


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ИФФВТ  
от « 21 » мая 2024 г., протокол № 10

Председатель \_\_\_\_\_ /В.В. Рыбин/

*(подпись)*

« 21 » мая 2024 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>Атомная физика</b>
Факультет	<b>Инженерно-физический факультет высоких технологий</b>
Кафедра	<b>Кафедра физического материаловедения</b>
Курс	<b>3</b>

Направление (специальность): **22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**  
(бакалавриат)

*(код направления (специальности), полное наименование)*

Направленность (профиль/специализация): **Материаловедение наноструктурированных композиционных материалов**

*(полное наименование)*

Форма обучения: **очная**

*(очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются))*

Дата введения в учебный процесс УлГУ: **«01» сентября 2024 г.**

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Калашников Е.Г.	Кафедра физического материаловедения	к.ф.-м.н., доцент кафедры

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий выпускающей кафедрой  
физического материаловедения



*Подпись*

/ В.Н. Голованов /

**ФИО**

« 19 » мая 2024 г.



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цели освоения дисциплины:** является формирование представлений о явлениях микромира и современной физической теории этих явлений:

### Задачи освоения дисциплины:

- Формирование системы знаний о квантовой теории атома, понимание и прогнозирование поведения атомов во внешних полях, молекулах и твердых телах;
- Получение представлений о принципах определения спектра энергии атомов и одноэлектронных волновых функций стационарных состояний, определения пространственного распределения в атомах, вычисления наблюдаемых и средних значений некоторых физических величин, характеризующих состояния атомов и атомных частиц;
- формирование определенных навыков экспериментальной работы: выдвижения гипотезы, построения упрощенных моделей сложных процессов, обработки и анализа опытных данных, способов оценки численных значений физических величин и их погрешностей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина является дисциплиной по выбору и относится к базовой части Блока Б1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), устанавливаемой вузом. Данная дисциплина является одной из основополагающих дисциплин в системе подготовки бакалавра по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов. Она охватывает широкий круг проблем и лежит в основе почти всех дисциплин инженерного направления подготовки специалистов.

Дисциплина читается в 5 семестре 3 курса и базируется на отдельных компонентах компетенций, сформированных у обучающихся в ходе изучения курса физики и математики в средней школе.

Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие «входные» знания, умения, навыки и компетенции:

- знание базовых понятий и определений общей физики, полученных в ходе изучения школьного курса физики;
- умение читать учебно-научную литературу;
- способность использовать математический аппарат для решения физических задач;
- умение применять получаемые навыки для решения практических задач в рамках лабораторного практикума;
- умение анализировать результаты эксперимента и проводить необходимые математические вычисления.

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих специальных дисциплин:

- Ядерная физика
- Квантовая теория. Квантовая теория конденсированного состояния
- Физико-химические методы контроля и анализа материалов
- Физические свойства твердых тел
- а также для прохождения учебных и производственных практик, проектной

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

деятельности и научно-исследовательской работы.

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
<p><b>ОПК-1</b> Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания</p>	<p><b>Знать:</b> основные понятия и законы атомной физики, границы их применимости, <b>Уметь:</b> - применять законы атомной физики и квантовой механики для описания движения микрочастиц: правильно выбирать системы отсчета, решать задачи на собственные значения для простейших случаев одномерного движения, использовать операторы соответствующих динамических переменных и соотношения между ними; - оперировать физическими величинами различной математической природы, использовать элементы теории операторов и теории вероятности; - использовать для этого методы и знания, полученные при изучении других физических и математических дисциплин. <b>Владеть:</b> – навыками практического применения законов и моделей физики к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем</p>

### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 6 ЗЕТ.

4.2. По видам учебной работы (в часах):

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения- очная)			
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам		
		5	6	7-8
1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	90	90		
Аудиторные занятия:				
• Лекции (в т.ч. 0_ ПрП)*	36	36		
• семинары и	18	18		

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

практические занятия (в т.ч. 0 ПрП)*				
• лабораторные работы, практикумы (в т.ч. 0 ПрП)*	36	36		
Самостоятельная работа	90	90		
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы	Ответы на вопросы при защите лабораторных работ, контр. работы	Ответы на вопросы при защите лабораторных работ, контр. работы		
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Экзамен (36)	Экзамен (36)		
Всего часов по дисциплине	216	216		

\* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/ исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

\*часы ПрП по дисциплине указываются в соответствии с УП, в случае, если дисциплиной предусмотрено выполнение отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью обучающихся.


#### 4.3. Содержание дисциплины (модуля.) Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	
<i>Раздел 1. Развитие квантовых представлений</i>							
1. 1. Классическая теория излучения черного тела. Формула Рэля-Джинса. Квантовый характер излучения.	6	2	2	1	1	1	Контрольные работы

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина.							(2), допуск к выполнению лаб. работы, эк замен
2. 2. Корпускулярные свойства света. Законы фотоэффекта. Эф-т Комптона.	8	1	1	4	4	1	
3. Квантование действия. Квантовый осциллятор.	3	1	1			1	
<i>Раздел 2. Квантовая теория Бора-Зоммерфельда</i>							
4. Модель атома Бора. Опыты Франка и Герца.	7	2	2	2	2	1	Контрольные работы (2), допуск к выполнению лаб. работы, эк замен
<i>Раздел 3. Основные положения квантовой механики</i>							
5. Волновые свойства частиц. Стат. смысл волновой функции. Стандартные требования	7	1	1	4	4	1	Контрольные работы (2), допуск к выполнению лаб. работы, эк замен
6. Операторы	3	1	1			1	
7. Уравнение Шредингера. Свойства в-х функций. В-я функция и уровни энергии частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме.	6	1	1	3	3	1	
8. Решение ур-	3	1	1			1	

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		


я Шредингера для потенциального барьера. Туннельный эффект.							
---	--	--	--	--	--	--	--

*Раздел 4. Атомы с одним валентным электроном*

9. Решение ур. Шредингера для водородоподобного атома. Квантовые числа.	7	1	1	4	4	1	Контроль ные работы (2), допуск к выполнен ию лаб. работы, эк замен
10. Вер-ть пространствен-ного распределения электрона в атоме.	4	1	1	1	1	1	
11. Спектры водородоподоб-ных атомов.	9	1	1	6	6	1	
12. Щелочные металлы.	9	1	1	6	6	1	

*Раздел 5. Микрочастицы во внешнем магнитном поле*

13. Гиремагн-ное отношение. Опыт Штерна-Герлаха	7	2	2	1	1	2	Контроль ные работы (2), допуск к выполнен ию лаб. работы, эк замен
14. Тонкая структура уровней энергии	4	1	1			2	
15. Механические моменты атомов. Правила сложения моментов. Магнитные моменты атомов. Множитель Ланде.	4	1	1			2	
16.	4	1	1			2	

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Объяснение аномального эффекта Зеемана.							
17. Магнитный резонанс.	4	1	1			2	

**Раздел 7. Теория периодической системы элементов**

18. Классификация электронных состояний.	5	1	1	1	1	2	Контроль ные работы (2), допуск к выполнен ию лаб. работы, эк замен
19. Основные термы атомов. Правила Хунда.	4	1	1	1	1	1	
20. Рентгеновские спектры.	3	1	1			1	

**Раздел 8. Строение и свойства молекул**

21. Природа химических сил. Валентность.	7	2	2	1	1	2	Контроль ные работы (2), допуск к выполнен ию лаб. работы, эк замен
22. Энергетические уровни двухатомной молекулы.	12	2	2	6	6	2	

**Раздел 9. Квантовые свойства твёрдых тел**

23. Спектр энергий электронов в ТТ.	9	1	1	6	6	1	Контроль ные работы (2), допуск к выполнен ию лаб. работы, эк замен
24. Энергетические зоны.	4	1	1	1	1	1	

**Раздел 10. Квантовые генераторы**

25. Спонтанные и вынужденные переходы в веществе.	2	1	1				Контроль ные работы (2), допуск к выполнен ию лаб. работы, эк замен
26. Усиление света	2	1	1				
27. Квантовые системы с	4	1	1	1	1	1	



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

три уровнями.							
------------------	--	--	--	--	--	--	--

### *Раздел 11. Процессы в плазме*

28. Характерные свойства плазмы.	6	2	2	1	1	1	Контроль ные работы (2), допуск к выполнен ию лаб. работы, эк замен
29. Неупругие столкновения электронов с атомами.	6	1	1	3	3	1	
30. Электропроводность плазмы.	4	1	1	1	1	1	
Итого:	144	36	18	36	36	90	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Раздел 1. Развитие квантовых представлений

- Темы: 1. Две точки зрения на природу света. Классическая теория излучения черного тела. Формула Рэлея-Джинса.
2. Квантовый характер излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина.
3. Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Объяснение фотоэффекта с волновой точки зрения.
4. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Фотоны.
5. Рассеяние электромагнитных волн на электронах.
6. Классический подход. Томсоновское рассеяние электромагнитных волн.
7. Эффект Комптона. Объяснение эффекта Комптона.
8. Дифракция света на двух щелях. Объяснение с волновой и корпускулярной точек зрения.

### Раздел 2. Квантовая теория Бора-Зоммерфельда

9. Квантование действия. Спектры энергии квантовых систем. Частица в потенциальной яме бесконечной глубины. Квантовый осциллятор.
10. Экспериментальные основания квантовой теории атомов. Атомные спектры. Планетарная модель атома и её несостоятельность.
11. Круговые орбиты водородоподобных атомов. Спектр их энергий.
12. Спектры излучения и поглощения света атомом водорода. Постоянная Ридберга. Изотопический сдвиг. Недостатки старой квантовой теории.

### Раздел 3. Корпускулярно-волновые свойства частиц вещества. Основные положения квантовой механики

13. Гипотеза де Бройля. Дифракция электронов. Экспериментальное обнаружение волновых свойств микрочастиц. Опыты Девиссона и Джермера.
14. Мысленный опыт по дифракции электронов на двух щелях. Амплитуда вероятности. Основные положения квантовой механики. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Стандартные требования.
15. Решение уравнения Шредингера для свободно движущейся частицы. Нормировка

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

плоских волн.

16. Локализованная частица. Принцип суперпозиции. Вероятность найти определённое значение импульса. Соотношение неопределённостей.

17. Средние значения физических величин. Операторы. Основной постулат квантовой механики.

18. Роль собственных значений операторов. Собственные состояния. Задача на собственные значения оператора энергии.

19. Вероятности дозволённых значений физических величин. Условие одновременной измеримости различных динамических переменных.

20. Квантование проекции момента импульса, квадрата момента импульса и энергии ротатора.

21. Решение уравнения Шредингера в задаче о частице в потенциальной яме бесконечной глубины. Спектр энергий частицы. Набор волновых функций.

22. Туннельный эффект. Барьер произвольной формы.

#### **Раздел 4. Атомы с одним валентным электроном**

23. Уравнение Шредингера для частицы в центрально-симметричном поле. Разделение переменных. Орбитальное и магнитное квантовые числа.

24. Понятие о решении радиальной части уравнения Шредингера для частицы в кулоновском поле. Квантовые числа. Вырождение состояний.

25. Радиальная зависимость плотности электронного облака в атоме водорода.

26. Уровни энергии атомов щелочных металлов. Разрешенные переходы. Спектры излучения атомов щелочных металлов. Тонкая структура линий излучения.

#### **Раздел 5. Микрочастицы во внешнем магнитном поле**

27. Орбитальный магнитный момент электрона. Квантование магнитного момента и его проекции. Магнетон Бора. Магнитный момент во внешнем маг-ном поле.

28. Микрочастица во внешнем магнитном поле. Объяснение простого эффекта Зеемана.

29. Гипотеза о спине. Опыт Штерна и Герлаха.

30. Полный момент импульса электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура линий.

#### **Раздел 6. Механические и магнитные моменты многоэлектронных атомов**

31. Механические моменты атомов. Правила сложения моментов.

32. Магнитные моменты атомов. Множитель Ланде.

33. Объяснение аномального эффекта Зеемана. Сильное поле. Эффект Пашена-Бака.

34. Экспериментальное измерение магнитных моментов атомов. Магнитный резонанс.

#### **Раздел 7. Теория периодической системы элементов**

35. Теория периодической системы элементов. Классификация электронных состояний. Идеальная таблица элементов.

36. Основные термы атомов. Правила Хунда.

37. Рентгеновские спектры. Характеристическое рентгеновское излучение. Определение рентгеновских уровней энергии атома. Определение длин волн рентгеновских лучей.

#### **Раздел 8. Строение и свойства молекул**

38. Строение и свойства молекул. Молекула водорода. Природа химических сил. Валентность. Объяснения насыщения и направленности химического взаимодействия.

39. Энергетические уровни двухатомной молекулы. Электронные, колебательные и

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

вращательные движения. Спектры излучения. Флюорисценция и фосфорисценция.  
40. Спектры поглощения двухатомных молекул.

### **Раздел 9. Квантовые свойства твёрдых тел**

41. Проблема определения энергетического спектра электронов в твердом теле. Приближение свободных электронов. Спектр энергий электронов. Энергия Ферми. Распределение Ферми-Дирака. Плотность состояний.  
42. Энергетические зоны. Зонные модели проводников, диэлектриков и полупроводников. Примесные полупроводники. Проводимость в полупроводниках.

### **Раздел 10. Квантовые генераторы**

43. Спонтанные и вынужденные переходы в веществе. Коэффициенты Эйнштейна. Формула Планка.  
44. Усиление света при прохождении через вещество. Инверсная заселённость уровней энергии атомов.  
45. Квантовые системы с тремя уровнями. Условие самовозбуждения оптического квантового генератора. Свойства излучения ОКГ.

### **Раздел 11. Процессы в плазме**

46. Характерные свойства плазмы. Квазинейтральность плазмы. Дебаевский радиус и ленгмюровская частота.  
47. Упругие столкновения электронов с атомами. Установление ионизационного равновесия в плазме. Средняя энергия установившегося хаотического движения электронов.  
48. Неупругие столкновения электронов с атомами. Опыты Франка и Герца. Процессы ионизации газа. Формула Саха.  
49. Электропроводность плазмы. Температурная зависимость проводимости плазмы.

## **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **Раздел 1. Развитие квантовых представлений**

- Темы: 1. Классическая теория излучения черного тела. Формула Рэлея-Джинса.  
2. Квантовый характер излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина.  
3. Фотоэлектрический эффект. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Фотоны.  
4. Эффект Комптона. Объяснение эффекта Комптона.

### **Раздел 2. Квантовая теория Бора-Зоммерфельда**

5. Квантование действия. Частица в потенциальной яме бесконечной глубины. Квантовый осциллятор.  
6. Круговые орбиты водородоподобных атомов. Спектр их энергий.  
7. Спектры излучения и поглощения света атомом водорода.

### **Раздел 3. Основные положения квантовой механики**

7. Решение уравнения Шрёдингера для свободно движущейся частицы. Соотношение неопределенностей.  
8. Задача на собственные значения оператора энергии.  
9. Квантование проекции момента импульса, квадрата момента импульса и энергии

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

ротатора.

10. Решение уравнения Шредингера в задаче о частице в потенциальной яме бесконечной глубины. Спектр энергий частицы. Набор волновых функций.

11. Туннельный эффект. Барьер произвольной формы.

#### **Раздел 4. Атомы с одним валентным электроном**

12. Радиальная зависимость плотности электронного облака в атоме водорода.

13. Уровни энергии атомов щелочных металлов. Спектры излучения атомов щелочных металлов.

#### **Раздел 5. Микрочастицы во внешнем магнитном поле**

14. Орбитальный магнитный момент электрона. Квантование магнитного момента и его проекции. Магнетон Бора.

15. Микрочастица во внешнем магнитном поле. Объяснение простого эффекта Зеемана.

16. Полный момент импульса электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура линий.

#### **Раздел 6. Механические и магнитные моменты многоэлектронных атомов**

17. Механические моменты атомов. Правила сложения моментов.

Магнитные моменты атомов. Множитель Ланде.

18. Аномальный эффект Зеемана. Сильное поле. Эффект Пашена-Бака.

Магнитный резонанс.

#### **Раздел 7. Теория периодической системы элементов**

18. Классификация электронных состояний. Основные термы атомов. Правила Хунда.

19. Рентгеновские спектры. Характеристическое рентгеновское излучение. Тормозное рентгеновское излучение.

#### **Раздел 8. Строение и свойства молекул**

20. Энергетические уровни двухатомной молекулы. Электронные, колебательные и вращательные движения.

#### **Раздел 9. Квантовые свойства твёрдых тел**

21. Приближение свободных электронов. Спектр энергий электронов. Энергия Ферми. Распределение Ферми-Дирака. Плотность состояний.

#### **Раздел 11. Процессы в плазме**

22. Дебаевский радиус и ленгмюровская частота. Формула Саха.

23. Электропроводность плазмы. Температурная зависимость проводимости плазмы

## **7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

### **РАЗДЕЛ 1. Развитие квантовых представлений**

Работа 1. Изучение внешнего фотоэффекта. Измерение постоянной Планка.

Работа 2. Определение первого потенциала возбуждения атомов ксенона.

### **РАЗДЕЛ 2. Корпускулярно-волновые свойства частиц вещества.**

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Работа 3. Измерение размеров атома ксенона в эффекте Рамзауэра.

#### **РАЗДЕЛ 4. Атомы с одним валентным электроном**

Работа 4. Изучение спектра атомов водорода.

Работа 5. Оптические спектры щелочных металлов.

#### **РАЗДЕЛ 8. Строение и свойства молекул**

Работа 6. Изучение спектра двухатомных молекул (иода).

#### **РАЗДЕЛ 7. Квантовые свойства твердого тела**

Работа 7. Измерение отношения плотности эл-нов в металлах спая термопары.

#### **РАЗДЕЛ 11. Процессы в плазме.**

Работа 8. Определение температуры и концентрации электронов в плазме.

### **8.ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ**

Курсовые работы и рефераты по курсу Физика атома не предусмотрены.

#### **Тексты контрольных работ. Билеты контрольной работы (пример):**

Билет 1.

- 1.Что такое оболочка и подоболочка, и что означает запись: (а)  $2p^3$ . (б)  $4d^9$ . (в)  $3s^1$ . (г)  $5g^{16}$ .
- 2.Определите терм основного состояния атома кремния ( $Z=14$ ).
3. Найдите кинетическую энергию электронов, вырываемых с К-оболочки атомов никеля  $K_{\alpha}$ -излучением золота.
4. Простой или сложный эффект Зеемана обнаруживают в слабом магнитном поле спектральные линии, обусловленные переходами  $3D2 \Rightarrow 3P2$ ?

Билет 2.

- 1.Какие из перечисленных состояний не реализуются? Почему?:  
(а)  $1p^3$  (б)  $2p^8$  (в)  $3g^{11}$  (г).
2. Используя правила Хунда, найдите терм основного состояния атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого  $nd^2$ .
3. При увеличении напряжения на рентгеновской трубке от 10 до 20 кВ разность длин волн  $K_{\alpha}$ -линии и коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра увеличилась в три раза. Какой элемент использовался в качестве антикатада?
4. Изобразите схему возможных переходов в слабом магнитном поле зеемановских компонент спектральной линии  $2D_{3/2} \rightarrow 2P_{3/2}$ .

Билет 3.

1. (а) Сколько электронов может быть в  $n = 4$  оболочке? (б) Каковы его подоболочки и сколько электронов может быть в каждой?
2. Определите терм основного состояния атома фосфора ( $Z=15$ ).

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

3. 3. Какова максимальная энергия рентгеновского излучения свинца?

4. Простой или сложный эффект Зеемана обнаруживают в слабом магнитном поле спектральные линии, обусловленные переходами  $5I4 \rightarrow 5H4$ ?

Билет 4.

1. (а) Какое минимальное значение  $l$  возможно для подоболочки, которая содержит 11 электронов? (б) Если подоболочка находится в  $n = 5$  оболочке, то каково спектроскопическое обозначение для этого атома?

2. Используя правила Хунда, найдите терм основного состояния атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого  $nd3$ .

3. Что за атом имеет  $\lambda_{K\alpha}$ -линию излучения равную  $2,75 \times 10^{-10}$  м?

4. Изобразите схему возможных переходов в слабом магнитном поле зеемановских компонент спектральной линии  $3D3 \rightarrow 3P2$ .

Билет 5.

1. (а) Если подоболочка атома имеет 9 электронов, каково минимальное значение числа  $l$ ?

(б) Какое спектроскопическое обозначение для этого атома, если эта подоболочка является частью  $n = 3$  оболочки?

2. Используя правила Хунда, найдите терм основного состояния атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого  $nd6$ .

3. Какова максимальная энергия рентгеновского излучения алюминия?

4. Простой или сложный эффект Зеемана обнаруживают в слабом магнитном поле спектральные линии, обусловленные переходами  $3D1 \rightarrow 3P0$ ?

Билет 6.

1. Какие из следующих спектроскопических обозначений разрешены (то есть, которые не нарушают ни одно из правил, касающихся значений квантовых чисел)? (а)  $1s1$  (б)  $1d3$  (с)  $4s2$  (д)  $3P7$  (е)  $6h20$ .

2. Определить скорость электронов, падающих на антикатод рентгеновской трубки, если минимальная длина волны в сплошном спектре рентгеновских лучей  $0,01$  нм.

3. В атоме вольфрама электрон перешёл с M-оболочки на L-оболочку. Принимая постоянную экранирования  $\sigma = 5,5$ , определите длину волны испущенного фотона.

4. Изобразите схему возможных переходов в слабом магнитном поле зеемановских компонент спектральной линии  $3D2 \Rightarrow 3P2$ ?

Билет 7.

1. Что такое оболочка и подоболочка, и что означает запись: (а)  $2p3$ . (б)  $4d9$ . (в)  $3s1$ . (г)  $5g16$ .

2. Определите терм основного состояния атома кремния ( $Z=14$ ).

3. Найти кинетическую энергию электронов, вырываемых с K-оболочки атомов никеля  $K\alpha$ -излучением золота.

4. Простой или сложный эффект Зеемана обнаруживают в слабом магнитном поле спектральные линии, обусловленные переходами в атомах В?

Билет 8.

1. Какие из перечисленных состояний не реализуются? Почему?: (а)  $1p3$  (б)  $2p8$  (в)  $3g11$  (г).

2. Используя правила Хунда, найдите терм основного состояния атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого  $nd2$ .

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

3. При увеличении напряжения на рентгеновской трубке от 10 до 20 кВ разность длин волн  $K\alpha$ -линии и коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра увеличилась в три раза. Какой элемент использовался в качестве антиматериала?
4. Изобразите схему возможных переходов в слабом магнитном поле зеемановских компонент спектральной линии  $2D_{3/2} \rightarrow 2P_{3/2}$ .

Билет 9.

1. (а) Сколько электронов может быть в  $n = 4$  оболочке? (б) Каковы его подоболочки и сколько электронов может быть в каждой?
2. Определите терм основного состояния атома фосфора ( $Z=15$ ).
3. Какова максимальная энергия рентгеновского излучения свинца?
4. Простой или сложный эффект Зеемана обнаруживают в слабом магнитном поле спектральные линии, обусловленные переходами в атомах С?

Билет 10.

1. (а) Какое минимальное значение  $l$  возможно для подоболочки, которая содержит 11 электронов? (б) Если подоболочка находится в  $n = 5$  оболочке, то каково спектроскопическое обозначение для этого атома?
2. Используя правила Хунда, найдите терм основного состояния атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого  $nd^3$ .
3. Что за атом имеет  $\lambda K\alpha$ -линию излучения равную  $2,75 \times 10^{-10}$  м?
4. Изобразите схему возможных переходов в слабом магнитном поле зеемановских компонент спектральной линии  $2D_{3/2} \rightarrow 2P_{3/2}$ .

Билет 11.

1. (а) Если подоболочка атома имеет 9 электронов, каково минимальное значение числа  $l$ ?
- (б) Какие спектроскопические обозначения для этого атома, если эта подоболочка является частью  $n = 3$  оболочки?
2. Используя правила Хунда, найдите терм основного состояния атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого  $nd^6$ .
3. Какова максимальная энергия рентгеновского излучения алюминия?
4. Простой или сложный эффект Зеемана обнаруживают в слабом магнитном поле спектральные линии, обусловленные переходами в атомах В?

Билет 12.

1. Какие из следующих спектроскопических обозначений разрешены (то есть, которые не нарушают ни одно из правил, касающихся значений квантовых чисел)? (а)  $1s^1$  (б)  $1d^3$  (с)  $4s^2$  (д)  $3P^7$  (е)  $6h^{20}$ .
2. Определить скорость электронов, падающих на антиматериал рентгеновской трубки, если минимальная длина волны в сплошном спектре рентгеновских лучей  $0,01$  нм.
3. В атоме вольфрама электрон перешёл с М-оболочки на L-оболочку. Принимая постоянную экранирования  $\sigma=5,5$ , определите длину волны испущенного фотона.
4. Простой или сложный эффект Зеемана обнаруживают в слабом магнитном поле спектральные линии, обусловленные переходами в атомах О?

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ:

1. Две точки зрения на природу света. Классическая теория излучения черного



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

тела. Формула Рэлея-Джинса.

2 Квантовый характер излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина.

3. Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Объяснение фотоэффекта с волновой точки зрения. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Фотоны.

4. Рассеяние электромагнитных волн на электронах. Классический подход. Томсоновское рассеяние электромагнитных волн. Классический радиус электрона.

5. Эффект Комптона. Объяснение эффекта Комптона

6. Дифракция света на двух щелях. Объяснение с волновой и корпускулярной точек зрения.

7. Гипотеза де-Бройля. Экспериментальное обнаружение волновых свойств микрочастиц. опыты Девиссона и Джермера.

8. Мысленный опыт по дифракции электронов на двух щелях. Амплитуда вероятности.

9. Операторы. Основной постулат квантовой механики.

10. Роль собственных значений операторов. Собственные состояния.

11. Вероятности дозволённых значений физических величин.

12. Задача на собственные значения оператора энергии. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Стандартные требования.

13. Решение уравнения Шрёдингера для свободно движущейся частицы. Плоские волны. Нормировка плоских волн.

14. Задача о частице в прямоугольной потенциальной яме бесконечной глубины. Спектр энергий частицы. Набор волновых функций.

15. Туннельный эффект. Потенциальный барьер произвольной формы.

16. Квантование проекции момента импульса. Квантование момента импульса.

17. Уравнение Шредингера для частицы в центрально-симметричном поле. Разделение переменных. Орбитальное и магнитное квантовые числа.

18. Понятие о решении радиальной части уравнения Шредингера для частицы в кулоновском поле. Квантовые числа. Вырождение состояний.

19. Радиальная зависимость плотности электронного облака в атоме водорода.

20. Спектры излучения и поглощения света атомом водорода. Постоянная Ридберга. Изотопический сдвиг.

21. Уровни энергии щелочных металлов. Разрешенные переходы. Спектры атомов щелочных металлов. Тонкая структура линий излучения щелочных металлов.

22. Орбитальный магнитный момент электрона. Квантование магнитного момента и его проекции. Магнетон Бора.

23. Микрочастица во внешнем магнитном поле. Простой эффект Зеемана.

24. Гипотеза о спине. Опыт Штерна и Герлаха.

25. Полный момент импульса электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура линий.

26. Правила сложения механических моментов в квантовой механике.

27. Магнитные моменты атомов. Множитель Ланде.

28. Объяснение аномального эффекта Зеемана.

29. Эффект Зеемана в сильном поле. Эффект Пашена-Бака.

30. Магнитный резонанс. Измерение множителя Ланде.

31. Теория периодической системы элементов. Классификация электронных состояний. Идеальная таблица элементов.

32. Основные термы атомов. Правила Хунда.

33. Рентгеновские спектры. Характеристическое рентгеновское излучение.



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Определение рентгеновских уровней энергии атома.

34. Тормозное рентгеновское излучение. Определение длин волн рентгеновских лучей.

35. Строение и свойства молекул. Молекула водорода. Природа химических сил. Валентность. Объяснения насыщения и направленности химического взаимодействия.

36. Энергетические уровни двухатомной молекулы. Электронные, колебательные и вращательные движения. Спектры излучения.

37. Проблема определения энергетического спектра электронов в твердом теле. Приближение свободных электронов. Спектр энергий. Энергия Ферми. Энергетические зоны.

38. Зонные модели проводников, диэлектриков и полупроводников. Примесные полупроводники. Проводимость в полупроводниках.

39. Спонтанные и вынужденные переходы в веществе. Усиление света при прохождении через вещество. Инверсная заселенность.

40. Квантовые системы с тремя уровнями. Условие самовозбуждения оптического квантового генератора, Свойства излучения ОКГ.

41. Характерные свойства плазмы. Квазинейтральность плазмы. Дебаевский радиус и ленгмюровская частота.

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
По всем темам семинарских занятий	Проработка учебного материала, решение задач, контрольная работа, подготовка к сдаче экзамена и др.)	36	КР и экзамен
По всем работам практикума	Подготовка к выполнению работы	54	Сдача допуска к выполнению работы

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная литература

- Сивухин Д.В., Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Том 5. Атомная и ядерная физика [Электронный ресурс] : Учеб. пособие для вузов / Сивухин Д. В. - 3-е изд., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 784 с. - ISBN 978-5-9221-0645-0 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106450.html>
- Строковский, Е. А. Физика атомного ядра и элементарных частиц: основы

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

кинематики : учебное пособие для вузов / Е. А. Строковский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 355 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03804-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/514597>


#### дополнительная литература

1. Козлов В.Ф., Курс общей физики в задачах. [Электронный ресурс] / Козлов В.Ф., Маношкин Ю. В., Миллер А.Б., Петров Ю. В., Ромишевский Е.А., Стасенко А.Л. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 264 с. - ISBN 978-5-9221-1219-2 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112192.html>
2. Андреевко, Ю. А. Физика. Оптика. Атомная и ядерная физика. Ч. 1 : Лаб. практикум / Ю. А. Андреевко, Т. М. Ахметчина, С. И. Валянский и др. , под ред. Е. К. Наими и Ю. А. Рахштадта. - Москва : МИСиС, 2008. - 132 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : [https://www.studentlibrary.ru/book/Misis\\_279.html](https://www.studentlibrary.ru/book/Misis_279.html)
3. Перминов, А. В. Общая физика. Задачи с решениями : задачник / А. В. Перминов, Ю. А. Барков. — Саратов : Вузовское образование, 2020. — 725 с. — ISBN 978-5-4487-0603-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/95156.html>
4. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/510507>
5. Бекман, И. Н. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения : учебник для вузов / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 493 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08692-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513455>

#### учебно-методическая литература

1. Калашников Е. Г. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Атомная физика» для всех направлений и специальностей инженерно-физического факультета высоких технологий всех форм обучения / Е. Г. Калашников, Е. А. Цынаева; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8370>
2. Калашников Е. Г. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физика атомов и молекул»: для обучающихся по направлениям бакалавриата: 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов", 28.03.02 "Наноинженерия", 03.03.03 "Радиофизика", 03.03.02 "Физика" / Е. Г. Калашников; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6361>

Согласовано:

Ведущий специалист ООП / Чамеева А.Ф. /  / 2023г.  
(Должность работника научной библиотеки) (ФИО) (подпись) (дата)

#### б) Программное обеспечение

1. ОС Microsoft Windows
2. Microsoft OfficeStd 2016 RUS
3. «МойОфис Стандартный»

#### в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

##### 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. – URL:

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

<http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** :электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон.дан. - Москва :КонсультантПлюс, [2023].

### **3. Базы данных периодических изданий:**

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»:** электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL:<https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. Российское образование:** федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

**6. Электронная библиотечная система УлГУ :** модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа дисциплины		

Согласовано:

Инженер ведущий / Щуренко Ю.В. /  / \_\_\_\_\_  
Должность сотрудника УИПТ ФИО подпись дата

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе.

## 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

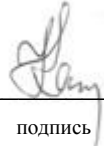
В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей

Разработчик   
подпись

доцент кафедры ФМ, к.ф.-м.н. Е.Г.Калашников  
должность ФИО