



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра теоретической физики

Кафедра общей и космической физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.О.12.05 Атомная и ядерная физика

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика и физика Космоса

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 49 от «26» марта 2025 г.

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

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 5
от «21» февраля 2025 г.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., доцент
А.А. Гаврилюк

Иркутск 2025 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3. Содержание учебного материала	1
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	2
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	4
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	8
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	9
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	10
а) <i>перечень литературы</i>	10
б) <i>периодические издания</i>	11
в) <i>список авторских методических разработок</i>	11
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	11
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	11
6.2. Программное обеспечение:	11
6.3. Технические и электронные средства:	11
VII. Образовательные технологии	11
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	12

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель дисциплины - дать студентам целостное в рамках существующих естественнонаучных положений представление об основных закономерностях физики ядра и элементарных частиц и методах их исследования

Задачи дисциплины:

- получение студентами базовых знаний по физике элементарных частиц и атомного ядра;
- овладение представлениями о структурной организации микромира, механизме фундаментальных взаимодействий, идеями и методами этой дисциплины;
- умение применять усвоенные принципы и методы для анализа отдельных явлений и процессов физики элементарных частиц; понимание роли принципов симметрии, причинности, квантовой механики, законов сохранения в физике элементарных частиц;;
- приобретение навыков решать конкретные физические задачи;

Являясь наукой о микромире "Физика атомного ядра и элементарных частиц" является базовой дисциплиной, формирующей знание законов природы на ядерном и субъядерном масштабных уровнях. Ее представления, понятия и методы исследования носят фундаментальный характер и лежат в основе естественнонаучной картины мира. Она играет первостепенную роль и в современном понимании эволюции Вселенной, взаимосвязи очень малого и очень большого.

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина "Физика атомного ядра и элементарных частиц" относится к обязательной части. Код учебного цикла Б1. Для усвоения курса "Физика атомного ядра и элементарных частиц" студентам необходимы знания общей физики, классической механики, основ релятивистской механики, электродинамики, принципов квантовой механики. Дисциплина "Физика атомного ядра и элементарных частиц" опирается на математическую дисциплину "Математический анализ", "Теория вероятностей и математическая статистика" школьные дисциплины "Физика" и "Химия".

Освоение дисциплины необходимо для освоения курсов "Физика конденсированного состояния", "Твердотельная электроника", "Материалы электронной техники".

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

- способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-2).

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1	ИДК ОПК.1.3 Использует базовые знания в области физики в своей	Знает: -основные законы физики ядра и элементарных частиц;

	профессиональной деятельности	- квантово механическое описание субатомных и субъядерных явлений; -основные эксперименты и основные экспериментальные результаты физики ядра и элементарных частиц. Умеет: -решать основные задачи физики атомного ядра и элементарных частиц (ОПК-3); - оценивать пределы применимости основных методов описания явлений физики атомного ядра и элементарных частиц ; -выполнять лабораторные работы практикума физики атомного ядра и элементарных частиц;. Владеет: -методами обработки и оценки погрешности измерений параметров явлений физики ядра и элементарных частиц; -методами квантово - механического описания простейших ядер и элементарных частиц; -методами экспериментальных исследований параметров и характеристик явлений физики ядра и элементарных частиц;
ОПК-2	ИДК ОПК.2.1 Знает основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений	Знает: основные научные методы теоретического и экспериментального исследования физических объектов, процессом и явлений; теоретические основы, основные понятия, законы и модели атомной физики Умеет: применять теоретические знания к решению практических задач; Владеет: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 8 зачетных единицы, 288 часов,

в том числе 162 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭлИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 32 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

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

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельна я работа	
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1. Введение.	5	20	4	4	6/2		8	Решение задач, опрос, коллоквиум Отчёт по лабораторной работе, собеседование Отчёт по лабораторной работе, собеседование, Решение задач, опрос, коллоквиум, письменный текущий контроль
2	2. Свойства атомных ядер	5	16,1	4	4	4/0	0,1	8	
3	3. Радиоактивность	5	16,1	4	4	4/0	0,1	8	
4	4. Модели атомных ядер	5	38,2	4	4	6/12	0,2	16	
5	5. Взаимодействие ядерного излучения с веществом	5	38,2	4	4	6/12	0,2	16	
6	6. Экспериментальные методы в физике высоких энергий	5	38,1	4	4	6/12	0,1	16	
7	7. Общие свойства элементарных частиц	5	30,1	4	4	6/12	0,1	8	
8	8. Космические лучи.	5	20,1	2	2	6/0	0,1	12	
9	9. Ядерная астрофизика	5	18,1	2	4	6/0	0,1	8	
Контроль			10						
КСР			18						
Экзамен			26						
Итого часов			288	32	34	50/50	1	100	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы 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	Все темы	самостоятельное решение задач на практических занятиях	В течение семестра	8	Контрольная работа	И. В. Савельев Курс общей физики И.Е. Иродов, «Задачи по общей физике»
5	Все темы	Работа с учебником, решение домашних задач	В течение семестра	8	Контрольная работа	
5	Темы 1,2,6,9	- изучение теоретической части лабораторной работы; -оформление отчета; - подготовка к отчёту	В течение семестра	72	Отчёт, ответы на контрольные вопросы	Вся рекомендуемая литература
5	Все темы	Закрепление лекционного материала для работы на практических занятиях	В течение семестра	8	Опрос	
5	Все темы	Подготовка к экзамену	К концу семестра	4	Экз.вопросы	
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				100		

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. 1.1. Основные этапы развития физики ядра и элементарных частиц.

1.2. Масштабы явлений микромира.

2.1. Свойства атомных ядер. 2.1.1. Опыт Резерфорда по рассеянию α -частиц.

2.1.2. Ядро как система взаимодействующих протонов и нейтронов. Заряд ядра. Массовое число и масса ядра. Размеры ядер. Формфактор ядра и нуклонов. Изотопы. Изобары. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула для энергии связи ядра. Спин и магнитный момент ядра. Эксперименты по измерению магнитных моментов ядер. Ядерный магнитный резонанс. Статические мультипольные моменты ядер. Электрический квадрупольный момент ядра.

2.1.3. Квантовомеханическое описание ядерных состояний. Четность волновой функции. Свойства симметрии волновых функций для тождественных частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Статистики ядер. Изотопический спин ядра.

2.2. Нуклон-нуклонные взаимодействия. Дейтрон - связанное состояние в n - p -системе. Основные характеристики дейтрона. Магнитный и квадрупольный моменты дейтрона. Волновая функция дейтрона. Тензорный характер ядерных сил. Рассеяние нейтронов на протонах. Спиновая и спин-орбитальная зависимости ядерных сил. Особенности рассеяния тождественных частиц. Зарядовая независимость ядерных сил. Обобщенный принцип Паули. Обменный характер ядерных сил. Двухнуклонный потенциал. Свойство насыщения ядерных сил. Мезонная теория ядерных сил.

3. Радиоактивность. Естественная и искусственная радиоактивность. Статистический характер распада. Закон радиоактивного распада. Радиоактивные ряды. α -распад. Энергетическое условие α -распада. Основные экспериментальные закономерности α -распада. Элементы теории α -распада. Правила отбора. β -распад. Виды β -распада. Энергетические условия β -распадов. Спектры электронов. Характеристики нейтрино. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Элементы теории β -распада. Понятие о слабых взаимодействиях. Разрешенные и запрещенные β -переходы. Несохранение четности при β -распаде. γ -излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Правила отбора по моменту и четности для γ -переходов. Вероятности переходов. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Мессбауэра и его применение в физике и технике.

4. Модели атомных ядер. Классификация моделей ядра. Капельная модель ядра. Модель ферми-газа. Физическое обоснование оболочечной структуры ядра. Потенциал усредненного ядерного поля. Сильное спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичные состояния в усредненном ядерном потенциале. Объяснение спинов и четностей состояний ядер в модели оболочек. Остаточное взаимодействие. Коллективные свойства ядер. Деформированные ядра. Состояние движения нуклонов в деформированном ядре. Вращательные и колебательные состояния ядер. Связь одночастичных и коллективных движений.

5.1. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Сечение и амплитуда рассеяния. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Тормозное излучение. Излучение Вавилова-Черенкова. Пробеги заряженных частиц. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Тепловые и резонансные нейтроны. Диффузия тепловых нейтронов. Прохождение γ -излучения через вещество. Зависимость эффективных сечений основных механизмов взаимодействия γ -квантов от их энергии и от свойств вещества. Элементы дозиметрии.

5.2. Ядерные реакции. 5.2.1. Экспериментальные методы изучения ядерных реакций. Физические принципы работы ускорителей. Детекторы ядерных частиц. Сечение реакций. Каналы ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Связь между сечениями прямых и обратных реакций. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра.

Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта-Вигнера. Нерезонансные ядерные реакции через составное ядро. Прямые ядерные реакции. Использование прямых ядерных реакций для определения квантовых характеристик ядерных состояний. Особенности реакций под действием γ -квантов и заряженных частиц.

5.2.2. Деление и синтез атомных ядер. Основные экспериментальные данные о делении и энергетические условия деления. Элементарная теория деления. Деление изотопов урана под действием нейтронов. Энергия активации. Цепная реакция. Коэффициент размножения. Ядерные реакторы. Синтез легких ядер. Критерий Лоусона. Экспериментальные методы изучения ядерных реакций. Физические принципы работы ускорителей. Детекторы ядерных частиц. Проблемы управляемого термоядерного синтеза.

6.1. Экспериментальные методы в физике высоких энергий. Понятие о современных методах получения пучков высоких энергий. Накопители частиц. Встречные пучки. Элементы релятивистской кинематики. Наблюдение процессов рождения и распадов частиц. Методы наблюдения короткоживущих частиц.

7.1. Общие свойства элементарных частиц. Лептоны, адроны. Частицы и античастицы. Механизмы взаимодействия в мире частиц. Законы сохранения в мире элементарных частиц. Классификация взаимодействий и элементарных частиц.

7.2.1. Электромагнитные взаимодействия. Элементы квантовой электродинамики. Диаграммы Фейнмана.

7.2.2. Сильные взаимодействия и структура адронов. Классификация и квантовые характеристики адронов. Симметрия сильного взаимодействия. Кварки, глюоны и их основные характеристики. Цвет и аромат. Кварковая структура адронов. Формула Нишиджимы. Элементы квантовой хромодинамики. Цветовая симметрия сильных взаимодействий. Асимптотическая свобода и конфайнмент.

7.2.3. Электрослабые взаимодействия. Универсальность слабого взаимодействия. Заряженные и нейтральные токи. Переносчики слабого взаимодействия - промежуточные бозоны. Понятие о полевой теории слабых взаимодействий. Объединение электромагнитного и слабого взаимодействия. Модель Вайнберга-Салама электрослабого взаимодействия. Калибровочная инвариантность как принцип построения полевых теорий элементарных частиц. Понятие о локальной калибровочной инвариантности и о спонтанном нарушении симметрии. Дискретные симметрии С, Р, Т и СРТ-теорема. Нарушение СР-инвариантности. Проблема построения единой теории слабых, электромагнитных и сильных взаимодействий.

8.1. Космические лучи. Первичное космическое излучение. Прохождение космического излучения через атмосферу. Гипотезы происхождения космических лучей.

9.1. Ядерная астрофизика. 9.1.1. Этапы развития Вселенной. Современные представления о структуре Вселенной. Барионная асимметрия Вселенной. Темная материя. Темная энергия. 9.1.2. Дозвездный нуклеосинтез. Ядерные реакции в звездах.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование практических работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 1 Разделы 1.1-1.2	Введение.	6	Контрольные вопросы. Контрольная работа.	ОПК-1

2.	Тема 2 Разделы 2.1-2.2	Основные свойства атомных ядер	4	Контрольные вопросы.	ОПК-1
3.	Тема 3 Разделы 3.1-3.6	Радиоактивность	4	Контрольные вопросы.	ОПК-1
4.	Тема 4 Разделы 4.1-4.5	Модели атомных ядер	6	Контрольные вопросы.	ОПК-1
5.	Тема 5 Разделы 5.1-5.2.2	Взаимодействие излучения с веществом	6	Контрольные вопросы.	ОПК-1
6.	Тема 6 Разделы 4.13	Экспериментальные методы физики высоких энергий.	6	Контрольные вопросы.	ОПК-1
7.	Тема 7 Разделы 7.1-7.2.3	Основные свойства элементарных частиц.	6	Контрольные вопросы.	ОПК-1
8.	Тема 8 Разделы 8.1-8.4	Космические лучи.	6	Контрольные вопросы.	ОПК-1
9.	Тема 9 Разделы 9.1-9.2.3	Ядерная астрофизика.	6	Контрольные вопросы.	ОПК-1

Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1	Стационарное уравнение Шредингера. Электрон в одномерной потенциальной яме	4	собеседование	ОПК-2
2	Тема 2	Изучение движения заряженных частиц	4	собеседование	ОПК-2
3	Тема 2	Опыт Резерфорда	4	собеседование	ОПК-2
4	Тема 3	Спектральные закономерности атома водорода и его изотопов.	4	собеседование	ОПК-2
5	Тема 4	Изучение спектров атомов щелочных металлов.	4	собеседование	ОПК-2
6	Тема 4	Структура молекулярных спектров.	4	собеседование	ОПК-2

7	Тема 4	Основы спектрального анализа.	4	собеседование	ОПК-2
8	Тема 4	Сериальные закономерности атома алюминия.	4	собеседование	ОПК-2
9	Тема 5	Эффект Зеемана.	5	собеседование	ОПК-2
10	Тема 5	Тонкая структура спектральных линий	4	собеседование	ОПК-2
11	Тема 6	Изучение спектрального состава излучения He-Ne лазера.	5	собеседование	ОПК-2
12	Тема 7	Спектры поглощения и люминесценции рубина	4	собеседование	ОПК-2

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

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	ИДК
1	Введение	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>
2	Основные свойства атомных ядер.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам,	Из списка основной и дополнительной литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>

			вынесенным на самостоятельно е изучение, конспектирован ие ответов на контрольные вопросы.		
3	Радиоактивность.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельно е изучение, конспектирован ие ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительн ой литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>
4	Модели атомных ядер.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельно е изучение, конспектирован ие ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительн ой литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>
5	Взаимодействие излучения с веществом.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельно е изучение, конспектирован	Из списка основной и дополнительн ой литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>

			ие ответов на контрольные вопросы.		
6	Атом в магнитном поле.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>
7	Экспериментальные методы физики высоких энергий.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>
7.	Основные свойства элементарных частиц.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>

8	Космические лучи.	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>
9	Ядерная астрофизика	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.		<i>ИДК ОПК.1.3</i>
	Подготовка к экзамену. Экзамен	Внеаудиторная работа.		Из списка основной и дополнительной литературы.	<i>ИДК ОПК.1.3</i>
	Темы лабораторных работ	Аудиторная работа.	- изучение теоретической части лабораторной работы; - оформление результатов эксперимента; - подготовка к отчёту	Методические материалы к лабораторным работам	<i>ИДК ОПК.2.1</i>

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 – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) Овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и другой справочной литературой;
- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- учебно – методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники, Интернета и др.;

2) Закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекций;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовка ответов на контрольные вопросы;
- заполнение рабочей тетради;
- аналитическая обработка текста;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовка реферата;
- составление библиографии использованных источников;
- тестирование и др.;

3) Формировать умения:

- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;

- выполнение расчетов(графические и расчетные работы);
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к тестированию;
- опытно-экспериментальная работа;
- подготовка к выпускной квалификационной работе.

Методические указания к выполнению лабораторных работ:

- подробное описание проведения эксперимента, знакомство с описанием лабораторной работы.
- при получении допуска преподаватель обращает внимание на требования к отчетному материалу.
- библиографические справки на источники информации и справочный материал.
- чередование творческой работы на занятиях с заданиями во внеаудиторное время.
- во время допуска дается четкий инструктаж по выполнению самостоятельных заданий, указываются цель, условия выполнения, объем работы и сроки выполнения.
- при отчете лабораторной работы осуществляется текущий учет и контроль за самостоятельной работой студентов.
- дается оценка работы, обобщается уровень усвоения навыков самостоятельной и творческой работы.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**а) перечень литературы***основная литература*

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>
2. Иродов, И.Е. Квантовая физика [Текст] : основные законы / И.Е. Иродов. - 2-е изд., доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2004. - 256 с. : граф. ; 22 см. - (Технический университет). - Предм. указ.: с. 252-256. - ISBN 5-94774-058-3. – (28 экз.)
3. 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>

дополнительная литература

1. 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).
2. 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

- нет.

в) список авторских методических разработок

1. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) НБ ИГУ <http://library.isu.ru/ru>
- 2) ЭЧЗ «Библиотек» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 3) ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 4) ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- 5) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Компьютерные презентации, программа для тестирования. Чтение лекций сопровождается демонстрацией информации (мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного материалов).

6.2. Программное обеспечение:

Интернет источники:

научные публикации в реферативных журналах по актуальным проблемам физики; материалы научных конференций. В частности научная электронная библиотека elibrary.ru; электронная библиотека «Труды ученых ИГУ» (<http://elib.library.isu.ru>); Электронные версии журналов: «Успехи физических наук», «Известия вузов (серия физика)», «Физика твердого тела», «Физика и техника полупроводников» www.nanodigest.ru – Интернет журнал о нанотехнологиях

6.3. Технические и электронные средства:

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска. В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующих программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

VII. Образовательные технологии

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1.	Лекция	Вводная лекция, информация лекция, лекция с элементами дискуссии, интерактивная лекция (лекция диалог), информационная лекция с элементами обратной связи.
3.	Практическое занятие	Занятие – решение задач.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

(могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

* Текущий контроль осуществляется в устной и письменной форме при выполнении студентами учебных заданий - решении задач и выполнении контрольных работ на протяжении всего курса.

Тематика контрольных заданий и вопросов приведена ниже.

1. Постоянная Ридберга. В каких единицах измеряется?
2. Правила отбора для квантовых чисел: n, l, s, j . Название квантовых чисел и что характеризуют?
3. Решение уравнения Шредингера для электрона в одномерной потенциальной яме в различных областях: I – $x < a$, II – $-a < x < a$, III – $x > a$, где a – ширина потенциальной ямы, в двух случаях : когда энергия электрона (E) больше потенциальной энергии (U) и $E < U$.
4. Записать формулы для полной энергии электрона в атомах водорода и натрия.
5. Записать формулы для потенциальной энергии электрона в атомах водорода и натрия.
6. Что такое терм? Единицы измерения терма.
7. Записать сериальные формулы через разность термов в атоме натрия для различных серий: главной, фундаментальной, резкой и диффузной.
8. Записать формулу для магнитно-орбитального момента электрона (M_L).
9. Записать формулу для магнитно-спинового момента электрона (M_S).
10. Магнетон Бора. Единицы измерения.
11. Физический смысл постоянной тонкой структуры (α).
12. Сравнить по величине энергию электронных оболочек, колебательную и вращательную энергию молекул.
13. Записать формулу для энергии вращения молекулы.
14. Записать формулу для колебательной энергии молекулы.
15. Собственная частота колебаний атомов $\Omega = \sqrt{k/m}$. Смысл k ?
16. Эффект Зеемана. Записать формулу Лоренца.
17. В поперечном эффекте Зеемана сравнить π и σ – компоненты по интенсивности.
18. Как объяснить отсутствие π компоненты в продольном эффекте Зеемана.
19. Найти множитель Ландэ для случая, когда $L=0$.
20. Найти множитель Ландэ для случая, когда $S=0$.
21. Доплеровское уширение спектральных линий, от каких параметров зависит?
22. Лоренцевское уширение спектральных линий, от каких параметров зависит?
23. Штарковское уширение спектральных линий, от каких параметров зависит?
24. Записать формулу для добротности резонатора лазера.
25. Записать формулу для коэффициента энергетических потерь (α).

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов.

1. Назовите постулаты Бора.
2. Как определяется радиус боровской орбиты? Скорость электрона на орбите?
3. Рассказать о квантовых числах и их физическом смысле. Указать правила отбора.

4. Что такое спин электрона?
5. Основные причины уширения спектральных линий?
6. Классическая электронная теория Лоренца.
7. Формула Лоренца. Множитель Ланде.
8. Как определяется полная энергия стационарного электрона в атоме щелочного металла?
9. Объяснить причину возникновения дублетной структуры.
10. Нарисуйте схему термов энергетических уровней с учетом 4 –х квантовых чисел.

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

* Промежуточный контроль – экзамен.

Примерный список вопросов к экзамену

Развитие атомистических представлений об излучении

Виды излучения. Энергетические величины излучения. Интегральные и спектральные характеристики излучения.

Тепловое равновесное излучение. Испускательная и поглощательная способности тела. Абсолютно черное тело.

Законы теплового излучения: законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина.

Формула Рэлея-Джинса.

Гипотеза квантов энергии. Формула Планка и следствия, вытекающие из нее.

Явление внешнего фотоэффекта и его законы.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и его экспериментальная проверка.

Внутренний фотоэффект.

Фотоны, их энергия, масса и импульс.

Эффект Комптона.

Волновые свойства частиц

Корпускулярно-волновой дуализм в световых явлениях.

Гипотеза де Бройля о двойственной корпускулярно-волновой природе частиц вещества и ее подтверждение.

Свойства волн де Бройля.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

Строение атома и теория Бора

Атомные спектры и их закономерности. Постоянная Ридберга. Обобщенная формула Бальмера. Спектральные термы. Комбинационный принцип Ридберга.

Модель атома Томсона и ее неприменимость для описания линейчатых оптических спектров.

Опыты Резерфорда по рассеянию альфа- частиц. Планетарная модель атома, ее проверка и ее недостатки.

Квантовые постулаты Бора и их экспериментальное подтверждение. (Опыт Франка и Герца).

Теория строения водородоподобных атомов по Бору.

Учет движения ядра в теории Бора.

Магнитные свойства атома в теории Бора. Недостатки теории Бора.

Физические основы квантовой механики

Основные положения квантовой механики. (Волновая функция, ее нормировка, средние значения, операторы импульса и энергии).

Волновое уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера.

Применение квантовой механики к простейшим задачам о стационарных со-

стояниях частицы. (Частица в прямоугольной потенциальной яме. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прозрачности).

Квантово-механическая теория атома. Электрон в водородоподобном атоме.

Энергетический спектр электрона. Квантовые числа: главное, орбитальное и магнитное орбитальное.

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

Орбитальный момент количества движения, магнитный орбитальный момент.

Опыт Штерна и Герлаха. 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. 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. Особенности молекулярных спектров. Квантование колебательных и вращательных уровней.

Спектры поглощения и комбинационного рассеяния света.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п.3:

1. Эффект Комптона заключается в

- 1) взаимодействие 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 электроны, 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

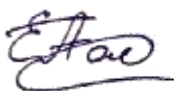
7. Луи де Бройль применил свою гипотезу к модели атома Бора. Указать верное утверждение

- 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

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

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

Разработчик:



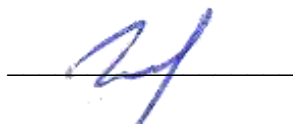
к.м-ф.н, доцент Голыгин ВЕ.А.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«21» февраля 2025 г.

Протокол № 5

Зав. кафедрой



д.ф.-м.н., А.А. Гаврилюк

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