



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 направлениям 240100 «Химическая технология»,
280700 «Техносферная безопасность», 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биологии», 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника»,
150700 «Машиностроение», 151000 «Технологические машины и оборудование»,
221700 «Стандартизация и метрология», 200100 «Приборостроение»

Составители Л.И. Семкина, Э.В. Поздеева, Э.Б. Шошин

Направления	240100 241000	140100	150700 151000 200100 221700	280700
Семестр	4	4	4	4
Кредиты	3	4	4	3
Лекции, часов	6	8	8	6
Лабораторные занятия, часов	4	6	6	4
Практические занятия, часов	4	6	6	4
Индивидуальные задания	2	2	2	2
Самостоятельная работа, часов	112	142	160	112
Формы контроля	зачет	экзамен	экзамен	экзамен

Издательство
Томского политехнического университета
2013





УДК 53 (076.5)

ББК 22.3я 73

Физика 3: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИДО, обучающихся по направлениям 240100 «Химическая технология», 280700 «Техносферная безопасность», 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биологии», 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника», 150700 «Машиностроение», 151000 «Технологические машины и оборудование», 221700 «Стандартизация и метрология», 200100 «Приборостроение» / сост. Л.И. Семкина, Э.В. Поздеева, Э.Б. Шошин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 56 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры общей физики ФТИ ТПУ 29 августа 2012, протокол № 6.

Зав. кафедрой общей физики,
профессор, доктор физ.- мат. наук

_____ А.М. Лидер

Аннотация

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Физика 3» предназначены для студентов ИДО, обучающихся по направлениям 240100 «Химическая технология», 280700 «Техносферная безопасность», 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биологии», 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника», 150700 «Машиностроение», 151000 «Технологические машины и оборудование», 221700 «Стандартизация и метрология», 200100 «Приборостроение». Дисциплина «Физика 3» изучается студентами в одном семестре.

Приведено содержание основных тем и разделов дисциплины, указаны темы практических занятий и лабораторных работ. Даны методические указания по выполнению индивидуальных домашних заданий, приведено большое число примеров решения задач с подробным объяснением, а также варианты задач для выполнения индивидуальных 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. Тематика лабораторных работ для студентов классической заочной формы обучения (КЗФ)	11
3.3. Тематика лабораторных работ для студентов дистанционной формы обучения (ДОТ)	13
3.4. Структура студенческого отчета по выполнению лабораторной работы	14
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ	17
4.1. Общие методические указания	17
4.2. Варианты индивидуальных заданий	18
4.2.1. Индивидуальное домашнее задание № 1	18
4.2.2. Индивидуальное домашнее задание № 2	35
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ	48
5.1. Образец билета к экзамену (зачету) для студентов классической формы обучения	48
5.2. Образец билета к экзамену (зачету) для студентов, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)	50
Вопросы для подготовки к экзамену (зачету)	52
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	54





1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Физика 3» входит в перечень дисциплин математического и естественнонаучного цикла (базовая часть) подготовки бакалавров.

Изучение дисциплины «Физика 3» обеспечивает соответствующий качественный уровень подготовки бакалавров для последующей практической их работы в области разработки и реализации энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биологии, в областях науки и техники, связанных с развитием химической технологии, биотехнологии, с обеспечением техносферной безопасности, а также необходимую подготовку для понимания и решения различных, в том числе технических, задач, касающихся технологии и оборудования в машиностроении, и для понимания основ метрологии.

В результате освоения дисциплины «Физика 3» студент должен *знать* основные положения физических теорий классической и современной квантовой физики и экспериментальные факты, на которых они базируются; фундаментальные понятия, законы и модели классической и квантовой физики, дополненные региональными и университетскими требованиями; иерархическую структуру материи и основных устойчивых объектов природы от простейших частиц до объектов Вселенной, универсальные механизмы взаимодействия материальных тел в макро- и микромире; должен усвоить понятие движения, как изменение состояний во времени путем последовательности квантовых скачков, фазовых переходов в физических системах, окружающей природе и обществе; студент должен знать основы волновой и квантовой оптики, соотношение неопределённостей, уравнение Шрёдингера и его решения для отдельных задач, строение многоэлектронных атомов, зонную теорию металлов и полупроводников, свойства атомного ядра и элементарных частиц; студент должен знать и уметь использовать методы исследования и расчета, выбрав соответствующую модель изучаемого процесса. Уметь применять законы физики 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. Владеть методами поиска и обмена информацией по вопросам курса; методами решения типовых физических задач; методами





проведения физических измерений; методами корректной оценки погрешности при проведении физического эксперимента.

Пререквизитами данной дисциплины являются «Математика», «Линейная алгебра», «Дифференциальное исчисление», «Математика 3».

Кореквизиты: «Теоретическая и прикладная механика», «Электротехника», «Учебно-исследовательская работа студентов».



2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Модуль 1. Волновая оптика

Тема 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.

Рекомендуемая литература: [1, с. 158–164], [13, с. 111–113], [15, с. 119–113], [18, с. 63], [22, с. 129–131].

Тема 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.

Тема 3. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсии. Классическая теория дисперсии. Поглощение света. Рассеяние света.

Тема 4. Естественный и поляризованный свет. Поляризация света при отражении. Закон Брюстера. Двойное лучепреломление. Закон Малюса. Дихроизм. Интерференция поляризованных лучей. Электрические и магнитооптические явления.

Модуль 2. Элементы квантовой физики и физики твердого тела

Тема 5. 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.



Тема 6. 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.

Тема 7. 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.

Тема 8. 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.

Модуль 3. Физика атомов, молекул, атомного ядра и элементарных частиц

Тема 9. 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.

Тема 10. 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.

Вопросы и задания для самоконтроля

Модуль 1. Волновая оптика

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.

Модуль 2. Элементы квантовой физики и физики твёрдого тела

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. Образование твердого тела. Энергетические зоны.
45. Классификация твердых тел.
46. Распределение Ферми-Дирака.
47. Вырожденный электронный газ.
48. Электропроводность металлов.
49. Полупроводники. Собственные и примесные полупроводники.
50. Уровень Ферми в полупроводниках.
51. Люминесценция твердых тел.
52. Квантовые генераторы.





Модуль 3. Элементы атомной, ядерной физики и элементарных частиц

53. Атом водорода по Бору.
54. Атом водорода по Шредингеру.
55. Квантовые числа.
56. Принцип Паули.
57. Состав и размеры ядер.
58. Энергия связи и природа ядерных сил.
59. Ядерные реакции.
60. Закон радиоактивного распада.
61. Элементарные частицы.



3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Тематика практических занятий

Занятие 1. Волновая оптика – (2 часа).

1. Основы волновой оптики. Интерференция световых волн.
2. Дифракция света. Дифракционная решётка.

Занятие 2. Квантовая оптика – (2 часа).

1. Тепловое излучение.
2. Фотоэффект. Давление света.

Занятие 3. Элементы атомной и ядерной физики – (2 часа).

1. Теория атома водорода по Бору и её применение.
2. Спектральные закономерности.

3.2. Тематика лабораторных работ для студентов классической заочной формы обучения (КЗФ)

В каждом семестре студенты выполняют определенное количество лабораторных работ (в зависимости от выделяемого на этот вид занятий числа часов в данном семестре) по индивидуальному маршруту, представляя отчеты по каждой из них.

Если лабораторные работы не сделаны, то студент не допускается до сдачи экзамена. Ознакомиться с методическими указаниями ко всем лабораторным работам можно на сайте кафедры (см. [26]).

В четвёртом учебном семестре 6 часов лабораторных занятий отводится для выполнения 2-х лабораторных работ по темам разделов дисциплины «Физика 3». Студент выполняет 2 лабораторные работы по указанию преподавателя.

Перечень тем лабораторных работ

1. Определение главного фокусного расстояния тонких линз.
2. Измерение показателя преломления жидкости с помощью рефрактометра.
3. Исследование явления дисперсии света.
4. Измерение концентрации и показателя преломления растворов при помощи ин-терферометра.
5. Измерение постоянной Планка спектрометрическим методом.
6. Измерение световой волны и радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона.

7. **К**-Исследование дифракции света на периодических структурах.
8. Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки.

Содержание лабораторных работ данного цикла изложено в пособии: Ларионов В.В., Веретельник В.И., Тюрин Ю.И. Физический практикум. Оптика. Атомная и ядерная физика. Часть 3. – Томск: Изд. Том. ун-та, 2005. – 212 с.

9. Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра с исчезающей нитью.

10. **К**-Изучение внешнего фото-электрического эффекта и определение постоянной Планка.

11. Определение длины световой волны интерференционным методом с помощью бипризмы Френеля.

Содержание лабораторных работ данного цикла изложено в пособии: Ларионов В.В., Веретельник В.И., Тюрин Ю.И. Физический практикум. Оптика. Атомная и ядерная физика. Часть 3. – Томск: Изд. Том. ун-та, 2005. – 212 с.

12. **К**-Опыт Франка и Герца.
13. **К**- Статистика счета элементарных частиц.
14. **КЛР**-Опыт Юнга.
15. **КЛР**-Интерференция света от когерентных точечных источников.
16. **КЛР**-Дифракция на отверстии произвольной формы
17. **КЛР**-Дифракция света на щели.
18. **КЛР**-Дифракционная решетка.
19. **КЛР**-Поляризация света.
20. **КЛР**-Фурье оптика.
21. **КЛР**-Фотоэлектрический эффект.

Содержание лабораторных работ данного цикла представлено в пособии: Стародубцев В.А. Заусаева Н.Н. Компьютерное моделирование процессов движения: Практикум. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 80 с.

Примечание. Символом «КЛР» обозначены компьютерные лабораторные работы. Символом «К» обозначены компьютеризированные лабораторные работы.

Методические указания

Описания к каждой лабораторной работе, представленной в перечне работ по дисциплине **Физика 3**, содержатся в методическом пособии [3]. Электронная версия доступна на сайте кафедры [26].

При подготовке к выполнению лабораторной работы в соответствии со своим индивидуальным маршрутом (определяемым преподава-

телем), студент готовит отчет по выполнению лабораторной работы в соответствии с предъявляемыми требованиями.

К выполнению лабораторной работы студент может приступить только после того, как получит у преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы. Допуск студент получает по результатам устного ответа на контрольные вопросы, с которыми он должен ознакомиться при изучении методического указания по данной лабораторной работе.

Требования к отчету по лабораторной работе

Лабораторная работа является составляющей частью учебного процесса, предназначенной для решения следующих задач:

1. Закрепление и более глубокое усвоение теоретических знаний и практических навыков в применении методов для решения контрольных задач на экспериментальном оборудовании современного уровня.
2. Развитие самостоятельности при выборе методов достижения цели и творческой инициативы при решении конкретных задач.
3. Приобретение навыков правильного оформления отчета по проведенной учебно-методической работе.

3.3. Тематика лабораторных работ для студентов дистанционной формы обучения (ДОТ)

О-03 Измерение показателя преломления жидкостей с помощью рефрактометра (2 часа).

О-07 Изучение спектра водорода и постоянной Ридберга (2 часа).

О-12 Градуирование шкалы сахариметра и определение концентрации раствора сахара (2 часа).

О-14 Определение постоянной Стефана – Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра с исчезающей нитью (2 часа).

О-18 Изучение дифракции Фраунгофера на одной и многих щелях (2 часа).

Индекс «О» относится к лабораторным работам, соответствующим физическому практикуму по дисциплине Физика 3, включающей разделы: «Оптика. Квантовая природа излучения», «Основы квантовой механики. Физика атомов и атомного ядра».

Методические указания

Данная категория студентов выполняет лабораторные работы по общим правилам, но в соответствии с методическими указаниями, представленными на сайте ИДО.

Для студентов ДОТ лабораторные работы разработаны с использованием Flash-технологии. Количество лабораторных работ, последовательность их выполнения задается преподавателем. Студент должен проделать лабораторную работу и результаты в электронном или распечатанном виде отправить преподавателю, который проводит лабораторные работы в группе. Оформление работы должно соответствовать требованиям, которые представлены в методических указаниях к лабораторной работе. Преподаватель в течение трех дней предоставляет студенту рецензию на проделанную работу. Все лабораторные работы студентам необходимо проделать до сессии. Если лабораторные работы не сделаны, нет положительной рецензии преподавателя, то студент не допускается до сдачи экзамена.

Выполнение « виртуальных лабораторных работ» в соответствии с индивидуальным маршрутом, завершается оформлением в электронном виде отчета по каждой лабораторной работе, в соответствии с общими требованиями к отчету по лабораторной работе.

Ответы на контрольные вопросы по данной работе также представляются в электронной версии отчета по «виртуальным лабораторным работам».

3.4. Структура студенческого отчета по выполнению лабораторной работы

Лабораторный отчет

Лабораторный отчет, в общем случае, должен содержать:

- тестовый документ (ТД);
- графический материал.

Текстовый документ

ТД должен включать в указанной ниже последовательности:

- титульный лист;
- задание;
- цель лабораторной работы;
- приборы и принадлежности, с которыми студенту придется работать во время проведения лабораторной работы;
 - краткое теоретическое введение, которое является рефератом по теме лабораторной работы;
 - описание методики исследования;
 - описание и принципиальную схему экспериментальной установки;

- проведение измерений исследуемой физической величины;
- заключение;
- список используемых источников.

Требования к структурным элементам текстового документа (ТД)

Общие требования

- ТД должен в краткой и четкой форме раскрывать цели, которые ставятся перед студентом при подготовке и проведении работы, должен знакомить с составом используемой учебно-исследовательской аппаратуры, раскрывать постановку задачи, метод исследования, должен содержать описание обязательных экспериментов, методов расчета, знакомить с методом анализа эксперимента и проведением необходимых выводов по нему.
 - Текст должен сопровождаться иллюстрациями (рисунками, схемами, графиками).
 - Оформление ТД должно быть проведено либо на персональном компьютере, либо вручную, аккуратно, с помощью ручки.
 - ТД должен быть выполнен на русском языке. Допускается выполнение ТД на иностранном языке, если это установлено заданием.

Титульный лист

Образец титульного листа размещен на сайте ИДО в разделе Студенту → Документы.

Задание

Лабораторная работа должна выполняться на основе задания, изложенного в методических указаниях по выполнению лабораторной работы.

Цель работы

В разделе «Цель работы» указывают основные вопросы, которые студент должен изучать в процессе выполнения работы.

Учебно-исследовательское оборудование

В разделе «Учебно-исследовательское оборудование» перечисляют элементы учебно-исследовательской установки и краткую характеристику каждого из них.

Краткое теоретическое введение

- В разделе «Краткое теоретическое введение» необходимо в сжатой форме изложить теоретический материал, приведенный в методических указаниях по выполнению данной лабораторной работы, являющийся основой проводимых исследований.
- В кратком теоретическом введении необходимо привести все формулы, по которым производят расчеты исследуемых физических величин и погрешности их определения.

Методика исследования

В разделе «Методика исследования» необходимо кратко описать используемый способ проведения исследования, сделать поясняющие рисунки, схемы, графики.

Описание экспериментальной установки

В разделе «Описание экспериментальной установки» нужно привести принципиальную схему экспериментальной установки и описать ее работу.

Проведение измерений, расчет исследуемой физической величины

В этом разделе необходимо начертить все таблицы, необходимые для включения в них экспериментальных данных, требующихся для расчета, с указанием их размерности в системе единиц СИ. Также необходимо привести все выполненные расчеты численных значений исследуемых величин с указанием размерности.

Заключение

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполненной работы, оценку полноты решения поставленных в «Задании» задач и погрешности используемой экспериментальной установки.

Иллюстрации

Графики, отображающие качественные зависимости, изображаются на плоскости, ограниченной осями координат, заканчивающимися стрелками. При этом слева от стрелки оси ординат и под стрелкой оси абсцисс проставляется буквенное обозначение, соответственно, функции и аргумента без указания их единиц измерения.

После выполнения лабораторных работ проводится их защита (с использованием контрольных вопросов из методического пособия по данной лабораторной работе) и по результатам оформляется зачёт по лабораторным работам (допуск к экзамену).

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком для студентов предусмотрено выполнение двух индивидуальных домашних заданий, каждое из которых должно содержать восемь решенных задач. Выполнение этих заданий необходимо для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков расчетных работ при решении задач, приближенных к реальным условиям.

Индивидуальное задание №1 соответствует темам 1–10 раздела 1 «Содержание теоретического раздела дисциплины». Индивидуальное задание №2 соответствует темам 11–16 модуля 2.

Номер варианта индивидуального задания определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Если образуемое ими число больше 10, то следует взять сумму этих цифр. Например, если номер зачетной книжки Д-11А11/10, то номер варианта задания равен 10. Если номер зачетной книжки З-11А11/31, то номер варианта задания равен 4.

Индивидуальные задания выполняются и высылаются на проверку преподавателю в соответствии с графиком изучения дисциплины.

Студенты **классической заочной формы обучения (КЗФ)** оформляют каждое индивидуальное задание отдельно, в отдельной тетради.

Студенты, **обучающихся с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ)**, оформляют каждое индивидуальное задание в отдельном файле. Условия и решения задач необходимо набрать с использованием текстового редактора Microsoft Word, формулы набираются в MathType. Кегль не менее 12.

Требования к оформлению, которые необходимо соблюдать **всем студентам (вне зависимости от формы обучения)**:

1. Обязательно должен быть титульный лист. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, отчество студента; номер группы, шифр.
2. 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.
3. Решения всех задач должны быть подробными, со всеми промежуточными расчётами, с указанием использованных формул и т.п.
4. Решения задач следует располагать в той же последовательности, что и задания.
5. Все страницы работы должны иметь сквозную нумерацию.
6. Обязательно прилагается список использованной литературы.



7. Студент КЗФ должен быть готов защитить свои индивидуальные задания преподавателю во время сессии.

8. В случае несоответствия работы требованиям, студент получает оценку «не зачтено». В этом случае работа должна быть исправлена и повторно предоставлена преподавателю.

9. Студент, не получивший положительной аттестации по всем индивидуальным заданиям, не допускается к сдаче экзамена (зачета) по данной дисциплине.

4.2. Варианты индивидуальных заданий

4.2.1. Индивидуальное домашнее задание № 1.

Модуль «Волновая оптика. Квантовая природа излучений»

Варианты индивидуальных заданий

Вариант № 1

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

2. В установке для наблюдения колец Ньютона пространство между линзой и пластинкой заполнено жидкостью. Определите показатель преломления жидкости, если радиус 3 светлого кольца 3,65 мм, наблюдение ведется в проходящем свете. Радиус кривизны $R = 10$ м, $\lambda = 5,69 \cdot 10^{-5}$ см.

3. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре 3-го порядка накладывается линия гелия ($\lambda = 6,7 \cdot 10^{-5}$ см) второго порядка? Сделайте чертеж, покажите угол дифракции и разность хода.

4. Пучок света падает на плоскопараллельную пластинку, нижняя поверхность которой находится в воде. При каком угле падения свет, отраженный от границы стекло-вода, будет максимально поляризован?

5. Температура абсолютно черного тела равна 2000 К. Определите: 1) длину волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости; 2) максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости; 3) энергетическую светимость. Изобразите качественно спектральное распределение.

6. Фотон с энергией $E = 10$ эВ падает на серебряную пластинку и вызывает фотоэффект. Определите импульс, полученный пластиной,



если принять, что направления движения фотона и фотоэлектрона лежат на одной прямой, перпендикулярной поверхности пластины.

7. Давление монохроматического света ($\lambda = 6000 \text{ \AA}$) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно к падающим лучам, равно $10^{-7} \frac{H}{m_2}$. Сколько фотонов падает в 1 с на 1 см^2 этой поверхности?

8. Энергия рентгеновских лучей равна 0,6 МэВ. Найдите энергию электрона отдачи, если известно, что длина рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния изменилась на 20%. Будет ли наблюдаться комптоновское рассеяние, если на вещество будет падать видимый свет?

Вариант № 2

1. Определите длину отрезка ℓ_1 , на котором укладывается столько же длин волн монохроматического света в вакууме, сколько их укладывается на отрезке $\ell_2 = 5 \text{ см}$ в стекле. Показатель преломления стекла $n = 1,5$.

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

3. На дифракционную решетку, содержащую $m = 100$ штрих/мм падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба спектроскопа наведена на максимум 3-го порядка, чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, нужно повернуть трубу на $\Delta\varphi = 20^\circ$. Определите длину волны. Изменится ли угол $\Delta\varphi$, если λ будут меньше? Сделайте чертеж.

4. Пучок света падает на плоскопараллельную пластинку, нижняя поверхность которой находится в воде. При каком угле падения свет, отраженный от границы стекло-вода, будет максимально поляризован?

5. Максимум энергии в спектре абсолютно черного тела приходится на длину волны в 2 мкм. На какую длину волны он сместится, если температура тела увеличится на 250 К? Начертите график.

6. Определите работу выхода электронов из натрия в электронвольтах, если «красная» граница фотоэффекта для Na равна $6 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$. Покажите, как из формулы Эйнштейна находится «красная» граница фотоэффекта.

7. Поток монохроматического излучения ($\lambda = 5000 \text{ \AA}$) падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой 10^{-8} Н . Определите число фотонов, ежесекундно падающих на эту поверхность.



8. Фотон с энергией 0,3 МэВ рассеялся на свободном электроне. Энергия рассеяния фотона 0,25 МэВ. Определите угол комптоновского рассеяния. Что будет при уменьшении энергии фотона?

Вариант № 3

1. В опыте Юнга расстояние между щелями $d = 1$ мм, а расстояние ℓ от щелей до экрана равно 3 м. Определите: 1) положение первой светлой полосы; 2) положение третьей темной полосы, если щели освещать монохроматическим светом с длиной волны 0,5 мкм.

2. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой стеклянной линзой налита жидкость, показатель преломления n меньше показателя преломления стекла. Радиус 8-го темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ($\lambda=700$ нм) $r = 2$ мм. Радиус кривизны линзы $R = 1$ м. Найдите показатель преломления жидкости. Сделайте чертеж. Покажите точку, где происходит «потеря» $\lambda/2$.

3. Сколько штрихов на 1 мм содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в свете ($\lambda=0,6$ мкм) максимум пятого порядка наблюдается под углом $\varphi=13^\circ$? Как изменится угол φ , если период решетки уменьшится в 2 раза? Сделайте чертеж к задаче.

4. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° ? Сделайте чертеж.

5. Абсолютно черное тело находится при температуре $T = 290$ К. В результате остывания этого тела длина волны, на которую приходится максимум плотности энергетической светимости, изменилась на $\Delta\lambda = 9$ мкм. До какой температуры T_2 охладилось тело? Начертите график.

6. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если «красная» граница фотоэффекта равна 3070Å и максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона 1 эВ? Что произойдет, если энергия фотона будет больше?

7. Параллельный пучок лучей ($\lambda = 6620 \text{ Å}$) падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление $3 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$. Определите концентрацию фотонов в световом пучке.

8. Вычислите импульс комптоновского электрона отдачи, если известно, что фотон, первоначальная длина волны которого равна $0,5 \text{ Å}$, рассеялся под углом 90° .



Вариант № 4

1. На пути одного из интерферирующих лучей помещается стеклянная пластинка толщиной 12 мкм. Определите, на сколько полос сместится интерференционная картина, если показатель преломления стекла $n = 1,5$; длина волны света $\lambda = 750$ нм и свет падает на пластинку нормально?

2. На стеклянную пластинку нанесен тонкий слой прозрачного вещества с показателем преломления $n = 1,4$. Пластинка освещается пучком параллельных лучей длиной волны $\lambda = 540$ нм, падающих на пластинку нормально. Какую минимальную толщину должен иметь слой, чтобы отраженные лучи имели наименьшую яркость?

3. На щель шириной $a = 0,1$ мм нормально падает свет с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. Что видит глаз наблюдателя, расположенного за щелью, если он смотрит в направлении, образующем с нормалью к плоскости щели угол $\varphi_1 = 17^\circ$, $\varphi_2 = 43^\circ$? Сделайте чертеж к задаче.

4. Угол падения луча на поверхность стекла равен 60° . При отражении пучок света оказался максимально поляризованным. Определите угол преломления луча.

5. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с 2,4 мкм на 0,8 мкм. Как и во сколько раз изменились энергетическая светимость тела и максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости? Начертите график.

6. Красная граница фотоэффекта для калия равна $\lambda_0 = 6,2 \cdot 10^{-5}$ см. Найдите: 1) величину задерживающего потенциала для фотоэлектронов при освещении светом $\lambda = 3300$ Å; 2) работу выхода электронов для калия. Объясните, при каких условиях возможен фотоэффект.

7. На зеркало с идеально отражающей поверхностью $S = 1,5$ см² падает нормально свет от электрической дуги. Определите импульс, полученный зеркалом, если плотность тока по световой энергии, падающей на него, равна 10 Вт/см², а продолжительность освещения 1с.

8. Определите угол θ , на который был рассеян γ -квант с энергией $E_1 = 1,53$ МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи $T = 0,51$ МэВ.

Вариант № 5

1. При заполнении находящейся на пути одного из интерферирующих лучей пустой трубки длиной 5 см кислородом с показателем преломления $n_1 = 1,000277$, происходит смещение интерференционных

полос. Какую толщину должен иметь компенсирующий клин с $n_2=1,5$ на пути второго луча, чтобы восстанавливалась первоначальная картина?

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

3. На щель падает нормально пучок монохроматического света. Длина волны укладывается на ширине щели 6 раз. Под каким углом будет наблюдаться 3-й дифракционный минимум света? Сделайте чертеж, покажите угол дифракции и разность хода между крайними лучами.

4. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе раздела жидкости с воздухом равен 43° . Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован? Сделайте чертеж.

5. Какова должна быть температура абсолютно черного тела, чтобы максимум спектральной плотности энергетической светимости приходился на красную границу видимого спектра (760 нм)? На фиолетовую (380 нм)? Начертите график.

6. Определите максимальную скорость электронов, вылетающих из металла под действием γ -лучей длиной волны $0,03 \text{ \AA}$. В чем будет разница, если γ -лучи заменить ультрафиолетовыми лучами?

7. Какова должна быть плотность потока энергии, падающего на зеркальную поверхность, чтобы световое давление при перпендикулярном падении лучей было равно $9,81 \text{ мкН/м}^2$.

8. В результате эффекта Комптона фотон с энергией $E_1 = 1,02 \text{ МэВ}$ был рассеян на свободных электронах на угол $\theta = 150^\circ$. Определите энергию E_2 рассеянного фотона.

Вариант № 6

1. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр ($\lambda_1 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) заменить на красный ($\lambda_2 = 7 \cdot 10^{-5} \text{ см}$). Будет ли расстояние между светлыми и темными полосами одинаковым?

2. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с $\lambda=0,6$ мкм, падающим нормально. Найдите толщину воздушного слоя между линзой и стеклянной пластинкой, в том месте, где наблюдается 4-е темное кольцо в отраженном свете. Сделайте чертеж, укажите точку, в которой происходит изменение фазы колебаний.

3. На дифракционную решетку падает нормально пучок света от разрядной трубки, наполненной водородом. Чему должна быть равна



постоянная решетки, чтобы в направлении $\varphi=41^\circ$ совпадали две линии: 1) с $\lambda_1=6563\text{ \AA}$ (максимум 3-го порядка) и 2) $\lambda=4102\text{ \AA}$ (максимум 4-го порядка)? Сделайте чертёж, покажите угол дифракции и разность хода лучей.

4. Во сколько раз ослабляется свет, проходя через 2 николя, плоскости поляризации которых составляют угол 30° , если в каждом из николей в отдельности теряется 10% падающего свет? Сделайте чертёж.

5. Температура абсолютно черного тела увеличилась в два раза, в результате чего λ_{max} уменьшилась на 600 нм. Определите начальную и конечную температуры тела.

6. Найдите частоту света, вырывающего с поверхности металла электроны, полностью задерживающиеся обратным потенциалом в 3 В. Фотоэффект у этого металла начинается при частоте падающего света в $6 \cdot 10^{14}\text{ с}^{-1}$. Найдите работу выхода электрона из этого металла.

7. Давление света, производимое на зеркальную поверхность, $P = 1\text{ мПа}$. Определите концентрацию n_0 фотонов вблизи поверхности, если длина волны λ падающего на поверхность света равна 0,6 мкм.

8. Фотон с энергией $E_1 = 0,51\text{ МэВ}$ был рассеян при эффекте Комптона на свободном электроны на угол $\theta = 180^\circ$. Определите кинетическую энергию электрона отдачи.

Вариант № 7

1. В опыте Юнга берется свет с длиной волны $\lambda_1 = 600\text{ нм}$, а затем λ_2 . Какова длина волны во втором случае, если седьмая светлая полоса в первом случае совпадает с десятой темной во втором?

2. Две плоскопараллельные стеклянные пластинки приложены одна к другой так, что между ними образуется воздушный клин. Двугранный угол между пластинками $\beta = 30^\circ$. На одну из пластинок нормально падает свет ($\lambda = 0,6\text{ мкм}$). На каком расстоянии от линии соприкосновения пластинок будут наблюдаться в отраженном свете первая и вторая светлые полосы?

3. Экран находится на расстоянии l от источника света ($\lambda=6 \cdot 10^{-5}\text{ см}$). Посередине между ними находится круглая непрозрачная пластинка с диаметром 1 см. Чему равно l , если экран закрывает только центральную зону Френеля?

4. На стеклянную пластинку ($n = 1,6$) падает естественный луч света. Определите угол между падающим и отраженными лучами, если отраженный луч максимально поляризован. Что изменится, если взять пластинку с $n = 1,5$? Сделайте чертёж.





5. При нагревании абсолютно черного тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась от 0,6 мкм до 0,5 мкм. Во сколько раз при этом увеличилась энергетическая светимость тела? Начертите график.

6. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 2750 Å. Найдите: 1) работу выхода электронов из этого металла; 2) максимальную скорость электронов, вырываемых из этого металла светом длиной волны $\lambda = 1800 \text{ Å}$; 3) максимальную кинетическую энергию этих электронов.

7. На зеркальную поверхность площадью $S = 4 \text{ см}^2$ падает нормально поток $\Phi = 0,6 \text{ Вт}$. Определите давление P и силу давления F света на эту поверхность.

8. Определите максимальное значение длины волны ($\Delta\lambda_{\text{max}}$) при комптоновском рассеянии света на свободных электронах и свободных протонах.

Вариант № 8

1. Пучок лазерного излучения с $\lambda = 632,8 \text{ нм}$ падает по нормали на преграду с двумя узкими параллельными щелями. На экране, установленном за преградой, наблюдается система интерференционных полос. На какое число полос сместится интерференционная картина, если одну из щелей перекрыть прозрачной пластинкой толщины $h = 10,0 \text{ мкм}$, изготовленной из материала с показателем преломления $n = 1,633$?

2. На тонкий стеклянный клин падает в направлении нормали к его поверхности монохроматический свет ($\lambda = 600 \text{ нм}$). Определите угол β между поверхностями клина, если расстояние между смежными интерференционными минимумами в отраженном свете $d = 4 \text{ мм}$.

3. В непрозрачном экране сделано круглое отверстие диаметром 4 мм. Экран освещается падающим нормально пучком параллельных лучей ($\lambda = 0,5 \text{ мкм}$). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии 1 м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии? В месте наблюдения помещен экран. Темное или светлое пятно будет видно в центре дифракционной решетки?

4. Показатель преломления света равен 1,55. Определите угол преломления, если отраженный луч полностью поляризован. Сделайте чертеж.

5. Поток энергии, получаемой из смотрового окошка плавильной печи $\Phi_3 = 34 \text{ Вт}$. Определите температуру печи, если площадь отверстия $S = 6 \text{ см}^2$. Начертите график спектра излучения абсолютно черного тела, покажите на нем интегральную энергетическую светимость.



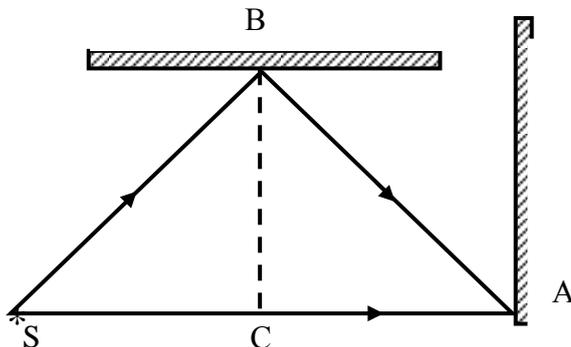
6. Определите величину постоянной Планка h , если известно, что фотоэлектроны, вырываемые с поверхности некоторого металла светом с частотой $2,2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$, полностью задерживаются обратным потенциалом 6,6 В, а вырываемые светом с частотой $4,6 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ – потенциалом 16,5 В.

7. Определите коэффициент отражения ρ поверхности, если при энергетической освещенности $E_0 = 50 \text{ Вт/см}^2$ давление света оказалось равным 0,2 мкПа.

8. Фотон при эффекте Комптона на свободном электроны был рассеян на угол $\theta = \pi/2$. Определите импульс P , приобретенный электроном, если энергия фотона до рассеяния была $E_1 = 1,02 \text{ МэВ}$.

Вариант № 9

1. Один луч от источника S монохроматического света ($\lambda = 0,72 \text{ мкм}$) падает в точку A экрана непосредственно, другой – после отражения от плоского зеркала B (см. рис. 4). $SA = 2 \text{ м}$, $SC = 1 \text{ м}$, $BC = 2 \text{ мм}$. Что будет наблюдаться в точке A в результате интерференции лучей – свет или темнота?



2. На стеклянный клин падает нормальный пучок света ($\lambda = 5,82 \cdot 10^{-7} \text{ м}$), угол клина $\beta = 20''$. Какое число темных интерференционных полос приходится на единицу длины клина? $n = 1,5$. Сделайте рисунок.

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

4. Анализатор в два раза уменьшает интенсивность света, проходящего к нему от поляризатора. Определите угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора. Потери света в анализаторе

пренебречь. В качестве поляризатора взять николю. Изменится ли искомый угол, если коэффициент потерь $\mu \neq 0$.

5. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с 1 мкм до 1,5 мкм. Как и во сколько раз изменились энергетическая светимость и максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости? Нарисуйте график.

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

7. Свет с длиной волны $\lambda = 700$ нм нормально падает на зеркальную поверхность и производит на нее давление $P = 0,1$ мкПа. Определите число фотонов n , падающих за время $t = 1$ с на площадь $S = 1$ см² этой поверхности.

8. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол $\theta = \pi/2$? Энергия фотона до рассеяния $E_1 = 0,51$ МэВ.

Вариант № 10

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

2. Установка для получения колец Ньютона освещается светом, падающим нормально. Найти: 1) радиус четвертого синего кольца ($\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-5}$ см) и 2) радиус третьего красного кольца ($\lambda_2 = 6,3 \cdot 10^{-5}$ см). Радиус кривизны линзы равен 5 м. Решите задачу для отраженного света. Сделайте рисунок, укажите точку, в которой происходит изменение фазы колебаний луча на противоположную.

3. Монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм) падает нормально на круглое отверстие диаметром $d = 1$ см. На каком расстоянии от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы в отверстии помещалась одна зона Френеля, две зоны Френеля?

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

5. Поток излучения абсолютно черного тела $\Phi_3 = 10$ кВт, максимум энергии излучения приходится на длину волны $\lambda_{\max} = 0,8$ мкм. Определите площадь излучающей поверхности.

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

7. Поток энергии, излучаемой электрической лампой, равен 600 Вт. На расстоянии 1 м от лампы перпендикулярно к падающим лучам расположено плоское зеркальце диаметром 2 см. Принимая, что излучение лампы одинаково во всех направлениях и что зеркальце полностью отражает падающий на него свет, определите силу светового давления на зеркальце.

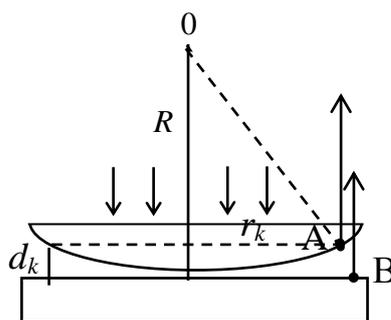
8. Рентгеновские лучи ($\lambda = 1$ нм) рассеиваются электронами, которые можно считать практически свободными. Определите максимальную длину λ_{\max} рентгеновских лучей в рассеянном пучке.

Методические указания и примеры решения задач

Пример 1. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой стеклянной линзой налита жидкость, показатель преломления которой меньше показателя преломления стекла. Радиус восьмого темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ($\lambda = 700$ нм) $r_8 = 2$ мм. Радиус кривизны выпуклой поверхности линзы $R = 1$ м. Найдите показатель преломления жидкости.

Дано: $r_8 = 2$ мм = $2 \cdot 10^{-3}$ м, $R = 1$ м.

Найдите: $n_{\text{ж}}$.



Параллельный пучок лучей падает нормально на плоскую поверхность линзы и частично отражается от верхней и нижней поверхностей промежутка между линзой и пластиной. При наложении отраженных волн, возникают интерференционные кольца равной толщины.

Оптическая разность хода луча 1, отраженного в точке А от выпуклой поверхности линзы, и луча 2, отраженного от стеклянной пластинки в точке В:

$$\delta = 2d_k n_{жс} + \frac{\lambda}{2},$$

где d_k – толщина зазора в том месте, где наблюдается k -ое кольцо; $n_{жс}$ – показатель преломления жидкости, заполняющей пространство между линзой и стеклянной пластинкой; $\lambda/2$ – добавочная разность хода при отражении луча 2 (в точке В) от оптически более плотной среды. Так как кольцо темное, то выполняется условие:

$$\delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

или

$$2d_k n_{жс} + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$
$$2d_k n_{жс} = k\lambda$$

откуда

$$n_{жс} = \frac{k\lambda}{2d_k}$$

Из геометрии рисунка: $r_k^2 = R^2 - (R - d_k)^2 = 2Rd_k - d_k^2$,

так как $d_k \ll R$, то $r_k^2 = 2Rd_k$, тогда $d_k = \frac{r_k^2}{2R}$; подставив d_k в выражение

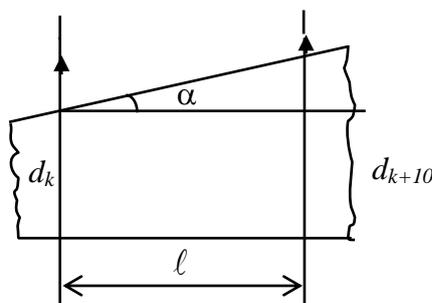
для $n_{жс}$, получим $n_{жс} = \frac{k\lambda R}{r_k^2} = 1,4$.

Пример 2. На стеклянный клин нормально к его грани падает параллельный пучок лучей ($\lambda = 0,6$ мкм). Число темных интерференционных полос, приходящихся на $l = 1$ см, равно 10. Определите угол α клина.

Дано: $i_{пад} = 0$, $\lambda = 0,6 \cdot 10^{-6}$ м, $n = 1,5$, $l = 1$ см, $N = 10$.

Найдите: α .

Решение.



Мы имеем дело с полосами равной толщины. Лучи, падая нормально к грани клина, отражаются как от верхней, так и от нижней грани клина и интерферируют между собой. Так как угол клина очень мал, то лучи (1 и 2) после отражения практически параллельны. Темные полосы видны на тех участках клина, для которых разность хода лучей равна нечетному числу длин полуволен, то есть

$$\delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}; \quad k = 0; 1 \dots \quad (1)$$

Первый луч претерпевает при отражении «потерю» $\lambda/2$, поэтому разность хода будет вычисляться по формуле:

$$\delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i_{\text{пад}}} + \frac{\lambda}{2}, \quad (2)$$

Так как по условию задачи $i_{\text{пад}} = 0$, то выражение для δ примет вид:

$$\delta = 2dn + \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Приравнивая правые части (1) и (3) и преобразуя полученное выражение, окончательно получаем:

$$2dn = k\lambda \quad (4)$$

Для толщины пленки, где наблюдается k -я полоса, запишем:

$$2d_k n = k\lambda,$$

откуда

$$d_k = \frac{k\lambda}{2n}. \quad (5)$$

Для толщины пленки, где наблюдается $(k + N)$ полоса, запишем:

$$2d_{k+N} n = (k + N)\lambda,$$

откуда

$$d_{k+N} = \frac{(k + N)\lambda}{2n}. \quad (6)$$

Из рисунка очевидно, что

$$\sin \alpha = \frac{d_{k+N} - d_k}{\ell}. \quad (7)$$

Для малых углов существует приближенное равенство $\sin \alpha \approx \alpha$.

Поэтому подставляем в (7) выражения (5) и (6), получаем для угла клина

$$\alpha = \frac{(k + N)\lambda - k\lambda}{2n\ell} = \frac{N\lambda}{2n\ell} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ (рад).}$$

Пример 3. На дифракционную решетку от разрядной трубки, наполненной гелием, нормально падает пучок света. На какую линию λ_1 (в нанометрах) в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия длиной волны $\lambda_2 = 706$ нм в спектре второго порядка?

Дано: $k_1 = 3, k_2 = 2, \lambda_2 = 706$ нм

Найдите: λ_1 .

Решение. Условия главных максимумов освещенности для дифракционной решетки выглядят так:

$$d \cdot \sin \varphi_1 = k_1 \cdot \lambda_1 \quad (1)$$

$$d \cdot \sin \varphi_2 = k_2 \cdot \lambda_2. \quad (2)$$

Спектральные линии накладываются одна на другую, поэтому углы дифракции будут равными, то есть $\varphi_1 = \varphi_2$.

Поделим уравнение (1) на (2):

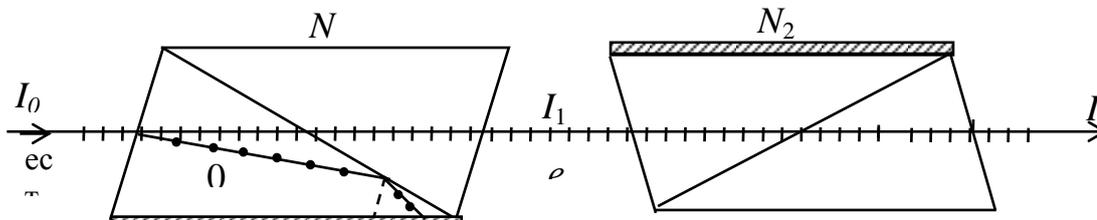
$$1 = \frac{k_1 \lambda_1}{k_2 \lambda_2} \quad \text{откуда} \quad \lambda_1 = \frac{k_2 \lambda_2}{k_1} = 471 \text{ нм.}$$

Пример 4. Два николя N_1 и N_2 расположены так, что угол между плоскостями поляризации составляет $\alpha = 60^\circ$. Определите, во сколько уменьшаются интенсивности $I_{\text{ест}}$ естественного света: 1) при прохождении через один николю N_1 ; 2) при прохождении через оба николя. Коэффициент поглощения света в николе $\mu = 0,05$. Потери на отражение света не учитывать.

Дано: $\alpha = 60^\circ, \mu = 0,05$.

Найдите: $I_{\text{ест}}/I_1, I_{\text{ест}}/I_2$.

Решение. Естественный свет, падая на грань николя (см. рис.3), расщепляется вследствие двойного лучепреломления на два луча: обыкновенный и необыкновенный (оба линейно поляризованы).



Обыкновенный луч поглощается зачерненной поверхностью призмы N_1 . Необыкновенный луч e проходит через призму, при этом его интенсивность уменьшается вследствие поглощения. Интенсивность есте-

ственного света делится пополам между обыкновенным и необыкновенным лучами при входе в николю N_1 .

$$I_1 = \frac{I_{\text{ест}}}{2}(1 - \mu).$$

Относительное уменьшение интенсивности после прохождения света через N_1 можно записать так:

$$I_{\text{ест}}/I_1 = \frac{I_{\text{ест}}}{(I_{\text{ест}}/2)(1 - \mu)} = \frac{2}{1 - \mu} = 2,1.$$

Интенсивность уменьшается в 2,1 раза после прохождения через N_1 .

Интенсивность необыкновенного луча e , прошедшего через 2-ой николю, определяется законом Малюса (без учета поглощения света во втором николе):

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha.$$

Учитывая потери интенсивности во втором николе, получаем:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha (1 - \mu).$$

Искомое уменьшение интенсивности при прохождении света через оба николя N_1 и N_2 найдем, разделив $I_{\text{ест}}$ естественного света на интенсивность I_2 , то есть:

$$\begin{aligned} I_{\text{ест}}/I_2 &= \frac{I_{\text{ест}}}{I_1 \cos^2 \alpha (1 - \mu)} = \frac{I_{\text{ест}}}{(I_{\text{ест}}/2)(1 - \mu) \cos^2 \alpha (1 - \mu)} = \\ &= \frac{2}{(1 - \mu)^2 \cos^2 \alpha} = 8,86. \end{aligned}$$

Пример 5. Предельный угол полного отражения от пучка света на границе кристалла каменной соли с воздухом равен $40,5^\circ$. Определите угол Брюстера при падении света из воздуха на поверхность этого кристалла.

Дано: $i_{\text{пр}} = 40,5^\circ$.

Найдите: $i_{\text{Бр}}$.

Решение. Если луч света переходит из оптически более плотной среды (n_1) в оптически менее плотную (n_2), то при некотором определенном значении угла падения $i_{\text{пр}}$, угол преломления становится равным 90° , то есть падающий луч испытывает полное отражение. Закон преломления можно представить так:

$$\frac{\sin i_{\text{пр}}}{\sin \pi/2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21},$$

где: n_1 – абсолютный показатель преломления каменной соли; n_2 – показатель преломления воздуха; $n_1 > n_2$; $n_2 = 1$.

Согласно закону Брюстера

$$\operatorname{tg} i_{\text{Бр}} = n_{\text{отн}},$$

где $i_{\text{Бр}}$ – угол Брюстера, то есть угол падения, при котором отраженный от диэлектрика луч максимально поляризован; а $n_{\text{отн}}$ – относительный показатель преломления. Угол Брюстера определяется здесь при падении света из воздуха на поверхность каменной соли.

Тогда $n_{\text{отн}} = \frac{n_{\text{кам.соли}}}{n_{\text{воздуха}}}$; обозначим $n_{\text{соли}} = n_1$, $n_{\text{воздуха}} = n_2$.

То есть,

$$n_{\text{отн}} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \operatorname{tg} i_{\text{Бр}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{\sin i_{\text{пр}}}.$$

$$i_{\text{Бр}} = \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{\sin i_{\text{пр}}} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{\sin 40,5^\circ} \right) = 57^\circ.$$

Пример 6. Длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости АЧТ $\lambda_{\text{max}} = 0,6$ мкм. Определите: 1) излучательность этого тела R_T ; 2) спектральную плотность излучательности $r_{\lambda,T}$, рассчитанную на 1 нм вблизи λ_{max} в спектре излучения АЧТ.

Дано: $\lambda_{\text{max}} = 0,6$ мкм, $\epsilon = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 10^{-7} \text{ К м}$, $c = 1,23 \cdot 10^{-5} \text{ Вт/м}^3 \text{ К}^5$,
 $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \text{ К}^4$, $\Delta\lambda = 1$ нм.

Найдите: R_T , $r_{\lambda,T}$.

Решение. Согласно закону смещения Вина, длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности излучательности, обратно пропорциональна температуре:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{\epsilon}{T},$$

отсюда

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

а излучательность R_T определяется законом Стефана-Больцмана:

$$R_T = \sigma T^4 = \sigma \left(\frac{\epsilon}{\lambda_{\max}} \right)^4 = 33 \text{ МВт} / \text{м}^2.$$

Максимум спектральной плотности излучательности, согласно закону Вина, пропорционален пятой степени температуры:

$$r_{\lambda, T} = c T^5 = c \left(\frac{\epsilon}{\lambda_{\max}} \right)^5 = 38 \text{ кВт} / \text{м}^2 \text{ нм}.$$

Пример 7. На платиновую пластинку падает ультрафиолетовое излучение. Для прекращения фотоэффекта нужно приложить задерживающее напряжение $U_1 = 3,7$ В. Если платиновую пластинку заменить пластинкой из другого металла, то задерживающее напряжение нужно увеличить до $U_2 = 6$ В. Определите работу выхода (в электронвольтах) из второго металла.

Дано: $U_1 = 3,7$ В, $U_2 = 6$ В, $A_1 = 6,3$ эВ, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Найдите: A_2 .

Решение. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта, имеем:

$$h\nu = A_1 + \frac{m\nu_1^2}{2}.$$

Чтобы задержать вылетающие электроны, необходимо приложить задерживающее напряжение U_1 .

$$eU_1 = \frac{m\nu_1^2}{2},$$

где e и m – заряд (по модулю) и масса электрона.

Таким образом,

$$h\nu = A_1 + eU_1. \quad (1)$$

Аналогичное выражение запишем для пластинки из второго металла:

$$h\nu = A_2 + eU_2. \quad (2)$$

Приравняем (1) и (2):

$$A_1 + eU_1 = A_2 + eU_2$$

$$A_2 = A_1 + eU_1 - eU_2 = A_1 - e(U_2 - U_1) = 4\text{эВ}.$$

Пример 8. В явлении Комптона энергия падающего фотона E распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Угол рассеяния $\theta = \pi/2$. Найдите энергию и количество движения рассеянного фотона.

Дано: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $\theta = \pi/2$, $E/E' = 2$, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Найдите: E' , P' .

Решение. Энергия падающего фотона определяется формулой $E = h \frac{c}{\lambda}$, где λ — длина волны падающего фотона. Энергия рассеянного фотона $E' = h \frac{c}{\lambda'}$, где λ' — длина волны рассеянного на электроне фотона. По условию задачи $E = E' = 2$, тогда

$$\lambda' / \lambda = 2, \lambda = \lambda' / 2. \quad (1)$$

По формуле Комптона изменение длины волны фотона при рассеянии выражается формулой:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \quad (2)$$

учитывая (1), имеем:

$$\lambda' - \frac{\lambda'}{2} = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta),$$

или

$$\frac{\lambda'}{2} = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta),$$

откуда

$$\lambda' = \frac{2h}{m_e c} (1 - \cos \theta). \quad (3)$$

Подставляя выражение (3) в формулу для энергии рассеянного фотона, получаем окончательно:

$$E' \frac{hc}{\lambda'} = \frac{hcm_e c}{2h(1 - \cos \theta)} = \frac{m_e c^2}{2(1 - \cos \theta)} = 0,26 \text{ МэВ}.$$

4.2.2. Индивидуальное домашнее задание № 2. Модуль «Основы квантовой механики. Физика атомов и атомного ядра»

Варианты индивидуальных заданий

Вариант № 1

1. Вычислить дебройлевские длины волн электрона, протона и атома урана, имеющих одинаковую кинетическую энергию 100 эВ.
2. Волновая функция, описывающая движение электрона в основном состоянии атома водорода, имеет вид $\psi(r) = A \cdot e^{-\frac{r}{a_0}}$, где A – некоторая постоянная, a_0 – первый борковский радиус. Найти для основного состояния среднее значение $\langle U \rangle$ потенциальной энергии.
3. Оцените наименьшие ошибки, с которыми можно определить скорость электрона, протона и шарика массы 1 мг, если координаты частиц и центра шарика установлены с неопределенностью 1 мкм.
4. Невозбужденный атом водорода поглощает квант излучения с длиной волны $\lambda = 102,6$ нм. Вычислить, пользуясь теорией Бора, радиус r электронной орбиты возбужденного атома водорода.
5. Напишите формулы электронного строения атомов лития, азота и кислорода.
6. Определите энергию, необходимую для разделения ядра ^{20}Ne на две α - частицы и ядро ^{12}C . Энергии связи на один нуклон в ядрах ^{20}Ne , ^4H и ^{12}C равны соответственно 8,03; 7,07 и 7,68 МэВ.
7. Зная постоянную распада λ ядра, определите: 1) вероятность того, что оно распадется за промежуток времени от 0 до t ; 2) его среднее время жизни τ .
8. Покоившееся ядро радона ^{220}Rn выбросило α - частицу со скоростью $v = 16$ Мм/с. В какое ядро превратилось ядро радона? Какую скорость v_1 получило оно вследствие отдачи?

Вариант № 2

1. Вычислить наиболее вероятную дебройлевскую длину волны молекул азота, содержащихся в воздухе при комнатной температуре.
2. Электрон находится в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике шириной l . В каких точках в интервале $0 < x < l$ плотности вероятности нахождения электрона на втором и

третьем энергетических уровнях одинаковы? Вычислить плотность вероятности для этих точек. Решение пояснить графиком.

3. Показать, что для частицы, неопределенность местоположения которой $\Delta x = \lambda/2\pi$, где λ - ее дебройлевская длина волны, неопределенность скорости равна по порядку величины самой скорости частицы.

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

5. Написать формулы электронного строения атомов фтора, неона и магния.

6. Вычислить дефект массы Δm и энергию связи ΔE ядра ^{11}B .

7. Найти период полураспада T радиоактивного изотопа, если его активность за время $t = 10$ суток уменьшилась на 24% по сравнению с первоначальной.

8. Найти период полураспада T радиоактивного изотопа, если его активность за время $t = 10$ суток уменьшилась на 24% по сравнению с первоначальной.

Вариант № 3

1. Нейтрон с кинетической энергией $K = 25$ эВ налетает на покоящийся дейтрон (ядро тяжелого водорода). Найти дебройлевские длины волн обеих частиц в системе их центра инерции.

2. Волновая функция, описывающая движение электрона в основном состоянии атома водорода, имеет вид $\psi(r) = A \cdot e^{-\frac{r}{a_0}}$, где A – некоторая постоянная, a_0 – первый борковский радиус. Найти для основного состояния среднее значение $\langle F \rangle$ кулоновской силы.

3. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы равна l . Оценить с помощью соотношения неопределенностей силу давления электрона на стенки этой ямы при минимально возможной его энергии.

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

5. Написать формулы электронного строения атомов алюминия, кремния и фосфора.

6. Определить энергию связи ΔE , которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра ^{23}Na .

7. Счетчик α - частиц, установленный вблизи радиоактивного изотопа, при первом измерении регистрировал $N_1 = 1400$ частиц в минуту, а



через время $t = 4$ ч – только $N_2 = 400$. Определить период полураспада T изотопа.

8. В какое ядро превратилось ядро изотопа фосфора ^{30}P , выбросив положительно заряженную β - частицу?

Вариант № 4

1. Две одинаковые нерелятивистские частицы движутся перпендикулярно друг к другу с дебройлевскими длинами волн λ_1 и λ_2 . Найти дебройлевскую длину волны каждой частицы в системе их центра инерции.

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

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

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

5. Написать формулы электронного строения атомов серы, хлора и аргона.

6. Определить энергию связи ΔE , которая выделится при образовании из протонов и нейтронов ядер ^4He массой $m = 1$ г.

7. Определить возраст древних деревянных предметов, если известно, что удельная активность (активность единицы массы вещества) изотопа ^{14}C у них составляет $3/5$ удельной активности этого изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада ядер ^{14}C равен 5570 лет.

8. Ядро ^7Be захватило электрон с K - слоя атома. Какое ядро образовалось в результате K - захвата?

Вариант № 5

1. При каком значении кинетической энергии дебройлевская длина волны электрона равна его комптоновской длине волны?

2. Волновая функция, описывающая движение электрона в основном

состоянии атома водорода, имеет вид $\psi(r) = A \cdot e^{-\frac{r}{a_0}}$, где A – некоторая постоянная, a_0 – первый борковский радиус. Найти для основного состояния атома водорода наиболее вероятное расстояние электрона от ядра.



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

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

5. Написать формулы электронного строения атомов бора, углерода и натрия.

6. Определить дефект массы Δm и энергию связи ΔE ядра атома тяжелого водорода.

7. В урановой руде отношение числа ядер ^{238}U к числу ядер ^{206}Pb $\eta = 2,8$. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец ^{206}Pb является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада ядер этого изотопа урана равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.

8. Определить зарядовое Z и массовое A числа изотопа, который получается из тория ^{232}Th после трех α - и двух β - превращений.

Вариант № 6

1. Найти дебройлевскую длину волны релятивистских электронов, подлетающих к антикатоде рентгеновской трубки, если длина волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра $\lambda_k = 10,0$ пм.

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

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

4. На сколько изменится кинетическая энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $\lambda = 435$ нм?

5. Какое максимальное число s -, p -, и d - электронов может находиться в электронных K -, L -, и M - слоях атома?

6. Определить наименьшую энергию связи ΔE , необходимую для разделения ядра углерода ^{12}C на три одинаковые части.

7. Радиоизотоп A_1 с постоянной распада λ_1 превращается в радиоизотоп A_2 с постоянной распада λ_2 . Считая, что в начальный момент препарат содержал только ядра изотопа A_1 , найти: 1) закон накопления радиоизотопа A_2 со временем; 2) промежуток времени, через который активность радиоизотопа A_2 достигнет максимума.



8. Сколько α - и β - частиц выбрасывается при превращении ядра урана ^{233}U в ядро висмута ^{209}Bi ?

Вариант № 7

1. При каких значениях кинетической энергии релятивистского электрона ошибка в определении дебройлевской длины волны по нерелятивистской формуле не превышает 10%?

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

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

4. В каких пределах $\Delta \lambda$ должна лежать длина волны монохроматического света, чтобы при возбуждении атомов водорода квантами этого света радиус r_n орбиты электрона увеличился в 16 раз?

5. Используя принцип Паули, указать какое максимальное число N_{max} электронов в атоме могут иметь одинаковые квантовые числа: 1) n, l, m, s ; 2) n, l, m .

6. В одном акте деления ядра урана ^{235}U освобождается энергия 200 МэВ. Определить: 1) энергию, выделяющуюся при распаде всех ядер этого изотопа массой $m = 1$ кг; 2) массу каменного угля с удельной теплотой сгорания $q = 29,3$ МДж/кг, эквивалентную в тепловом отношении 1 кг урана ^{235}U .

7. В кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего радиоизотоп ^{24}Na активностью $a_0 = 2,0 \cdot 10^3$ расп/с. Активность 1 см³ крови, взятой через $t = 5,0$ ч, оказалась $a' = 16$ расп/(мин·см³). Период полураспада данного радиоизотопа $T = 15$ ч. Найти объем крови человека.

8. При соударении γ - фотона с дейтоном последний может расщепиться на два нуклона. Написать уравнение ядерной реакции и определить минимальную энергию γ - фотона, способного вызвать такое расщепление.



Вариант № 8

1. На сколько по отношению к комнатной должна измениться температура идеального газа, чтобы дебройлевская длина волны его молекул уменьшилась на 20%?

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

3. Моноэнергетический пучок электронов высвечивает в центре экрана электронно-лучевой трубки пятно радиусом $r \approx 10^{-3}$ м. Пользуясь соотношением неопределенностей, найти, во сколько раз неопределенность Δx координаты электрона на экране в направлении, перпендикулярном оси трубки, меньше размера r пятна. Длину L электронно-лучевой трубки принять равной 0,50 м, а ускоряющее электрон напряжение U – равным 20 кВ.

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

5. Используя принцип Паули, указать какое максимальное число N_{max} электронов в атоме могут иметь одинаковыми следующие квантовые числа: 1) n, l ; 2) n .

6. В одном акте деления ядра урана ^{235}U освобождается энергия 200 МэВ. Определить массу m этого изотопа, подвергшегося делению при взрыве атомной бомбы с тротильным эквивалентом 30 кт, если тепловой эквивалент тротила q равен 4,19 МДж/кг.

7. За один год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?

8. Фотон с энергией $E_\phi = 3$ МэВ в поле тяжелого ядра превратился в пару электрон-позитрон. Записать уравнение реакции рождения пары и, принимая, что кинетическая энергия рожденных частиц одинакова, определить кинетическую энергию K каждой частицы.

Вариант № 9

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

2. Электрон находится в бесконечно глубоком, одномерном, прямоугольном потенциальном ящике шириной $l = 0,1$ нм. Определить в

электрон-вольтах наименьшую разность энергетических уровней электрона.

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

4. Электрон в атоме водорода находится на третьем энергетическом уровне. Определить кинетическую K , потенциальную U и полную E энергии электрона. Ответ выразить в электрон-вольтах.

5. Найти число N электронов в атомах, у которых в основном состоянии заполнены: 1) K - и L - слои, $3s$ - оболочка и наполовину $3p$ - оболочка; 2) K -, L - и M - слои и $4s$ -, $4p$ - и $4d$ - оболочки. Что это за атомы?

6. Мощность N двигателя атомного судна составляет 15 МВт, его КПД равен 30%. Определить месячный расход ядерного горючего при работе этого двигателя.

7. Определить число N ядер, распадающихся в течение времени $t_1 = 1$ мин и $t_2 = 5$ сут, в радиоактивном изотопе фосфора ^{32}P массой 1 мг.

8. Электрон и позитрон, имевшие одинаковые кинетические энергии, равные 0,24 МэВ, при соударении превратились в два одинаковых фотона. Записать реакцию аннигиляции и определить энергию E_ϕ фотона и соответствующую ему длину волны λ .

Вариант № 10

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

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

3. Параллельный пучок атомов водорода со скоростью $v = 600$ м/с падает нормально на диафрагму с узкой щелью, за которой на расстоянии $l = 1,0$ м расположен экран. Оценить с помощью соотношения неопределенностей ширину δ щели, при которой ширина изображения ее на экране будет минимальной.

4. Фотон выбивает из атома водорода, находящегося в основном состоянии, электрон с кинетической энергией $K = 10$ эВ. Определить энергию E_ϕ фотона.

5. Заполненный электронный слой характеризуется квантовым числом $n = 3$. Указать число N электронов в этом слое, которые имеют

одинаковые следующие квантовые числа: 1) $s = +1/2$; 2) $m = -2$; 3) $s = -1/2$ и $m = 0$; 4) $s = +1/2$ и $l=2$.

6. Какую наименьшую энергию ΔE нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядра ${}^7\text{Li}$ и ${}^7\text{Be}$? Почему для ядра бериллия эта энергия меньше, чем для ядра лития?

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

8. Покоившееся ядро радона ${}^{220}\text{Rn}$ выбросило α - частицу со скоростью $v = 16$ Мм/с. В какое ядро превратилось ядро радона? Какую скорость v_1 получило оно вследствие отдачи?

Методические указания и примеры решения задач

Пример 1. Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов U . Найти длину волны де Бройля λ для двух случаев: 1) $U_1 = 51$ В; 2) $U_2 = 510$ кВ.

Дано: $U_1 = 51$ В, $U_2 = 510$ кВ.

Найдите: λ_1, λ_2 .

Решение. Работа сил электрического поля равна изменению кинетической энергии электрона $A = \Delta K = K_2 - K_1$. Здесь $A = eU$, а $\Delta K = K_2 = K$, так как $K_1 = 0$, то есть $K = eU$.

Теперь необходимо определить характер движения электрона, нерелятивистский или релятивистский:

$$E_0 = m_0 c^2 = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 8,19 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} = 0,51 \text{ МэВ}$$

В первом случае $K_1 = eU_1 = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 51 = 8,16 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = 51 \text{ эВ}$. Во втором случае $K_2 = eU_2 = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5,1 \cdot 10^5 = 8,16 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} \approx 51 \cdot 10^4 \text{ эВ} = 0,51 \text{ МэВ}$.

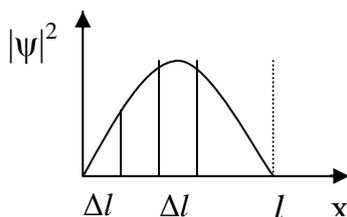
Следовательно: в первом случае $K_1 \ll E_0$ и длину волны де Бройля λ_1 электрона необходимо рассчитывать для нерелятивистского движения электрона, во втором случае $K_2 \approx E_0$ – для релятивистского движения.

Принимая во внимание то, что $K_1 = 0,51 \cdot 10^{-4} \text{ МэВ} = 10^{-4} E_0$, а $K_2 = E_0$, рассчитаем λ_1 и λ_2 .

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{h}{\sqrt{2m_0 K_1}} = \frac{h}{\sqrt{2 \frac{E_0}{c^2} 10^{-4} E_0}} = \frac{10^2 hc}{\sqrt{2} E_0} = \\ &= \frac{10^2 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\sqrt{2} \cdot 8,19 \cdot 10^{-14}} = 1,71 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 171 \text{ пм}. \end{aligned}$$

$$\lambda_2 = \frac{hc}{\sqrt{K_2(2E_0 + K_2)}} = \frac{hc}{\sqrt{E_0(2E_0 + E_0)}} = \frac{hc}{\sqrt{3E_0}} =$$
$$= \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\sqrt{3} \cdot 8,19 \cdot 10^{-14}} = 1,40 \cdot 10^{-12} \text{ м} = 1,40 \text{ пм.}$$

Пример 2. Волновая функция $\Psi(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{\pi}{l}x\right)$ описывает основное состояние частицы в бесконечно глубоком прямоугольном ящике шириной l . Вычислить вероятность нахождения частицы в малом интервале $\Delta l = 0,01l$ в двух случаях: 1) вблизи стенки ($0 \leq x \leq \Delta l$); в средней части ящика $\frac{l}{2} - \frac{\Delta l}{2} \leq x \leq \frac{l}{2} + \frac{\Delta l}{2}$.



Дано: $\Psi(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{\pi}{l}x\right)$, $\Delta l = 0,01l$.

Найдите: ω .

Решение. Вероятность того, что частица будет обнаружена в интервале dx , согласно соотношению (5) запишется в виде: $d\omega = |\Psi|^2 dV$. В первом случае вероятность найдется интегрированием в пределах от 0 до $0,01l$:

$$\omega_1 = \frac{2}{l} \int_0^{0,01l} \sin^2\left(\frac{\pi}{l}x\right) dx.$$

Знак модуля опущен, т.к. Ψ - функция, в данном случае, не является комплексной. Так как x изменяется в интервале ($0 \leq x \leq 0,01l$) и, следовательно, $\pi x / l \ll 1$, справедливо приближенное равенство:

$$\sin^2\left(\frac{\pi}{l}x\right) \approx \left(\frac{\pi}{l}x\right)^2.$$

С учетом этого искомая вероятность примет вид:

$$\omega_1 = \frac{2}{l} \int_0^{0,01l} \left(\frac{\pi}{l} x \right)^2 dx = \frac{2\pi^2}{l^3} \frac{x^3}{3} \Big|_0^{0,01l} = \frac{2\pi^2}{3} 10^{-6} = 6,6 \cdot 10^{-6}.$$

Во втором случае можно обойтись без интегрирования, так как квадрат модуля волновой функции вблизи ее максимума в заданном малом интервале ($\Delta l = 0,01l$) практически не изменяется. Искомая вероятность во втором случае определяется выражением

$$\omega_2 = \left| \Psi \left(\frac{l}{2} \right) \right|^2 \Delta x = \frac{2}{l} \sin^2 \left(\frac{\pi l}{l 2} \right) \Delta l = \frac{2}{l} \cdot 1^2 \cdot 0,01l = 0,02.$$

Из сравнения видно, что $\omega_1 \ll \omega_2$ и, следовательно, частица с наибольшей вероятностью находится в средней части ящика.

Пример 3. Кинетическая энергия K электрона в атоме водорода составляет величину порядка 10 эВ. Используя соотношение неопределенностей, оцените минимальные размеры атома.

Дано: $K = 10$ эВ.

Найдите: l .

Решение. Для решения воспользуемся соотношением неопределенностей $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$. Из соотношения неопределенностей следует, что чем точнее определяется положение частицы в пространстве, тем более неопределенным становится импульс, а, следовательно, и энергия частицы. Пусть атом имеет линейные размеры l , тогда электрон атома будет находиться где-то в пределах области с неопределенностью $\Delta x = l/2$. Соотношение неопределенностей можно записать в этом случае в виде:

$$\frac{l}{2} \cdot \Delta p_x \geq \hbar,$$

откуда

$$l \geq \frac{2\hbar}{\Delta p_x}.$$

Физическая разумная неопределенность импульса Δp_x , во всяком случае, не должна превышать значения самого импульса p_x , то есть $\Delta p_x \leq p_x$. Импульс p_x связан с кинетической энергией K соотношением

$$p_x = \sqrt{2m_0 K}.$$

Заменим Δp_x на p_x (такая замена не увеличит l). Переходя от неравенства к равенству, получим

$$l_{\min} = \frac{2\hbar}{\sqrt{2m_0K}} = \frac{2 \cdot 1,05 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-18}}} = 1,24 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 124 \text{ пм.}$$

Пример 4. Электрон в атоме водорода перешел с четвертого энергетического уровня на второй. Определить энергию испущенного при этом фотона.

Дано: $n_1 = 2, n_2 = 4$.

Найдите: E_ϕ .

Решение. Воспользуемся формулой для волнового числа ν_0 испущенного атомом фотона $E_\phi = h\nu = hc\nu_0$. Следовательно, энергия испущенного фотона атомом водорода равна:

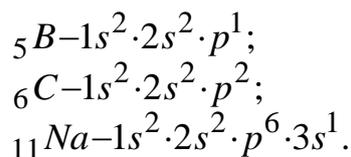
$$E_\phi = hcRZ^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,097 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) = 4,08 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 2,55 \text{ эВ.}$$

Пример 5. Написать формулы электронного строения атомов бора, углерода и натрия.

Дано: ${}_5B, {}_6C, {}_{11}Na$.

Найдите: Формулы электронного строения атомов.

Решение. Для записи формулы электронной конфигурации атомов необходимо знать полное число электронов в атоме, которое равно порядковому номеру элемента Z . Следовательно, электронное облако бора составляют 5 электронов, углерода – 6, а у натрия – 11. Запишем искоемые формулы:



Пример 6. Вычислите дефект массы и энергию связи ядра 7_3Li .

Дано: $Z = 3, A = 7$.

Найдите: $\Delta m, \Delta E$.

Решение. Дефект массы ядра равен $\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - M_\alpha$. В справочных таблицах обычно даются массы нейтральных атомов, но не ядер. Поэтому эту формулу целесообразно преобразовать так, чтобы в нее входила масса нейтрального атома M_A . Масса нейтрального атома равна сумме масс ядра и электронов, составляющих электронную оболочку атома:

$$M_A = M_\alpha + Zm_e;$$

откуда

$$M_{Я} = M_A - Zm_e.$$

Следовательно

$$\Delta m = Z(m_p + m_e) + (A - Z) \cdot m_n - M_A$$

Замечая, что $m_p + m_e = M_H$, где M_H – масса атома водорода, окончательно найдем:

$$\begin{aligned} \Delta m &= ZM_H + (A - Z)m_n - M_A = 3 \cdot 1,00783 + (7 - 3) \cdot 1,00867 - 7,01601 = \\ &= 0,04216 \text{ а.е.м.} \end{aligned}$$

Энергию связи найдем из соотношения (26):

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2.$$

Коэффициент пропорциональности c^2 может быть выражен двояко:

$$c^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2 / \text{с}^2$$

или

$$c^2 = \Delta E / \Delta m = 9 \cdot 10^{16} \text{ Дж/кг.}$$

В последней формуле, перейдя к внесистемным единицам, получим:

$$c^2 = 931 \text{ МэВ/а.е.м.}$$

С учетом этого, искомая формула для энергии связи примет вид:

$$\Delta E = 931 \cdot \Delta m (\text{МэВ}).$$

Подставив ранее найденное значение дефекта массы, получим:

$$\Delta E = 931 \cdot 0,04216 = 39,2 \text{ МэВ.}$$

Пример 7. Определите начальную активность a_0 радиоактивного препарата магния ^{27}Mg массой $m = 0,2$ мкг, а также его активность a через время $t = 6$ ч. Период полураспада T магния равен 10 минутам.

Дано: $T = 10$ мин, $A = 27$, $t = 6$ ч, $m = 0,2$ мкг.

Найдите: a_0 , a .

Решение. Закон изменения активности радиоактивного препарата со временем выражается формулой $a = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, где $a_0 = \lambda N_0$ – начальная активность препарата. Начальное число радиоактивных атомов N_0 , содержащихся в препарате массой m , равно произведению числа Авогадро на число килограмм-атомов данного изотопа m/A , где A – масса одного килограмм-атома

$$N_0 = \frac{m}{A} \cdot N_A.$$

Определив постоянную распада λ , рассчитаем начальную активность:

$$a_0 = \frac{\ln 2}{T} \frac{m}{A} N_A = \frac{0,693}{600} \frac{0,2 \cdot 10^{-9}}{27} 6,02 \cdot 10^{26} = 5,13 \cdot 10^{12} \text{ Бк} = 139 \text{ Ки.}$$

Рассчитаем активность препарата через 6 часов:

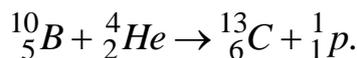
$$a = a_0 \cdot e^{-\lambda t} = a_0 \cdot e^{-\frac{t}{T} \ln 2} = a_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = 139 \cdot 2^{-\frac{2,16 \cdot 10^4}{600}} = 2,20 \cdot 10^{-9} \text{ Ки} = 2,20 \text{ нКи.}$$

Пример 8. При соударении α - частицы с ядром бора ${}^{10}_5\text{B}$ произошла ядерная реакция, в результате которой образовалось два новых ядра. Одним из этих ядер было ядро атома водорода – протон ${}^1_1\text{p}$. Определите порядковый номер и массовое число второго ядра, дайте символическую запись ядерной реакции и определите ее энергетический эффект.

Дано: ${}^{10}_5\text{B}, {}^4_2\text{He}$.

Найдите: $Y, \Delta E$.

Решение. Обозначим неизвестное ядро символом Y . Так как α - частица есть ядро атома гелия, запись реакции будет иметь вид: ${}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^A_Z Y + {}^1_1\text{p} + \Delta E$. Применив закон сохранения числа нуклонов, получим уравнение $10 + 4 = A + 1$, откуда $A = 13$. Применив закон сохранения заряда, получим уравнение $5 + 2 = Z + 1$, откуда $Z = 6$. Следовательно, неизвестное ядро является ядром атома изотопа углерода ${}^{13}_6\text{C}$. Теперь можем записать реакцию в окончательном виде:



Энергетический эффект ядерной реакции определим согласно формуле (33).

$$\Delta E = c^2 \left\{ (M_{{}^{10}_5\text{B}} + M_{{}^4_2\text{He}}) - (M_{{}^{13}_6\text{C}} + M_{{}^1_1\text{p}}) \right\}.$$

В расчетную формулу подставим массы атомов, а не ядер, т.к. при вычитании суммы масс нейтральных атомов углерода и водорода из суммы масс атомов гелия и бора массы электронов выпадут, и мы получим тот же результат, как если бы брали массы ядер:

$$\Delta E = 931 \left((10,01294 + 4,00260) - (13,00335 + 1,00783) \right) = 4,06 \text{ МэВ.}$$

Так как $\Delta E > 0$, то реакция идет с выделением энергии и является экзотермической.

5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

Контроль осуществляется в форме экзамена (зачета) после завершения изучения дисциплины и представляет оценку уровня знаний по дисциплине, полученных в течение семестра.

5.1. Образец билета к экзамену (зачету) для студентов классической формы обучения

Экзаменационный билет содержит два равнозначных теоретических вопроса по двум разделам (модулям) дисциплины физика и две равнозначные задачи также по двум (другим) ее разделам.

Томский политехнический университет Кафедра общей физики		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 0 по дисциплине «Физика 3»
1. Интерференция света в тонких слоях. Разность хода двух лучей в отраженном свете. 2. Закон радиоактивного распада. 3. Задачи: 3.1. Во сколько раз ослабляется свет, проходя через 2 николя, плоскости поляризации которых составляют угол 30° , если в каждом из николей в отдельности теряется 10% падающего свет? 3.2. Покоившееся ядро радона ^{220}Rn выбросило α - частицу со скоростью $v = 16$ Мм/с. В какое ядро превратилось ядро радона? Какую скорость v_1 получило оно вследствие отдачи?		
Зав. кафедрой, профессор		_____ А.М. Лидер

Критерии оценки результатов устного ответа по экзаменационному билету

Результаты устного ответа оцениваются по вновь введенной рейтинговой системе, предписывающей устанавливать максимальный балл за экзамен **40 баллов**, что равнозначно оценке «отлично». Поскольку билет содержит два равнозначных теоретических вопроса по двум разделам модуля дисциплины и две равнозначные задачи также по двум её разделам, то максимальная оценка каждого теоретического вопроса и каждой задачи **10 баллов**.

Оценка теоретического вопроса

1. Если студент ответил максимально полно на поставленный вопрос, верно определил физическое явление, процесс или физическую величину, логически последовательно и правильно изложил их в своем ответе, привел полные и последовательные математические преобразования, приведшие к правильному конечному результату, пояснил физический смысл всех величин, которыми он оперировал, то за такой ответ студент получает **10 баллов**.

2. Если студент ответил так, как указано в п. 1, но не смог достаточно четко и ясно определить физическое явление или физические величины, которыми он оперировал при раскрытии данного вопроса, однако сделал правильный вывод и получил верный результат, то за такой ответ студент получает **7 баллов**.

3. Если студент ответил так, как указано в п. 2, но, кроме того, допустил ошибки в математических преобразованиях, в результате чего он не смог обосновать правильный конечный результат, то за такой ответ он получает **5 баллов**.

4. Если студент в своем ответе сформулировал только понятие физического явления и привел конечный результат, выражающий соответствующий закон или физическую величину, которые должны быть обсуждены в данном вопросе, то за такой ответ студент получает **3 балла**.

5. Если студент полностью не смог ответить по данному вопросу, он получает **0 баллов**.

Оценка решения задач

1. Если приведено полное правильное решение, включающее поясняющий рисунок, анализ задачи, обоснованы необходимые стартовые формулы в соответствии с физическим явлением, представленным явно или по умолчанию в условии задачи, показаны все необходимые математические преобразования, приведшие к правильному ответу как в виде формулы, так и к числовому ответу, то за такое решение задачи студент получает **10 баллов**.

2. Если представленное решение не содержит необходимого анализа, не обоснованы физическое явление, законы и формулы, используемые при решении задачи, однако необходимые математические преобразования представлены в полном объеме и получен правильный числовой ответ, то за такое решение задачи студент получает **7 баллов**.

3. Если представленное решение выполнено как в п. 2, однако в необходимых математических преобразованиях или вычислениях до-



пущена ошибка, приведшая к неверному числовому ответу, то за такое решение задачи студент получает **5 баллов**.

4. Если в решении представлены только законы и формулы, применение которых необходимы для решения задачи без каких-либо преобразований или в одной из исходных формул содержится принципиальная ошибка, или данная формула вообще отсутствует, то за такое решение задачи студент получает **3 балла**.

5. Если решение задачи полностью отсутствует, то за такой результат студент получает **0 баллов**.

5.2. Образец билета к экзамену (зачету) для студентов, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Контролирующие материалы для промежуточного контроля представляют собой задания в тестовой форме (on-line режим). Каждый экзаменационный билет этих аттестационных педагогических измерительных материалов (АПИМ) включает 10 вопросов в форме тестовых заданий закрытого типа и две задачи.

Задания на выбор единственного ответа

Задание 1.

Луч света падает на границу раздела двух сред под углом $\alpha = \alpha_{\text{пред}}$. Каков угол преломления β , если при этом возникает явление полного внутреннего отражения?

- 1) $\beta = 0$ 2) $\beta = \alpha_{\text{пред}}$ 3) $\beta = \pi$ 4) $\beta = \pi/2$

Задание 2.

Оптическая разность хода лучей, идущих от краев соседних зон Френеля, равна

- 1) $3\lambda/2$ 2) $5\lambda/2$ 3) $\lambda/2$ 4) λ

Задание 3.

Если угол полной поляризации при падении светового луча на поверхность прозрачного диэлектрика 64° , то показатель преломления вещества диэлектрика равен

- 1) 1,33 2) 1,42 3) 1,75 4) 2,05

Задание 4.

Наибольшая интенсивность поляризованного света, прошедшего сквозь николю, равна 90% интенсивности поляризованного света, падающего





на николь. Во сколько раз уменьшается интенсивность естественного света при прохождении света сквозь два николя, плоскости поляризации которых составляют угол $\varphi = 63^\circ$?

- 1) 8 2) 10 3) 12 4) 16

Задание 5.

Масса фотона рентгеновских лучей с длиной волны $\lambda = 25 \cdot 10^{-12}$ м равна

- 1) $3,2 \cdot 10^{-36}$ кг 2) $1,8 \cdot 10^{-34}$ кг 3) $8,8 \cdot 10^{-32}$ кг 4) 0 кг

Задание 6.

При фотоэффекте работа выхода электронов из металла зависит от

- 1) интенсивности падающего света
- 2) химической природы металла
- 3) кинетической энергии вырываемых электронов
- 4) частоты падающего света

Задание 7.

При каком значении числа n в обобщенной формуле Бальмера можно найти границу серии?

- 1) $n = 0$ 2) $n = 1$ 3) $n = 2$ 4) $n = \infty$

Задание 8.

Линейная скорость v электрона в атоме водорода (по теории Бора) равна:

- 1) $v = 2\pi \frac{nh}{mr}$ 2) $v = \frac{h}{2n\pi mr}$ 3) $v = \frac{mr}{2\pi h}$ 4) $v = n \frac{h}{2\pi mr}$

Задания на выбор множественных ответов

Задание 9.

Какое из уравнений является полным уравнением Шредингера?

- 1) $\psi = Ae^{-i(\omega t - r\vec{k})}$
- 2) $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$
- 3) $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{8\pi^2 m}{h} (E - U)\psi = 0$
- 4) $-\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{m} \Delta \psi + U(x, y, z, t)\psi$





Задание 10.

Ядерная энергия может выделяться при

- 1) слиянии легких ядер (реакция синтеза атомных ядер)
- 2) слиянии легких и тяжелых ядер
- 3) расщеплении тяжелых ядер (реакция деления ядер)
- 4) расщеплении ядер элементов первой и второй групп периодической системы элементов

Задания для краткого ответа

Задание 11.

Световое давление, испытываемое зеркальной поверхностью площадью 1 см^2 , равно 10^{-6} Па. Найдите длину волны (в нанометрах), если на эту поверхность каждую секунду падает $5 \cdot 10^{16}$ фотонов.

Задание 12.

Найти среднюю продолжительность жизни τ атома радиоактивного изотопа кобальта ^{60}Co .

Вопросы для подготовки к экзамену (зачету)

Модуль 1. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА. КВАНТОВАЯ ПРИРОДА ИЗЛУЧЕНИЯ

I. Интерференция света.

1. Когерентные волны.
2. Временная и пространственная когерентность.
3. Интерференция в тонких слоях.
4. Полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона.

II. Дифракция света.

5. Дифракция Френеля.
6. Дифракция Фраунгофера.
7. Дифракционная решетка.
8. Дифракция рентгеновских лучей.

III. Поляризация света.

9. Двойное лучепреломление.
10. Обыкновенный и необыкновенный лучи.
11. Призма Николя.
12. Поляриды.
13. Интерференция поляризованных лучей.
14. Вращение плоскости поляризации.

IV. Квантовая природа излучения.

15. Законы теплового излучения.





16. Квантовая гипотеза и формула Планка.
17. Фотоны.
18. Внешний фотоэффект.
19. Давление света.
20. Эффект Комптона.

Модуль 2. ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ. ФИЗИКА АТОМОВ И АТОМНОГО ЯДРА

I. Основы квантовой механики.

1. Гипотеза де Бройля.
2. Корпускулярно-волновой дуализм материи.

II. Уравнение Шредингера .

3. Волновая функция.
4. Физический смысл волновой функции.
5. Временное и стационарное уравнения Шредингера.
6. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.

III. Физика атомов.

7. Ядерная модель атома Резерфорда.
8. Постулаты Бора.
9. Теория водородоподобных атомов Н. Бора.
10. Квантовые числа.
11. Заполнение электронных оболочек атомов.
12. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.

IV. Физика ядра.

13. Состав и структура ядер.
14. Радиоактивный распад.
15. Закон радиоактивного распада.
15. Ядерные реакции.
16. Ядерные силы.
17. Дефект массы.
18. Энергия связи ядра.
19. Удельная энергии связи.
20. Цепные ядерные реакции.
21. Получение ядерной энергии.
22. Получение термоядерной энергии.

VI. Физика элементарных частиц.

23. Кварки.
24. Лептоны.
25. Переносчики взаимодействий.
26. Барионы.
27. Мезоны.
28. Адроны.





6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература обязательная

1. Кузнецов С.И., Поздеева Э.В., Шошин Э.Б. Физика. Ч.Ш. Оптика. Квантовая природа излучения. Основы атомной физики и квантовой механики. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 212 с.
2. Тюрин Ю.И., Чернов И.П., Крючков Ю.Ю. Физика. Ч.3. Оптика. Квантовая физика: учебное пособие для технических университетов. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2005. – 740 с.
3. Чернов И.П., Ларионов В.В., Тюрин Ю.И. Физика: Сборник задач. Часть 3. Оптика. Квантовая физика: учебное пособие.– Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – 390с.
4. Ерофеева Г.В. Интерактивная обучающая система по физике: учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2003. – 470 с.
5. Чернов И.П., Ларионов В.В., Веретельник В.И. Лабораторный практикум, ч.1,. Оптика. – Томск: Изд. Том. Ун-та, 2004. – 180с.
6. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. – М.: Интеграл-Пресс, 1997. – 544 с.
7. Трофимова Т.И., Павлова З.Г. Сборник задач по курсу физики с решениями. – М.: Высшая школа, 2003. – 592 с.
8. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Наука, 1989. – Т.1-3.
9. Сивухин Д.В. Общий курс физики. – М.: Наука, 1989.-591 с.
10. Детлаф А.А, Яворский Б.М. Курс физики.–М.: Академия, 2007.– 720.с.
11. ТрофимоваТ.И. Курс физики: учебное пособие для вузов, 8-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 554 с.
12. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1995. – 347 с.

6.2. Рекомендуемая литература дополнительная

13. Иванов Б.М. Законы физики. – М.: Высшая школа, 1986. – 335 с.
14. Ремезов А.Н., Потапенко А.Я. Курс физики: учебник для вузов. – М.: Дрофа, 2002. – 720 с.
15. Фирганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики: учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб: Изд-во «Лань», 2008. – 352 с.
16. Дерябин В.М., Борисенко В.Е. Физика: учебник для вузов. Изд-во Тюменского университета, 2001. – 656.





17. Трофимова Т.И. Справочник для студентов и абитуриентов. – М.: АСТ: Астроль: Профиздат, 2005. – 399 с

18. Дмитриева В.М, Прокофьев В.Л., Самойленко П.И. Основы физики. – М.: Высшая школа, 1997. – 447 с.

6.3. Программное обеспечение и internet-ресурсы

19. Сайт ТПУ.– Режим доступа: <http://www.tpu.ru>, вход свободный.

20. Электронные учебные пособия, размещенные в корпоративной сети ТПУ **WEB CT** <http://e-le.lcg.tpu.ru/webct/homearea/homearea?>

Молекулярная физика. Термодинамика. Физические основы механики.

Электронные учебные пособия, размещенные в среде дистанционного обучения "MOODLE" <http://mdl.lcg.tpu.ru:82/course/view.php?id=47>
Физика. Часть I.

21. Презентации в Power Point:

<http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/s/SMIT/student/Tab>

22. ИДЗ:

http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/s/SMIT/student/student_tab_1

23. Методические указания к лабораторным работам:

<http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/s/SMIT/student/Tab2>

24. Учебные пособия:

<http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/s/SMIT/learning/Tab3>

25. Электронный учебник: <http://portal.main.tpu.ru/SHARED/s/SMIT/abiturient/mat-phys>

26. Сайт преподавателя: <http://portal.tpu.ru/SHARED/s/SMIT>

27. http://e-le.lcg.tpu.ru/public/OFMM_ier3/index.html





Учебное издание

ФИЗИКА 3

Методические указания и индивидуальные задания

Составители

**СЕМКИНА Людмила Иосифовна
ПОЗДЕЕВА Эльвира Вадимовна
ШОШИН Эдуард Борисович**

Рецензент

*доктор физико-математических наук,
профессор кафедры ОФ*

И.П. Чернов

Компьютерная верстка *Н.В. Шабалдина*

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

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

Печать Хегох. Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,05.

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

