

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
кафедрой оптики и спектроскопии  
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины  
Овчинников О.В.  
подпись, расшифровка подписи  
14.06.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.21 Атомная и ядерная физика

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

12.03.03. Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки/специализация/магистерская программа:

Фотоника и оптоинформатика

3. Квалификация (степень) выпускника: высшее образование (бакалавр)

4. Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Татьянина Елена Павловна, кандидат физико-математических наук, доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола, отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 4

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

**Целями освоения учебной дисциплины являются:** усвоение студентами современных научных знаний об атомах, атомных системах, атомных ядрах и элементарных частицах, знакомство с основами квантовой механики; формирование у будущих специалистов в области фотоники и оптоинформатики понимания физических процессов, происходящих в микромире.

### **Задачи учебной дисциплины:**

- овладеть основными понятиями атомной и ядерной физики,
- сформировать знания о развитии атомистических и квантовых представлений, корпускулярно-волновом дуализме, квантово-механическом описании атомных систем, простейших одномерных задачах квантовой механики, атоме водорода, квантовой механике системы тождественных частиц, многоэлектронных атомах, строении и свойствах атомов и молекул во внешних полях;
- познакомить с современными представлениями физики атомного ядра и элементарных частиц;
- получить базовые знания по теории атомного ядра и частиц;
- привить навыки решения прикладных задач.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: обязательная часть блока Б1.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код   | Название компетенции  | Код(ы)  | Индикатор(ы)   | Планируемые результаты обучения  |
|-------|---|---------|--|--|
| ОПК-1 | Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики | ОПК-1.1 | Применяет знания естественных наук в инженерной практике | <b>Знать:</b> физические основы, и фундаментальные законы атомной и ядерной физики<br><b>Уметь:</b> свободно ориентироваться в современных проблемах физики микромира<br><b>Владеть:</b> навыками использования аппарата квантовой физики в практической деятельности в рамках выбранной специальности |

|       |   |         |  |   |
|-------|---|---------|--|---|
| ОПК-3 | Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики измерений в системах и устройствах фотоники и оптоинформатики | ОПК-3.1 | Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений | <p><b>Знать:</b> основные методы физических исследований в области атомной и ядерной физики</p> <p><b>Уметь:</b> истолковать смысл физических величин и понятий, формулировать основные положения атомной и ядерной физики; использовать математический аппарат; наряду с единицами измерения системы СИ пользоваться единицами измерения физических величин принятыми в атомной физике; использовать различные методики проведения физических измерений и обработки экспериментальных данных.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками практической деятельности, производить оценки квантово-механических величин, описывать квантовое состояние микрочастиц</p> |
|       |   | ОПК-3.2 | Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов   | <p><b>Знать:</b> методы обработки экспериментальных результатов, оценки погрешностей проведенных измерений</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать результаты наблюдений и экспериментов с применением основных законов и принципов атомной и ядерной физики</p> <p><b>Владеть:</b> навыками обработки и представления экспериментальных результатов</p>   |

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом) — 4/144.

**Форма промежуточной аттестации** (зачет/экзамен) ЭКЗАМЕН

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы                                 | Трудоемкость |              |
|--|--------------|--------------|
|  | Всего        | По семестрам |
|  |              | 4 семестр    |
| Аудиторные занятия                                 | 66           | 66           |
| в том числе:                                       | лекции       | 34           |
|  | практические | 16           |
|  | лабораторные | 16           |
| Самостоятельная работа                             | 42           | 42           |
| в том числе: курсовая работа (проект)              | 0            | 0            |
| Форма промежуточной аттестации<br>(экзамен - час.) | 36           | 36           |
| Итого:   | 144          | 144          |

### 13.1. Содержание дисциплины

| п/п                            | Наименование раздела дисциплины                     | Содержание раздела дисциплины  | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК * |
|--------------------------------|---|--|--|
| <b>1. Лекционные занятия</b>   |   |  |  |
| 1                              | Квантовая природа излучения                         | Тепловое излучение. Спектр и законы излучения абсолютно черного тела. Формула Планка. Внешний фотоэффект. Законы Столетова. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Эффект Комптона. Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм света.  |  |
| 2                              | Волновые свойства частиц                            | Гипотеза де-Бройля. Опыты Девиссона и Джермера. Дифракция микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Стандартные задачи квантовой механики: свободная частица, частица в потенциальной яме, гармонический осциллятор, туннельный эффект.   |  |
| 3                              | Элементы атомной физики                             | Эмпирические закономерности в атомных спектрах. Опыт Франка—Герца. Формула Бальмера. Постулаты Бора. Квантово-механическая модель атома водорода. Магнитный момент атома. Спин электрона. Тонкая структура спектральных линий. Эффект Зеемана. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Порядок заполнения электронных оболочек. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Рентгеновские лучи. Сплошной спектр и характеристическое излучение. Закон Мозли. Эффект Оже. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние. Квантовые оптические генераторы. |  |
| 4                              | Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц | Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Ядерная модель атома. Состав и характеристики атомного ядра. Свойства ядерных сил. Энергия связи. Дефект масс. Капельная, оболочечная и обобщенная модель ядра. Радиоактивность. Виды радиоактивного излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Деление ядер. Синтез ядер. Методы регистрации радиоактивного излучения. Общие свойства и характеристики элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия. Классификация элементарных частиц. Кварковая структура адронов.                          |  |
| <b>2. Практические занятия</b> |   |  |  |
| 1                              | Квантовая природа излучения                         | Тепловое излучение. Спектр и законы излучения абсолютно черного тела. Формула Планка. Внешний фотоэффект. Законы Столетова. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Эффект Комптона. Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм света.  |  |
| 2                              | Волновые свойства частиц                            | Длина волны де-Бройля. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Стандартные задачи квантовой механики: свободная частица, частица в потенциальной яме, гармонический осциллятор, туннельный эффект.  |  |

|                                |   |   |
|--------------------------------|---|---|
| 3                              | Элементы атомной физики                             | Формула Бальмера. Квантово-механическая модель атома водорода. Магнитный момент атома. Спин электрона.<br>Рентгеновские лучи. Сплошной спектр и характеристическое излучение. Закон Мозли.  |
| 4                              | Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц | Состав и характеристики атомного ядра. Энергия связи. Дефект масс.<br>Радиоактивность. Виды радиоактивного излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Деление ядер. Синтез ядер.<br>Общие свойства и характеристики элементарных частиц. Фундаментальны взаимодействия.<br>Классификация элементарных частиц. Кварковая структура адронов. |
| <b>3. Лабораторные занятия</b> |   |   |
| 1                              | Строение сложных атомов.                            | Лабораторная работа №1 «Качественный атомный эмиссионный спектральный анализ»   |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины              | Виды занятий (количество часов) |                      |                      |                        | Всего |
|-------|---|---------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------|
|       |   | Лекции                          | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |       |
| 1     | Квантовая природа излучения                         | 8                               | 4                    |                      | 8                      | 20    |
| 2     | Волновые свойства частиц                            | 8                               | 4                    |                      | 8                      | 20    |
| 3     | Элементы атомной физики                             | 10                              | 4                    | 16                   | 18                     | 48    |
| 4     | Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц | 8                               | 4                    |                      | 8                      | 20    |
|       | Итого:  | 34                              | 16                   | 16                   | 42                     | 108   |

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций

2) Практические занятия. При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется: изучить конспект лекции по теме и рекомендованную литературу, ознакомиться с основными методами решения задач. Для закрепления изученного материала самостоятельно решить задачи, заданные в качестве домашнего задания.

3) Лабораторные занятия. При подготовке к лабораторным занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой лабораторной работы, прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; составить краткий конспект, в котором указать цель работы, оборудование, описание установки и методики измерения; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради; при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю

4) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.

5) Подготовка к аттестации. В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной

аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины** (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видовисточников).

а) основная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | <b>Фриш, С. Э.</b> Курс общей физики : учебник : в 3 томах / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. — 10-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 3 : Оптика. Атомная физика — 2022. — 656 с. — ISBN 978-5-8114-0665-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/210167">https://e.lanbook.com/book/210167</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.  |
| 2     | <b>Савельев, И. В.</b> Курс общей физики : учебное пособие : в 5 томах / И. В. Савельев. — 5-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц — 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1211-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/210611">https://e.lanbook.com/book/210611</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 3     | <b>Зисман, Г. А.</b> Курс общей физики : учебное пособие для вузов : в 3 томах / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 3 : Оптика. Физика атомов и молекул. Физика атомного ядра и микрочастиц — 2022. — 504 с. — ISBN 978-5-507-44508-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/233285">https://e.lanbook.com/book/233285</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.      |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 4     | <b>Фриш, С. Э.</b> Оптические спектры атомов : учебное пособие / С. Э. Фриш. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 640 с. — ISBN 978-5-8114-1143-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/210515">https://e.lanbook.com/book/210515</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 5     | <b>Детлаф, А. А.</b> Курс физики : [учебное пособие для студ. вузов] / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский—10-е изд., стер.Москва : Издательский центр "Академия", 2015719, [1] с. : ил., табл.(Высшее образование) ISBN 978-5-4468-2291-1  |
| 6     | <b>Иродов, И. Е.</b> Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Иродов И. Е. 20-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2024. 420 с. ISBN 978-5-507-47570-4.  |
| 7     | <b>Чертов, А. Г.</b> Задачник по физике / А.Г.Чертов, А.А.Воробьев. 8-е изд., перераб. и доп. М. : Физмалит, 2008. 640 с. : ил., табл.   |
| 8     | <b>Матвеев, А. Н.</b> Атомная физика : Учебное пособие для студентов физических специальностей вузов / А.Н. Матвеев. М. : Высшая школа, 1989. 438,[1] с. : ил.   |
| 9     | <b>Матвеев, А. Н.</b> Квантовая механика и строение атома : Учебное пособие для студентов педагогических вузов / А.Н. Матвеев. М. : Высшая школа, 1965. 354,[1] с. : ил.   |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

| № п/п | Ресурс   |
|-------|--|
| 1     | Электронно-библиотечная система BOOK.ru <a href="https://www.book.ru/">https://www.book.ru/</a>  |
| 2     | ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>  |
| 3     | ЭБС Лань – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>   |
| 4     | ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a> |
| 5     | ЭБС «Университетская библиотека Online» – <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>  |
| 6     | Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>  |

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1     | Овчинников, Олег Владимирович. Теоретические основы атомной спектроскопии : учебное пособие / О. В. Овчинников, Т. М. Кондратенко, А. Н. Латышев ; Воронежский государственный университет. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021. 116 с. : ил., табл. ; 20 см. ISBN 978-5-9273-3266-3.   |
| 2     | Техника и методики атомного эмиссионного спектрального анализа : учебное пособие / О. В. Овчинников, Т. С. Кондратенко, Л. Ю. Леонова, М. С. Смирнов ; Воронежский государственный университет. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021. 204, [1] с. : ил., табл. ; 20 см. ISBN 978-5-9273-3303-5.  |
| 3     | Погрешности измерения физических величин : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост.: А.Н. Ларионов, В.В. Чернышев, Н.Н. Ларионова .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009 .— 48 с. : ил. — Библиогр.: с.47 .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-117.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-117.pdf</a> >. |
| 4     | Яковенко Н.В. Самостоятельная работа студентов : методические рекомендации / Н. В. Яковенко, О.Ю. Сушкова .— Воронеж, 2015 .— 22 с.  |

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100\*200. Программное обеспечение: ОСWindows (WinPro 8 RUSUpgrdOLPNLAcadmс), MicrosoftOffice (OfficeSTD 2013 RUSOLPNLAcadmс). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYSHF AcademicResearch.

Учебная лаборатория атомного спектрального анализа, оснащенная оборудованием, необходимыми для выполнения качественного и полуколичественного спектрального анализа: генератор активизированной дуги переменного тока и высоковольтной искры ИВС-29; спектрометр с плоской дифракционной решеткой PGS-2 с ПЗС-линейкой фирмы Toshiba TCD1304AP.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства           |
|-------|--|----------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 1.    | Квантовая природа излучения              | ПК –1          | ПК-1.1                              | <i>Вопросы, тест, задачи</i> |
| 2.    | Волновые свойства частиц                 | ПК –1          | ПК-1.1                              | <i>Вопросы, тест, задачи</i> |
| 3.    | Элементы атомной физики                  | ПК –1          | ПК-1.1                              | <i>Вопросы, тест, задачи</i> |



7. Головная линия серии Лаймана в атоме водорода образуется при переходе

- 1)  $2s \rightarrow 1s$     2)  $2p \rightarrow 1s$     3)  $3s \rightarrow 2p$     4)  $3p \rightarrow 1s$

8. Изменение орбитального магнитного момента электрона в атоме водорода при переходе из состояния  $2p$  в состояние  $1s$  равно

- 1)  $\mu_B \sqrt{2}$     2)  $\mu_B \sqrt{4}$     3)  $\mu_B \sqrt{6}$     4) 0

9. Атом водорода обладает наименьшим орбитальным моментом импульса в квантовом состоянии

- 1)  $n=3, \ell=1$     2)  $n=3, \ell=2$   
3)  $n=2, \ell=1$     4)  $n=3, \ell=0$

10. Собственные значения энергии частицы в потенциальной яме

- 1)  $E = \frac{\hbar\omega_0}{2}$     2)  $E = n + \frac{1}{2} \hbar\omega_0$   
3)  $E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2md^2} n^2$     4)  $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$

11. Нулевая энергия квантового гармонического осциллятора:

- 1)  $\frac{\hbar\omega_0}{2}$     2)  $kT$     3)  $\hbar\omega_0$     4)  $mc^2$

12. Ядро  ${}^7_4\text{Be}$  захватило электрон из  $K$ -оболочки атома. В результате  $K$ -захвата образовалось ядро

- 1)  ${}^7_3\text{Li}$     2)  ${}^9_4\text{Be}$     3)  ${}^6_3\text{Li}$     4)  ${}^8_4\text{Be}$

13. Ядро азота  ${}^{17}_7\text{N}$  захватило  $\alpha$  частицу ( ${}^4_2\text{He}$ ) и испустило протон ( ${}^1_1\text{p}$ ). Ядро какого элемента образовалось?

- 1)  ${}^{17}_9\text{F}$     2)  ${}^{20}_8\text{O}$     3)  ${}^{20}_9\text{F}$     4)  ${}^{20}_7\text{N}$

14. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 дней. Каков период полураспада этого элемента?

- 1) 1 день    2) 2 дня    3) 3 дня    4) 4 дня

15. К классу лептонов принадлежит:

- 1) протон    2) электрон    3) нейтрино    4) таон

**Примеры контрольных вопросов к отчету по лабораторным работам:**

1. Строение атома. Сериальная структура атомных спектров. Излучение и поглощение квантов света атомами.

2. Спектральные линии и их характеристики. Интенсивность спектральных линий.

3. Основные этапы качественного спектрального анализа (выбор линий; выбор источника возбуждения, спектрального прибора; регистрация спектра; методы введения вещества в разрядный промежуток).

4. Физические основы и техника возбуждения атомных эмиссионных спектров. Принцип работы генератора ИВС-29.

5. Спектральные приборы для атомных эмиссионных спектров (принцип строения, осветительная часть, характеристики).

6. Дифракция Фраунгофера. Построение и принцип действия спектрометра с плоской дифракционной решеткой PGS-2.

7. Детектирование атомных эмиссионных спектров. Принцип действия приборов с зарядовой связью.

8. Основные этапы получения и расшифровки атомных эмиссионных спектров для качественного спектрального анализа. Проверка на мешающие элементы.

9. Случайные и систематические ошибки эмиссионного анализа. Чувствительность спектрального анализа. Предел обнаружения. Надежность. Применение эмиссионного спектрального анализа.

### Примеры задач для контрольных работ:

#### Контрольная работа №1 «Квантовая природа излучения»

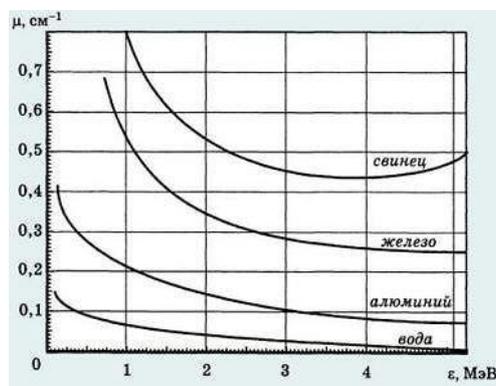
1. Тело массой  $m=10\text{г}$  и поверхностью  $S=200\text{см}^2$ , имеющее температуру  $T_0 = 600\text{К}$ , помещено в вакуум. Определить до какой температуры  $T$  охладится тело за время  $t=30\text{с}$ , если поглощательная способность поверхности тела  $a=0,4$ , а удельная теплоемкость  $c=350\text{Дж/кг}\cdot\text{К}$ .
2. Начальная температура чёрного тела  $T_1=400\text{ К}$ . В результате нагревания поток излучения увеличился в 6 раз. Какова конечная температура тела?
3. Найти долю энергии фотона, которая расходуется на кинетическую энергию электрона, если на поверхность металла падает свет с длиной волны  $\lambda=200\text{ нм}$ . Красная граница фотоэффекта  $\lambda_0=300\text{ нм}$ .
4. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол  $\theta = \pi/2$ ? Энергия фотона до рассеяния  $\epsilon_1=0,51\text{ МэВ}$ .
5. Импульсный лазер за время  $100\text{ мкс}$  испускает луч света, имеющий диаметр  $0,20\text{ мм}$  и энергию  $30,0\text{ Дж}$ . Какое среднее давление оказывает такой луч на идеальное зеркало, установленное перпендикулярно направлению его распространения?

#### Контрольная работа №2 «Волновые свойства частиц»

1. При увеличении энергии электрона на  $200\text{эВ}$  его дебройлевская длина волны изменилась в  $n=2$  раза. Найти первоначальную длину волны электрона.
2. Положение свободного электрона определено с точностью до  $1\text{ мкм}$ . Чему равна неопределенность в его скорости?
3. Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии составляет  $t= 10^{-8}\text{ с}$ . При переходе атома в нормальное состояние испускается фотон, средняя длина волны которого равна  $400\text{ нм}$ . Оценить ширину  $\Delta\lambda$  излучаемой спектральной линии.
4. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти ширину ямы, если разность энергии между уровнями с  $n_1=2$  и  $n_2=3$  составляет  $\Delta E = 0,3\text{ эВ}$ .
5. Электрон находится в потенциальном ящике шириной  $d$ . В каких точках интервала  $(0 < x < d)$  плотность вероятности нахождения электрона на первом и втором энергетических уровнях одинакова? Вычислить значение плотности вероятности для этих точек.

#### Контрольная работа №3 «Атомная и ядерная физика»

1. В атоме водорода электрон находится в возбужденном состоянии  $Z_p$ . Найдите минимальный квант энергии, который может выделиться при переходе электрона в одно из низших состояний. Какое это состояние? Какой спектральной серии принадлежит эта линия излучения? Определите изменение момента импульса  $\Delta L$  орбитального движения электрона.
2. Чему равно напряжение на рентгеновской трубке с никелевым ( $Z = 28$ ) антикатодом, если разность длин волн между  $K\alpha$  -линией и коротковолновой границей сплошного рентгеновского спектра равна  $0,08\text{ нм}$ ?
3. За один год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в 3 раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?
4. Найти количество полония  $^{210}\text{Po}$ , активность которого



- равна  $A_0=3.7 \cdot 10^{10}$  Бк. Период полураспада  $^{210}\text{Po}$  составляет  $T_{1/2} = 138,376$  сут.
5. На железный экран падает пучок  $\gamma$ -лучей, длина волны которых 1,24 пм. Найти толщину слоя половинного ослабления  $\gamma$ -излучения в железе

#### **Критерии оценивания задач:**

- оценка «отлично»: правильно записаны все положения, формулы и законы, необходимые для решения задачи, проведены математические преобразования, получен правильный ответ (числовое значение и единица измерения)
- оценка «хорошо»: правильно записаны положения, формулы и законы, необходимые для решения задачи, проведены математические преобразования, но допущены ошибки в преобразованиях или они не доведены до конца, нет правильного ответа.
- оценка «удовлетворительно»: для правильного решения не хватает одного закона и формулы, или записаны с ошибкой, однако есть правильные логические шаги, направленные на решение задачи.
- оценка «неудовлетворительно»: не приступил к решению задачи, использованы неверные законы и формулы.

## **20.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточный контроль успеваемости по дисциплине – экзамен. Экзамен студенты сдают по КИМах, содержащим два теоретических вопроса и одну задачу. Студенты перед экзаменом получают список вопросов, которые будут содержаться в контрольно-измерительных материалах.

#### **Вопросы к экзамену:**

1. Тепловое излучение. Основные характеристики теплового излучения.
2. Спектр и законы излучения абсолютно черного тела.
3. Квантовая гипотеза теплового излучения. Формула Планка.
4. Фотоны. Масса и импульс фотона. Давление света.
5. Внешний фотоэффект. Законы Столетова. Уравнение Эйнштейна.
6. Эффект Комптона.
7. Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля. Плоская волна де Бройля. Экспериментальные подтверждения волновых свойств частиц.
8. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.
9. Волновая функция и ее статистическое толкование.
10. Уравнение Шредингера. Собственные значения энергии. Собственные функции.
11. Движение свободной частицы.
12. Частица в одномерной потенциальной яме. Квантование энергии. Принцип соответствия Бора.
13. Гармонический осциллятор.
14. Прохождение частицы через одномерный потенциальный барьер, туннельный эффект.
15. Сериальные закономерности излучения атома.
16. Теория атома по Бору.
17. Квантово-механическая модель атома водорода. Квантовые числа электрона в атоме водорода. Пространственное квантование
18. Вырождение энергетических уровней атома водорода. Правила отбора.
19. Рентгеновские лучи. Сплошной спектр и характеристическое излучение. Закон Мозли.
20. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы. Дефект масс. Энергия связи. Удельная энергия связи.
21. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада.
22. Виды и законы радиоактивных процессов.
23. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Деление ядер. Синтез ядер.
24. Общие свойства и характеристики элементарных частиц.
25. Фундаментальны взаимодействия.

26. Классификация элементарных частиц.
27. Кварковая структура адронов.

### **Пример КИМов:**

#### **Контрольно-измерительный материал № 1**

1. Тепловое излучение. Основные характеристики теплового излучения.
2. Частица в одномерной потенциальной яме. Квантование энергии. Принцип соответствия Бора.
3. Электрон в атоме находится в  $f$ -состоянии. Найти орбитальный момент импульса электрона  $L$  и максимальное значение проекции момента импульса на направление внешнего магнитного поля.

#### **Контрольно-измерительный материал № 2**

1. Закон Кирхгофа. Спектр и законы излучения абсолютно черного тела.
2. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы. Дефект масс. Энергия связи. Удельная энергия связи.
3. При увеличении напряжения на рентгеновской трубке от 16 до 24кВ длина волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра изменилась на 0,26 А. Определить по этим данным числовое значение постоянной Планка.

#### **Контрольно-измерительный материал № 3**

1. Квантовая гипотеза. Формула Планка. Оптические пирометры
2. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Деление ядер. Синтез ядер
3. Найти длину волны  $\lambda$ , определяющую коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на  $\Delta U=23\text{кВ}$  увеличивает искомую длину волны в 2 раза

#### **Контрольно-измерительный материал № 4**

1. Фотоны. Масса и импульс фотона. Давление света.
2. Квантово-механическая модель атома водорода. Квантовые числа электрона в атоме водорода. Схема энергетических уровней атома водорода. Правила отбора.
3. Определить период полураспада радиоактивного изотопа, если  $5/8$  начального количества ядер этого изотопа распалось за время 849 с.

### **Описание технологии проведения экзамена.**

Экзамен проводится в письменной форме. Каждый билет включает два теоретических вопроса и задачу. Обучающийся готовит ответы на вопросы КИМа и отвечает преподавателю. Оценивается правильность и полнота ответа на каждый вопрос, при решении задачи оценивается: знание физических основ (явлений, законов, формул), необходимых для ее решения; наличие математических преобразований; правильный ответ.

### **Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания**

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется по следующим показателям:

- предварительная оценка качества работы на лекционных, практических и лабораторных занятиях;
- полнота ответов на вопросы экзаменационного билета.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

| Критерии оценивания компетенций  | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок        |
|--|--------------------------------------|---------------------|
| <p>Посещение лекционных, лабораторных и практических занятий. Правильно выполненные задания практических и лабораторных работ. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области оптики.</p> | Повышенный уровень                   | Отлично             |
| <p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины..</p>   | Базовый уровень                      | Хорошо              |
| <p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических основах., допускает существенные ошибки.</p>   | Пороговый уровень                    | Удовлетворительно   |
| <p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</p>  | –                                    | Неудовлетворительно |