



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Физический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ФИЗИКА АТОМА**

Кафедра физической электроники

Образовательная программа 03.03.02 - Физика

Профили подготовки: Медицинская физика

Уровень высшего образования: Бакалавриат

Форма обучения: Очная

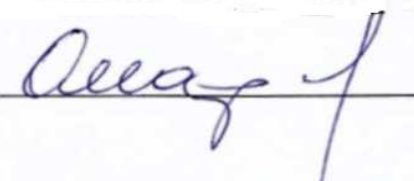
Статус дисциплины: Базовая

Махачкала, 2017год

Рабочая программа дисциплины «Физика атома» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - Физика, профили подготовки: фундаментальная физика, медицинская физика (уровень: бакалавриат) от «7» августа 2014г. № 937.

Разработчик: кафедра физической электроники, Курбанисмаилов В.С., д.ф.-м.н., профессор.

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от «22» марта 2017 г., протокол № 8

Зав. кафедрой  Омаров О.А.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017 г., протокол № 8

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «3» апреля 2017г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физика атома» входит в Блок 1., дисциплина по выбору образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 – Физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физической электроники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общепрофессиональных*: ОПК-3; *профессиональных*: ПК-2, ПК-5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: контрольная работа, коллоквиум и пр.) и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
5	252	32	50	32	36		102	зачет, экзамен

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика атома» являются: формирование у студентов системы знаний по общей классической (доквантовой, нерелятивистской) и квантовой физике, в частности, изучение явлений микромира, формирование новых закономерностей и пересмотр многих устоявшихся положений и понятий классической физики; сконцентрировать внимание студентов на основных законах атомной физики таких, как статические особенности описания и проблема квантования физических величин, принцип Паули, соотношения неопределенностей Гейзенберга, эффект Зеемана, по строению атома и твердых тел, по связи между математикой и физикой атома, использовании математических методов в физике атома, а также умений качественно и количественно анализировать ситуации, формирование умений решать задачи и ставить простейший

эксперимент, использовать компьютер для математического моделирования процессов, необходимых для понимания и дальнейшего изучения различных областей физики атома.

Данный курс опирается на такие дисциплины, изученные студентами ранее, как высшая математика и общая физика.

**Задачи дисциплины:**

- показать несовместимость с классическими представлениями квантово - механических закономерностей;
- дать понятие формулировки уравнения Шредингера;
- показать, что в становлении и развитии физики атома сыграл основную роль не только корпускулярно-волновой дуализм, но и принцип квантования физических величин;
- выявить внутреннее единство двух фундаментальных принципов микромира;
- показать прогрессирующую роль полуквантовой теории Бора и ознакомить с его трудами;
- показать, что открытие и развитие квантовых принципов прошло ряд сложных этапов и охарактеризовать вклад ученых, внесших важный вклад в создание квантовой теории микромира;
- сформировать понимание роли физики атома в естественнонаучном образовании специалиста;
- показать интеграцию физико-математических знаний и роль математики в формировании базовых знаний по физике;
- дать общее представление о различии описания двух типов объектов природы – корпускулярных и волновых;
- сформировать основные умения и навыки работы с измерительными инструментами и приборами, обработки результатов лабораторных работ и их анализа, решения прикладных задач, применения физических законов для объяснений природных процессов и явлений.

**2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Дисциплина «Физика атома» входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению 011200.62 – Физика.

*Для изучения дисциплины «Физика атома» студент должен знать:* основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики; дифференциальное и интегральное исчисления; гармонический анализ; дифференциальные уравнения; численные методы; функции комплексного переменного; элементы функционального анализа; вероятность и статистику; случайные процессы; статистическое оценивание и проверку гипотез; статистические методы обработки экспериментальных данных; математические методы в физике; разделы курса общей физики: механика, молекулярная физика и термодинамика, электричество и магнетизм, волновая оптика. Понятие информации; программные средства организации информационных процессов; модели решения функциональных

и вычислительных задач; языки программирования; базы данных; локальные и глобальные сети ЭВМ; методы защиты информации.

### **Описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ООП (дисциплинами, модулями, практиками)**

Являясь самостоятельной учебной дисциплиной, курс физики атома, не оторван от других дисциплин. Наоборот, существует междисциплинарная связь.

Важнейшим разделом курса «**Физика атома**» является раздел "**Элементы учения о строении вещества**". В этом разделе после изложения экспериментальных фактов, приводящих к необходимости введения волнового описания поведения микрочастиц, и некоторых основных принципов подробно рассматривается решение задачи о частице в одномерном потенциальном ящике на основе стационарного уравнения Шредингера. Опираясь на решение этой задачи, далее обсуждаются условия возможности наблюдения квантовых явлений. В сочетании с принципом Паули это дает возможность объяснить появление пространственных форм молекул. Формулу для уровней энергии в атоме водорода дается без доказательства, так как вывод ее на основе уравнения Шредингера сложен.

В связи с появлением **лазерной техники** необходимым является подчеркнуть понятия о нормально и инверсно заселенных средах, об усилении света при прохождении его через инверсно заселенную среду и о принципах действия оптических квантовых генераторов.

Ограниченный лимит времени позволяет выполнить настоящую программу лишь при условии использования разнообразных методических форм подачи материала слушателям. Одной из таких форм являются **сопровождаемые демонстрациями натуральных и компьютерных экспериментов практические занятия**, на которые следует выносить некоторые проблемные задачи и вопросы, не тратя времени на решение рядовых тренировочных задач.

В рамках **лабораторного практикума** используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты уже на I курсе приобретают опыт общения с ЭВМ и использования статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях.

На **самостоятельную работу** студентов выносятся переработка материалов лекций и семинарских занятий, подготовка к лабораторно-практическим занятиям и обработка их результатов и составление отчетов, решение задач из предлагаемого кафедрой списка.

В качестве самостоятельной работы может быть рекомендованы написание одного - двух (за семестр) рефератов по темам близким к роду

будущей деятельности студентов и связанным с применением физических приборов или общих закономерностей.

Освоение дисциплины «Физика атома» является как предшествующее для решения профессиональных задач.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-7  ОПК-1		<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• явления, приведшие к корпускулярно-волновому дуализму, эксперименты, подтвердившие волновые свойства частиц, дискретность атомных и ядерных состояний;</li> <li>• явления, в которых наиболее просто и очевидно проявляются квантово-механические закономерности, и определяются в первую очередь их очевидной несовместимостью с классическими представлениями;</li> <li>• основные достижения в области атомной физики и понимать перспективы их развития;</li> <li>• существующие квантово-механические модели атомов и их отличия;</li> <li>• спектры атома водорода и водородоподобных атомов, щелочных элементов и законы, описывающие их;</li> <li>• соотношение неопределенностей, объективно отражающее свойства микрочастиц, и не обуславливаемое особенностями измерения соответствующих величин в конкретном эксперименте;</li> <li>• общие принципы квантовомеханического подхода к описанию строения вещества на микроскопическом (атомно-молекулярном) уровне.</li> </ul>
ОПК-2		Знать:
ОПК-3		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>• излагать и критически анализировать</li> </ul>

		<p>получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>• применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>• строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов.</li> </ul>
ПК-2		<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками решения задач для описания поведения частиц в мире атома;</li> <li>• умениями использования научной и учебной литературы;</li> <li>• устройством используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> <li>• навыками решения простейших квантомеханических задач и научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями;</li> <li>• овладеть навыками квантовомеханического расчета атома водорода, молекулы водорода, производить оценки квантовомеханических величин, применять описывать квантовое состояние микрочастиц.</li> </ul>
ПК-5		

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

4.1. Объем дисциплины составляет **7** зачетных единиц, **252** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

Разделы и темы дисциплин	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоятельная	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации
--------------------------	---------	--	-----------------	--

		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Контроль самостоятельной работы		
<b>Модуль 1. Волновые свойства частиц и дискретность атомных состояний</b>							
1. Введение Корпускулярные свойства волн. Эффект Комптона.	5	2	2	3		6	
2. Гипотеза де Бройля. Уравнения де Бройля. Групповая и фазовая скорости частиц. Уравнение Шредингера.	5	2	2	3		6	
3. Интерпретация опытов Франка и Герца. Потенциалы возбуждения и ионизации. Резонансный потенциал	5	2	2	4		6	
4. Атомные спектры. Экспериментальные закономерности в линейчатых спектрах. Обобщенная формула Бальмера.	5	2	2	4		8	
5. Понятие спектрального терма. Комбинационный принцип термов. Правила отбора для разрешенных уровней	5	2	2	3		6	
Итого за модуль		10	10	17		32	
<b>Модуль 2. Атом водорода</b>							
6. Решение уравнения Шредингера для частицы в потенциальной яме и требования, предъявляемые к волновой функции.	5	2	2	3		6	
7. Решение уравнения Шредингера для атома водорода. Понятие о квантовых числах. Кратность вырождения	5	2	2	3		6	
8. Механика частиц. Соотношения Гейзенберга. Спектры щелочных элементов. Схема Гротриана для атома натрия.	5	2	2	3		6	
9. Магнитные моменты атомов, Множитель Ланде.	5	2	2	3		6	
10. Спектры сложных атомов. Понятие	5	2	2	3		8	



мультиплетности состояний. Символ атомного состояния							
Всего за модуль		10	10	15		32	
<b>Модуль 3. Атом в магнитном поле</b>							
11. Объяснение периодической системы элементов Менделеева. Правило Гунда.	5	2	2	3		6	
12. Применение векторной модели к спектру атома гелия. Принцип Паули.	5	2	2	3		6	
13. Сложный эффект Зеемана. Расщепление энергетических уровней атома при помещении атома в слабое магнитное поле.	5	2	2	3		8	
14. Смысл сильного магнитного поля. Простой эффект Зеемана.	5	2	2	3		6	
15. Расщепление линий в спектре атома лития в слабом и сильном магнитном полях.	5	2	2	3		6	
16. Эффект Пашена – Бака. Расщепление уровней. Расщепление линий излучения.	5	2	2	3		6	
Итого за модуль		12	12	18		38	
<b>Подготовка к экзамену</b>							
						36	
<b>Итого (252 часа)</b>		32	32	50	36	102	

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### Модуль 1.

##### Развитие атомистических представлений об излучении

Тепловое равновесное излучение. Испускательная и поглощательная способности тела. Абсолютно черное тело. Законы теплового излучения: законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Формула Рэля-Джинса. “Ультрафиолетовая катастрофа”. Гипотеза квантов энергии. Формула Планка и следствия, вытекающие из нее. Внешний фотоэффект. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и его экспериментальная проверка. Внутренний фотоэффект. Фотоны, их энергия, масса и импульс. Эффект Комптона. Природа электромагнитного излучения.

##### Волновые свойства частиц

Корпускулярно-волновая двойственность свойств электромагнитного излучения. Гипотеза де Бройля о двойственной корпускулярно-волновой

природе частиц вещества и ее подтверждение. (Опыт Девиссона и Джермера). Свойства волн де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

### **Строение атома и теория Бора**

Спектральные серии атома водорода. Атомные спектры и их закономерности. Постоянная Ридберга. Обобщенная формула Бальмера. Спектральные термы. Комбинационный принцип Риза. Модель атома Томсона и ее неприменимость для описания линейчатых оптических спектров. Ядерная модель атома (модель Резерфорда). Опыты Резерфорда по рассеянию альфа- частиц. Формула Резерфорда. Планетарная модель атома, ее проверка и ее недостатки. Квантовые постулаты Бора и их экспериментальное подтверждение. (Опыт Франка и Герца). Элементарная боровская теория атома водорода. Теория строения водородоподобных атомов по Бору. Учет движения ядра в теории Бора. Магнитные свойства атома в теории Бора. Недостатки теории Бора.

## **Модуль 2.**

### **Физические основы квантовой механики**

Основные положения квантовой механики. Операторы в квантовой механике (Волновая функция, ее нормировка, средние значения, операторы импульса и энергии). Операторы важнейших физических величин: оператор координаты, оператор импульса, оператор вектора импульса, оператор момента импульса, оператор квадрата момента импульса, оператор проекции момента импульса, оператор кинетической энергии, оператор потенциальной энергии, оператор полной энергии. Волновое уравнение Шредингера. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Движение свободной частицы в одномерной потенциальной яме. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Гармонический осциллятор в квантовой механике. Прохождение частиц через прямоугольный потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прозрачности. Туннельный эффект. Квантово-механическое описание атома водорода: уравнение Шредингера, энергия, квантовые числа, энергетический спектр. Электрон в водородоподобном атоме.  $1s$  – состояние электрона в атоме водорода. Энергетический спектр электрона. Квантовые числа: главное, орбитальное и магнитное орбитальное.

## **Модуль 3. Атом в магнитном поле**

### **Орбитальный, спиновый и полный механический и магнитный моменты электрона в атоме**

Орбитальный момент количества движения, магнитный орбитальный момент. Спин электрона. Опыт Штерна и Герлаха. Нормальные и возбужденные состояния атома водорода. Снятие вырождения состояний в атоме водорода: снятие вырождения состояний по магнитному квантовому числу, снятие вырождений по орбитальному квантовому числу. Собственный момент количества движения электрона (спин), магнитный спиновый

момент. Спиновое и магнитное спиновое квантовые числа. Полный механический момент электрона, полный и эффективный магнитные моменты. Внутреннее и магнитное внутреннее квантовые числа. Фактор Ланде. Спин - орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра.

### Структура и спектры сложных атомов

Определение энергетических состояний электронов в сложных атомах. Сложение моментов и типы связи электронов в атоме. Застройка электронных оболочек в атоме. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева. Правило Хунда. Оптические спектры сложных атомов. Энергетические уровни и оптический спектр атома во внешнем постоянном Магнитном поле. (Нормальный и аномальный эффект Зеемана, эффект Пашена - Бака).

### Молекулярные спектры

Элементарные сведения о строении молекул. Энергия молекулы. Особенности молекулярных спектров. Квантование колебательных и вращательных уровней молекул. Спектры поглощения и комбинационного рассеяния света.

### Рентгеновское излучение.

Рентгеновское излучение. Открытие рентгеновских лучей. Рентгеновские спектры. Закон Мозли. Дифракция и интерференционное отражение рентгеновских лучей. Уравнение Лауэ. Условие Вульфа-Брэгга. Вынужденное излучение. Элементы физики лазеров.

### Наименование тем и содержание практических занятий

	<b>Модуль 1.</b>	<b>1</b>
Название темы	Содержание темы	Объем в часах
Корпускулярные свойства волн.	Фотоны и волны. Схема опыта Комптона. Квантовая теория эффекта Комптона. Комптоновская длина волны. Энергия рассеянного фотона. Энергия отдачи электрона. Задачи: №1.4- 1.8; №1.11- 1.15 ( 1 .ч.1)	6
Волновые свойства корпускул	Гипотеза де Бройля, уравнения де Бройля Задачи: №2.3 -2.9- и 2.18. – 2.28 ( 1 .ч.1)	6
Дискретность атомных состояний.	Потенциалы возбуждения и ионизации, формула энергии атома, обобщенная формула Бальмера. Задачи: № 3-1 - 3.33 ( 1  ч.1)	4
	<b>Модуль 2</b>	
Магнитный и механический моменты атома.	Квантовые числа, характеризующие атом, спиновый, орбитальный и полный моменты атома. Мультиплетное расщепление атома. Задачи: № 1.10 – 1.21 ( 2  ч.2)	6
Многоэлектронные атомы.	Символическое обозначение атома. Ридберговские термы. Задачи: № 2.1 – 2.21 из части 2 литературы 2	6
Взаимодействие атома с	Смысл слабого и сильного поля. Сложный и	4

магнитным полем	простой эффекты Зеемана. Задачи: № 1.1-1.6 ( 2 .ч.2)	
Всего за семестр		32

### Наименование тем лабораторных работ

Наименование тем	Продолжительность в часах	Домашняя подготовка	Цель	Задачи
	<b>Модуль 1.</b>			
1.Изучение атома спектра атома ртути.	<b>6</b>	<b>2</b>	Знакомство с МНК и определение эмпирических коэффициентов	1. Градуировка монохроматора, 2. Построение экспериментальной и теор. кривых
2.Изучение спектра атома водорода	<b>4</b>	<b>4</b>	Исследование спектра атома водорода	1. Определение линий в спектре в видимой области. 2. Определение постоянных Ридберга и Планка.
3. Исследование спектров поглощения с помощью фотометра	<b>6</b>	<b>2</b>	Исследование спектра поглощения красителя	1. Снятие спектральных характеристик . 2. Построение зависимости $D$ от $\lambda$
4.Определение энергии диссоциации молекулы йода	<b>6</b>	<b>2</b>	Определение энергии диссоциации	1.Градуировка спектроскопа, 2. Вычисление энергии диссоциации атома йода.
5.Определение потенциалов возбуждения	<b>6</b>	<b>2</b>	Убедиться в дискретности энергетических уровней атома	1.Снятие ВАХ прибора. 2.Определение резонансного потенциала для атома водорода
	<b>Модуль 2</b>			
6.Особенности рассеяния электронов на атомах	<b>6</b>	<b>2</b>	Наблюдение и изучение волновых свойств частиц вещества	1. Снятие ВАХ, 2. Оценка размеров потенциальной ямы.

7.Определение потенциалов ионизации инертных газов с помощью осциллографа	6	2	Наблюдение и изучение волновых свойств частиц вещества	1. Построение ВАХ Оценка потенциалов возбуждения указанных газов.
8.Определение удельной рефракции молекул	4	4	Знакомство с основными электрическими и оптическими свойствами молекул.	1.Определение рефракции вещества, 2.Определение показателя преломления и плотности.
9.Исследование спектральной чувствительности п/п фотоэлемента	6	2	Углубление основных знаний о свете и знакомство с практическими применениями фотоэффекта в технике.	1.Снятие градуировочной кривой спектроскопа, 2.Построение спектральной характеристики, 3.Определение работы выхода п/п фотоэлемента
Итого	50	22		

**5. Образовательные технологии:** активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены, компьютеры. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролируемые модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для выполнения физического практикума и подготовке к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки по курсу физика атома, которые в сочетании с внеаудиторной работой

способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках *лабораторного практикума* используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты закрепляют навыки (приобретенные на 1-2 курсах), опыт общения с ЭВМ и использования статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

*Промежуточный контроль.* В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

*Итоговый контроль.* Экзамен в конце 5 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-2 ПК-1	Знать ...	Устный опрос, письменный опрос
ПК-7, ПК-17	Уметь ...	Письменный опрос
ПК-6, ПК-7, ПК-17, ПК-19	Владеть ...	Круглый стол
	Владеть ...	Мини-конференция

### **7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.**

**Критерии оценок на курсовых экзаменах**

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

**Критерии оценок** следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разьяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

**Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:**

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

ОК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции « \_\_\_\_\_ »  
(приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый				

ПК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции « \_\_\_\_\_ »  
(приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что	Оценочная шкала		
---------	-----------------	-----------------	--	--

	обучающийся должен продемонстрировать)	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый				

...

...

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### *Примерные темы рефератов по физике*

1. Интерпретация туннельного эффекта.
2. Философское толкование соотношения Гейзенберга.
3. Рентгеновское излучение, характеристические спектры.
4. Эксперименты, подтвердившие волновые свойства частиц.
5. Эксперименты, приведшие к гипотезе де Бройля.
6. Операторный метод в квантовой механике.
7. Интерпретация фотонов.
8. Условия равновесия.
9. Классическая теория излучения, формула Планка.
10. Возникновение кристаллической решетки, типы связей в кристаллах.
11. Применение лазеров в технологических процессах.
12. Принцип туннельной микроскопии.
13. Лазерное разделение изотопов в магнитном поле.
14. Принцип ЯМР - томографии.
15. Водородная энергетика.
16. Устройство и принцип действия твердотельных лазеров.
17. Проблемы термоядерного синтеза.
18. Взаимодействие мощного лазерного излучения с атомами и молекулами

#### *Примеры тестовых заданий по физике атома:*

##### *Вариант №1*

1. На основе результатов каких опытов Резерфорд предложил планетарную модель атома?

1) Опыты Ленарда. 2) Опыты по взаимодействию протонов с веществом. 3) \* Бомбардировка  $\alpha$ -частицами металлических пленок. 4) Бомбардировка нейтронами металлических пленок. 5) Облучение металлических пленок  $\gamma$ -квантами.

2. Волновое уравнение Шредингера для частицы в потенциальной яме имеет вид  $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E-U)\psi = 0$ , решение, которого имеет вид:  $\Psi(x) = \sqrt{\frac{2}{e}} \sin \frac{n\pi x}{e}$ . Какая из нижеперечисленных функций определяет плотность вероятности распределения частицы по пространству в состоянии с  $n=1$ .

- 1)  $\sqrt{\frac{2}{e}} \sin \frac{\pi x}{e}$ . 2) \*  $\frac{2}{e} \sin^2 \frac{\pi x}{e}$ . 3)  $\frac{2}{e} \sin^3 \frac{\pi x}{e}$ .



3. Какие значения внутреннего квантового числа  $j$  может иметь атом в состоянии с квантовыми числами  $S=2$  и  $L=3$ .

1) 0, 1, 2, 3, 4. 2)  $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \frac{7}{2}$  3) \* 1, 2, 3, 4, 5.

4. Вычислить фактор Ланде и величину магнитного момента для следующих термов: а)  ${}^6F_{\frac{1}{2}}$ ; б)  ${}^5F_2$ .  $g = 1 + \frac{j(j+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2j(j+1)}$ ;  $m = g\sqrt{j(j+1)}m_B$ ;  $m_B = \frac{eh}{2\pi mc}$ .

1. \* а)  $g = -\frac{2}{3}$ ;  $\mu = \frac{1}{3}\mu_B\sqrt{3}$ . 2. а)  $g = -2$ ;  $\mu = 2\mu_B\sqrt{5}$ . 3. а)  $g = -1$ ;  $\mu = \mu_B\sqrt{7}$ .

4. \* б)  $g = 1$ ;  $\mu = \mu_B\sqrt{6}$ . 5. б)  $g = 2$ ,  $\mu = \mu_B\sqrt{2}$  6. б)  $g = 3$ ,  $\mu = 3\mu_B\sqrt{3}$ .

5. Чем определяется тонкая структура спектральных линий?  
1) \* Спинорбитальным взаимодействием. 2) Главным квантовым числом  $n$ . 3) Орбитальным квантовым числом  $l$ .

### Вариант №2

1. Какими опытами была подтверждена справедливость планетарной модели?

1) Опыты Томсона. 2) \* Опыты Резерфорда.

2. Решение уравнения Шредингера для водородоподобного атома имеет вид:

$$\psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi) = Ae^{-\frac{r}{r_0}} e^{im\varphi} \sum_{i=0}^{n-l-1} a_i \left(\frac{2r}{r_0}\right)^{l+i} (\sin \theta)^{|m|} \sum_{i=0}^{l-|m|} b_i \cos^i \theta.$$

Какая из нижеперечисленных выражений определяет плотность вероятности распределения электрона по пространству с квантовыми числами  $n=1$ ,  $l=0, m=0$ ?

1)  $A l \frac{r}{r_0}$ . 2) \*  $N^2 e^{-\frac{2r}{r_0}} 4\pi r^2$ . 3)  $A^2 e^{-\frac{r}{r_0}} e^{im\varphi}$

3. Длины волн компонент желтого дублета резонансной линии натрия, обусловленной переходом  $3P \rightarrow 3S$ , равны 589,00 и 589,56 ПМ. Найти величину расщепления  $3P$ -терма в эВ.

1) \*  $\Delta E = 2,0$  мэВ. 2)  $\Delta E = 1,2$  мэВ. 3)  $\Delta E = 3,0$  мэВ.

4. Некоторая спектральная линия, обусловленная переходом в  ${}^2S_{\frac{1}{2}}$  состояние, расщепилась в слабом магнитном поле на шесть компонент. Написать спектральный терм исходного состояния.

1)  ${}^3P_{\frac{5}{2}}$ . 2)  ${}^3P_{\frac{3}{2}}$ . 3) \*  ${}^2P_{\frac{5}{2}}$

5. Что называется статистическим весом состояния атома?

1)  $2S+1$ . 2)  $2n$ . 3)  $2l$ . 4) \*  $2j+1$ .

### Вариант №3

1. Кто предложил теорию рассеяния потока  $\alpha$ -частиц тонкими металлическими пластинками?

1) Гельгольц. 2) \* Резерфорд. 3) Больцман. 4) Марсден. 5) Гольштейн.

2. Решение уравнения Шредингера для водородоподобного атома имеет вид:

$$\psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi) = Ae^{-\frac{r}{r_0}} e^{im\varphi} \sum_{i=0}^{n-l-1} a_i \left(\frac{2r}{r_0}\right)^{l+i} (\sin \theta)^{|m|} \sum_{i=0}^{l-|m|} b_i \cos^i \theta.$$

Какая из нижеперечисленных выражений дает плотность распределения вероятности в  $2S$  состоянии.

1) \*  $N_1 r^2 e^{-\frac{2r}{r_0}} \left(a_0 + a_1 \frac{2r}{r_1}\right)^2$  2)  $Ne^{-\frac{r}{r_0}} \left(a_0 + a_1 \frac{2r}{r_0}\right)$  3)  $N^2 \cos^2 \theta$

3. Энергия связи валентного электрона атома лития в состояниях 2S и 2P равна соответственно 5,39 и 3,54 эВ. Вычислить ридберговские поправки для 2S и 2P- термов этого атома.  $\frac{1}{\lambda} = R \frac{1}{(2 + B_s)^2} - \frac{1}{(n + B_p)^2}$  при  $n = \infty$  энергия связи равно

$$\frac{hc}{\lambda} = 5,39, B_s = \sqrt{\lambda_1 R} - 2, B_p = \sqrt{\lambda_2 R} - 2$$

- 1) \*  $B_s = -0,41; B_p = -0,04;$  2)  $B_s = -0,6; B_p = 0,5;$  3)  $B_s = -0,3; B_p = -0,6$

4. Возбужденный атом имеет электронную конфигурацию  $1s^2 2s^2 2p 3d$  и находится при этом в состоянии с максимально возможным полным механическим моментом. Найти магнитный момент атома.

- 1)  $\mu = (3\sqrt{3/2})\mu_B$  2)  $\mu = (5\sqrt{3/2})\mu_B$  3) \*  $\mu = (3\sqrt{5/2})\mu_B$

5. Чем определяется сверхтонкая структура спектральных линий?

- 1) Энергией связи электронов с ядром. 2) \* Взаимодействием магнитного момента оптических электронов с магнитным моментом ядра. 3) Взаимодействием электронов оболочки атома.

#### Вариант №4

1. Что подтвердили опыты Франка-Герца?

- 1) Атом может обладать любой энергией. 2) Атом принимает любую порцию энергии. 3) Изолированный атом может обладать дискретным рядом значений энергии и не принимает любую порцию энергии. 4) Энергия атома меняется непрерывно. 5) \* Энергия атома меняется дискретно.

2. Решением уравнения Шредингера является совокупность волновых функций, каждая из которых описывает возможное состояние движения электрона в атоме.

$$\Psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi) = A e^{r/r_0} e^{im\varphi} \sum_{i=0}^{n-l-1} a_i (2r/r_0)^{l+i} (\sin \theta)^{|m|} \sum_{i=0}^{l-|m|} b_i \cos^i \theta$$

Определите сколько возможных квантовых состояний имеется при данном главном квантовом числе  $n$

- 1)  $n^3$  2)  $n$  3) \*  $n^2$

3. Волновая функция электрона в основном состоянии атома водорода имеет вид

$$\psi(r) = A \exp\left(-\frac{r}{r_1}\right), \text{ где } A - \text{ некая постоянная, } r_1 - \text{ первый Боровский радиус. Найти}$$

наиболее вероятное расстояние между электроном и ядром.  $\frac{d}{dr} (4\pi r^2 e^{-\frac{2r}{r_1}}) = 0$  отсюда

$$r = r_1.$$

- 1) \*  $r_{\text{вер}} = r_1$  2)  $r_{\text{вер}} = 0,5r_1$  3)  $r_{\text{вер}} = 0,25r_1$

4. Найти с помощью правил Хунда магнитный момент основного состояния атома, незамкнутая подоболочка которого заполнена равно наполовину пятью электронами.

- 1)  $\mu = \mu_B \sqrt{15} ({}^3 S_{7/2})$  2) \*  $\mu = \mu_B \sqrt{35} ({}^6 S_{5/2})$  3)  $\mu = \mu_B \sqrt{20} ({}^4 S_{5/2})$

5. Какими квантовыми числами определяется состояние электрона в атоме?

- 1) Главным и орбитальным  $n, l$  - числами. 2) Главным, орбитальным и магнитным орбитальными  $n, l, m_l$  - числами. 3) \* четырьмя квантовыми числами  $n, l, m_l, m_s$  ( $m_s$  - магнитное спиновое квантовое число).

#### Вариант №5

1. В основу теории Бора какая из следующих моделей атома положена?

- 1) Классическая модель атома Томсона. 2) \* Планетарная модель атома Резерфорда. 3) Обе модели положены в основу теории Бора.

2. Что определяет  $\Psi$  - функция?

1)\* Возможное квантовое состояние движения электрона в атоме. 2) Траекторию движения электрона. 3) Возможные значения квантовых чисел.

3. 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  $\Delta E = 0.30 \text{ эВ}$ .

1) \*  $l = 2,5 \text{ нм}$  2)  $l = 4,5 \text{ нм}$  3)  $l = 6 \text{ нм}$

4. Вычислить фактор Ланде для атомов: а) в s-состояниях; б) в синглетных состояниях  $g = 1 + \frac{I(I+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2j(j+1)}$

1) а)  $g_s = 3$ ; б)  $g=2$  2) \* а)  $g = 2$ ; б)  $g=1$  3) а)  $g = 1$ ; б)  $g=2$

5. Атом находится в состоянии с квантовыми числами L и S. Определить максимально возможный полный механический момент.

1)  $N = \frac{h}{2\pi\sqrt{L(L+1)}}$  2)  $N = \frac{h}{2\pi\sqrt{S(S+1)}}$  3) \*  $N = \frac{h}{2\pi\sqrt{j(j+1)}}$

### Вариант №6

1. В основу вывода объединенной формулы Бальмера какой постулат Бора положен?

1) Первый постулат Бора. 2) Второй постулат Бора. 3) \* Третий постулат Бора.

2. согласно решению уравнения Шредингера энергия атома определяется выражением  $E_n = -\frac{2\pi^2 m z^2 e^4}{n^2 h^2}$ . Чему равна степень выражения при данном квантовом числе n?

1)  $2n$  2) \*  $n^2$  3)  $n^3$

3. Две одинаковые нерелятивистские частицы движутся перпендикулярно друг к другу с дебройлевскими длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Найти дебройлевскую длину волны обеих частиц в системе их центра масс.

1)  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2 \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$  2)  $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$  3) \*  $\frac{2\lambda_1 \lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$

4. Определить спиновый механический момент атома в состоянии  $D_2$ , если максимальное значение проекции магнитного момента в этом состоянии равно четырем магнитомам Бора.

1) \*  $\mu_s = 2\sqrt{3}h$  2)  $\mu_s = \sqrt{5}h$  3)  $\mu_s = 3\sqrt{7}h$

5. Что гласит правило Хунда?

1) Наименьшая энергия у термина с минимальным значением спинового квантового числа S.  
2) Наименьшая энергия у термина с максимальным квантовым числом L. 3) \* Наименьшая энергия у термина с максимальным значением S при данной электронной конфигурации и максимально возможным при этом  $S_{\text{max}}$  значении L.

### Вариант №7

1. Почему теория Бора не смогла объяснить спектральные закономерности гелия?

1) Бор пользовался только классической физикой. 2)\* Бор пользовался классической механикой и квантовыми закономерностями излучения, допуская логическую непоследовательность. 3) Бор учитывал только квантовые закономерности излучения.

2. Решение уравнения Шредингера для щелочного элемента и атома водорода весьма похоже, в отличие от атома водорода для щелочного элемента выражения по орбитальному числу l снимается. Почему это происходит?

1) \* В атоме водорода электрон движется в центральном поле, а в атоме щелочного элемента валентный электрон движется в поле атомного остатка, поле которого

нецентрально. 2) В атоме щелочного элемента много электронов. 3) Снятие вырождения по квантовому числу  $l$  связано с числом протонов в ядре.

3. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону. Чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась от 100 до 50 пМ.  
1) 5 кэВ 2) \* 0,45 кэВ 3) 12 кэВ.

4. В силу какого принципа атомы отталкиваются при проникновении их полностью заполненных оболочек?

1) Принципа детального равновесия. 2) \* Принципа Паули. 3) Принципа дополнительности Гейзенберга.

5. Единственная незаполненная подоболочка некоторого атома содержит три электрона, причем основной терм атома имеет  $L=3$ . Найти с помощью правил Хунда спектральный символ основного состояния данного атома.

1)  $^3D_2$  2)  $^2P_{1/2}$  3) \*  $^4F_{3/2}$

### Вариант №8

1. Какие опыты подтвердили гипотезу де-Бройля о том, что частицы обладают волновыми свойствами?

1) Опыты по прохождению электронов через газ. 2) \* Опыты Дэвиссона и Джермера по дифракции электронов на кристаллических решетках. 3) Опыты по взаимодействию  $\gamma$ -квантов с веществом.

2. Из приведенных ниже формул какая формула относится к резонансной линии атома лития.

1) \*  $K_1 = 1/\lambda_1 = R/(2 + \sigma_s)^2 - R/(2 + \sigma_p)^2$  2)  $K_2 = 1/\lambda_2 = R/(2 + \sigma_s)^2 - R/(3 + \sigma_p)^2$

3)  $K_3 = 1/\lambda_3 = R/(2 + \sigma_p)^2 - R/(3 + \sigma_s)^2$

3. Найти дебройлевскую длину волны молекул водорода, соответствующую наиболее вероятной скорости при комнатной температуре.

1) 50 пм; 2) \* 128 пм; 3) 150 пм.

4. Используя правило Хунда, найти основной терм атома, незаполненная оболочка которого содержит три р- электрона.

1)  $^3P_1$  2)  $^1D_{5/2}$  3) \*  $^4S_{3/2}$ .

5. При каких условиях возникает характеристическое рентгеновское излучение?

1) Характеристическое излучение возникает при торможении электронов.

2) Характеристическое излучение связано с оптическими электронами.

3) \* Характеристическое рентгеновское излучение при переходе электронов между внутренними оболочками.

### Вариант №9

1. Какие частицы обладают волновыми свойствами?

1) Электроны. 2) Протоны. 3) Нейтроны. 4)  $\alpha$ - частицы. 5)\* Все частицы как заряженные, так и нейтральные.

2. Чем объясняется дублетная структура термов щелочных металлов?

1) Взаимодействием валентного электрона с остальными электронами в атоме. 2) \* Спино-орбитальным взаимодействием. 3) Взаимодействием орбитального магнитного момента валентного электрона с ядерным магнитным моментом.

3. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона, имеющего энергию 100 эВ.

1) \*  $1,2 \overset{0}{\text{А}}$  2)  $4 \overset{0}{\text{А}}$  3)  $6 \overset{0}{\text{А}}$ .

4. Вычислить в магнитолах Бора магнитный момент атома: а) в  $^1F$ - состоянии; б) в состоянии  $^2D_{3/2}$ .

1)\* а)  $\mu = \sqrt{12}\mu_B$  б)  $\mu = \sqrt{3/5}\mu_B$ ; 2) а)  $\mu = \sqrt{6}\mu_B$  б)  $\mu = \sqrt{7/2}\mu_B$ ; 3) а)  $\mu = \sqrt{8}\mu_B$

$$б) \mu = \sqrt{7/2} \mu_B$$

5. Каково условие магнитного резонанса?

1)  $h\omega = g\mu_B$     2) \*  $h\omega = g\mu_B H$     3)  $E = mc^2$

### Вариант №10

1. Какова природа волн де Бройля?

1) Пакет волн де Бройля образуют частицу. 2) Волны де Бройля - электромагнитные волны. 3) Волны де Бройля - механические волны. 4)\* волны де Бройля есть волны вероятности.

2. Чем определяется тонкая структура спектральных линий?

1) \* Спино - орбитальным взаимодействием и релятивистским эффектом зависимости массы атомного электрона от скорости его движения вокруг ядра. 2) Релятивистским эффектом зависимости массы электрона от скорости. 3) Взаимодействием электронов с ядром.

3. Вычислить радиус первой борвской орбиты и скорость на ней для атома

водорода:  $r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e v^2}$      $v_n = \frac{2\pi z l^2}{nh}$

1) \*  $r = 0,529 \cdot 10^{-8} \text{ см}; v = 2,18 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$     2)  $r = 6,38 \cdot 10^{-7} \text{ см}; v = 7,11 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$

3)  $r = 5,27 \cdot 10^{-8} \text{ см}; v = 4,38 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$

4. Найти кратность вырождения состояния  $^2P$  с максимально возможным полным механическим моментом.

1) \* 4    2). 6    3) 5.

5. Какой тип связи в молекуле водорода.

1) Ионная связь. 2) Электромагнитная связь. 3) \* Ковалентная связь.

### Вариант №11

1. Почему в спектре гелия имеются две главные серии, две резкие и две диффузные серии?

1) Из-за необходимости учета энергии электростатического взаимодействия электронов. 2) \* Из-за интеркомбинационного запрета  $\Delta S=0$  (при радиационных переходах спиновое квантовое число  $S$  не меняется). 3) Из-за взаимодействия электронов с ядром.

2. В чем заключается принцип Паули?

1) \* В любой физической системе (в частности в атоме) не может существовать двух и более электронов в одном и том же квантовом состоянии. 2) В атоме в одном и том же квантовом состоянии может находиться не более двух электронов. 3) В атоме в одном квантовом состоянии может находиться не более 3-х электронов.

3. \* Покоящийся ион  $\text{He}^+$  испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Этот фотон вырвал электрон из атома водорода, который находился в основном состоянии. Найти скорость фотоэлектрона.

1)  $v = 8 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$     2)  $v = 10^6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$     3)  $v = 3,1 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$

4. \* Определить суммарную кратность вырождения  $3D$  состояния атома лития. Каков физический смысл этой величины?

1) Кратность вырождения равна пяти. 2) Кратность вырождения равна  $10^{\text{Th}}$ . 3) Кратность вырождения равна  $3^{\text{M}}$ .

5. Почему спектр тормозного рентгеновского излучения является сплошным и имеет коротковолновую границу?

- 1) \* Спектр тормозного рентгеновского излучения является сплошным из-за того, что часть энергии электрона идет на излучение, а оставшаяся часть энергии как тепло передается аноду. 2) Спектр является сплошным из-за различия энергии электронов. 3) Из-за электростатического отталкивания электронов.

### Вариант №12

1. Состояния атома гелия  $2^1S_0$  и  $2^3S_1$  называются метастабильными. Почему из этих возбужденных состояний атом гелия не может переходить в основное состояние  $1^1S_0$  или  $1^3S_1$ .

- 1) Правило отбора по магнитному квантовому числу  $\Delta m_j = 0, \pm 1$  запрещает такие переходы. 2) \* Такие переходы запрещаются по правилу отбора по орбитальному квантовому числу  $\Delta l = \pm 1$ . 3) Такие переходы запрещены по интеркомбинационному запрету  $\Delta S = 0$ .

2. На каких принципах основано объяснение периодической системы элементов Менделеева?

- 1) На положении принципа о квантовых числах  $n, l, m_l, m_s$ . 2) На принципе Паули. 3) На принципе – система устойчива тогда, когда находится в состоянии с наиболее низкой возможной энергией. 4) \* На всех трех принципах.

3. Покоившийся атом водорода испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Какую скорость приобрел атом?

- 1)  $v = 10^{-3} \frac{M}{сек}$  2)  $v = 10^2 \frac{M}{сек}$  3) \*  $v = 3,25 \frac{M}{сек}$

4. Установить какие из нижеперечисленных переходов запрещены правилами отбора.

- 1)  $^2D_{3/2} \rightarrow ^2P_{1/2}$  2)  $^3P_1 \rightarrow ^2S_{1/2}$  3) \*  $^3F_3 \rightarrow ^3P_2$  4)  $^4F_{7/2} \rightarrow ^4D_{5/2}$

5. При образовании кристаллов из атомов в кристалле возникают разрешенные и запрещенные энергетические зоны. Почему?

- 1) Из-за требования закона сохранения энергии. 2) \* К зонной энергетической структуре твердых тел приводит принцип Паули. 3) К зонной структуре твердых тел приводит соблюдение законов сохранения.

### Вариант №13

1. Сколько возможно квантовых состояний движения электронов в атоме при данном главном квантовом числе  $n$  с учетом спина электрона?

- 1)  $n^2$  2) \*  $2n^2$  3)  $2n+1$ .

2. В чем заключается правило Хунда?

- 1) Самым глубоким термом является тот терм с которым связано наибольшее внутреннее магнитное квантовое число  $m_j$ . 2) \* Среди термов атома самым глубоким является тот, который связан с наибольшим значением спинового квантового числа  $S$ , а среди термов с равным  $S$  – тот, который связан с наибольшим значением орбитального квантового числа  $L$ . 3) Среди термов атома самым глубоким является тот терм, который связан с наибольшим значением внутреннего квантового числа  $j$ .

3. Найти энергию связи электрона в основном состоянии водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна 108,5 нм.

- 1)  $E_{св} = 24 \text{ эВ}$  2) \*  $E_{св} = 54,4 \text{ эВ}$  3)  $E_{св} = 40 \text{ эВ}$ .

4. Атом находится в состоянии мультиплетность которого равно трем, а полный механический момент  $h\sqrt{20}$ . Каким может быть квантовое число  $L$ ?

- 1)  $L=1,2$  2)  $L=1,2,6$  3) \*  $L=3,4,5$ .

5. Чем отличаются диэлектрики от проводников?

- 1)\* У диэлектриков ширина запрещенной зоны больше чем у проводников. 2) Отсутствием зоны проводимости. 3) Частичным заполнением валентной зоны.

#### **Вариант №14**

**1.** Когда возникает характеристическое рентгеновское излучение?  
1. При торможении электронов у антикатада. **2. \*** При переходе электронов с верхних внутренних оболочек на нижние с соблюдением правил отбора. **3.** При переходе валентного электрона с внешнего на внутренний уровень.

**2.** Почему снимается вырождение по магнитному квантовому числу, когда атом находится во внешнем магнитном поле?

1)\* Атом приобретает дополнительную энергию из-за взаимодействия магнитного момента атома с магнитным полем. 2) Из-за электростатического взаимодействия электронов оболочки друг с другом. 3) Из-за принципа Паули.

**3.** Вычислить постоянную Ридберга, если известно, что для ионов  $\text{He}^+$  разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана  $\Delta\lambda = 133,7 \text{ нм}$ .

1)  $R = 2 \cdot 10^{13} \text{ сек}^{-1}$     2) \*  $R = 2,07 \cdot 10^{16} \text{ сек}^{-1}$     3)  $R = 3 \cdot 10^{16} \text{ сек}^{-1}$

**4.** Известно, что в F и D – состояниях число возможных значений квантового числа j одинаково и равно пяти. Определить спиновой механический момент в этих состояниях.

1)  $m_{s \max} = \hbar\sqrt{5}$     2) \*  $m_{s \max} = \hbar\sqrt{6}$     3)  $m_{s \max} = \hbar\sqrt{4}$

**5.** Что нужно для наличия проводимости в твердом теле?

1) Полностью заполненная электронами валентная зона. 2) \* Свободные энергетические уровни в зоне проводимости и в валентной зоне твердого тела. 3) Наличие разности потенциалов.

#### **Вариант №15**

**1.** Когда имеет место сложный эффект Зеемана?  
1) В сильном магнитном поле. 2) \* В слабом магнитном поле. 3). В переменном магнитном поле.

**2.** Какой тип связи осуществляется в кристаллах германия и кремния?

1) Ионная связь. 2) \* Ковалентная связь. 3) Металлическая связь. 4) Межмолекулярная связь.

**3.** Найти квантовое число n, соответствующее возбужденному состоянию ион  $\text{He}^+$ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5 и 30,4.

1)  $n=6$     2)  $n=3$     3) \*  $n=5$ .

**4.** найти максимально возможный полный механический момент и соответствующее спектральное обозначение термина атома натрия, валентный электрон которого имеет главное квантовое число  $n=4$ .

1)  ${}^1F_{3/2}, m_{\max} = \hbar\sqrt{30}$     2) \*  ${}^2F_{7/2}, m_{\max} = \hbar\sqrt{63/4}$     3)  ${}^3F_{6/2}, m_{\max} = \hbar\sqrt{23}$

**5.** какие процессы происходят при взаимодействии рентгеновских лучей с веществом.

1) Рассеяние рентгеновских квантов. 2) Фотоэлектрическое поглощение. 3) Возникновение позитронно-электронных пар. 4) \* Все эти явления.

#### **Вариант №16**

**1.** Что происходит с атомными энергетическими уровнями при объединении атомов в твердое тело?

1) Сокращается число энергетических уровней. 2) Увеличивается число энергетических уровней. 3) \* Энергетические уровни атома превращаются в энергетические зоны, между

которыми имеются запрещенные энергетические зоны. Число уровней не меняется. Число уровней определяется количеством атомов, образовавших кристалл.

2. Какое из нижеперечисленных выражений является условием парамагнитного резонанса?

1)  $\hbar\omega^2 = q^3 m_b H$     2) \*  $\hbar\omega = q m_b H$     3)  $\hbar^2\omega = \sqrt{q} m_b H$

3. Энергия связи электрона в основном состоянии атома гелия  $E_0=24,6$  эВ. Найти энергию удаления обоих электронов

1) 40эВ    2) 50 эВ    3) \* 79 эВ.

4. Найти возможные значения полных механических моментов атомов, находящихся в состояниях  $^4P$  и  $^5D$ .

1) \* Для  $^4P$  состояния  $\hbar\sqrt{3/4}; \hbar\sqrt{15/4}; \hbar\sqrt{35/4}$ . Для  $^5D$  состояния  $0; \hbar\sqrt{2}; \hbar\sqrt{6}; \hbar\sqrt{12}; \hbar\sqrt{20}$

2) Для  $^4P$  состояния  $\hbar\sqrt{3}; \hbar\sqrt{15/2}; \hbar\sqrt{35}$     3) Для  $^5D$  состояния  $\hbar\sqrt{4}; \hbar\sqrt{7/2}; \hbar\sqrt{9/2}; \hbar\sqrt{12/3}$

5. Чем отличается собственная проводимость полупроводника от примесной проводимости?

1) \* Примесная проводимость обеспечивается примесями, при этом проводимость может быть как дырочной так и электронной. 2) Собственная проводимость обеспечивается электронами и дырками. При этом плотность дырок равна плотности электронов. 3) Примесную проводимость можно регулировать в широких пределах.

Варианты	Номера ответов				
	1	2	3	4	5
№1	3	2	3	1, 4	1
№2	2	2	1	3	4
№3	2	1	1	3	2
№4	5	3	1	2	3
№5	2	1	1	2	3
№6	3	2	3	1	3
№7	2	1	2	2	3
№8	2	1	2	3	3
№9	5	2	1	1	2
№10	4	1	1	1	3
№11	2	1	3	2	1
№12	2	4	3	3	2
№13	2	2	2	3	1
№14	2	1	2	2	2
№15	2	2	3	2	4
№16	3	2	3	1	1

**Указанные тесты взяты из пособий:**

1. Мутаева Г.И., Эфендиев А.З. Электронная база тестовых заданий для проверки приобретенных знаний. Махачкала 2009. 500 заданий.
2. Мутаева Г.И., Эфендиев А.З. Тестовые задания по физике. Учебное пособие. Махачкала издательство ДГУ. 2009. 34 с.

**Контрольные задания для проведения текущего контроля по практическим занятиям:  
Модуль 1.**



**Корпускулярные свойства волн.** Фотоны и волны. Схема опыта Комптона. Квантовая теория эффекта Комптона. Комптоновская длина волны. Энергия рассеянного фотона. Энергия отдачи электрона. Задачи: №1.4- 1.8; №1.11- 1.15 (|1|.ч.1)

**Волновые свойства корпускул.** Гипотеза де Бройля, уравнения де Бройля Задачи: №2.3 -2.9- и 2.18. – 2.28 (|1|.ч.1).

**Дискретность атомных состояний.** Потенциалы возбуждения и ионизации, формула энергии атома, обобщенная формула Бальмера. Задачи: № 3-1 - 3.33 (|1| ч.1).

#### **Модуль 2.**

**Магнитный и механический моменты атома.** Квантовые числа, характеризующие атом, спиновый, орбитальный и полный моменты атома. Мультиплетное расщепление атома. Задачи: № 1.10 – 1.21 (|2| ч.2).

**Многоэлектронные атомы.** Символическое обозначение атома. Ридберговские термы. Задачи: № 2.1 – 2.21 из части 2 литературы 2.

**Взаимодействие атома с магнитным полем.** Смысл слабого и сильного поля. Сложный и простой эффекты Зеемана. Задачи: № 1.1- 1.6 (|2|.ч.2).

**7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

#### **Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

**Лекции - Текущий контроль** включает:

- посещение занятий \_\_10\_\_ бал.
- активное участие на лекциях \_\_15\_\_ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум \_\_60\_\_ бал.
- и др. (доклады, рефераты) \_\_15\_\_ бал.

**Практика (р/з) - Текущий контроль** включает:

(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий \_\_10\_\_ бал.
- активное участие на практических занятиях \_\_15\_\_ бал.
- выполнение домашних работ \_\_15\_\_ бал.
- выполнение самостоятельных работ \_\_20\_\_ бал.
- выполнение контрольных работ \_\_40\_\_ бал.

**Физический практикум - Текущий контроль** включает:

(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий и наличие конспекта \_\_15\_\_ бал.
- получение допуска к выполнению работы \_\_20\_\_ бал.
- выполнение работы и отчета к ней \_\_25\_\_ бал.
- защита лабораторной работы \_\_40\_\_ бал.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 60 баллов,
- письменная контрольная работа - 30 баллов,

- тестирование - 10 баллов.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### **а) основная литература:**

1. Матвеев А.Н. Атомная физика: Оникс. Мир и Образование, 2007.
2. Савельев И. В. Курс общей физики книга 5. Квантовая физика. Атомная физика. М.: Лань 2006. 368 с.
3. Сарычева Л. И. Введение в физику микромира. Физика частиц и ядер. М.: Либроком. 2010. 90 с.
4. Шпольский Э.В. Атомная физика Т.1. Введение в атомную физику. М. Лань. 2010. 560 с.
5. Шпольский Э.В. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. М.: Лань. 2010. 448 с.
6. Савельев И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. – М.: Изд-во АСТ, 2004. Т.5. – 368 с
7. Сивухин Д.В. Атомная и ядерная физика / Д.В. Сивухин.– М.: Физматлит, 2002. Т.5. – 784 с.
8. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в квантовую физику / Л.Л. Гольдин, Г.И. Новикова. – М.: Наука, 1988. – 656 с.
9. Шпольский Э.В. Атомная физика / Э.В. Шпольский. – М.: Наука, 1984. Т.1. – 552 с.
10. Шпольский Э.В. Атомная физика / Э.В. Шпольский. – М.: Наука, 1984. Т.2. – 447 с.
11. Попов А.М., Тихонова О.В. Лекции по атомной физике, М.: Физ. фак. МГУ, 2007
12. Матвеев А.Н. Атомная физика, М.: Высшая школа, 1989
13. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в квантовую физику, М.: Наука, 1988
14. Вихман Э., Квантовая физика, М.: Наука, 1974
15. Сборник задач по атомной физике, М: Физфак МГУ, 2010 (под редакцией С.С
16. Красильникова, А.М. Попова, О.В. Тихоновой).
17. Гуляев А.В., Красильников С.С., Попов А.М., Тихонова О.В., Харин В.Ю. Сто одиннадцать задач по атомной физике, М.: МГУ, 2012.

### **б) дополнительная литература:**

1. Лорд Л., Лубуров Д. Практическая спектроскопия, М.: Наука, 1950.
2. Калашников С.Г. Электричество. Высшая школа, 1976.
3. Мутаева Г.И., Эфендиев А.З. Электронная база тестовых заданий для проверки приобретенных знаний. Махачкала 2009. 500 заданий.
4. Мутаева Г.И., Эфендиев А.З. Тестовые задания по физике. Учебное пособие. Махачкала издательство ДГУ. 2009. 34 с.
5. Физический практикум по атомной физике. Учебно-методическое пособие, Махачкала: ИПЦ ДГУ. 2013. 96 с.

6. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной физике и ядерной физике /И.Е. Иродов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 215 с.
7. Кислов А.Н. Атомная физика: учебное пособие / А.Н. Кислов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 139 с
8. Борн М. Атомная физика, М.: Мир, 1965
9. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике, т.3,8,9 М.: Мир, 1967
10. Фано У., Фано Л. Физика атомов и молекул, М.: Наука, 1980
11. Милантьев В.П. Атомная физика, М.: Из-во Университета дружбы народов, 1999
12. Милантьев В.П. Физика атома и атомных явлений Автор: Издательство: Абрис Год: 2012. 399 с.

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fero.ru](http://www.fero.ru)).
4. Физика [Электронный ресурс]: реф. журн. ВИНТИ. № 7 - 12, 2008 / Всерос. ин-т науч. и техн. информ. - М.: [Изд-во ВИНТИ], 2008. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - 25698-00.
5. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
6. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
7. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
8. Федеральный центр образовательного законодательства. <http://www.lexed.ru>
9. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

**10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к контрольным работам;
- подготовки к семинарским (практическим) занятиям;
- оформления лабораторно-практических работ (заполнение таблиц, решение задач, написание выводов);
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание рефератов по проблемам дисциплины "Физика атома".
- обязательное посещение лекций ведущего преподавателя;

- лекции – основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал;
- в лекции глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы;
- в лекции даются необходимые разные подходы к исследуемым проблемам;
- подготовку и активную работу на лабораторных занятиях;
- подготовка к лабораторным занятиям включает проработку материалов лекций, рекомендованной учебной литературы.

#### **а) Примерные вопросы для самоподготовки**

##### **Перечень вопросов к зачету по дисциплине «Атомная физика».**

1. В Чем проявляется и чем обусловлен эффект Комптона?
2. Каков вид формулы, описывающей эффект Комптона?
3. Почему эффект Комптона удается наблюдать лишь в опытах с рентгеновским излучением?
4. Почему в рассеянном излучении появляется несмещенная частота?
5. Почему при рассеянии высокоэнергетических гамма – квантов несмещенной частоты не наблюдается?
6. Изложить принципиальную схему наблюдения индивидуальных актов столкновения фотонов с электронами.
7. Изобразить на рисунке схему установки Комптона.
8. Какие выводы были сделаны после опытов Комптона?
9. Описать модель атома Томсона и вывести формулу для радиуса атома исходя из этой модели.
10. В чем недостаток классической модели Томсона?
11. Какую модель строения атома предложил Резерфорд?
12. Какие результаты были получены в опытах Резерфорда по наблюдению рассеяния альфа-частиц при их прохождении через тонкие слои вещества?
13. Какую постоянную определяет отношение скорости электрона на орбите к скорости света в вакууме?
14. Сформулировать квантовые постулаты Бора.
15. В чем заключается новизна представлений о свойствах атомов в теории Бора.
16. Используя постулаты Бора вывести формулы для радиусов боровских орбит и полной энергии атома.
17. Используя постулаты Бора, вычислить кинетическую, потенциальную и полную энергию электрона в атоме водорода.
18. Какие состояния атома называются стационарными?
19. Какое состояние считается основным и какие – возбужденными?
20. Как описываются состояния атомов с помощью энергетических диаграмм?

21. В чем состоят главные недостатки теории Бора? Зарисовать схему опытов Франка и Герца.
22. Объяснить результаты опытов Франка и Герца.
23. Какова длина волны излучения, испускаемого атомами ртути при напряжении 4,9 В между катодом и сеткой?
24. Как объясняется происхождение линейчатых спектров теорией Бора?
25. Почему линейчатые спектры у каждого химического элемента свои, а все атомы одного химического элемента излучают свет с одинаковым линейчатым спектром?
26. Какое соотношение между квантовыми и классическими законами устанавливается принципом соответствия Бор?
27. В чем суть гипотезы де Бройля?
28. Какие эксперименты свидетельствуют о существовании волновых свойств частиц вещества?
29. Каков физический смысл неопределенностей для координаты и импульса?
30. Каков физический смысл неопределенностей для энергии и времени?
31. В чем заключается принципиальное отличие квантово-механического описания системы от классического описания?
32. Какие сведения о квантово-механической системе можно получить на основании решения уравнения Шредингера?
33. Каковы требования, предлагаются к волновой функции?
34. Квантуется ли энергия свободной частицы?
35. Что такое нулевые колебания?
36. Перечислить математические требования к волновой функции.
37. В чем состоит фундаментальное свойство стационарного состояния, называемое его единством?
38. Чем отличаются статистические закономерности квантовой механики от статистических закономерностей классической механики?
39. В чем отличие принципа суперпозиции квантовой механики от принципа суперпозиции классической физики?
40. Сформулировать условия на границах бесконечно глубокой ямы и ямы конечной глубины.
41. Может ли частица проникнуть в некоторую область пространства с нарушением закона сохранения энергии?
43. Каково принципиальное отличие энергетического спектра щелочных элементов от энергетического спектра атома водорода?
44. Сформулировать правила отбора для переходов оптического электрона в щелочных металлах
45. Какими переходами обусловлено излучение резонансной линии, главной серии, диффузной серии и резкой серии?
46. Чем вызван дублетный характер линий излучения атомов щелочных элементов?
47. В чем состоит сущность спин-орбитального взаимодействия?

48. Чему равны потенциалы ионизации атомов однократно ионизованного гелия и двукратно ионизованного лития?
49. Чем определяется тип связи, которой осуществляется образование полного момента атома?
50. В каких пределах может изменяться фактор Ланде?
51. Как классифицируются состояния атома по квантовым числам полного спина, орбитального момента и полного момента атома?
52. Чему равна ларморова частота прецессии атома в магнитном поле?
53. Чем определяется мультиплетность термов атомов при L- S- связи?
54. Чем определяется мультиплетность линий излучения при оптических переходах?
55. Сформулировать правило мультиплетностей атомов.
56. Какие квантовые числа входят в символическое обозначение состояния атома?
56. Какие состояния являются вырожденными и чему равна кратность вырождения без учета спина электрона и с учетом?
57. Каково символическое обозначение оболочек и подоболочек атома?
58. Как можно вычислить максимальное число электронов, содержащихся в подоболочке и оболочке атома?
59. Сформулировать принцип Паули.
60. Сформулировать принцип минимальной энергии.
61. Сформулировать правило Гунда и показать последовательность заполнения электронных состояний в пределах подгруппы.
62. Каковы причины различия между реальной и идеальной схемами заполнения электронных оболочек атомов в таблице Менделеева?
63. При каких допущениях возможна идеальная схема заполнения электронных оболочек атомов?
64. Каков физический смысл внутреннего квантового числа?
65. Сколько ориентаций орбитального магнитного момента возможно в d- состоянии электрона?
66. Какова максимальная мультиплетность атомов с четным числом электронов?
67. Какова максимальная мультиплетность атомов с нечетным числом атомов?
68. Перечислить первый набор квантовых чисел, которыми характеризуется состояние электрона.
69. Перечислить второй набор квантовых чисел, которыми характеризуется состояние электрона.
70. Перечислить квантовые числа, которыми характеризуется состояние атома.
72. Какова причина не коллинеарности полного магнитного момента атома полному механическому моменту?
73. К чему приводят различия гиромангнитных отношений для орбитального движения и спина?
74. Что называется гиромангнитным отношением?

75. Что является источником атомного магнетизма?
76. Какие значения может принимать проекция орбитального магнитного момента на заданное направление?
77. Чему равен модуль орбитального магнитного момента?
78. Какой смысл имеет угол между направлением магнитного момента и заданным направлением?
79. Чему равен модуль спинового магнитного момента?
80. Чему равен модуль орбитального механического момента?
81. Чему равен модуль спинового механического момента?
82. Сколько значений может принимать проекция полного механического момента при значении внутреннего квантового числа, равного 2?
83. Каково разительное отличие квантового представления об орбитальном моменте от классического?
84. Какому отличию квантового представления об орбитальном моменте от классического нельзя дать классическую интерпретацию?.

### **Перечень вопросов к экзамену**

#### **Развитие атомистических представлений об излучении**

1. Тепловое равновесное излучение. Испускательная и поглощательная способности тела. Абсолютно черное тело. Законы теплового излучения: законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Формула Рэлея-Джинса. “Ультрафиолетовая катастрофа”.
2. Гипотеза квантов энергии. Формула Планка и следствия, вытекающие из нее. Внешний фотоэффект. Законы фотоэффекта.
3. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и его экспериментальная проверка. Внутренний фотоэффект.
4. Фотоны, их энергия, масса и импульс. Эффект Комптона. Природа электромагнитного излучения.

#### **Волновые свойства частиц**

5. Корпускулярно-волновая двойственность свойств электромагнитного излучения.
6. Гипотеза де Бройля о двойственной корпускулярно-волновой природе частиц вещества и ее подтверждение. (Опыт Девиссона и Джермера).
7. Свойства волн де Бройля.
8. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

#### **Строение атома и теория Бора**

9. Спектральные серии атома водорода. Атомные спектры и их закономерности. Постоянная Ридберга. Обобщенная формула Бальмера. Спектральные термы. Комбинационный принцип Риза.
10. Модель атома Томсона и ее неприменимость для описания линейчатых оптических спектров.
11. Ядерная модель атома (модель Резерфорда). Опыты Резерфорда по рассеянию альфа- частиц. Формула Резерфорда. Планетарная модель атома, ее проверка и ее недостатки.

12. Квантовые постулаты Бора и их экспериментальное подтверждение. (Опыт Франка и Герца).
13. Элементарная боровская теория атома водорода. Теория строения водородоподобных атомов по Бору. Учет движения ядра в теории Бора.
14. Магнитные свойства атома в теории Бора. Недостатки теории Бора.

### **Физические основы квантовой механики**

15. Основные положения квантовой механики. Операторы в квантовой механике (Волновая функция, ее нормировка, средние значения, операторы импульса и энергии).
16. Операторы важнейших физических величин : оператор координаты, оператор импульса, оператор вектора импульса, оператор момента импульса, оператор квадрата момента импульса, оператор проекции момента импульса, оператор кинетической энергии, оператор потенциальной энергии, оператор полной энергии.
17. Волновое уравнение Шредингера. Временное и стационарное уравнения Шредингера.
18. Движение свободной частицы в одномерной потенциальной яме. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Гармонический осциллятор в квантовой механике.
19. Прохождение частиц через прямоугольный потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прозрачности. Туннельный эффект.
20. Квантово-механическое описание атома водорода: уравнение Шредингера, энергия, квантовые числа, энергетический спектр.
21. Электрон в водородоподобном атоме.  $1s$  – состояние электрона в атоме водорода.
22. Энергетический спектр электрона. Квантовые числа: главное, орбитальное и магнитное орбитальное.

### **Орбитальный, спиновый и полный механический и магнитный моменты электрона в атоме**

23. Орбитальный момент количества движения, магнитный орбитальный момент. Спин электрона. Опыт Штерна и Герлаха.
24. Нормальные и возбужденные состояния атома водорода.
25. Снятие вырождения состояний в атоме водорода: снятие вырождения состояний по магнитному квантовому числу, снятие вырождений по орбитальному квантовому числу.
26. Собственный момент количества движения электрона (спин), магнитный спиновый момент. Спиновое и магнитное спиновое квантовые числа.
27. Полный механический момент электрона, полный и эффективный магнитные моменты. Внутреннее и магнитное внутреннее квантовые числа. Фактор Ланде.
28. Спин - орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра.

### **Структура и спектры сложных атомов**



29. Определение энергетических состояний электронов в сложных атомах. Сложение моментов и типы связи электронов в атоме.
30. Застройка электронных оболочек в атоме. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева. Правило Хунда. Оптические спектры сложных атомов.
31. Энергетические уровни и оптический спектр атома во внешнем постоянном магнитном поле. (Нормальный и аномальный эффект Зеемана, эффект Пашена-Бака).

#### **Молекулярные спектры**

32. Элементарные сведения о строении молекул. Энергия молекулы. Особенности молекулярных спектров.
33. Квантование колебательных и вращательных уровней молекул. Спектры поглощения и комбинационного рассеяния света.

#### **Рентгеновское излучение.**

34. Рентгеновское излучение. Открытие рентгеновских лучей. Рентгеновские спектры. Закон Мозли.
35. Дифракция и интерференционное отражение рентгеновских лучей. Уравнение Лауэ. Условие Вульфа-Брэгга.
36. Вынужденное излучение. Элементы физики лазеров.

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

- Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается лабораториями физического практикума – 2 лаб.
- При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой.
- При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.