



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) **Б1.Б.08.05 АТОМНАЯ ФИЗИКА**

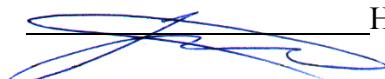
Направление подготовки **03.03.02 Физика**


Направленность (профиль) подготовки «**Физика конденсированного состояния**»

Квалификация выпускника - **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 25 от « 21 » апреля 2020 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
 Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 6 от
« 13 » апреля 2020 г.
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор
 А.А. Гаврилюк

Иркутск 2020 г.

- I. Цели и задачи дисциплины (модуля)
- II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.
- III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
- IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)
 - 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов
 - 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
 - 4.3 Содержание учебного материала
 - 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ
 - 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов
 - 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов
 - 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)
- V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - а) перечень литературы
 - б) периодические издания
 - в) список авторских методических разработок
 - г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
- VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
 - 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:
 - 6.2. Программное обеспечение:
 - 6.3. Технические и электронные средства обучения:
- VII. Образовательные технологии
- VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

I. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Дисциплина «Атомная физика» входит в блок естественно-научных дисциплин, предназначенных для формирования у студентов естественно-научного мировоззрения и знаний о процессах и явлениях, связанных с физическими свойствами микромира и квантовыми явлениями на атомно-молекулярном уровне, необходимых для понимания и использования в инженерно-технических разработках. Актуальность дисциплины «Атомная физика» обусловлена применением знаний, умений и навыков, полученных в процессе ее изучения, для изучения дисциплин из других блоков и успешного освоения специальности в целом.

Цели дисциплины:

- дать студентам целостное в рамках существующих естественнонаучных положений представление о состоянии исследований в одной из наиболее развивающихся областей физики систем взаимодействующих частиц, ознакомить с методами расчета энергетического спектра макроскопических тел;
- научить студентов ориентироваться в основных направлениях развития и проблематике физики атома и атомных явлений и ее приложений современной техники и технологиях;
- изучить физические свойства микромира и квантовых явлений на атомно-молекулярном уровне.

Задачи дисциплины:

К **основным задачам** дисциплины относятся:

- изучить экспериментальные методы исследования внутреннего строения атомов;
- рассмотреть физические эффекты и явления, обусловленные, в основном, электронными оболочками атомов и молекул;
- усвоить основные понятия волновой механики и особенности подхода к изучению и описанию атомных явлений.

В список **общих задач** дисциплины входят:

– **обобщить и систематизировать знания по:**

- ✓ современным представлениям об атомно-молекулярном строении вещества, экспериментальным и теоретическим методам исследования внутреннего строения атомов и молекул;
- ✓ основным законам, идеям и принципам атомной физики; физическим эффектам и явлениям, обусловленным, в основном, электронными оболочками атомов и молекул;
- **научить:**
- ✓ применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений атомной физики;
- ✓ использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;
- ✓ настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов;
- ✓ применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов;
- **сформировать:**
- ✓ навыки применения основных методов физико-математического анализа для решения конкретных задач физики атомов и молекул;
- ✓ навыки физико-математического моделирования;
- ✓ навыки правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории;
- ✓ навыки обработки и интерпретирования результатов эксперимента;
- ✓ умение анализировать физический смысл полученных результатов.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина Б1.Б.8.5 «Атомная физика» входит в базовую часть Б1.Б блока 1. Дисциплины (модули) Б1 учебного плана и относится к обязательной части программы.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с дисциплинами модулей «Математика», «Общая физика», «Общий физический практикум». Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решением алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений; теории функций комплексного переменного, теории вероятностей и математической статистики; знать основные физические законы; уметь применять математические методы и физические законы для решения практических задач.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения дисциплин базовой и вариативной частей блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Теоретические основы физики конденсированного состояния», «Введение в физику твердого тела».

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций ОПК-1 в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности) 03.03.02 Физика:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК -3 Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	ИДК опк3.1 Способность к овладению знаниями о строении атома	Знать: – современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, теоретическое исследование и практическое использование; Уметь: – с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных явлений, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники; – в практической деятельности применять знания о физических свойствах объектов и явлений для создания гипотез и теоретических моделей, проводить анализ границ их применимости; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; Владеть: –навыками применения полученных теоретических

		<p>знаний для решения прикладных задач – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования</p>
	<p>ИДК опк3.2 Способность к овладению знаниями о методах исследования явлений физики атома</p>	<p>Знать: – современные методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атома, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное исследование и практическое использование</p> <p>Уметь: – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике; – применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и измерений, анализировать физический смысл полученных результатов.</p> <p>Владеть: – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента;</p>
	<p>ИДК опк3.3. Способность к овладению знаниями об устройстве и принципах функционирования приборов для исследования внутреннего строения атома</p>	<p>Знать: – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов для исследования внутреннего строения атомов</p> <p>Уметь: – настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов;</p> <p>Владеть: – навыками правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории;</p>

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов

Форма промежуточной аттестации: экзамен

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа (в том числе, внеаудиторная СР, КСР)	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультации, контроль		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Тема 1. Классическая картина мира и необходимость введения квантовых представлений.	5	16		4	4	4	4	Устный опрос, тестирование
2.	Тема 2. Модели атомов.	5	16		4	4	4	4	Устный опрос, тестирование, контрольная работа
3.	Тема 3. Основы формализма квантовой	5	8		2	2	2	2	Устный опрос

	механики.								
4.	Тема 4. Стационарное уравнение Шредингера. Спектры простейших одномерных систем.	5	16		4	4	4	4	Устный опрос, тестирование, контрольная работа
5.	Тема 5. Стационарные состояния в центрально – симметричном поле.	5	16		4	4	4	4	Ответы на контрольные вопросы, тестирование
6.	Тема 6. Приближенное решение стационарного уравнения Шредингера. Теория возмущений.	5	8		2	2	2	2	Ответы на контрольные вопросы, тестирование
7.	Тема 7. Многоэлектронный атом.	5	16		4	4	4	4	Устный опрос, тестирование, контрольная работа
8.	Тема 8. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем.	5	8		2	2	2	2	Ответы на контрольные вопросы, тестирование
9.	Тема 9. Квантовое электромагнитное поле и его взаимодействие с атомом.	5	8		2	2	2	2	Ответы на контрольные вопросы, тестирование
10.	Тема 10. Переходы внутренних электронов в атомах.	5	8		2	2	2	2	Устный опрос, тестирование
11.	Тема 11. Атом в магнитном поле.	5	8		2	2	2	2	Устный опрос, тестирование, контрольная работа
12.	Тема 12. Основы физики молекул.	5	8		2	2	2	2	Устный опрос
13.	Тема 13. Основы физики твердого тела.	5	8		2	2	2	2	Устный опрос
	Итого часов		144		36	36	36	36	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы (в том числе КСР) обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	Тема 1. Классическая картина мира и необходимость введения квантовых представлений.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	1-2 учебная неделя	4	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов. Интернет, ЭБС.
	Тема 2. Модели атомов.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	3-4 учебная неделя	4	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	Список литературы: 1. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1. Введение в атомную физику [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 560 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/442
5	Тема 3. Основы формализма квантовой механики.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	5 учебная неделя	2	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	2. Будкер Д. Атомная физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д. Будкер, Д. Кимбелл, Д. ДеМилль. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2010. – 396 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/48253
5	Тема 4. Стационарное уравнение Шредингера. Спектры простейших одномерных систем.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	6-7 учебная неделя	4	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	3. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94103
5	Тема 5. Стационарные состояния в центрально – симметричном поле.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	8-9 учебная неделя	4	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	4. Савельев И.В. Курс общей физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 5

5	Тема 6. Приближенное решение стационарного уравнения Шредингера. Теория возмущений.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	10 учебная неделя	2	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	<p>т. Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2011. – 384 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/708/#authors</p> <p>5. Трофимова Т.И. Основы физики. Атом, атомное ядро и элементарные частицы: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011.</p>
5	Тема 7. Многоэлектронный атом.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	11-12 учебная неделя	4	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	
5	Тема 8. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	13 учебная неделя	2	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	
5	Тема 9. Квантовое электромагнитное поле и его взаимодействие с атомом.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	14 учебная неделя	2	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	
5	Тема 10. Переходы внутренних электронов в атомах.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	15 учебная неделя	2	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	
5	Тема 11. Атом в магнитном поле.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	16 учебная неделя	2	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.	

5	Тема 12. Основы физики молекул.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	17 учебная неделя	2	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.
	Тема 13. Основы физики твердого тела.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	18 учебная неделя	2	Опрос (устный, письменный). Реферат, доклад.
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				36	

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине «Атомная физика» включает в себя:

- занятия лекционного типа,
- лабораторные работы,
- занятия семинарского типа (практические занятия),
- групповые и индивидуальные консультации;
- промежуточная аттестация в устной форме.

4.3. Содержание учебного материала

Тема 1. Классическая картина мира и необходимость введения квантовых представлений.

Электронная теория Лоренца. Проблема равновесного электромагнитного излучения. Фотоэффект. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение. Квантовый предел. Фотон. Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновой пакет. Соотношения неопределенностей.

Тема 2. Модели атомов.

Атом Томсона. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Атом Бора. Модель Бора и гипотеза де Бройля. Релятивистское обобщение модели Бора. Экспериментальное доказательство дискретной структуры атомных уровней. Опыты Франка и Герца. Изотопический сдвиг атомных уровней. Мюонный атом водорода.

Тема 3. Основы формализма квантовой механики.

Нестационарное уравнение Шредингера. Релятивистское волновое уравнение. Волновая функция и ее физический смысл. Уравнение непрерывности. Вектор плотности тока вероятности. Определение средних значений и дисперсии импульса и координаты частицы. Операторы. Собственные значения и собственные функции оператора импульса. Собственные значения и собственные функции оператора z - проекции момента количества движения. Стационарное уравнение Шредингера. Коммутатор. Многочастичная квантовая система. Движение волновых пакетов. Предельный переход к классической механике. Оптико-механическая аналогия.

Тема 4. Стационарное уравнение Шредингера. Спектры простейших одномерных систем.

Свободное движение частицы. Частица в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме. Частица в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины. Автоэлектронная эмиссия. Явление альфа - распада атомных ядер. Туннельная ионизация атомов в оптическом поле. Туннельный микроскоп. Туннельный эффект: оптическая аналогия. Туннельный эффект и зонная структура спектра в периодическом потенциале. Гармонический осциллятор. Стационарные состояния. Нестационарные состояния.

Тема 5. Стационарные состояния в центрально – симметричном поле.

Общая постановка задачи. Задача Кеплера. Переход к классическому описанию. Понятие о квазиклассическом приближении. Квантовые условия Бора и Бора – Зоммерфельда. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Экспериментальное определение атомных магнитных моментов. Собственный механический и магнитный моменты электрона. Спин. Сложение невзаимодействующих моментов количества движения. Систематика состояний атома водорода.

Тема 6. Приближенное решение стационарного уравнения Шредингера. Теория возмущений.

Случай невырожденного спектра. Случай вырожденного спектра. Изотопическое смещение атомных уровней, связанное с конечным размером ядра. Тонкая структура спектра атома водорода. Учет релятивистской связи импульса и энергии электрона. Спин – орбитальное взаимодействие. Понятие о тонкой структуре спектров многоэлектронных атомов. Понятие о сверхтонкой структуре атомных спектров. Сверхтонкая структура основного состояния атома водорода. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.

Тема 7. Многоэлектронный атом.

Тождественность микрочастиц. Неразличимость микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Макроскопические ансамбли микрочастиц. Вариационный метод. Приближение самосогласованного поля. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Атомы щелочных металлов. Атом гелия. Отрицательный ион водорода. Общие принципы описания многоэлектронных атомов. Заполнение атомных оболочек электронами. Термы многоэлектронных атомов. Тонкая структура терма. Состояния.

Правило интервалов Ланде. Приближение LS - и jj -связей. Основные термы атомов. Правила Хунда. Правило интервалов Ланде для сверхтонкой структуры.

Тема 8. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем.

Общая постановка задачи. Электрическое дипольное приближение. Нестационарная теория возмущений. Вероятность перехода. Правила отбора. Линейный гармонический осциллятор. Центральное-симметричное поле. Спектральные серии атома водорода. Спектральные серии атомов щелочных металлов. Электромагнитные переходы в многоэлектронных атомах.

Тема 9. Квантовое электромагнитное поле и его взаимодействие с атомом.

Электромагнитное поле как квантовый объект. Классическое электромагнитное поле в квантовой теории. Взаимодействие атомной системы с квантовым электромагнитным полем. Спонтанные переходы. Спонтанные переходы и естественная ширина спектральной линии. Формула Планка. Лэмбовский сдвиг атомных уровней. Опыты Лэмба – Ризерфорда. Качественный анализ лэмбовского сдвига. Лэмбовский сдвиг в спектре водорода и размер протона.

Тема 10. Переходы внутренних электронов в атомах.

Характеристическое рентгеновское излучение. Тонкая структура рентгеновских линий. Закон Мозли. Эффект Оже. Сплошной рентгеновский спектр и рентгеновский спектр поглощения.

Тема 11. Атом в магнитном поле.

Эффект Зеемана. Эффект Пашена и Бака. Электронный парамагнитный резонанс. Опыты Штерна и Герлаха.

Тема 12. Основы физики молекул.

Адиабатическое приближение. Молекулярный ион водорода. Молекула водорода. Теория Гайтлера – Лондона. Насыщение химических связей. Валентность. Метод линейной комбинации атомных орбиталей (ЛКАО). Ковалентная полярная и ионная связи. Элементы стереохимии. Основы систематики электронных состояний двухатомных молекул. Ядерная подсистема молекулы. Электромагнитные переходы в молекулах.

Тема 13. Основы физики твердого тела.

Типы связи в твердом теле. Фононы. Основы зонной теории. Металлы. Полупроводники. Диэлектрики.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование семинаров	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы) *
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1	Равновесное электромагнитное излучение. Фотоэффект. Эффект Комптона. Квантовый предел.	4		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты.	ОПК-3
2	Тема 2	Модели строения атомов. Расчет модели Резерфорда. Рассеяние частиц. Модель Бора.	4		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты. Контрольная работа.	ОПК-3
3	Тема 3	Определение средних значений и дисперсии. Операторы. Собственные значения	2		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты.	ОПК-3

		и собственные функции операторов. Коммутатор.				
4	Тема 4	Частица в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме. Частица в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины. Гармонический осциллятор.	4		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты. Контрольная работа.	ОПК-3
5	Тема 5	Задача Кеплера. Спин. Сложение моментов. Систематика состояний атома водорода.	4		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты.	ОПК-3
6	Тема 6	Изотопическое смещение атомных уровней. Тонкая структура спектра атома водорода.	2		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты.	ОПК-3
7	Тема 7	Принцип Паули. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Терм. Состояние. Правила Хунда.	4		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты. Контрольная работа.	ОПК-3
8	Тема 8	Правила отбора. Спектральные серии атома водорода. Спектральные серии атомов щелочных металлов.	2		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты.	ОПК-3
9	Тема 9	Спонтанные переходы и естественная ширина спектральной линии. Лэмбовский сдвиг.	2		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты.	ОПК-3
10	Тема 10	Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже.	2		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты.	ОПК-3
11	Тема 11	Эффект Зеемана. Эффект Пашена и Бака.	2		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты. Контрольная работа.	ОПК-3
12	Тема 12	Адиабатическое приближение. ЛКАО. Основы систематики электронных состояний двухатомных молекул.	2		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты.	ОПК-3
13	Тема 13	Основы зонной теории.	2		Опрос (устный, письменный), задачи, тесты.	ОПК-3
Итого часов			36			

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Развитие квантовых представлений.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	ОПК-3	ИДК _{ОПК3.1}
2	Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	ОПК-3	ИДК _{ОПК3.1} ИДК _{ОПК3.2}
3	Атом в магнитном поле. Электронный парамагнитный резонанс.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	ОПК-3	ИДК _{ОПК3.2} ИДК _{ОПК3.3.}
4	Рентгеновские спектры.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	ОПК-3	ИДК _{ОПК3.2} ИДК _{ОПК3.3.}
5	Динамика магнитной решётки. Спиновые волны	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	ОПК-3	ИДК _{ОПК3.2} ИДК _{ОПК3.3.}
6	Строение и свойства молекул.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	ОПК-3	ИДК _{ОПК3.2} ИДК _{ОПК3.3.}
7	Насыщение химических связей. Валентность. Элементы стереохимии.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	ОПК-3	ИДК _{ОПК3.1}
8	Молекулярные спектры.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	ОПК-3	ИДК _{ОПК3.2} ИДК _{ОПК3.3.}
9	Основы физики твердого тела.	Проработка учебного (теоретического) материала; выполнение индивидуальных заданий; реферат	ОПК-3	ИДК _{ОПК3.2} ИДК _{ОПК3.3.}

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

- внеаудиторная СР под методическим руководством и контролем преподавателя, но без его непосредственного участия при подготовке к аудиторным занятиям, текущим и промежуточным формам контроля.

Виды СР обучающихся:

Методические рекомендации студентам при подготовке к практическому занятию на основе изучения рекомендованной научной и учебной литературы. Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации студенты могут воспользоваться электронной библиотекой, они имеют возможность получить доступ к учебно-методическим материалам как библиотеки, так и иных электронных библиотечных систем. В свою очередь, студенты могут взять на дом необходимую литературу на абонементе вузовской библиотеки, а также воспользоваться читальными залами вуза.

Подготовка к лекции. Качество освоения дисциплины напрямую зависит от того, насколько студент самостоятельно формирует установку на получение на лекциях новых знаний, дополняющих уже имеющиеся знания по данной дисциплине. Время, отведенное на подготовку студентов при двухчасовой лекции по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

Подготовка к практическому занятию. Практическое занятие – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. В процессе таких занятий вырабатываются практические умения. Перед практическим занятием следует изучить конспект лекции и рекомендованную преподавателем литературу, обращая внимание на практическое применение теории и на методику решения типовых задач. На практическом занятии главное – уяснить связь решаемых задач с теоретическими положениями.

Написание реферата. Написание рефератов должно способствовать закреплению и углублению знаний, а также выработке навыков самостоятельного мышления и умения решать поставленные перед студентом задачи. Содержание выполненной работы дает возможность углубить уровень знания изучаемой проблемы, показать знание литературы и сведений, собранных студентом, выполняющим реферативные работы. Существует определенная форма, которой должен придерживаться студент, выполняющий работу. Реферат должен иметь титульный лист, содержание темы, список литературы и оглавление. Список литературы должен включать, главным образом, новейшие источники: статьи, учебники, другие первоисточники по проблемам дисциплины. Особое внимание уделяется периодической печати, которая отражает проблематику, затронутую в реферате. При написании работы обязательны ссылки на используемые источники, статистические материалы, что придает работе основательность, научную ориентацию. Реферат пишется на листах формата А4. Объем реферата должен быть не менее 18 страниц печатного текста (размер шрифта 14 при компьютерном наборе текста), из них 3 страницы – оформление реферата (1 стр. – титульный лист, 2 стр. – оглавление или план, последняя страница реферата – список использованной литературы). Реферат дает возможность не только убедиться в уровне знаний студентов по изучаемому предмету, но

и установить склонность студентов к научно-исследовательской работе. Положительной оценки за реферат заслуживает студент, полностью раскрывший выбранную тему, опирающийся на новейшую литературу, демонстрирующий знание основных терминов и понятий, умение выделять существенные характеристики специфики педагогической деятельности по формированию комфортной и безопасной образовательной среды.

Компьютерная презентация по теме – вид самостоятельной работы студента, предусматривающий упорядочивание учебного материала в формат визуального организатора. Основные принципы при составлении компьютерной презентации: простота содержания, доступность, понятность содержания, соответствие содержанию доклада, умеренно яркое оформление, наглядность (разумное использование ярких эффектов). Не злоупотребляйте эффектами анимации. Стиль оформления компьютерной презентации (слайдов) должен быть единым.

Подготовка к промежуточному контролю по дисциплине (экзамен)

Экзамен является неотъемлемой частью учебного процесса и призван закрепить и упорядочить знания студента, полученные на занятиях и самостоятельно. Сдаче экзамена предшествует работа студента на лекционных, практических занятиях и самостоятельная работа по изучению предмета. Отсутствие студента на занятиях без уважительной причины и невыполнение заданий самостоятельной работы является основанием для недопущения студента к сдаче экзамена. Готовиться к экзамену необходимо последовательно, с учётом примерных вопросов, содержащихся в программе. Сначала следует определить место каждого контрольного вопроса в соответствующем разделе темы учебной программы, а затем внимательно прочитать и осмыслить рекомендованную учебную и научную литературу. Работу над темой можно считать завершённой, если вы сможете ответить на все контрольные вопросы и дать определение понятий по изучаемой теме.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) перечень литературы

основная литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики [Электронный ресурс] : учебное пособие. В 5 т. Т. V. Атомная и ядерная физика — 3-е изд. стер. / Д. В. Сивухин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 784 с. - Режим доступа: ЭБС "Айбукс".
2. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1. Введение в атомную физику [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 560 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/442>
3. Будкер Д. Атомная физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д. Будкер, Д. Кимбелл, Д. ДеМилль. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2010. – 396 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48253>
4. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94103>
5. Савельев И.В. Курс общей физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 5 т. Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2011. – 384 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/708/#authors>
6. Трофимова Т.И. Основы физики. Атом, атомное ядро и элементарные частицы: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011.

дополнительная литература:

1. Борн М. Лекции по атомной механике [Текст] / М. Борн. - 2-е изд., испр. - М. : Едиториал УРСС, 2005. - 312 с.
2. Вихман Э. Квантовая физика [Текст] : пер.с англ. / Э. Вихман ; Под ред. А.И.Шальникова, А.О.Вайсенберга. - 3-е изд., испр. - М. : Наука, 1986. - 392 с. : - (Берклеевский курс физики ; т.4)
3. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / И. Е. Иродов. - 2-е изд., испр. - М. : Лаб. Базовых Знаний, 2006. - 215 с. - (Технический университет).
4. Душутин Н.К. Физика. Физика атомных явлений: Учеб. пособие / Н. К. Душутин, В. М. Калихман, Ю. Н. Переляев; Сибирский ин-т права, экон. и упр. - Иркутск : Изд-во СИПЭУ, 2007. - 219 с.

б) периодические издания

1. В мире науки
2. Журнал экспериментальной и теоретической физики
3. Известия российской академии наук. Серия физическая Инженерно-физический журнал
4. Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики
5. Успехи физических наук – ежемесячный журнал. Электронная версия журнала: аннотации, статьи в формате pdf
6. Физика твердого тела
7. Физика и техника полупроводников

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: www.biblio-online.ru
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com>
3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: <http://window.edu.ru/window>
4. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике: <http://www.college.ru/>
5. Федеральный образовательный портал: http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm
6. Большая научная библиотека: <http://www.sci-lib.com/>
7. Естественно-научный образовательный портал: <http://www.en.edu.ru/catalogue/>
8. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека сайта EqWorld: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/>
9. Лекции по физике для ВУЗов: <http://physics-lectures.ru/>
10. Техническая библиотека: <http://techlibrary.ru>
11. Электронная библиотека «Труды ученых ИГУ» <http://elib.library.isu.ru>

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Помещения – учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных учебным планом ОПОП ВО бакалавриата, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную

среду ФГБОУ ВО «ИГУ».

6.2. Программное обеспечение:

Для проведения дисциплины имеется обеспечен необходимые комплекты лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства: Windows 10 pro; Adobe acrobat reader DC; Kaspersky AV; MS Office 2007; VisioProfessional; NetBeans; SMART NoteBook; WinDjView; XnView MP;; Access AnyLogic.

6.3. Технические и электронные средства:

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Для обработки полученных данных на практических занятиях в лаборатории кафедры имеются компьютеры с соответствующим программным обеспечением: Windows 10 pro; Adobe acrobat reader DC; Kaspersky AV; MS Office 2007; VisioProfessional; NetBeans; SMART NoteBook; WinDjView; XnView MP;; Access AnyLogic.

Методической концепцией преподавания предусмотрено использование технических и электронных средств обучения и контроля знаний студентов: мультимедийные презентации, видеолекции, фрагменты фильмов.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- проведение практических занятий;
- домашние задания;
- опрос;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные работы;
- тестирование;
- консультации преподавателя;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ и индивидуальных типовых расчетов, подготовка к опросу, тестированию и экзамену).

Также студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину преподавателем материалами в виде электронного комплекса сопровождения, включающего в себя:

- видеолекции;
- электронные конспекты лекций;
- электронные планы практических (семинарских) занятий;
- списки контрольных вопросов к каждой теме изучаемого курса;
- дополнительную литературу, относящуюся к изучаемой дисциплине в электронном виде

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Для проведения всех лекционных и практических (семинарских) занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемого материала, зачастую

играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

– интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью;

– лекции с проблемным изложением;

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

– технология развития критического мышления;

– лекции с проблемным изложением;

– использование средств мультимедиа;

– изучение и закрепление нового материала (интерактивная лекция, работа с наглядными пособиями, видео- и аудиоматериалами, использование вопросов,

– творческие задания;

– работа в малых группах.

Наименование тем занятий с указанием форм/ методов/ технологий обучения:

№ п/п	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы//технологии дистанционного, интерактивного обучения	Количество часов
1	2	3	4	5
1	Классическая картина мира и необходимость введения квантовых представлений.	Лекция	Лекция-дискуссия с использованием компьютерных симуляций	4
2	Модели атомов.	Лекция	Проблемная лекция с применением видеоматериалов	4
3	Стационарное уравнение Шредингера. Спектры простейших одномерных систем.	Лекция	Интерактивная лекция с применением видеоматериалов и компьютерных симуляций.	4
4	Приближенное решение стационарного уравнения Шредингера. Теория возмущений.	Лекция	Лекция-дискуссия с использованием компьютерных симуляций	2
5	Многоэлектронный атом.	Лекция	Проблемная лекция с применением видеоматериалов	4
6	Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем.	Лекция	Интерактивная лекция применением видеоматериалов и компьютерных симуляций.	2
7	Квантовое электромагнитное поле и его взаимодействие с атомом.	Лекция	Лекция-дискуссия с использованием компьютерных симуляций.	2

8	Основы физики молекул.	Лекция	Интерактивная лекция с применением видеоматериалов и компьютерных симуляций.	2
9	Основы физики твердого тела.	Лекция	Интерактивная лекция с применением видеоматериалов и компьютерных симуляций.	2
10	Модели строения атомов. Расчет модели Резерфорда. Рассеяние частиц. Модель Бора.	Практическое занятие	Занятие – решение задач, дискуссия, работа с наглядными пособиями и применение ИКТ.	4
11	Задача Кеплера. Спин. Сложение моментов. Систематика состояний атома водорода.	Практическое занятие	Занятие – решение задач, дискуссия, работа с наглядными пособиями и применение ИКТ.	4
12	Принцип Паули. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Терм. Состояние. Правила Хунда.	Практическое занятие	Занятие – решение задач, дискуссия, работа с наглядными пособиями и применение ИКТ.	2
13	Правила отбора. Спектральные серии атома водорода. Спектральные серии атомов щелочных металлов.	Практическое занятие	Занятие – решение задач, дискуссия, работа с наглядными пособиями и применение ИКТ.	2
14	Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже.	Практическое занятие	Занятие – решение задач, дискуссия, работа с наглядными пособиями и применение ИКТ.	2
15	Эффект Зеемана. Эффект Пашена и Бака.	Практическое занятие	Занятие – решение задач, дискуссия, работа с наглядными пособиями и применение ИКТ.	2
16	Адиабатическое приближение. ЛКАО. Основы систематики электронных состояний двухатомных молекул.	Практическое занятие	Занятие – решение задач, дискуссия, работа с наглядными пособиями и применение ИКТ.	2
Итого часов:				46

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий и рубежный контроль осуществляются по контрольным вопросам по изучаемой дисциплине, по итогам выполнения контрольных работ и индивидуальных практических заданий, в форме тестовых заданий или в виде подготовленного реферата.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Контролируемые компетенции/ индикаторы
1	2	3	4
1	Устный опрос, тестирование	Тема 1. Классическая картина мира и необходимость введения квантовых представлений.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2
2	Устный опрос, тестирование, контрольная работа	Тема 2. Модели атомов.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2 ИДК опк3.3
3	Устный опрос	Тема 3. Основы формализма квантовой механики.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2
4	Устный опрос, тестирование, контрольная работа	Тема 4. Стационарное уравнение Шредингера. Спектры простейших одномерных систем.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2 ИДК опк3.3
5	Ответы на контрольные вопросы, тестирование	Тема 5. Стационарные состояния в центрально – симметричном поле.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2
6	Ответы на контрольные вопросы, тестирование	Тема 6. Приближенное решение стационарного уравнения Шредингера. Теория возмущений.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2
7	Устный опрос, тестирование, контрольная работа	Тема 7. Многоэлектронный атом.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2 ИДК опк3.3
8	Ответы на контрольные вопросы, тестирование	Тема 8. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2 ИДК опк3.3
9	Ответы на контрольные вопросы, тестирование	Тема 9. Квантовое электромагнитное поле и его взаимодействие с атомом.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2 ИДК опк3.3
10	Устный опрос, тестирование	Тема 10. Переходы внутренних электронов в атомах.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2 ИДК опк3.3
11	Устный опрос, тестирование, контрольная работа	Тема 11. Атом в магнитном поле.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2 ИДК опк3.3
12	Устный опрос	Тема 12. Основы физики молекул.	ОПК - 3 ИДК опк3.1 ИДК опк3.2
13	Устный опрос	Тема 13. Основы физики твердого тела.	ОПК - 3 ИДК опк3.1

			ИДК ОПК3.2 ИДК ОПК3.3
--	--	--	--------------------------

Демонстрационный вариант контрольной работы №1

1. Полость объемом $V = 1$ л заполнена тепловым излучением при температуре $T = 1000$ К. Найти теплоемкость C_V .
2. Имеется вакуумный фотоэлемент, один из электродов которого цезиевый, другой — медный. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, подлетающих к медному электроду, при освещении цезиевого электрода электромагнитным излучением с длиной волны $0,22$ мкм, если электроды замкнуть снаружи накоротко.
3. Фотон с импульсом $p = 1,02$ МэВ/с, где c — скорость света, рассеялся на покоившемся свободном электроне, в результате чего импульс фотона стал $p' = 0,255$ МэВ/с. Под каким углом рассеялся фотон?
4. Протон с кинетической энергией $T = 10$ МэВ пролетает на расстоянии $b = 10$ пм от свободного покоившегося электрона. Найти энергию, которую получит электрон, считая, что траектория протона прямолинейная и за время пролета электрон остается практически неподвижным.
5. Покоившийся атом водорода испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Какую скорость приобрел атом?

Демонстрационный вариант теста №1

1. Эффект Комптона заключается в
 - 1) взаимодействие о электромагнитного излучения с веществом, в результате которого энергия фотонов передается электронам вещества.
 - 2) расщепление линий атомных спектров в магнитном поле.
 - 3) рассеяние электромагнитного излучения на свободном электроне, сопровождающееся уменьшением частоты излучения
 - 4) эмиссия электрона из атома, происходящая в результате безызлучательного перехода при наличии в атоме вакансии на внутренней электронной оболочке.
2. В модели атома Томсона:
 - 1) электрон считается неподвижным;
 - 2) положительно заряженная часть атома считается неподвижной, так как значительно тяжелее электрона;
 - 3) размер положительно заряженного «пудинга» значительно больше размера электрона;
 - 4) электроны находятся на поверхности положительно заряженного большого «пудинга», притягиваясь им;
 - 5) электроны находятся внутри положительно заряженного «пудинга» и могут совершать колебания относительно положения равновесия;
 - 6) электроны совершают движение вокруг положительно заряженной части атома
3. После опытов по рассеянию α -частиц Резерфорд сделал выводы:
 - 1) существует ядерная модель атома;
 - 2) опыт подтвердила модель Томсона;
 - 3) существует планетарная модель атома;
 - 4) в ядре сконцентрирована практически вся масса атома;
 - 5) размеры ядра сопоставимы с размерами атома;
 - 6) размеры ядра значительно меньше размеров атома.

4. Каков физический смысл эффективного сечения рассеяния?

- 1) в механической модели: это площадка (мишень), попав в которую частица испытывает отклонение;
- 2) в статистической интерпретации: это вероятность испытать рассеяние одной частице;
- 3) эта величина физического смысла не имеет;
- 4) сечение пучка рассеянных частиц в опыте Резерфорда;
- 5) сечение пучка падающих частиц;
- 6) отношение сечения пучка рассеянных частиц к интенсивности падающих частиц;
- 7) отношение числа рассеянных частиц к интенсивности падающих частиц.

5. Из соотношения неопределенностей следует

- 1) частица с определенным значением энергии характеризуется определенным значением импульса
- 2) точно измерить время жизни частицы можно лишь в том случае, если у нее точно определен импульс
- 3) у частицы могут быть одновременно точно измерены положение и импульс
- 4) точно измерить энергию у системы можно лишь в том случае, если система живет бесконечно долго

6. Гипотеза де Бройля заключалась в том, что

- 1) ядро имеет малые по сравнению с атомом размеры
- 2) частица, обладающая импульсом, имеет как волновые так и корпускулярные свойства
- 3) точно измерить время жизни частицы можно лишь в том случае, если у нее точно определен импульс
- 4) электронные орбиты могут располагаться на определенных расстояниях от ядра

7. Луи де Бройль применил свою гипотезу к модели атома Бора. Указать верное утверждение

- 1) изменение скорости электрона не приводит его к переходу на другую орбиту
- 2) в атоме на «разрешенных» электронных орбитах укладывается полуцелое число длин волн де Бройля
- 3) при движении по стационарным орбитам скорость электрона меняется
- 4) стационарные орбиты Бора соответствуют стоячим электронным волнам де Бройля в атоме

Критерии оценивания выполнения теста:

«**Отлично**»: выполнение от 85% до 100 % тестовых заданий;

«**Хорошо**»: выполнение от 65% до 85% тестовых заданий;

«**Удовлетворительно**»: выполнение более 50% тестовых заданий;

«**Неудовлетворительно**»: выполнение 50% и менее тестовых заданий.

Пример контрольных вопросов

1. Каков физический смысл чисел m и n в обобщенной формуле Бальмера?
2. Каковы длины волн самых коротковолновой и длинноволновой линий серии Пашена?
3. Какова длина волны, соответствующая границе серии Бальмера?
4. Какова частота головной линии серии Лаймана?
5. Атомы водорода находятся в состоянии с $n = 5$. Сколько линий содержит его спектр излучения?
6. В чем состоит суть комбинационного принципа Ритца?
7. Используя комбинационный принцип, покажите на одном из примеров, как можно получить частоту для второй длинноволновой линии серии Пашена.
8. В чем заключается статистическая интерпретация волновой функции?

9. Для каких частиц справедливо уравнение Шредингера?
10. Почему уравнение Шредингера сформулировано как волновое уравнение?
11. Запишите временное и стационарное уравнения Шредингера и проанализируйте их.
12. Совершите переход от временного уравнения Шредингера к стационарному. Запишите одномерное временное и стационарное уравнения Шредингера и проанализируйте их.
13. Запишите временное и стационарное уравнения Шредингера в операторной форме и проанализируйте их.
14. Какой вывод можно сделать, сравнив стационарное уравнение Шредингера с уравнением для собственных значений и собственных функций?
15. Запишите стационарное уравнение Шредингера для водородоподобной системы. Приведите примеры водородоподобных систем.
16. Почему наиболее подходящей координатной системой для рассмотрения атома водорода является сферическая? Проанализируйте (качественно) ход решения стационарного уравнения Шредингера для атома водорода в сферических координатах. Какие выводы следуют из его решения?
17. Запишите собственные значения энергии электрона в атоме водорода, определяемые решением уравнения Шредингера, и проанализируйте их. В чем отличие и сходство с результатами теории Бора?
18. Какие величины для электрона в атоме определены, если известны квантовые числа n , l и m_l ?
19. Почему квантовая механика не использует представление об электронных орбитах? Что характеризуют квантовые числа n , l и m_l ?

Темы рефератов или докладов

1. Реликтовое излучение
2. Пирометры и тепловизоры. Технологии и применение.
3. Солнечные батареи: технологии, современное состояние и перспективы развития.
4. Дифракция рентгеновского излучения и рентгеноструктурный анализ строения вещества.
5. Электронный парамагнитный резонанс и ядерный магнитный резонанс.
6. Эффект Рамзауэра-Таунсенда.
7. Вращательная спектроскопия как высокоточный метод определения геометрических параметров молекул.
8. Гигантское комбинационное рассеяние и его применение к изучению биологических молекул
9. Квантово-каскадные лазеры: технология и применение.
10. Лазер на свободных электронах: технология и применение.

Критерии оценивания рефератов при докладе в устной форме.

Содержание доклада: анализирует изученный материал, выделяет наиболее значимые для раскрытия темы факты, научные положения, соблюдает логическую последовательность в изложении материала.

Представление доклада: использует иллюстративные, наглядные материалы, владеет культурой речи.

Аргументация ответов на вопросы: проявляет критическое мышление.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Классическая картина мира и необходимость введения квантовых представлений. Проблема равновесного электромагнитного излучения. Фотоэффект. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение. Квантовый предел.

2. Фотон. Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновой пакет. Соотношения неопределенностей.
3. Атом Томсона. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома.
4. Атом Бора. Модель Бора и гипотеза де Бройля. Релятивистское обобщение модели Бора. Экспериментальное доказательство дискретной структуры атомных уровней. Опыты Франка и Герца. Изотопический сдвиг атомных уровней. Мюонный атом водорода.
5. Многочастичная квантовая система. Движение волновых пакетов. Предельный переход к классической механике. Оптико-механическая аналогия.
6. Стационарное уравнение Шредингера. Спектры простейших одномерных систем. Свободное движение частицы. Частица в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме. Частица в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины.
7. Туннельный эффект. Автоэлектронная эмиссия. Явление α - распада атомных ядер. Туннельная ионизация атомов в оптическом поле. Туннельный микроскоп. Туннельный эффект: оптическая аналогия.
8. Периодический потенциал. Гармонический осциллятор.
9. Стационарные состояния в центрально – симметричном поле.
10. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Экспериментальное определение атомных магнитных моментов. Собственный механический и магнитный моменты электрона. Спин. Сложение невзаимодействующих моментов количества движения.
11. Систематика состояний атома водорода. Приближенное решение стационарного уравнения Шредингера. Теория возмущений.
12. Изотопическое смещение атомных уровней, связанное с конечным размером ядра. Тонкая структура спектра атома водорода. Тонкая структура спектров многоэлектронных атомов. Понятие о сверхтонкой структуре атомных спектров.
13. Тождественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Многоэлектронный атом. Приближение самосогласованного поля.
14. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Атомы щелочных металлов. Атом гелия. Общие принципы описания многоэлектронных атомов.
15. Заполнение атомных оболочек электронами. Термы многоэлектронных атомов. Тонкая структура терма. Состояния. Правило интервалов Ланде. Приближение LS - и jj -связей. Основные термы атомов. Правила Хунда.
16. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем. Нестационарная теория возмущений. Правила отбора.
17. Спектральные серии атома водорода. Спектральные серии атомов щелочных металлов. Электромагнитные переходы в многоэлектронных атомах.
18. Квантовое электромагнитное поле и его взаимодействие с атомом. Электромагнитное поле как квантовый объект.
19. Взаимодействие атомной системы с квантовым электромагнитным полем. Спонтанные переходы. Уширение спектральных линий. Лэмбовский сдвиг атомных уровней.
20. Переходы внутренних электронов в атомах. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже.
21. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Эффект Пашена и Бака. Электронный парамагнитный резонанс. Опыты Штерна и Герлаха.
22. Виды движения в молекуле. Разделение её энергии на электронную, колебательную и вращательную. Адиабатическое приближение. Электронные, колебательные и вращательные уровни энергии и спектры двухатомной молекулы.
23. Типы связи в твердом теле. Кристаллическая решетка. Фононы. Основы зонной теории. Металлы. Полупроводники. Диэлектрики.

Примеры задач на экзамене

1. Найти среднюю длину волны де Бройля теплового нейтрона, то есть находящегося в тепловом равновесии с окружающей средой, при комнатной температуре 300 К.
2. Фотон с энергией 12,12 эВ, поглощенный атомом водорода, находящимся в основном состоянии, переводит атом в возбужденное состояние. Определить главное квантовое число этого состояния.
3. Частица находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками ($0 < x < a$, $0 < y < b$). Определить вероятность нахождения частицы с наименьшей энергией в области $0 < x < a/3$.
4. Написать с помощью правил Хунда спектральный символ основного терма атома, единственная незаполненная подоболочка которого заполнена: а) на 1/3, и $S = 1$; б) на 70%, и $S = 3/2$.
5. Найти напряжение на рентгеновской трубке с никелевым антикатодом, если разность длин волн $K\alpha$ -линии и коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра равна 84 пм.

Примеры экзаменационных билетов

БИЛЕТ 1

1. Классическая картина мира и необходимость введения квантовых представлений. Проблема равновесного электромагнитного излучения. Фотоэффект.
2. Изотопическое смещение атомных уровней, связанное с конечным размером ядра. Тонкая структура спектра атома водорода. Тонкая структура спектров многоэлектронных атомов.
3. Задача: При увеличении напряжения на рентгеновской трубке от $U_1 = 10$ кВ до $U_2 = 20$ кВ интервал длин волн между $K\alpha$ -линией и коротковолновой границей сплошного рентгеновского спектра увеличился в $n = 3,0$ раза. Определить порядковый номер элемента антикатада этой трубки.

БИЛЕТ 2

1. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение. Квантовый предел.
2. Тождественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Многоэлектронный атом. Приближение самосогласованного поля.
3. Задача: Электрон с кинетической энергией $T \approx 4$ эВ локализован в области размером $l = 1$ мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.

БИЛЕТ 3.

1. Фотон. Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновой пакет. Соотношения неопределенностей.
2. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Атомы щелочных металлов. Атом гелия. Общие принципы описания многоэлектронных атомов.
3. Задача: Волновая функция частицы массы m для основного состояния в одномерном потенциальном поле $U(x) = kx^2/2$ имеет вид $\psi = A \exp(-\alpha x^2)$, где A — нормировочный коэффициент, α — положительная постоянная. Найти с помощью уравнения Шредингера постоянную α и энергию E частицы в этом состоянии.

Критерии экзаменационной оценки.

Оценка **«отлично»**: свободно владеет теоретическими понятиями дисциплины; проявляет системность знаний учебного материала и способность устанавливать связи между теоретическими понятиями; умеет делать перенос теоретических знаний в

практическую область применения; умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой; понимает значение приобретенных знаний для будущей профессии, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценка **«хорошо»**: студент владеет теоретическими знаниями, достаточно свободно оперирует ими; успешно выполняет предусмотренные в программе задания, усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; показывает систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности; осуществляет частичный перенос теоретических знаний в прикладную область; проявляет незначительные нарушения в установлении взаимосвязи между теоретическими понятиями.

Оценка **«удовлетворительно»**: студент обнаруживает знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии; справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой; знаком с основной литературой, рекомендованной программой; допускает погрешности в ответе в ходе итоговой аттестации, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка **«неудовлетворительно»**: студент проявляет отрывочные знания, не осуществляет перенос теоретических знаний в практику; отсутствует интеграция знаний.

Разработчик:



доцент кафедры общей и
экспериментальной физики,
к.ф.м.н

В.А. Семибратова

(подпись)

(занимаемая должность)

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению и профилю подготовки 03.03.02. Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры Общей и экспериментальной физики
«__13__» __апреля__ 2020__г.

Протокол № __6__ Зав. кафедрой _____ А.А. Гаврилюк

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.