

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



И.С. Огнев

«23» мая 2023 года

Рабочая программа дисциплины  
**«Квантовая физика. Физика элементарных частиц»**

Направление подготовки  
11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль)  
«Радиотехника»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
от «17» апреля 2023 года, протокол № 5

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Квантовая физика. Физика элементарных частиц» является изучение основных понятий микромира, основных экспериментальных данных о строении вещества, квантово-механических представлений о строении атома, макроскопических квантовых явлений.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Квантовая физика. Физика элементарных частиц» относится к обязательной части Блока 1 и входит в модуль «Физика».

Дисциплина «Квантовая физика. Физика элементарных частиц» является завершающей в блоке дисциплин, отвечающих за формирование основ физического мировоззрения, современной физической картины мира.

Полученные в курсе «Квантовая физика. Физика элементарных частиц» знания необходимы для изучения курсов блока «Теоретические основы электротехники».

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	ИД-ОПК-1.1 Осуществляет постановку задачи, выбирает способ её решения.	<b>Знать:</b> – корпускулярно-волновой дуализм в микромире, – принцип неопределенности; – квантовые уравнения движения; – строения атома, магнетизм микрочастиц, молекулярные спектры; – атомное ядро, радиоактивность – элементарные частицы. <b>Уметь:</b> – осуществлять постановку задачи; – выбирать способы решения.
	ИД-ОПК-1.2 Применяет математический аппарат, физические законы и теории для решения прикладных и теоретических задач.	<b>Знать:</b> – систему атомных единиц измерения величин; – универсальные физические константы и их размерности; – современную физическую картину мира. <b>Уметь:</b> – применять математический аппарат, физические законы и теории для решения прикладных и теоретических задач. <b>Владеть навыками:</b> – решения типовых, оригинальных, познавательных задач; – аналитического мышления, методиками обработки экспериментальных данных; – навыками аналитического мышления, методиками обработки опытных данных.

#### 4. Объём, структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **2** зачётных единиц, **72** акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего кон- троля успеваемости  Форма промежуточ- ной аттестации (по семестрам)  Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Экспериментальное обос- нование квантовой меха- ники	4	6						
2	Фотоны	4	4		3	1		3	Подготовка отчёта по ра- боте. Сдача теоретиче- ского минимума, защита полученных результатов
3	Корпускулярно-волновой дуализм	4	4			1			
4	Квантовые состояния	4	4		4	1		3	Подготовка отчёта по ра- боте. Сдача теоретиче- ского минимума, защита полученных результатов
5	Уравнения Шредингера	4	4		4	1		3	Подготовка отчёта по ра- боте. Сдача теоретиче- ского минимума, защита полученных результатов
6	Атом, многоэлектронные атомы	4	4		6			5	Подготовка отчёта по ра- боте. Сдача теоретиче- ского минимума, защита полученных результатов
7	Молекулы	4	4						
8	Атомное ядро	4	4			1			
	Промежуточная аттеста- ция						0,3	1,7	Зачёт
	ИТОГО	4	34		17	5	0,3	15,7	72
	в том числе с ЭО и ДОТ								

#### СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 1. Экспериментальное обоснование квантовой механики

Противоречия классической физики. Излучение черного тела. Фотоэлектрический эффект. Стабильность и размеры атомов. Принцип минимального воздействия в природе. Открытие постоянной Планка. Экспериментальное обоснование основных идей квантовой механики. Линейчатые спектры атомов. Правило частот Бора. Принцип соответствия. Опыт Франка и Герца. Опыт Штерна и Герлаха. Резонансы во взаимодействии нейтронов с атомными ядрами и пионов с нуклонами.

## **2. Фотоны**

Энергия и импульс световых квантов. Формула Эйнштейна для фотоэлектрического эффекта. Эффект Комптона. Аннигиляция электрон-позитронной пары.

## **3. Корпускулярно-волновой дуализм**

Гипотеза де Бройля. Дифракция электронов и нейтронов. Микрочастица в однощелевом интерферометре. Соотношение неопределенностей. Оценка энергии основного состояния атома водорода и энергии нулевых колебаний осциллятора. Туннельный эффект. Волновые свойства микрочастиц и соотношения неопределенностей. Наборы одновременно измеримых величин.

## **4. Квантовые состояния**

Задание состояния микрочастиц. Волновая функция и её статистический смысл. Суперпозиция состояний. Амплитуды вероятностей. Описание прохождения микрочастиц через двухщелевой интерферометр. Описание дифракции нейтронов на кристалле. Вероятность в квантовой теории.

## **5. Уравнение Шредингера**

Временное уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Частица в одномерной и трехмерной потенциальных ямах. Прохождение частицы над и под потенциальным барьером. Гармонический осциллятор.

## **6. Атом. Многоэлектронные атомы**

Частица в сферически симметричном поле. Водородоподобные атомы. Энергетические уровни. Потенциалы возбуждения и ионизации. Спектры водородоподобных атомов. Пространственное распределение плотности вероятности для электрона в атоме водорода. Межатомы. Ширина уровней. Спектр газообразного гелия. Орто- и парагелий. Неразличимость одинаковых частиц в квантовой механике. Опыты по рассеянию тождественных частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Обменное взаимодействие. Структура энергетических уровней в многоэлектронных атомах. Типы связей электронов в атомах. Периодическая система элементов Д.И.Менделеева.

## **7. Молекулы**

Молекула водорода. Физическая природа химической связи. Ионная и ковалентная связи. Электронные, колебательные и вращательные состояния многоатомных молекул. Молекулярные спектры. Электроны в кристаллах

Приближение сильной и слабой связи. Модель свободных электронов. Уровень Ферми. Элементы зонной теории кристаллов. Функция Блоха. Зонная структура энергетического спектра электронов. Поверхность Ферми. Число и плотность числа электронных состояний в зоне. Заполнение зон: металлы, диэлектрики и полупроводники. Электропроводность полупроводников. Понятие о дырочной проводимости. Собственные и примесные полупроводники. Понятие о p - n переходе. Транзистор. Явление сверхпроводимости. Куперовское спаривание электронов. Туннельный контакт. Эффект Джозефсона и его применение. Захват и квантование магнитного потока. Понятие о высокотемпературной сверхпроводимости. Элементы квантовой электроники. Теория возмущений для уравнения Шредингера. Вероятность перехода. Элементы квантовой теории излучения. Вынужденное и спонтанное излучение фотонов. Коэффициенты Эйнштейна. Тепловое равновесное излучение. Принцип работы квантового генератора. Открытый резонатор. Лазерная спектроскопия. Приложения квантовой электроники.

## **8. Атомное ядро**

Строение атомного ядра. Модели ядра. Ядерные реакции. Радиоактивные превращения ядер. Реакция ядерного деления. Цепная реакция деления. Ядерный реактор. Идея бродячего реактора. Проблема источников энергии. Термоядерный синтез. Энергия звезд.

## **Квантовая физика. Физика элементарных частиц**

### **Список лабораторных работ**

1. Определение удельного заряда электрона методом магнетрона.
2. Распределение термоэлектронов по скоростям. Контактная разность потенциалов.
3. Опыт Франка и Герца.
4. Определение работы выхода электрона по прямым Ричардсона.
5. Оптический квантовый генератор (лазер).
6. Изучение законов фотоэффекта.
7. Изучение терморезистора.
8. Изучение спектра атома водорода (натрия).

## **5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – даёт первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных учёных, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также даётся анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Лабораторное занятие** – занятие, посвящённое освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях и практических занятиях. Это форма организации обучения, когда студенты по заданию и под руководством преподавателя выполняют одну или несколько лабораторных работ. Основные дидактические цели лабораторных работ – экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, проверка формул, ознакомление с методикой проведения экспериментов, исследований. В ходе работы студенты вырабатывают умения наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков. Одновременно у студентов формируются профессиональные умения и навыки обращения с приборами, аппаратурой и другими техническими средствами для проведения опытов. В соответствии с дидактическими целями определяется содержание лабораторных работ: изучение свойств веществ, их качественных характеристик, количественных показателей, изучение устройства и работы приборов, оборудования, их испытание, снятие характеристик и т. д.

**Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

#### **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

##### **а) основная литература**

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики, т. 5. Атомная и ядерная физика. – М.: Наука, 2002. – 784 с.

##### **б) дополнительная литература**

1. Шпольский Э.В. Атомная физика. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. Т.2, - 2010.
2. Савельев И.В. Курс общей физики, т.3, М.: Наука, 1982.- 432 с.
3. Матвеев А.Н. Курс общей физики. - М.: Высшая школа, 1989 т. 5.

#### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров)– списочному составу группы обучающихся.

## **Лаборатория «Квантовая физика. Физика элементарных частиц»**

### **Лабораторная работа №1**

- Лабораторная установка "Магнетрон в магнитном поле" (собств. изг.)
- Источник питания Mustech HY1803
- Источник питания Mustech HY5005
- Цифровой мультиметр DT9205a
- Миллиамперметр

### **Лабораторная работа №2**

- Учебно-лабораторная установка "Электричество и магнетизм" (Росучприбор)

### **Лабораторная работа №3**

- Лабораторный макет (собств. изг.)
- Источник питания Mustech HY1803 (2 шт.)
- Цифровой мультиметр DT838 (2 шт.)

### **Лабораторная работа №4**

- Лабораторная установка "Опыт Франка и Герца" (НТЦ "Владис")
- Осциллограф С1-220

### **Лабораторная работа №5**

- Лабораторная установка "Работа выхода электрона" (собств. изг.)
- Источник питания Б7-4
- Источник питания Mustech HY30001

### **Лабораторная работа №6**

- Лазер ЛГН-207а (тот же, что и в Лабораторная работа №6 "Оптика")
- Оптическая скамья (та же, что и в Лабораторная работа №6 "Оптика")
- Устройство для измерения ширины лазерного луча (собств. изг.)

### **Лабораторная работа №7**

- Лабораторная установка "Фотоэффект" (Росучприбор)

### **Лабораторная работа №9**

- Лабораторная установка (собств. изг.)
- Цифровой мультиметр DT9205a (2 шт.)
- Цифровой мультиметр DT9208

### **Лабораторная работа №10**

- Монохроматор УМ-2 (тот же, что и в Лабораторная работа №10 "Оптика")
- Ртутная лампа (та же, что и в Лабораторная работа №10 "Оптика")

## **Рекомендуемые лекционные демонстрации**

1. Излучение светлого и темного тела при одной температуре.
2. Спектр испускания и поглощения паров натрия.
3. Модель абсолютно черного тела.
4. Зависимость спектра испускания от температуры.
5. Фотоэффект /красная граница, работа выхода, знак выбиваемых зарядов, вольт-амперная

характеристика, фотореле/.

6. Модель рассеяния -частиц.

7. Опыт Франка и Герца.

8. Модель туннельного эффекта на УКВ.

9. Спектр водорода.

10. Тонкая структура спектральной линии.

11. Усиление света. Газовый лазер.

12. Одно- и двумерные стоячие волны.

13. Зависимость теплоемкости твердого тела от температуры.

14. Выталкивание переменного магнитного поля из проводника при охлаждении /модель поведения сверхпроводника/.

15. Зависимость электропроводности полупроводника от температуры.

16. Термо ЭДС.

17. Эффект Пельтье.

18. Эффект Холла.

19. Вольт-амперная характеристика р-п перехода.

20. Фотодиод и светодиод.

21. Твердотельный лазер.

22. Капельная модель атомного ядра.

23. Счетчики частиц /счетчик Гейгера, модель искрового счетчика/.

24. Треки частиц в диффузионной камере.

25. Наблюдение реакции.

Автор:

Старший преподаватель кафедры  
микроэлектроники и общей физики

А.Н. Сергеев



**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Квантовая физика. Физика элементарных частиц»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, ха-  
рактеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**

**Список вопросов**

(проверка сформированности ОПК-1, индикатор ИД-ОПК-1.1)

1. Противоречия классической механики.
2. Фотоэффект. Законы фотоэффекта.
3. Эффект Комптона. Обратный эффект Комптона.
4. Рентгеновское излучение
5. Сплошной рентгеновский спектр.
6. Характеристическое рентгеновское излучение.
7. Природа рентгеновского излучения
8. Закон Мозли.
9. Соотношение неопределенностей.
10. Сравнение Шредингера.
11. Волновая функция.
12. Квантово-механическое описание движения микрочастиц.
13. Квантование.
14. Частица в бесконечной глубокой одномерной потенциальной яме.
15. Собственные функции и собственные значения энергии.
16. Альфа-частица в поле ядра.
17. Эффект Доплера.
18. Атомные системы со многими электронами.
19. Объяснение периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева.
20. Электронная конфигурация атома.
21. Эффект Зеемана.
22. Энергия молекулы.
23. Комбинационное рассеяние света.
24. Теплоемкость. Теория Эйнштейна.
25. Теплоемкость. Теория Дебая.
26. Характеристики ядра
27. Масса и энергия связи ядра.
28. Радиоактивность.
29. Альфа-распад.
30. Ядерные реакции.
31. Ширина спектральной линии.
32. Ядерная энергетика. Физика работы ядерного реактора.
33. Эффективное сечение ядерной реакции.
34. Туннельный эффект.
35. Опыт Франка-Герца.

## 2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

### Список вопросов к зачёту

(проверка сформированности ОПК-1, индикатор ИД-ОПК-1.2)

При выполнении лабораторной работы, студент должен представить её результаты в форме отчета, согласно единым требованиям. Отчёт подаётся каждым студентом индивидуально.

1. Расскажите о методах измерения удельного заряда электрона.
2. Опишите движение электрона под действием электрического и магнитного полей.
3. Напишите уравнение движения электрона в электрическом и магнитном полях с использованием функции Лагранжа.
4. Опишите:
  - а) экспериментальные методы определения удельного заряда электрона;
  - б) методы фокусировки потока заряженных частиц.
5. Физический смысл удельного заряда электрона.
6. Объясните происхождение магнитного поля Земли.
7. Объясните ошибки в определении удельного заряда электрона в данной работе.
8. Расскажите о взаимодействии электрона с электрическим полем.
9. Какие силы действуют на движущийся электрон в магнитном поле?
10. Нарисуйте схему установки для определения  $e/m$  методом магнетрона и объясните её действие.
11. Как объяснить характер зависимости  $I_a$  от индукции магнитного поля?
12. Дайте теоретический анализ точности определения удельного заряда электрона в методе магнетрона.
13. Как из зависимости  $I_a(B)$  определить энергетическое распределение электронов, испускаемых нагретым катодом?
14. Оцените погрешность, вносимую при допущении, что нить накала бесконечно тонкая. Радиус нити  $R = 10^{-3}$  метра.
15. Какая цель преследуется при построении зависимости  $V^2=f(U_0)$ ?
16. Принцип работы магнетрона.
17. Принцип получения СВЧ - колебаний в магнетроне?
18. Многорезонаторный магнетрон.
19. Что такое «вредный» и «полезный» электрон в магнетроне и его траектория движения.
20. Применение магнетрона в науке и технике.
21. Когда распределение электронов по скоростям можно считать максвелловским?
22. Что такое контактная разность потенциалов (КРП)?
23. Как определить КРП из распределения электронов по скоростям?
24. В чем состоит сущность метода задерживающего потенциала?
25. ВАХ вакуумного и полупроводникового диода.
26. Зависимость ВАХ вакуумного диода от температуры.
27. Температурная зависимость КРП.
28. Свойство электронов, покинувших катод.
29. Контакт двух металлов.
30. Принципиальная и функциональная схема лабораторной установки.
31. Электронно-дырочная и металлополупроводниковые переходы.
32. Упругое взаимодействие электрона с веществом.
33. Неупругое взаимодействие электрона с веществом.

34. Методы определения распределения скоростей электронов.
35. Метод задерживающего потенциала.
36. Сущность эффекта Франка и Герца.
37. Можно ли наблюдать эффект Франка и Герца в среде с набором различных газов?
38. Как зависит эффект Франка и Герца от температуры?
39. Что такое работа выхода электрона?
40. Из каких теоретических предпосылок можно определить работу выхода?
41. Нарисуйте схему установки для определения работы выхода и объясните её работу.
42. Выведите уравнение термоэлектронной эмиссии квантовым и классическим способом.
43. Какую информацию о строении твердых тел можно получить из данных по работе выхода?
44. Какова вольт-амперная характеристика вакуумного диода при различных температурах?
45. Какова вольт-амперная характеристика полупроводникового диода?
46. Выпрямительные свойства вакуумных и полупроводниковых диодах.
47. Принцип устройства и работы электровакуумных приборов.
48. Электронная эмиссия и ее виды.
49. Назовите типы квантовых переходов (оптический квантовый генератор).
50. Что такое спонтанное и вынужденное излучение? Основные законы излучения.
51. Объясните механизм излучения в гелий-неоновом лазере.
52. Расскажите об устройстве лазера.
53. Что такое моды резонатора, их обозначение?
54. Сформулируйте физические основы работы газовых, твердотельных, и полупроводниковых лазеров.
55. Объясните механизмы излучения в гелий-неоновом и рубиновом лазерах.
56. Какие среды называются инверсными?
57. От чего зависит ширина линии излучения?
58. Спектры излучения газовых, твердотельных и полупроводниковых лазеров.
59. Одномодовый и многомодовый режимы работы лазеров.
60. Принцип работы полупроводникового лазера.
61. Сравнительная характеристика лазеров.
62. Сформулируйте закон Столетова.
63. Какова физическая сущность внешнего фотоэффекта?
64. Дайте физическое объяснение работы выхода.
65. 4. Каково устройство фотоэлемента, солнечной батареи, фотосопротивления?
66. Перечислите основные процессы, происходящие при взаимодействии излучения с металлом, диэлектриком и полупроводником.
67. Что означает «красная граница» фотоэффекта?
68. В чем состоит явление фотопроводимости?
69. Каков принцип работы фотоэлемента с запирающим слоем?
70. Каков физический смысл константы  $\beta$  и  $tg\alpha$  на графике зависимости  $U_3(V)$  рис. 2?
71. Определение спектральной чувствительности в данной лабораторной работе.
72. Электровакуумные приборы на основе внешнего и внутреннего фотоэффекта.
73. Перечислите способы получения монохроматического излучения.
74. Каковы оптические характеристики светофильтров?
75. Принцип работы абсорбционного светофильтра.
76. Принцип действия экспериментальной установки по измерению прозрачности светофильтров.
77. Каков принцип действия интерференционного светофильтра?
78. Какова физическая природа зависимости сопротивления полупроводника и металла от температуры.
79. Объясните температурную зависимость ВАХ термосопротивления.
80. Прямой и обратный релейный эффект.

81. В чем состоит явление сверхпроводимости?
82. Электропроводность полупроводников.
83. Объясните зависимость проводимости термосопротивления от температуры с точки зрения зонной модели твердого тела.
84. Применение термосопротивления.
85. Расскажите о теории строения атома, созданной Бором.
86. Чем отличается теория Бора от квантовой механической теории?
87. Какие вы знаете квантовые числа? В чем состоит принцип Паули?
88. Напишите уравнение Шредингера для водородоподобного атома.
89. Как определяется спектроскопический заряд электрона?
90. Что представляет собой обобщенная формула Бальмера?
91. Поясните диаграммы энергетических уровней и излучательных переходов атома водорода и натрия.
92. Спектры щелочных металлов.
93. Спектральные термы химических элементов периодической таблицы Менделеева.
94. Правила Хунда.
95. Спиновый, орбитальный и полный механический момент атома.
96. Правила отбора. Фактор Ланде.
97. Простой и сложный эффект Зеемана.

#### **Правила выставления оценок**

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачтено» или «незачтено».

**Оценка «зачтено»** выставляется студенту, который подготовил отчёты по лабораторным работам, знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов электромагнетизма, методов обработки результатов, умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, умеет использовать материалы к лабораторным работам, владеет навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

**Оценка «незачтено»** выставляется студенту, у которого не подготовлен хотя бы один отчёт по необходимым лабораторным работам, который не знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов, методов обработки результатов, не умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, не умеет использовать материалы к лабораторным работам или не владеет навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

## **Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Квантовая физика. Физика элементарных частиц»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Квантовая физика. Физика элементарных частиц» являются лекции. По большинству тем предусмотрены лабораторные занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным физическим задачам и отработка практических навыков работы с теоретическим материалом.

Запись лекции – одна из форм активной самостоятельной работы студентов, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. Культура записи лекции – один из важнейших факторов успешного и творческого овладения знаниями. Последующая работа над текстом лекции воскрешает в памяти ее содержание, позволяет развивать аналитическое мышление. В конце лекции преподаватель оставляет время (5-10 минут) для того, чтобы студенты имели возможность задать уточняющие вопросы по изучаемому материалу.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы геометрической и волновой оптики. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению лабораторных работ.

1. Занятия проходят по расписанию физического факультета в лаборатории 108 (1 учебного корпуса) .
2. Ответственным за проведение занятий в каждой группе является преподаватель, ведущий в этой группе физический практикум. В лаборатории, как ответственный за работу приборов и аппаратуры, присутствует лаборант. Каждый студент заранее получает информацию о номере лабораторной работы физического практикума, которую ему предстоит выполнять на очередном занятии.
3. Студент должен без опоздания явиться в лабораторию, где выполняется физический практикум.
4. На занятия физического практикума студент должен приходить подготовленным к выполнению лабораторной работы, что означает: усвоение теоретического материала по теме лабораторной работы, знание порядка ее выполнения, основных элементов установки, методов обработки результатов. При подготовке следует изучить описание и дополнительный материал в рекомендованной литературе (в конце описания), подготовить ответы на контрольные вопросы.
5. После изучения описания лабораторной работы студент должен подготовить в рабочей тетради конспект теоретического материала, привести схему экспериментальной установки и основные расчетные формулы, приготовить таблицы для записи результатов экспериментов, указать названия упражнений.
6. Измерения на установке производятся в том порядке, который указан в описании лабораторной работы. В рабочую тетрадь, или, как правило, в заранее подготовленную таблицу, студент должен записать результаты всех проведенных прямых измерений непосредственно во время эксперимента. Все данные записываются в таблицу только ручкой, пре-

дельно аккуратно, с указанием размерности измеряемых величин. Если для обработки данных используется компьютер, то данные сначала записываются в тетрадь и только потом в компьютер. Если студент не может объяснить, как они получены, то это может послужить основанием для неудовлетворительной оценки. По окончании выполнения эксперимента студент представляет результаты измерений преподавателю. Преподаватель подписывает результаты в рабочей тетради студента и делает отметку о выполнении работы в своей книжке. Только после этого лабораторная работа считается выполненной, а студент имеет право покинуть лабораторию.

7. Для сдачи работы студент должен выполнить все задания, приведенные в описании лабораторной работы. В рабочей тетради должны быть представлены результаты обработки экспериментальных данных и погрешности (с указанием расчётных формул для их оценки). В конце отчёта приводятся основные результаты и формулируются выводы. Отчёт по лабораторной работе сдаётся во время очередного занятия практикума преподавателю. Преподаватель знакомится с полученными результатами, задаёт дополнительные вопросы и, с учетом ответов студента по теоретическим и экспериментальным результатам ставит оценку за выполненную работу. Если ответы студента не удовлетворяют преподавателя или обработка результатов проведена не в полном объёме, то преподаватель имеет право отправить студента для дополнительной подготовки и повторной сдачи лабораторной работы.

8. Преподаватель имеет право поставить за работу студента по выполнению задачи оценку «незачтено». В этом случае задача считается несданной, а ее результаты аннулируются.

9. Лабораторная работа должна быть сдана в течение трех последующих занятий физического практикума после её выполнения. По истечении этого срока преподаватель, имеет право отказать в приеме отчета.

10. Студент, своевременно выполнивший и сдавший лабораторные работы, получает оценку «зачтено», которая проставляется преподавателем группы в зачётную книжку, а также в зачётную ведомость. Для студентов, имеющих по окончании физического практикума несданные лабораторные работы, организуется комиссия по практикуму, на которой разрешается сдать работы, выполненные ранее. Выполнение лабораторного практикума на комиссии не допускается. На комиссии должны присутствовать все студенты, не получившие зачёт по практикуму. Комиссия выясняет причины невыполнения учебного плана по практикуму. С учётом предъявленных студентом объяснений и справок комиссия принимает решение о зачёте или незачёте.

## ЕДИНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

### к оформлению отчёта по лабораторным работам

- 1) Порядковый номер и наименование лабораторной работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Перечень используемого оборудования с указанием основных параметров установок и приборов.
- 4) Основные теоретические сведения и расчётные формулы.
- 5) Функциональную и принципиальную схему лабораторной установки.
- 6) Предварительные расчеты, выполненные при подготовке к выполнению работы (где это требуется по описанию работы).
- 7) Содержание работы (порядок выполнения).
- 8) Ход выполнения работы:
  - а) таблицы с результатами вычислений;
  - б) графики экспериментальных и расчетных зависимостей.

Примечание: графики вычерчиваются на миллиметровой бумаге или с помощью компьютера и клеиваются в отчёт. На каждом графике строятся только те зависимости, которые предусмотрены соответствующим пунктом описания. Особое внимание следует

обратить на рациональный выбор масштабов по осям координат. Графики экспериментальных зависимостей следует выполнять так, чтобы были ясно видны точки снятых отсчетов. Поскольку получаемые точки имеют некоторый разброс, то кривые следует проводить между ними, сообразуясь с физическими закономерностями.

9) Оценку ошибок измерений и вычислений.

10) Краткие выводы: критические сопоставления результатов эксперимента и теоретических положений, объяснения расхождений между ними (в случае их наличия).