?

Дано:

$$\lambda = 0,54 \text{ мкм} = 0,54 \cdot 10^{-6}$$

м

$$f = 50 \text{ см} = 50 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$b = 75 \text{ см} = 75 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Найти: $r_k = ?$

Решение:

Радиус внешней границы k -ой зоны Френеля:

$$r_k = \sqrt{\frac{k\lambda ab}{a+b}}, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

где a – расстояние от источника света до диафрагмы (линзы); b – расстояние от диафрагмы (линзы) до экрана.

Для нахождения a – расстояния от источника света до линзы воспользуемся формулой тонкой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}.$$

Отсюда $a = \frac{fb}{b-f}$. Подставим в формулу для определения радиуса зон Френеля:

$$r_k = \sqrt{\frac{k\lambda ab}{a+b}} = \sqrt{\frac{k\lambda b^2 f}{(b-f) \frac{b^2}{(b-f)}}} = \sqrt{\frac{k\lambda fb^2}{(b-f) \frac{b}{1-\frac{b}{f}}}} = \left[\frac{b}{f} \rightarrow 0 \right] = \sqrt{\frac{k\lambda fb}{b-f}}.$$

Подставим численные значения:

$$r_k = \sqrt{\frac{k \cdot 0,54 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 50 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 75 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{75 \cdot 10^{-2} \text{ м} - 50 \cdot 10^{-2} \text{ м}}} = 0,9 \cdot 10^{-3} \sqrt{k} = 0,9 \sqrt{k} \text{ мм}.$$

Максимумы освещенности будут наблюдаться при нечетных значениях $k = 1, 3, 5, \dots$

Ответ: $r_k = 0,9\sqrt{k}$ мм, где $k = 1, 3, 5, \dots$

Задача №5

На стеклянный клин (рис.) ($n = 1,5$) нормально падает монохроматический свет ($\lambda = 698$ нм). Определите угол между поверхностями клина, если расстояние между двумя соседними интерференционными минимумами в отраженном свете равно 2 мм.

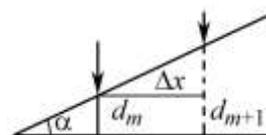
Дано:

$$n = 1,5$$

$$\lambda = 698 \text{ нм}$$

$$\Delta x = 2 \text{ мм}$$

Найти: $\alpha = ?$



Решение:

Так как α мал (требование когерентности), то

$$\alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \frac{y}{\Delta x} = \frac{d_{m+1} - d_m}{\Delta x}.$$

В общем случае известно, что

$$2d_m n \cos i + \frac{\lambda}{2} = (2m+1) \frac{\lambda}{2}, \quad i = 0^\circ;$$

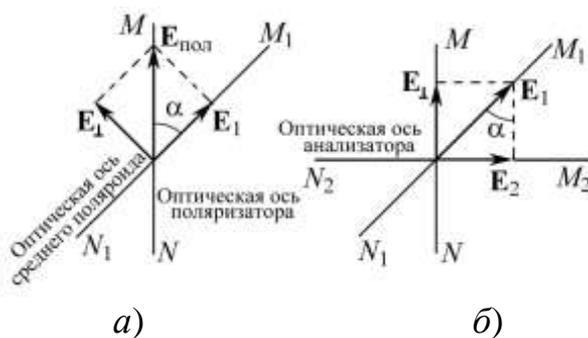
$$2d_m n = m\lambda; \quad d_m = \frac{m\lambda}{2n}; \quad d_{m+1} = \frac{(m+1)\lambda}{2n};$$

$$\alpha = \frac{(m+1)\lambda - m\lambda}{2\Delta x \cdot n} = \frac{\lambda}{2\Delta x \cdot n}; \quad \alpha = 24''.$$

Ответ: $\alpha = 24''$.

Задача №6

Если между двумя скрещенными поляроидами поместить третий, оптическая ось которого составляет угол α с оптической осью анализатора, то поле просветлеет. Найти интенсивность прошедшего света. Потерями света на отражение и поглощение пренебречь. При каком угле α просветление максимальное?



Решение:

У необыкновенного луча, прошедшего через поляризатор, вектор напряженности электрического поля параллелен оптической оси поляризатора MN (рис. *a*). Разложим этот вектор на обыкновенный E_{\perp} и необыкновенный E_{\parallel} относительно среднего поляроида. Через этот поляриод пройдет только необыкновенный луч с соответствующей напряженности электрического поля

$$E_{\parallel} = E \cos \alpha.$$

Аналогично через анализатор пройдет необыкновенный луч, у которого напряженность поля (рис. *б*)

$$E_2 = E_{\parallel} \sin \alpha = E \sin \alpha \cos \alpha.$$

Интенсивность волны пропорциональна квадрату вектора напряженности, следовательно,

$$I = I_{\text{пол}} \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha.$$

Учитывая, что поляризация поглощает половину интенсивности естественного света, получаем:

$$I = \frac{1}{2} I_0 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha = \frac{1}{8} I_0 \sin^2 2\alpha.$$

Отсюда получаем

$$I = I_{\max} = \frac{1}{8} I_0 \text{ при } \alpha = 45^\circ.$$

Ответ: $I = \frac{1}{8} I_0$

Задача №7

Максимум спектральной плотности энергетической светимости зачерненного металлического шара соответствует длине волны $\lambda_{\max} = 1400$ нм. Принимая шар за абсолютно черное тело, определить: 1) энергетическую светимость R_T шара; 2) поток энергии Φ , излучаемый шаром; 3) массу m электромагнитных волн (всех длин), излучаемых шаром за 1 час. Радиус шара $r = 0,1$ м.

Дано:

$$\lambda_{\max} = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$r = 0,1 \text{ м}$$

$$t = 3600 \text{ с}$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$$

$$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м}/\text{с}$$

Найти: $R_T = ?$ $\Phi = ?$ $m = ?$

Решение:

1. Энергетическая светимость R_T абсолютно черного тела выражается формулой Стефана–Больцмана

$$R_T = \sigma T^4. \quad (1)$$

Выразив из закона смещения Вина температуру $T = b/\lambda_{\max}$ и подставив в (1), получим:

$$R_T = \sigma (b/\lambda_{\max})^4. \quad (2)$$

Подставив в (2) численные значения найдем:

$$\begin{aligned} R_T &= 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (2,9 \cdot 10^{-3} / 1,4 \cdot 10^{-6})^4 = \\ &= 1,04 \cdot 10^6 \text{ (Вт}/\text{м}^2) \approx 1 \text{ (МВт}/\text{м}^2). \end{aligned}$$

2. Поток энергии Φ , излучаемый шаром в единицу времени, равен произведению энергетической светимости R_T шара и площади S его поверхности:

$$\Phi = R_T S, \quad \text{или} \quad \Phi = 4\pi r^2 R_T, \quad (3)$$

Подставив значения в формулу (3), получим:

$$\Phi = 4 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2 \cdot 1 \cdot 10^6 = 1,26 \cdot 10^5 \text{ Вт} = 0,126 \text{ МВт.}$$

3. Массу m электромагнитных волн (всех длин), излучаемых шаром за время t , определим, применив закон пропорциональности массы и энергии:

$$W = mc^2.$$

Энергия электромагнитных волн, излучаемых за время t , равна:

$$W = \Phi t.$$

Следовательно,

$$m = \Phi t / c^2.$$

Вычисление по формуле дает:

$$m = 1,26 \cdot 10^5 \cdot 3600 / 9 \cdot 10^{16} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ кг} = 5 \text{ мкг.}$$

$$\text{Ответ: } R_T = 1 \text{ МВт/м}^2; \quad \Phi = 0,126 \text{ МВт}; \quad m = 5 \text{ мкг.}$$

Задача №8

Определить энергию, излучаемую за 1 мин из смотрового окошка площадью отверстия 8 см^2 плавильной печи, если её температура $T = 1000^\circ\text{C}$.

Дано:

$$t = 60 \text{ с}$$

$$S = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$T = 1273 \text{ К}$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$$

Найти: $w = ?$

Решение:

Смотровое окошко плавильной печи можно принять за абсолютно черное тело. Энергия, испускаемая из смотрового окошка

$$W = R_T S t$$

где R_T – энергетическая светимость абсолютно черного тела. По закону Стефана-Больцмана

$$R_T = \sigma T^4. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), найдем искомое выражение:

$$W = \sigma T^4 S t.$$

$$W = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1273^4 \cdot 8 \cdot 10^{-4} \cdot 60 = 7147 \text{ (Дж)} = 7,15 \text{ (кДж)}.$$

Ответ: $W = 7,15 \text{ кДж}$.

Задача №9

На уединенный медный шарик падает монохроматический свет, длина волны которого $\lambda = 0,1665$ мкм (ультрафиолет). До какого максимального потенциала зарядится шарик, если работа выхода электрона для меди $A_{\text{вых}} = 4,5$ эВ?

Дано:

$$\lambda = 0,1665 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 166,5 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$A_{\text{вых}} = 4,5 \text{ эВ} = 4,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} =$$

$$7,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с};$$

$$|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Найти: $U_{\text{max}} = ?$ **Решение:**

Под действием падающего ультрафиолетового излучения происходит вырывание электрона из металла (фотоэффект). Вследствие вылета электронов медный шарик заряжается положительно. Максимальный потенциал U_{max} , до которого может зарядиться шарик, определяется наибольшей начальной кинетической энергией T_{max} электронов, с которой электроны вылетают из меди

$$U_{\text{max}} \cdot |q_e| = T_{\text{max}}, \quad (q_e - \text{заряд электрона}).$$

Эта энергия может быть определена из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A_{\text{вых}} + T_{\text{max}}.$$

Найдем максимальную кинетическую энергию при вылете электронов из меди

$$T_{\text{max}} = h\nu - A_{\text{вых}} = hc/\lambda - A_{\text{вых}}.$$

Тогда

$$U_{\text{max}} = \frac{T_{\text{max}}}{|q_e|} = \frac{\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}}}{|q_e|} = \frac{hc - A_{\text{вых}} \cdot \lambda}{\lambda \cdot |q_e|}$$
$$U_{\text{max}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 - 7,2 \cdot 10^{-19} \cdot 166,5 \cdot 10^{-9}}{166,5 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} =$$
$$= \frac{663 \cdot 3 - 7,2 \cdot 166,5}{166,5 \cdot 1,6} = \frac{1990 - 1200}{266} = \frac{790}{266} = 2,97 \text{ В}.$$

Ответ: $U_{\text{max}} = 2,97 \text{ В}$

Задача №10

Определите максимальное изменение длины волны при комптоновском рассеянии на свободных протонах.

Дано:

$$m_0 = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Найти: $\Delta\lambda_{\max} = ?$ **Решение:**

Наибольшее изменение длины волны $\Delta\lambda_{\max}$ в эффекте Комптона имеет место при $\theta = 180^\circ$

$$\Delta\lambda_{\max} = \lambda_c (1 - \cos \theta) = \lambda_c (1 + 1) = 2\lambda_c.$$

Комптоновская длина волны для протона

$$\lambda_{c(p)} = \frac{h}{m_{0(p)} \cdot c} = 1,32 \cdot 10^{-15} \text{ м.}$$

$$\Delta\lambda_{\max(p)} = 2 \cdot 1,32 \cdot 10^{-15} = 2,64 \cdot 10^{-15} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } \Delta\lambda_{\max(p)} = 2,64 \cdot 10^{-15} \text{ м}$$

4.4. Варианты индивидуального задания № 2

ВАРИАНТ № 1

1. Найти длину волны де Бройля для электрона, кинетическая энергия которого равна 10кэВ.
2. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5нм. Определить радиус электронной орбиты возбуждённого атома водорода.
3. В спектре атомарного водорода известны длины волн трёх линий: 97,3нм, 102,6нм и 121,6нм. Найти длины волн других линий в данном спектре, которые можно предсказать с помощью этих трёх линий.
4. Во сколько раз потенциал ионизации однократно ионизированного He^+ больше потенциал ионизации атома водорода.
5. Электрон поместили в одномерный потенциальный ящик шириной 1. Определить отношение вероятностей нахождения электрона в основном состоянии в интервале $1/2 < x < 3/4$ и четвертом возбужденном состоянии в том же интервале.
6. В потенциальном ящике шириной 4см находится частица массой 10^{-30} кг. Будет ли спектр этой частицы сплошным? Почему?
7. Написать формулу электронного строения атома кальция Ca .
8. Какая часть начального количества атомов радиоактивного актиния Ac^{225} останется через 15 суток?



9. Запишите в развернутом виде ядерную реакцию ${}_9\text{F}^{19}(\text{p},\alpha){}_8\text{O}^{16}$. Найдите (в МэВ) энергию этой реакции.
10. Найти массу нейтрального атома водорода (в а.е.м.), если масса протона равна $1,672 \cdot 10^{-27}$ кг.

ВАРИАНТ № 2

1. Почему в атомных ядрах нет электронов? Размер ядра порядка 10^{-15} м. Указание: используя соотношение неопределенностей, определить неопределенность скорости электрона и сравнить ее с величиной скорости света.
2. Найти период обращения электрона на первой боровской орбите двукратно ионизированного лития и его угловую скорость.
3. При переходе атомов водорода из возбужденного состояния в нормальное возникает фотоэффект в вольфраме (работа выхода 4,5эВ), при котором максимальная скорость фотоэлектронов составляет $1,41 \cdot 10^6$ м/с. Определить потенциал возбуждения атома водорода. (1-й).
4. Во сколько раз потенциал ионизации двукратно ионизированного лития больше однократно ионизированного гелия?
5. Частица в потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность найти частицу во второй трети ящика?
6. Поместим электрон в потенциальный ящик. Во сколько раз разность энергий пятого и четвертого энергетических уровней больше энергии четвертого уровня электрона?
7. Используя принцип Паули, указать, какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые квантовые числа n, l .
8. Найти удельную активность радона ${}_{86}\text{Rn}^{222}$.
9. Освобождается или поглощается энергия в ядерной реакции ${}_{20}\text{Ca}^{44} + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_{19}\text{K}^{41} + {}_2\text{He}^4$.
10. Какую наименьшую энергию (в МэВ) надо затратить, чтобы разделить ядро ${}_{2}\text{He}^4$ на две одинаковые части?

ВАРИАНТ № 3

1. Возможно ли обнаружить волновые свойства тела с массой 1г, движущегося со скоростью 1см/с? Почему? Докажите.
2. Найти период обращения электрона на первой боровской орбите иона He^+ и его угловую скорость.
3. Покоящийся ион Li^{++} испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Этот фотон вырвал фотоэлектрон из покоящегося атома водорода, который находился в основном состоянии. Найти скорость фотоэлектрона.





4. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 92нм. Определить радиус электронной орбиты возбуждённого атома водорода.
5. Поместим частицу в потенциальный ящик шириной l . Определить в каких точках интервала $l/3 < x < 2l/3$ плотность вероятности обнаружить частицу минимальна, если она находится в третьем возбужденном состоянии.
6. Какова должна быть масса частицы, чтобы в потенциальном ящике шириной 1см она имела дискретный спектр? Есть ли такие частицы?
7. Заполненный электронный слой характеризуется квантовым числом $n = 5$. Указать число электронов в этом слое, которые имеют одинаковые квантовые числа $m_s = -1/2$ и $l = 4$.
8. Найти промежуток времени, в течение которого активность изотопа стронция ^{90}Sr уменьшилась в 100 раз.
9. Какой изотоп образуется из $_{90}\text{Th}^{232}$ после четырех α и двух β -распадов?
10. Найдите дефект массы (в а.е.м.) и энергию связи (в МэВ) ядра атома дейтерия ${}_1\text{H}^2$.

ВАРИАНТ № 4

1. Ядро атома гелия движется по окружности с радиусом 0,83см в однородном магнитном поле с магнитной индукцией $2,5 \cdot 10^{-2}$ Тл. Найти длину волны де Бройля для ядра атома гелия.
2. Найти период обращения электрона на первой боровской орбите в атоме водорода и его угловую скорость.
3. Покоящийся ион He^+ испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Какую скорость приобрёл ион вследствие отдачи?
4. Найти интервал длин волн, в котором заключена спектральная серия Бальмера для атома водорода.
5. В одномерный потенциальный ящик шириной l поместили электрон. Вычислить во сколько раз вероятность нахождения электрона в пятом возбужденном состоянии в интервале $l/5 < x < 3l/5$ меньше вероятности нахождения электрона в третьем возбужденном состоянии в том же интервале.
6. Частица массой 10^{-27} г находится в потенциальном ящике шириной 0,2нм. Вычислить разность энергий четвертого и шестого энергетических уровней частицы. Ответ выразить в электрон-вольтах.
7. Какое максимальное число d-электронов может находиться в L-слое атома?



8. Найти активность фосфора P^{32} массой 1 мг.
9. При бомбардировке изотопа лития ${}^6_3\text{Li}$ дейтронами образуется две α -частицы. Напишите ядерную реакцию.
10. Какую наименьшую энергию (в МэВ) нужно затратить, чтобы оторвать один нейтрон от ядра азота ${}^{14}_7\text{N}$?

ВАРИАНТ № 5

1. Чему равна относительная неопределенность импульса частицы, если неопределенность ее координаты равна дебройлевской длине волны этой частицы?
2. Найти радиус первой боровской электронной орбиты для Li^{++} и скорость электрона на ней.
3. Сколько спектральных линий будет испускать атомарный водород, возбужденный электронами, имеющими энергию 12,7 эВ. Найти максимальную и минимальную длины испускаемого излучения.
4. Вычислить массы фотонов, которые испускают: 1) атом водорода; 2) ион гелия He^+ ; 3) ион Li^{++} , находящиеся в первом возбужденном состоянии, при переходе их в основное состояние.
5. Какова вероятность обнаружить частицу в первой четверти потенциального ящика, если она находится в основном состоянии?
6. Какой ширины потенциальный ящик надо взять, чтобы частица массой 10^{-28} кг имела дискретный спектр? Почему?
7. Найти число электронов в атоме, у которого в основном состоянии заполнены K, L, M-слои и 4s, 4p-оболочки полностью, а 4d-оболочка - наполовину. Что это за атом?
8. За какой промежуток времени из 10^7 атомов актиния распадется один атом?
9. Найти наименьшее значение энергии (в МэВ) γ -кванта, достаточного для осуществления реакции разложения дейтона ${}^2_1\text{H} + h\nu \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^1_0\text{n}$.
10. Найдите (в МэВ) энергию связи ядра атома алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$.

ВАРИАНТ № 6

1. Пылинка с массой 10^{-15} г находится в области с линейными размерами 10^{-4} см. Проявляет ли такая пылинка при движении волновые свойства? Почему? Докажите.
2. Длина волны де Бройля для электрона в атоме водорода составляет 0,66 нм. Определить на какой орбите находится электрон и его угловую скорость.

3. При переходе атомов водорода из возбуждённого состояния в основное они испускают фотоны трех сортов. Найти энергии фотонов в эВ.
4. Покоящийся ион Li^{++} испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Этот фотон вырвал фотоэлектрон из покоящегося иона He^+ , который находился в основном состоянии. Найти кинетическую энергию фотоэлектрона в эВ.
5. Частица в потенциальном ящике шириной l находится в первом возбужденном состоянии. Определить, в каких точках интервала $0 < x < l/3$ плотность вероятности нахождения частицы максимальна.
6. Поместим электрон в потенциальный ящик. Во сколько раз разность энергий седьмого и восьмого энергетических уровней больше энергии седьмого уровня электрона.
7. Используя принцип Паули, указать, какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковое квантовое число n .
8. Найти удельную активность кольбата Co^{60} .
9. Освобождается или поглощается энергия в ядерной реакции ${}_4\text{Be}^9 + {}_1\text{H}^2 \rightarrow {}_5\text{B}^{10} + {}_0\text{n}^1$.
10. Ядро атома состоит из трех протонов и двух нейтронов. Энергия связи ядра равна $26,3\text{МэВ}$. Найти массу атома в а.е.м.. Что это за атом?

ВАРИАНТ № 7

1. Движущийся электрон локализован в области с линейными размерами порядка 10^{-8}см . Найти неопределенность его скорости.
2. Найти во сколько раз скорость электрона на первой боровской орбите атома водорода отличается от скорости электрона на той же орбите однократно ионизированного атома гелия.
3. D-линия натрия излучается в результате такого перехода электрона с одной орбиты на другую, при котором энергия атома уменьшается на $3,37 \cdot 10^{-19}\text{Дж}$. Определить длину волны D-линии натрия.
4. Атомарный водород, получив энергии $13,6\text{эВ}$, перешёл в возбуждённое состояние. Сколько спектральных линий возникает при переходе атомов в нормальное состояние? Найти наименьшую и наибольшую длины волн возникших линий.
5. Частицу поместили в потенциальный ящик. Вычислить отношение вероятностей нахождения частицы во втором и третьем возбужденных состояниях в первой четверти ящика.
6. Будет ли электрон иметь дискретный спектр, если его поместить в потенциальный ящик шириной 2см ? Почему?
7. Написать формулу электронного строения атома хлора Cl .



8. За 1 год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в 3 раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?
9. Вследствие радиоактивного распада ${}_{92}\text{U}^{238}$ превращается в ${}_{82}\text{Pb}^{206}$. Сколько α и β -распадов он при этом испытывает?
10. Энергия связи ядра, состоящего из двух протонов и одного нейтрона равна 7,72 МэВ. Определить массу нейтрального атома, имеющего это ядро.

ВАРИАНТ № 8

1. Найти длину волны де Бройля для атома водорода, движущегося со средней квадратичной скоростью при температуре 300К.
2. Длина волны де Бройля для электрона в атоме водорода составляет 0,33 нм. Определить на какой боровской орбите находится электрон и его кинетическую энергию.
3. Найти наименьшую и наибольшую длины волн спектральных линий водорода в ультрафиолетовой области спектра.
4. Какую ускоряющую разность потенциалов должны пройти электроны, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами этих электронов спектр водорода имел три спектральные линии? Найти длины волн этих линий.
5. В одномерный потенциальный ящик шириной l помещен электрон. Какова вероятность обнаружить электрон в основном состоянии в интервале $l/4 < x < 3l/4$?
6. Частица массой 10^{-27} г помещена в потенциальный ящик шириной 0,25 нм. Определить разность энергий пятого и шестого энергетических уровней частицы. Ответ выразить в электрон-вольтах.
7. Найти число электронов в атоме, у которого в основном состоянии заполнены K, L, M-слои и 4s, 4p, 4d-оболочки. Что это за атом?
8. Какая часть начального количества атомов радиоактивного актиния ${}_{89}\text{Ac}^{225}$ останется через 5 суток?
9. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях: 1) ${}_{7}\text{N}^{14}(n, x){}_{6}\text{C}^{14}$, 2) $X(p, \alpha){}_{11}\text{Na}^{22}$.
10. Найти (в МэВ) минимальную энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра азота ${}_{7}\text{N}^{14}$.

ВАРИАНТ № 9

1. Найти длину волны де Бройля для протонов, прошедших разность потенциалов 100В.
2. В каких пределах должны лежать энергии электронов, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами этих электронов радиус ор-





биты электрона увеличился в 9 раз? Атом водорода находится в основном состоянии.

3. Найти интервал длин волн, в котором заключена спектральная серия Бальмера ионов He^+ .

4. У какого водородоподобного атома серия Пашена будет содержать видимый свет? Найти интервал длин волн.

5. В одномерный потенциальный ящик шириной l помещен электрон. Какова вероятность обнаружить электрон в шестом возбужденном состоянии в интервале $2l/7 < x < 5l/7$?

6. Частица помещена в потенциальный ящик. Вычислить отношение разности энергий четвертого и второго энергетических уровней к энергии второго уровня частицы.

7. Какое максимальное число р-электронов может находиться в М-слое атома?

8. Найти массу свинца, образующегося из 1г урана в течение 1 года.

9. Напишите недостающее обозначение в ядерной реакции ${}_6\text{C}^{14} + {}_2\text{He}^4 \rightarrow {}_8\text{O}^{17} + \text{X}$.

10. Найдите энергию (в МэВ), которая освободится при соединении одного протона и двух нейтронов в атомное ядро.

ВАРИАНТ № 10

1. Найти длину волны де Бройля для атома водорода, движущегося со средней квадратичной скоростью при температуре 27°C .

2. Покоящийся ион He^+ испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Этот фотон вырвал фотоэлектрон из покоящегося атома водорода.

3. В каких пределах должны лежать длины волн монохроматического света, чтобы при возбуждении атомов водорода квантами этого света радиус орбиты электрона увеличился в 25 раз?

4. Найти интервалы энергии фотонов для спектральной серии Бальмера атома водорода.

5. Частица находится в потенциальном ящике. Определить отношение вероятностей обнаружить эту частицу во втором и пятом возбужденных состояниях в первой трети ящика.

6. Какой ширины потенциальный ящик Вы выберете, чтобы получить дискретный спектр частицы массой 10^{-30} кг? Почему?

7. Заполненный электронный слой характеризуется квантовым числом $n = 4$. Указать число электронов в этом слое, которые имеют одинаковые квантовые числа $m_s = 1/2$ и $l = 2$.





8. За какой промежуток времени из 10^7 атомов актиния ${}_{89}\text{Ac}$ распадется один атом?
9. При бомбардировке изотопа азота ${}_{7}\text{N}^{14}$ нейтронами получается изотоп углерода ${}_{6}\text{C}^{12}$, который оказывается β -радиоактивным. Напишите уравнения обеих реакций.
10. Какую наименьшую энергию (в МэВ) нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядро ${}_{4}\text{Be}^7$?

ВАРИАНТ № 11

1. Протон, пройдя разность потенциалов 200В, имеет длину волны де Бройля 2,03пм. Найти массу протона.
2. Вычислить магнитный момент электрона, находящегося на первой бортовой орбите, а также отношение магнитного момента к механическому.
3. Найти квантовое число, соответствующее возбуждённому состоянию иона He^+ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5нм и 30,4нм.
4. Определить массы фотонов, соответствующих головным линиям серий Лаймана, Бальмера, Пашена.
5. Вычислить вероятность обнаружить электрон в интервале $1/5 < x < 21/5$ одномерного потенциального ящика шириной 1, если он находится в основном состоянии.
6. Будет ли спектр частицы массой 10^{-26} кг сплошным, если она находится в потенциальном ящике шириной 5см? Почему?
7. Написать формулу электронного строения атома фосфора P .
8. Определить промежуток времени, в течение которого активность изотопа стронция Sr^{90} уменьшится в 10 раз.
9. Найти (в МэВ) энергию, выделяющуюся при ядерной реакции ${}_{3}\text{Li}^6 + {}_{1}\text{H}^1 \rightarrow {}_{2}\text{He}^3 + {}_{2}\text{He}^4$.
10. Масса протона равна $1,672 \cdot 10^{-27}$ кг. Найти в а.е.м. массу нейтрального атома водорода.

ВАРИАНТ № 12

1. Электрон движется в области, линейные размеры которой порядка 0,1нм. Используя соотношение неопределенности, оценить в эВ кинетическую энергию электрона.
2. Покоящийся атом водорода испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Какую скорость приобрёл атом?
3. Какому элементу принадлежит водородоподобный спектр, длины волн которого в четыре раза короче, чем у атомарного водорода?





4. Энергия связи электрона в атоме равна 24,5эВ. Найти в эВ энергию необходимую для удаления обоих электронов из этого атома.
5. Поместим электрон в одномерный потенциальный ящик шириной l . Какова вероятность обнаружить электрон в четвертом возбужденном состоянии в интервале $l/6 < x < 5l/6$?
6. Ширина потенциального ящика, в который поместили частицу массой 10^{-31} кг, равна 0,2нм. Вычислить разность энергий третьего и шестого энергетических уровней частицы. Ответ выразить в электронвольтах.
7. Используя принцип Паули, указать, какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые квантовые числа n, l, m .
8. Найти массу урана ${}_{92}\text{U}^{238}$, имеющего такую же активность, как стронций Sr^{90} массой 1мг.
9. Какой изотоп образуется из ${}_{92}\text{U}^{239}$ после двух β и одного α -распада?
10. Энергия связи ядра атома кислорода ${}_{8}\text{O}^{18}$ равна 139,8МэВ, ядра фтора ${}_{9}\text{F}^{19}$ - 147,8МэВ. Определить, какую минимальную энергию нужно затратить, чтобы оторвать один нуклон от ядра фтора.

ВАРИАНТ № 13

1. Неопределенность координаты движущейся частицы равна дебройлевской длине волны. Чему равна относительная неопределенность импульса этой частицы?
2. Исходя из теории Бора, найти формулу для орбитальной скорости электрона в атоме водорода на произвольном энергетическом уровне. Сравнить орбитальную скорость электрона на низшем энергетическом уровне со скоростью света.
3. Вычислить необходимую минимальную разрешающую силу спектрального прибора для разрешения двух линий серии Пашена.
4. С какой минимальной кинетической энергией в эВ должен двигаться атома водорода, чтобы при неупругом лобовом соударении с другим, покоящимся, атомом водорода один из них испустил фотон? До соударения оба атома находятся в основном состоянии.
5. Поместим частицу в потенциальный ящик. Вычислить отношение вероятностей нахождения частицы в основном и третьем возбужденном состоянии во второй трети ящика.
6. Какова должна быть масса частицы, чтобы в потенциальном ящике шириной 10^{-8} см ее спектр был дискретным? Есть ли такие частицы в природе?





7. Найти число электронов в атоме, у которого в основном состоянии заполнены К, L, M-слои и 4s, 4p-оболочки полностью, а 4d-оболочка - на четверть. Что это за атом?
8. Активность препарата уменьшилась в 250 раз. Скольким периодам полураспада равен протекший промежуток времени?
9. Найти (в МэВ) энергию, выделяющуюся при реакции ${}^9_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$.
10. Найти (в МэВ) энергию связи, приходящуюся на один нуклон в ядре атома кислорода ${}^{16}_8\text{O}$.

ВАРИАНТ № 14

1. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с.
2. Длина волны де Бройля движущегося по круговой орбите атома водорода составляет 0,67 нм. Определить по какой орбите движется электрон.
3. Электрон в невозбужденном атоме водорода получил энергию 12,1 эВ. На какой энергетический уровень он перешёл? Сколько линий спектра могут излучиться при переходе электрона на более низкие энергетические уровни? Определить длины волн этих линий.
4. При каком значении потенциала между катодом и сеткой будет наблюдаться резкое падение анодного тока в опыте Франка и Герца, если трубку заполнить атомарным водородом.
5. В одномерном потенциальном ящике шириной L находится электрон. Вычислить вероятность присутствия электрона в интервале $3L/7 < x < 4L/7$, если он находится в основном состоянии.
6. Поместим частицу в потенциальный ящик. Во сколько раз разность энергий четвертого и пятого энергетических уровней больше энергии четвертого уровня частицы?
7. Какое максимальное число p-электронов может находиться в L-слое атома?
8. Некоторый радиоактивный изотоп имеет постоянную распада, равную $1,44 \cdot 10^{-3}$ час⁻¹. Через сколько времени распадется 75% первоначальной массы атомов?
9. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях: 1) ${}^{55}_{25}\text{Mn} + (x, n) {}^{55}_{26}\text{Fe}$, 2) ${}^{27}_{13}\text{Al} + (\alpha, p) X$.
10. Определить дефект массы (в а.е.м.) и энергию связи (в МэВ) ядра атома дейтерия ${}^2_1\text{H}$.





ВАРИАНТ № 15

1. Найти длину волны де Бройля для электрона с кинетической энергией 1МэВ.
2. Длина волны де Бройля электрона в атоме водорода составляет 0,33нм. Определить на какой орбите атома находится электрон.
3. Атомарный водород, возбуждённый светом с определённой длиной волны, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить длины волн этих линий и указать, каким сериям они принадлежат.
4. Какую энергию в эВ должны иметь фотоны, чтобы в результате взаимодействия их с атомарным водородом можно было получить поток электронов со скоростью 10^6 м/с?
5. В одномерном потенциальном ящике шириной L находится электрон. Какова вероятность обнаружить электрон во втором возбужденном состоянии в интервале $0 < x < L/4$?
6. Какова должна быть ширина потенциального ящика, чтобы спектр электрона в нем был дискретным?
7. Используя принцип Паули, определить, какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые квантовые числа n, l, m .
8. Найти удельную активность урана ${}_{92}\text{U}^{235}$.
9. Найти энергию (в МэВ), выделяющуюся при термоядерной реакции ${}_1\text{H}^2 + {}_2\text{He}^3 \rightarrow {}_1\text{H}^1 + {}_2\text{He}^4$.
10. Определить удельную энергию (в МэВ) связи ядра ${}_6\text{C}^{12}$.

ВАРИАНТ № 16

1. Найти длину волны де Бройля для электрона с кинетической энергией 1МэВ.
2. Длина волны де Бройля электрона в атоме водорода составляет 0,33нм. Определить на какой орбите атома находится электрон.
3. Атомарный водород, возбуждённый светом с определённой длиной волны, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить длины волн этих линий и указать, каким сериям они принадлежат.
4. Какую энергию в эВ должны иметь фотоны, чтобы в результате взаимодействия их с атомарным водородом можно было получить поток электронов со скоростью 10^6 м/с?
5. В одномерном потенциальном ящике шириной L находится электрон. Какова вероятность обнаружить электрон во втором возбужденном состоянии в интервале $0 < x < L/4$?





6. Какова должна быть ширина потенциального ящика, чтобы спектр электрона в нем был дискретным?
7. Используя принцип Паули, определить, какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые квантовые числа n , l , m .
8. Найти удельную активность урана ${}_{92}\text{U}^{235}$.
9. Найти энергию (в МэВ), выделяющуюся при термоядерной реакции ${}_{1}\text{H}^2 + {}_{2}\text{He}^3 \rightarrow {}_{1}\text{H}^1 + {}_{2}\text{He}^4$.
10. Определить удельную энергию (в МэВ) связи ядра ${}_{6}\text{C}^{12}$.

ВАРИАНТ № 17

1. Найти длину волны де Бройля для электрона, летящего со скоростью 10^8 см/с и для шарика массой 1 г, движущегося со скоростью 1 см/с.
2. В каких пределах должны лежать длины волн монохроматического света, чтобы при возбуждении атомов водорода квантами этого света, радиус орбиты электрона увеличился в 9 раз?
3. Определить скорость и частоту вращения электрона на третьей орбите атома водорода.
4. Электрон, пройдя разность потенциалов 4.9 В, сталкивается с атомом ртути и переводит его в первое возбуждённое состояние. Какую длину волны имеет фотон, соответствующий переходу ртути в нормальное состояние?
5. Волновая функция, описывающая основное состояние электрона в атоме водорода, имеет вид $\psi(r) = C e^{-r/a}$, где $a = 4\pi\epsilon_0(\hbar/2\pi)^2/(e^2m)$ (боровский радиус). Определить расстояние, на котором плотность вероятности нахождения электрона максимальна.
6. Частица массой $3 \cdot 10^{-23}$ г помещена в потенциальный ящик шириной 30 см. Будет ли спектр этой частицы дискретным? Почему?
7. Заполненный электронный слой характеризуется квантовым числом $n = 4$. Указать число электронов в этом слое, которые имеют одинаковые квантовые числа $m_s = -1/2$ и $m = 3$.
8. Найти массу полония ${}_{84}\text{Po}^{210}$, активность которого равна $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.
9. Какой изотоп образуется из ${}_{92}\text{U}^{238}$ после трех α и двух β -распадов?
10. Найти (в МэВ) энергию связи ядра дейтерия ${}_{1}\text{H}^2$.



ВАРИАНТ № 18

1. Электрон с кинетической энергией 15эВ находится в металлической пылинке диаметром 1мкм. Найти относительную неопределенность, с которой может быть определена скорость электрона.
2. На сколько изменилась полная энергия в эВ электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны 486нм?
3. На дифракционную решётку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Постоянная решётки равна $5 \cdot 10^{-4}$ см. Какому переходу электрона соответствует спектральная линия, наблюдаемая при помощи этой решётки в спектре пятого порядка под углом 41° ?
4. Найти потенциалы ионизации 1) однократно ионизированного гелия; 2) двукратно ионизированного лития.
5. Какова вероятность обнаружить частицу в первой четверти потенциального ящика, если она находится на пятом возбужденном уровне?
6. Электрон находится в потенциальном ящике. Определить отношение разности энергий восьмого и девятого энергетических уровней к энергии восьмого уровня электрона.
7. Найти число электронов в атоме, у которого в основном состоянии заполнены К, L-слои, 3s-оболочка полностью, а 3p-оболочка – наполовину. Что это за атом?
8. Найти период полураспада таллия, если известно, что через 100 дней его активность уменьшилась в 1,07 раза.
9. Найти в (МэВ) энергию, выделяющуюся при ядерной реакции ${}_1^2\text{H} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_2^3\text{He} + {}_0^1\text{n}$.
10. Найти (в МэВ) энергию связи ядра атома гелия ${}_2^4\text{He}$.

ВАРИАНТ № 19

1. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 200В имеет длину волны де Бройля, равную 2,2пм. Найти массу частицы, если известно, что ее заряд численно равен заряду электрона.
2. Вычислить кинетическую энергию электрона, находящегося на n-той орбите атома водорода, для $n = 1$, $n = 2$ и $n = \infty$
3. В каких пределах должны лежать длины волн монохроматического света, чтобы при возбуждении атомов водорода квантами этого света наблюдались три спектральные линии? Найти длины волн этих линий.
4. На сколько отличаются первые потенциалы возбуждения однократно ионизированного гелия и атома водорода?



5. Электрон поместили в одномерный потенциальный ящик шириной L . Определить отношение вероятностей нахождения электрона во втором и четвертом возбужденных состояниях в интервале $0 < x < L/27$.
6. Ширина потенциального ящика, в который помещен электрон, составляет 10^{-8} см. Будет ли спектр электрона носить дискретный характер? Почему?
7. Какое максимальное число s -электронов может находиться в L -слое атома?
8. На сколько процентов снизится активность изотопа иридия ${}_{77}\text{Ir}^{192}$ за 30 суток?
9. Найти энергию (в МэВ), выделяющуюся при ядерной реакции ${}_{1}\text{H}^2 + {}_{1}\text{H}^2 \rightarrow {}_{1}\text{H}^1 + {}_{1}\text{H}^3$.
10. Масса α -частицы равна $4,00150 \text{ а.е.м.}$. Найти массу нейтрального атома гелия.

ВАРИАНТ № 20

1. Кинетическая энергия электрона в атоме водорода составляет величину порядка 10 эВ . Используя соотношение неопределенностей, оценить минимальные линейные размеры атома.
2. Вычислить радиусы второй и третьей орбит в атоме водорода.
3. Определить длину волны, которую испускает ион гелия He^+ при переходе его электрона со второго энергетического уровня на первый.
4. В каких пределах должна лежать энергия в эВ бомбардирующих электронов, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами этих электронов спектр водорода имел только одну спектральную линию?
5. Волновая функция, описывающая основное состояние электрона в атоме водорода, имеет вид $\psi(r) = C e^{-r/a}$, где $a = 4\pi\epsilon_0(\hbar/2\pi)^2/(e^2 m)$ (боровский радиус). Определить расстояние r , на котором плотность вероятности нахождения электрона равна половине максимальной.
6. Частица массой 10^{-30} кг в потенциальном ящике шириной $0,3 \text{ нм}$. Вычислить разность энергий четвертого и пятого энергетических уровней частицы. Ответ выразить в электрон-вольтах.
7. Заполненный электронный слой характеризуется квантовым числом $n = 5$. Указать число электронов в этом слое, которое имеют одинаковые квантовые числа $m_s = -1/2$ и $m = 0$.
8. Сколько атомов полония распадется за сутки из одного миллиона атомов?
9. Какой изотоп образуется из ${}_{90}\text{Th}^{232}$ после четырех α и двух β -распадов?





10. Найдите (в МэВ) наименьшую энергию, необходимую для разделения ядра углерода ${}_6\text{C}^{12}$ на три одинаковые части.

4.5. Решение типового варианта и образец оформления индивидуального задания № 2

Задача №1

Найти длину волны де Бройля, для атома водорода, движущегося при температуре $T=293\text{ К}$ с наиболее вероятной скоростью.

Дано:

$$T=293\text{ К}$$

$$k=1,38 \cdot 10^{-23}\text{ Дж/К}$$

Найти: $\lambda = ?$

Решение:

Наиболее вероятная скорость движения атома водорода

$$v_e = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad (1),$$

где $k=1,38 \cdot 10^{-23}\text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана.

Длина волны де Бройля –

$$\lambda = \frac{h}{mv_e} \quad (2).$$

Подставляем (1) в (2), получаем $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2kT/m}}$. $\lambda = 180\text{ пм}$.

Ответ: $\lambda = 180\text{ пм}$.

Задача №2

Найти радиусы r_k трех первых боровских орбит в атоме водорода и скорости v_k электрона на них.

Решение:

На электрон, движущейся в атоме водорода по k -й боровской орбите, действует кулоновская сила

$$F = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_k^2} \quad (1),$$

где e -заряд электрона. Эта сила является центростремительной и сообщает электрону нормальное ускорение

$$a_n = \frac{v_k^2}{r_k} \quad (2),$$



где v_k - скорость электрона на k -й орбите.

По второму закону Ньютона

$$F = ma_n \quad (3).$$

Подставляя (1) и (2) в (3), получим

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_k^2} = \frac{mv_k^2}{r_k}, \text{ откуда } r_k = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mv_k^2} \quad (4).$$

Согласно первому постулату Бора движение электрона вокруг ядра возможно только по определенным орбитам, радиусы которых удовлетворяют соотношению

$$mv_k r_k = k \frac{h}{2\pi} \quad (5).$$

Решая совместно уравнения (4) и (5), найдем

$$v_k = \frac{e^2}{2\epsilon_0 kh} \text{ и } r_k = \frac{\epsilon_0 k^2 h^2}{\pi m e^2}.$$

По результатам вычислений составим таблицу.

k	1	2	3
v	2,18	1,08	0,73
r	52,9	211,6	476,1

Задача №3

На сколько изменилась кинетическая энергия электрона в атоме водорода при излучении атома фотона с длиной волны 486 нм.

Дано:

$$\lambda = 486 \text{ нм}$$

Найти: $\Delta W = ?$

Решение:

Согласно второму постулату Бора частота излучения, соответствующая переходу электрона с одной орбиты на другую, определяется формулой

$$h\nu = \Delta W \text{ или } \nu = \frac{\Delta W}{h} \quad (1).$$

С другой стороны

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2),$$

где λ - длина волны излученного атомом фотона.

Приравнивая правые части уравнений (1) и (2), получаем

$$\frac{c}{\lambda} = \frac{\Delta W}{h},$$

Откуда изменение кинетической энергии электрона

$$\Delta W = \frac{ch}{\lambda}.$$

Подставляя числовые значения получаем, что $\Delta W = 2,5 \text{ эВ}$.

Ответ: $\Delta W = 2,5 \text{ эВ}$

Задача №4

Найти наибольшую длину волны в ультрафиолетовой области спектра водорода. Какую наименьшую скорость должны иметь электроны, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами электронов появилась эта линия?

Решение:

Длины волн спектральных линий водорода всех серий определяются формулой

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1).$$

В ультрафиолетовой области $k=1$, $n=2,3,4,\dots$ – серия Лаймана. Наибольшая длина волны соответствует $n=2$, тогда из (1) имеем

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{3R}{4} \text{ или } \lambda_{\max} = \frac{4}{3R}, \quad (2)$$

где R – постоянная Ридберга.

С другой стороны, из соотношения де Бройля для релятивистских частиц

$$\lambda_{\max} = \frac{h}{m\nu_{\min}} \sqrt{1 - \frac{\nu_{\min}^2}{c^2}} \quad (3).$$

Приравнивая правые части соотношений (2) и (3), получим

$$\frac{4}{3R} = \frac{h}{m\nu_{\min}} \sqrt{1 - \frac{\nu_{\min}^2}{c^2}},$$

Откуда наименьшая скорость, необходимая для появления данной спектральной линии, равна

$$\nu_{\min} = \frac{3Rhc}{\sqrt{16m^2c^2 + 9R^2h^2}}.$$

Подставляя числовые значения, получим $\lambda_{\max} = 121 \text{ нм}$, $\nu_{\min} = 1,88 \cdot 10^6 \text{ м/с}$.

Ответ: $\lambda_{\max} = 121 \text{ нм}$, $\nu_{\min} = 1,88 \cdot 10^6 \text{ м/с}$.

Задача №5

Частица находится в основном состоянии в потенциальной яме шириной l с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти вероятность нахождения частицы в первой трети ямы.

Дано:

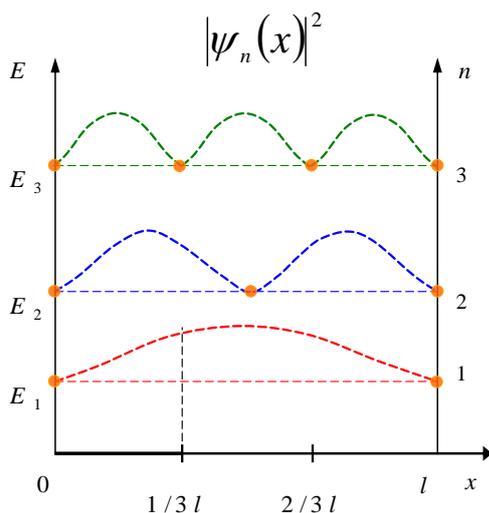
$$n = 1$$

$$0 < x < l$$

$$0 < x < \frac{1}{3}l$$

Найти: $W = ?$

Решение:



Вероятность нахождения частицы в интервале dx связана с плотностью вероятности $|\psi|^2$ соотношением:

$$dW = |\psi|^2 dx, \text{ где}$$

$\psi(x)$ – волновая функция, которая для частицы, находящейся в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме:

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{n\pi}{l} x.$$

$$n = 1 \Rightarrow dW = \left| \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{1 \cdot \pi}{l} x \right|^2 dx = \frac{2}{l} \sin^2 \frac{\pi x}{l} dx.$$

$$W = \int_0^{\frac{1}{3}l} \frac{2}{l} \sin^2 \frac{\pi x}{l} dx = \left(\sin^2 \alpha = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha) \right) = \frac{2}{l} \cdot \frac{1}{2} \int_0^{\frac{1}{3}l} \left(1 - \cos \frac{2\pi}{l} x \right) dx =$$

$$= \frac{1}{l} \left(x - \frac{l}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{l} x \right) \Big|_0^{\frac{1}{3}l} = \frac{1}{3} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{3} = \frac{1}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4\pi} = 0,195.$$

Ответ: $W = 0,195$.



Задача №6

Какая доля первоначальной массы радиоактивного изотопа распадается за время жизни этого изотопа.

Дано:

$$t = \tau$$

Найти: $\frac{N}{N_0} = ?$

Решение:

Число атомов радиоактивного изотопа, которое распадается за время t , равно

$$N = N_0(1 - \exp(-\lambda t)), \quad (1)$$

где N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада. Отсюда доля первоначальной массы радиоактивного изотопа, которая распадается за время t , равна

$$\frac{N}{N_0} = 1 - \exp(-\lambda t) \quad (2).$$

Среднее время жизни радиоактивного атома

$$\tau = \frac{1}{\lambda}, \text{ по условию } t = \tau \quad (3).$$

Подставляя (2), с учетом (3) в (1), получаем

$$\frac{N}{N_0} = 1 - e^{-1}$$

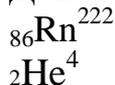
$$\frac{N}{N_0} = 0.632 \text{ или } \frac{N}{N_0} = 63,2\% .$$

Ответ: $\frac{N}{N_0} = 63,2\%$

Задача №7

Покоившееся ядро радона ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ выбросило α -частицу (ядро ${}_{2}\text{He}^4$) со скоростью 16 Мм/с. Какую скорость получило оно вследствие отдачи? Массы протона и нейтрона считать одинаковыми и равными $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Ответ представьте в километрах за секунду и округлите до целого числа.

Дано:



$$v_\alpha = 16 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

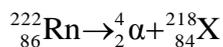
$$m_p = m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$





Найти: $v_x = ?$

Решение:



Ядро радона покоилось, следовательно, α -частица и образовавшееся ядро полетят в разные стороны. Тогда закон сохранения импульса в скалярной форме запишем в виде

$$m_\alpha v_\alpha = m_x v_x$$

Отсюда выразим скорость v_x .

$$v_x = \frac{m_\alpha v_\alpha}{m_x}$$

Массу частицы найдем через молярную массу.

$$m = \frac{M}{N_A}$$

$$v_x = \frac{M_\alpha N_A v_\alpha}{N_A M_x} = \frac{M_\alpha v_\alpha}{M_x}$$

$$v_x = 16 \cdot 10^6 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{218 \cdot 10^{-3}} = 294 \cdot 10^3$$

$$\text{Ответ: } v_x = 294 \cdot 10^3 \text{ км/с}$$





5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения изучения дисциплины студенты сдают экзамен.

К экзамену допускаются только те студенты, у которых зачтены индивидуальные задания и лабораторные работы.

Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме, приведен в разделе 5.2.

Образец билета для студентов, изучающих дисциплину с применением дистанционных технологий, приведен в разделе 5.3.

5.1. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Уравнение электромагнитной волны.
2. Волновая функция.
3. Связь \vec{E} и \vec{H} в электромагнитной волне.
4. Излучение и прием электромагнитных волн.
5. Вектор Умова-Пойнтинга.
6. Сложение волн. Интерференция волн.
7. Стоячие волны.
8. Эффект Доплера.
9. Фазовая и групповая скорость волн
10. Электромагнитная природа света.
11. Монохроматичность света.
12. Протяженность импульса, длительность импульса.
13. Интерференция двух волн.
14. Опыт Юнга. Бипризма Френеля, зеркала Френеля.
15. Интерференция в тонких пленках.
16. Кольца Ньютона.
17. Временная когерентность.
18. Голография.
19. Дифракция света. Метод зон Френеля.
20. Дифракция Френеля.
21. Дифракция от щели.
22. Дифракция на дифракционной решетке.
23. Разрешающая способность дифракционной решетки.
24. Дифракция рентгеновских лучей.
25. Естественный и поляризованный свет.
26. Способы получения поляризованного света.
27. Законы Брюстера и Малюса.
28. Искусственная анизотропия и поворот плоскости поляризации.
29. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии.





30. Тепловое излучение. Законы теплового излучения.
31. Формула Планка для теплового излучения.
32. Закон Стефана-Больцмана из формулы Планка.
33. Закон Вина из формулы Планка.
34. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна.
35. Масса и импульс фотона.
36. Экспериментальное подтверждение квантовой природы света.
37. Эффект Комптона.
38. Временное уравнение Шредингера.
39. Стационарное уравнение Шредингера.
40. Частица в потенциальной яме.
41. Вероятность нахождения частицы в потенциальной яме.
42. Свободная частица.
43. Туннельный эффект.
44. Атом водорода по Бору.
45. Атом водорода по Шредингеру.
46. Квантовые числа.
47. Принцип Паули.
48. Образование твердого тела. Энергетические зоны.
49. Классификация твердых тел.
50. Распределение Ферми-Дирака.
51. Вырожденный электронный газ.
52. Электропроводность металлов.
53. Полупроводники. Собственные и примесные полупроводники.
54. Уровень Ферми в полупроводниках.
55. Люминесценция твердых тел.
56. Квантовые генераторы.
57. Состав и размеры ядер.
58. Энергия связи и природа ядерных сил.
59. Элементарные частицы.

5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

Билет содержит теоретические вопросы и задачи. Экзамен считается сданным, если выполнено более 55% заданий из билета.



Экзаменационный билет № 0

Томский политехнический университет Кафедра теоретической и экспериментальной физики		ЭКЗАМЕНАЦИОНН ЫЙ БИЛЕТ № 18 по дисциплине Б2.Б «Физика 3»
<p>1. Дисперсия (угловая и линейная) и разрешающая способность дифракционной решетки. Критерий Релея.</p> <p>2. Эффект Комптона. Схема опыта Комптона и результаты опыта. Законы сохранения энергии и импульса в эффекте Комптона. Разность между длинами волн смещенной и несмещенной линий в эффекте Комптона. Комптоновская длина волны.</p> <p>3. Задачи:</p> <p>1. На пленку, показатель преломления которой 1,35, падает нормально монохроматический свет с длиной волны 540 нм. Какой должна быть минимальная толщина пленки, чтобы в отраженном свете она казалась зеленой?</p> <p>2. Определите удельную активность плутония ^{239}Pu, если известно, что его период полураспада $T_{1/2} = 2,4 \cdot 10^4$ лет.</p> <p>Составил: доцент _____</p> <p>Утверждаю: зав. кафедрой, профессор _____ В.Ф. Пичугин</p>		

5.3. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину дистанционно

В данном разделе приведены примеры вопросов из экзаменационного билета для студентов, сдающих экзамен в онлайн режиме (через Интернет на сайте ИДО). Экзаменационный билет включает в себя 20 заданий: задания на выбор единственного ответа (8); задания на выбор множественных ответов (4); задания на установление последовательности (4); задания на установление соответствия (2); задания для краткого ответа (2).

1. Задания на выбор единственного ответа
Какие волны называют когерентными?

1. с равными частотами и интенсивностями
2. с равными фазами и частотами
3. с равными частотами и постоянной разностью фаз
4. с равными амплитудами

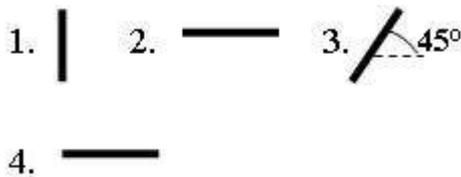
2. Задания на выбор множественных ответов

Искусственная оптическая анизотропия – сообщение оптической анизотропии естественно изотропным веществам под действием:

1. одностороннего сжатия или растяжения
2. электрического поля
3. магнитного поля
4. нагревания
5. охлаждения

3. Задания на установление последовательности

Схематично представлены поляризаторы с различной плоскостью поляризации. На первый поляризатор падает естественный свет интенсивностью I_0 . В какой последовательности друг за другом нужно расположить остальные поляризаторы, чтобы интенсивность уменьшилась в 4 раза?



4. Задания на установление соответствия

Найти соответствие между именами ученых и их деятельностью:

- | | |
|---|---------------|
| а) поставил первые опыты по интерференции света | 1) Снелиус |
| б) получил формулу для преломления света на границе двух сред | 2) Майкельсон |
| в) открыл сложное строение белого света | 3) Юнг |
| г) разработал волновую теорию дифракции | 4) Френель |
| д) измерил скорость света относительно эфира | 5) Ньютон |



5. Задания для краткого ответа

В опыте Юнга расстояние d между щелями равно 0.8 мм . На каком расстоянии l от щелей следует расположить экран, чтобы ширина b интерференционной полосы оказалась равной 2 мм ?





6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Кузнецов С.И. Физика. Ч. III. Оптика. Квантовая природа излучения. Основы атомной физики и квантовой механики. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие / С.И. Кузнецов, Э.В. Поздеева, Э.Б. Шошин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 212 с.
2. Савельев И.В. Курс физики. М.: Наука, 1999.
3. Яворский Б.М., А.А.Пинский. Основы физики. М.: Наука, 1972.
4. Калашников С.Г. Электричество. М.: Наука, 1977.
5. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. М.: Высш. шк., 1979.
6. Трофимова Г.И. Курс общей физики. М.: Высш. шк., 1998.

Дополнительная литература

7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Наука, 1974.
8. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высш. шк., 1983.
9. Астахов А.В., Широков Ю.М. Курс физики. М.: Высш. шк., 1980.
10. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. М.: Высш. шк., 1983.
11. Астахов А.В. Курс физики. Т. 1. М.: Наука, 1971.

Учебно-методические пособия

12. Методические указания для выполнения лабораторных работ. – Режим доступа http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/tief/method_work/method_work2/lab1, свободный.
13. Виртуальный лабораторный комплекс по дисциплине «Физика 3». – Режим доступа <http://lms.tpu.ru/course/view.php?id=8343>, свободный.
14. СТО ТПУ 2.5.01–2006. Система образовательных стандартов. Работы выпускные, квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления / ТПУ [Электронный ресурс] – Томск, 2006. – Режим доступа <http://portal.tpu.ru/departments/head/methodic/standart>, свободный.





Учебное издание

ФИЗИКА 3

Методические указания и индивидуальные задания

Составители

**КРАВЧЕНКО Надежда Степановна
ЛИСИЧКО Елена Владимировна
МАКИЕНКО Антонина Васильевна**

Рецензент

*доктор физико-математических наук,
профессор кафедры ТиЭФ ФТИ*

В.Ф. Пичугин

Компьютерная верстка *М.В. Ветрова*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати . Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать Херох. Усл.печ.л. 5,29. Уч.-изд.л. 4,79.

Заказ . Тираж экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru

