

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наумова Наталия Александровна
Должность: Ректор
Дата подписания: 21.08.2026 13:02:04
Уникальный программный ключ:
6b5279da4e034bffa679172803da5b785591c69e2

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет
Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано
деканом физико-математического факультета
«18» марта 2026 г.

/Кулешова Ю.Д./

Рабочая программа дисциплины

Атомная физика

Направление подготовки
03.03.02 Физика

Профиль:
Фундаментальная физика и нанотехнологии

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Согласовано учебно-методической комиссией физико-математического факультета
Протокол «18» марта 2026 г. № 8
Председатель УМКом _____
/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой фундаментальной физики и нанотехнологии
Протокол от «17» февраля 2026 г. № 12
Зав. кафедрой _____
/Холина С.А./

Москва
2026

Авторы-составители:

Васильчикова Е. Н., кандидат физико-математических наук, доцент,
Емельянов В. А., кандидат физико-математических наук, доцент.

Рабочая программа дисциплины «Атомная физика» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07.08.2020 г. № 891.

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2026.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Планируемые результаты обучения	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Объем и содержание дисциплины	4
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся	6
5. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине	8
6. Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины	17
7. Методические указания по освоению дисциплины	18
8. Информационные технологии для осуществления образовательного процесса по дисциплине	18
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	19

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины «Атомная физика»: формирование систематизированных знаний в области общей и экспериментальной физики, формирование и совершенствование у студентов навыков экспериментальной деятельности.

Задачи дисциплины: изучение основных законов физики атома и атомных явлений, приобретение навыков осуществления учебного и научного эксперимента, оценки результатов эксперимента, подготовки отчетных материалов о проведенной исследовательской работе.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения.

Для освоения дисциплины «Атомная физика» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения следующих дисциплин: «Введение в общую физику», «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление».

Компетенции, знания, навыки и умения, полученные в ходе изучения дисциплины, должны всесторонне использоваться и развиваться студентами в процессе последующей профессиональной деятельности

Освоение дисциплины «Атомная физика» является необходимой основой для изучения таких дисциплин, как «Атомная физика (практикум)», «Специальный физический практикум», «Физика конденсированного состояния».

Изучение дисциплины «Атомная физика» является базой для дальнейшего обучения в бакалавриате, при прохождении практики и в профессиональной деятельности

3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем дисциплины

Показатель объема дисциплины	Форма обучения
	Очная
Объем дисциплины в зачетных единицах	3
Объем дисциплины в часах	108
Контактная работа:	68,2
Лекции	34
Практические занятия	34
из них в форме практической подготовки	30
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	0,2
Зачет с оценкой	0,2
Самостоятельная работа	32
Контроль	7,8

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой в 6 семестре.

3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем)	Количество часов
-----------------------------	------------------

дисциплины	Лекции	Практические занятия	
		Общее кол-во	из них, в форме практической подготовки
Тема 1. <u>Корпускулярно-волновой дуализм.</u> Волновые свойства частиц. Экспериментальное обоснование волновых свойств частиц. Гипотеза де-Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	4	4	4
Тема 2. <u>Спектры и спектральные закономерности.</u> Опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц. Постулаты Бора. Спектры водорода и водородоподобных атомов. Формула Бальмера. Опыты Франка и Герца.	4	4	4
Тема 3. <u>Уравнение Шредингера.</u> Физический смысл волновой функции. Частица в потенциальной яме. Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа.	4	4	4
Тема 4. <u>Квантование момента импульса и проекции момента импульса.</u> Гироманнитное отношение. Векторная модель атома. Момент импульса многоэлектронных атомов.	4	4	4
Тема 5. <u>Магнитный момент атома.</u> Спин электрона. Опыты Штерна и Герлаха. Атомы во внешнем магнитном поле. Эффект Зеемана.	4	4	4
Тема 6. <u>Принцип Паули.</u> Электронные оболочки и подоболочки. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.	4	4	4
Тема 7. <u>Характеристические рентгеновские спектры.</u> Закон Мозли. Люминесценция. Правило Стокса. Комбинационное рассеяние света.	4	4	2
Тема 8. <u>Зонная теория твердых тел.</u> Зонная теория проводимости. Сверхпроводимость. Молекулярные спектры.	4	4	2
Тема 9. <u>Спонтанное и вынужденное излучение.</u> Инверсная заселенность уровней и способы ее создания. Лазеры: устройство и области применения.	2	2	2
Итого	34	34	30

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Тема	Задание на практическую подготовку	количество часов
Тема 1. Корпускулярно-волновой дуализм.	Экспериментальная проверка соотношения неопределенностей в процессе дифракции лазерного излучения на щели с переменной шириной.	4
Тема 2. Спектры и спектральные закономерности	Разработка и реализация демонстрационного опыта по теме «Спектры и спектральные закономерности».	4
Тема 3. Уравнение Шредингера.	Численное моделирование и графическая визуализация решения уравнения Шредингера для простейших случаев	4

	движения частиц (свободная частица, частица в одномерной потенциальной яме).	
Тема 4. Квантование момента импульса и проекции момента импульса.	Численное моделирование и графическая визуализация пространственной векторной модели атома.	4
Тема 5. Магнитный момент атома.	Численное моделирование и графическая визуализация прецессии магнитного момента атома.	4
Тема 6. Принцип Паули.	Численное моделирование и графическая визуализация векторной модели многоэлектронного атома. Расчет углов между механическими моментами.	4
Тема 7. Характеристические рентгеновские спектры.	Экспериментальное определение размеров кристаллической решетки по дебаэграмме.	2
Тема 8. Зонная теория твердых тел.	Экспериментальное определение ширины запрещенной зоны полупроводника.	2
Тема 9. Спонтанное и вынужденное излучение.	Экспериментальное измерение длины волны излучения гелий-неонового лазера.	2
		30

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

	Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Кол-во часов	Формы самостоят. работы	Методическое обеспечение	Формы отчетности
1.	Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де-Бройля.	1. Экспериментальные доказательства волновых свойств частиц: опыты Девиссона-Джермера и Томсона-Тартаковского. 2. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	4	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, практические задания, подготовка докладов и презентаций	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	практические работы
2.	Спектры и спектральные закономерности.	1. Модели атома Томсона и Резерфорда. 2. Спектры водородоподобных атомов.	4	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, практические задания.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	практические работы
3.	Волновое уравнение Шредингера.	1. Особенности движения частицы в	4	Работа с литературой, сетью	Учебно-методическое и	практические работы

		одномерной потенциальной яме. 2.Квантовомеханическое описание атома водорода.		Интернет, консультации, практические задания.	ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	
4.	Квантование физических величин.	1.Момент импульса многоэлектронных атомов и проекции момента импульса на выделенное направление в пространстве. 2.Связь Рассел-Саундерса и jj -связь.	4	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, практические задания.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	практические работы
5.	Магнитные свойства атома.	1.Спиновый момент импульса и его проекции на направление магнитного поля. 2.Векторная модель атома.	4	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, практические задания.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	практические работы
6.	Атом во внешнем магнитном поле.	1.Эффект Зеемана. 2.Опыты Штерна и Герлаха.	4	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, практические задания.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	практические работы
7.	Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.	1.Принцип Паули. 2. Электронные оболочки и подоболочки.	2	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, практические задания.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	практические работы
8.	Рентгеновское излучение.	1.Сплошное рентгеновское излучение. 2.Коротковолновая граница. 3.Закон Мозли.	2	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, практические задания.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	практические работы
9.	Молекулярные спектры.	1.Вращательные и колебательные полосы. 2.Люминесценция.	2	Работа с литературой, сетью Интернет,	Учебно-методическое и ресурсное	практические работы

		3.Комбинационное рассеяние.		консультации, практические задания.	обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	
10.	Зонная теория проводимости.	1.Спонтанное и вынужденное излучение. 2.Лазеры. 3.Понятие о сверхпроводимости	2	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, практические задания.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	практические работы
	Итого		32			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа.

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этапы формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ОПК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа.	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости; Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов атомной физики, создавать модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	доклад, решение задач, практические работы	Шкала оценивания доклада Шкала оценивания практических работ Шкала оценивания решения задач
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов атомной физики, создавать модели типовых профессиональных	доклад, решение задач, практические работы, практическая	Шкала оценивания доклада Шкала оценивания практических работ Шкала

		2. Самостоятельная работа.	задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей. Владеть: методами использования в профессиональной деятельности базовых знаний фундаментальных разделов атомной физики для создания моделей типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов с учетом границ применимости моделей.	подготовка	оценивания решения задач Шкала оценивания практической подготовки
--	--	----------------------------	--	------------	--

Шкала оценивания написания доклада

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отобразил в докладе 71-90% выбранной темы.	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отобразил в докладе 51-70% выбранной темы	5-7
Удовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 31-50% выбранной темы	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 0-30% выбранной темы	0-1

Шкала оценивания решения задач

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент решил 71-90% от всех задач	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент решил 51-70% от всех задач	5-7
Удовлетворительный	Если студент решил 31-50% от всех задач	2-4
Неудовлетворительный	Если студент решил 0-30% от всех задач	0-1

Шкала оценивания практической работы

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отобразил в презентации 71-90% практических работ.	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отобразил в презентации 51-70% практических работ.	5-7
Удовлетворительный	Если студент отобразил в презентации 31-50% практических работ.	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отобразил в презентации 0-30% практических работ.	0-1

Шкала оценивания практической подготовки

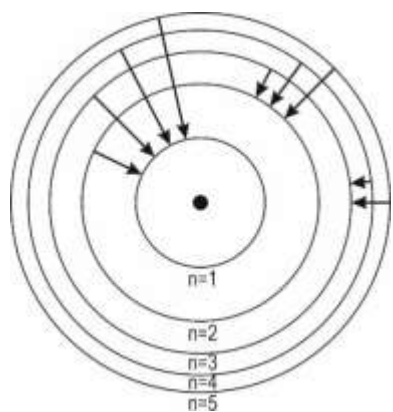
Критерии оценивания	Баллы
1. практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; 2. показан высокий уровень знания изученного материала по заданной теме, 3. умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие практико-ориентированные выводы;	8-10

4. работа выполнена без ошибок и недочетов или допущено не более одного недочета.	
1. практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; 2. показан хороший уровень владения изученным материалом по заданной теме, 3. работа выполнена полностью, но допущено в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов.	5-7
1. практическое задание выполнено в установленный срок с частичным использованием рекомендаций преподавателя; 2. продемонстрированы минимальные знания по основным темам изученного материала.	2-4
1. число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «удовлетворительно» или если правильно выполнено менее половины задания; 2. если обучающийся не приступал к выполнению задания или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий.	0-1

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерные вопросы для тестовых заданий

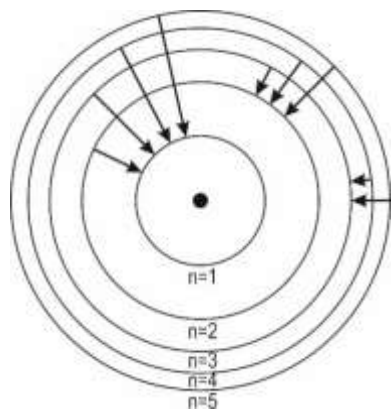
1. На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, видимой – серию Бальмера, в инфракрасной – серию Пашена. Наименьшей частоте кванта в серии **Лаймана** соответствует переход:



- 1) $n = 4 \rightarrow n = 3$
- 2) $n = 2 \rightarrow n = 1$
- 3) $n = 5 \rightarrow n = 1$
- 4) $n = 5 \rightarrow n = 3$

Ответ: 2

2. На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, видимой – серию Бальмера, в инфракрасной – серию Пашена. Наименьшей частоте кванта в серии **Бальмера** соответствует переход:



- 1) $n = 3 \rightarrow n = 2$
- 2) $n = 4 \rightarrow n = 1$
- 3) $n = 4 \rightarrow n = 2$
- 4) $n = 5 \rightarrow n = 2$

Ответ: 1

3. Из решения уравнения Шредингера следует, что собственные волновые функции электрона в атоме водорода $\Psi_{nlm}(r, \theta, \varphi)$ содержат три целочисленных параметра: n , l и m . Параметр n называется главным квантовым числом, параметры l и m – орбитальным (азимутальным) и магнитным орбитальным квантовыми числами, соответственно. Главное квантовое число n определяет:

- 1) орбитальный механический момент электрона в атоме
- 2) проекцию орбитального момента импульса электрона на заданное направление
- 3) энергию стационарного состояния электрона в атоме
- 4) собственный механический момент электрона в атоме

Ответ: 3

4. Из решения уравнения Шредингера следует, что собственные волновые функции электрона в атоме водорода $\Psi_{nlm}(r, \theta, \varphi)$ содержат три целочисленных параметра: n , l и m . Параметр n называется главным квантовым числом, параметры l и m – орбитальным (азимутальным) и магнитным орбитальным квантовыми числами, соответственно. Магнитное квантовое число m определяет:

- 1) энергию стационарного состояния электрона в атоме
- 2) модуль собственного момента импульса электрона
- 3) проекцию орбитального момента импульса электрона на заданное направление
- 4) орбитальный механический момент электрона в атоме

Ответ: 3

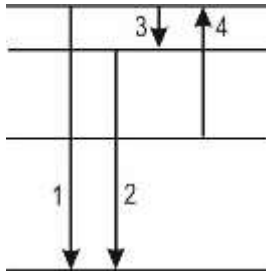
5. Из решения уравнения Шредингера следует, что собственные волновые функции электрона в атоме водорода $\Psi_{nlm}(r, \theta, \varphi)$ содержат три целочисленных параметра: n , l и m . Параметр n называется главным квантовым числом, параметры l и m – орбитальным (азимутальным) и магнитным орбитальным квантовыми числами, соответственно. Орбитальное квантовое число l определяет:

- 1) орбитальный механический момент электрона в атоме
- 2) проекцию орбитального момента импульса электрона на заданное направление
- 3) энергию стационарного состояния электрона в атоме
- 4) собственный механический момент электрона в атоме

Ответ: 1

6. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней некоторого атома. Какой из

переходов на представленной диаграмме соответствует самой большой длине волны излучения?



- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

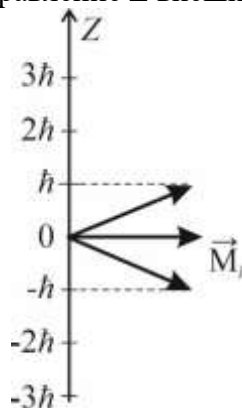
Ответ: 3

7. В атоме K и L оболочки заполнены полностью. Общее число электронов в атоме равно

- 1) 6
- 2) 8
- 3) 10
- 4) 18

Ответ: 3

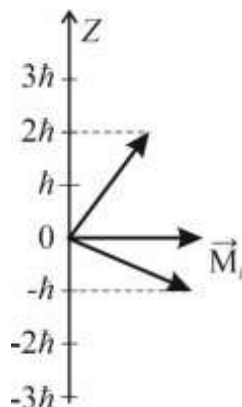
8. На рисунке приведены некоторые из возможных ориентаций момента импульса для электронов в d -состоянии. Какие еще значения может принимать проекция момента импульса на направление Z внешнего магнитного поля?



- 1) $-3\hbar$
- 2) $-2\hbar$
- 3) $+3\hbar$
- 4) $+2\hbar$

Ответ: 24

8. На рисунке приведены некоторые из возможных ориентаций момента импульса для электронов в d -состоянии. Какие еще значения может принимать проекция момента импульса на направление Z внешнего магнитного поля?



- 1) $-3\hbar$
- 2) $-2\hbar$
- 3) $+\hbar$
- 4) $+3\hbar$

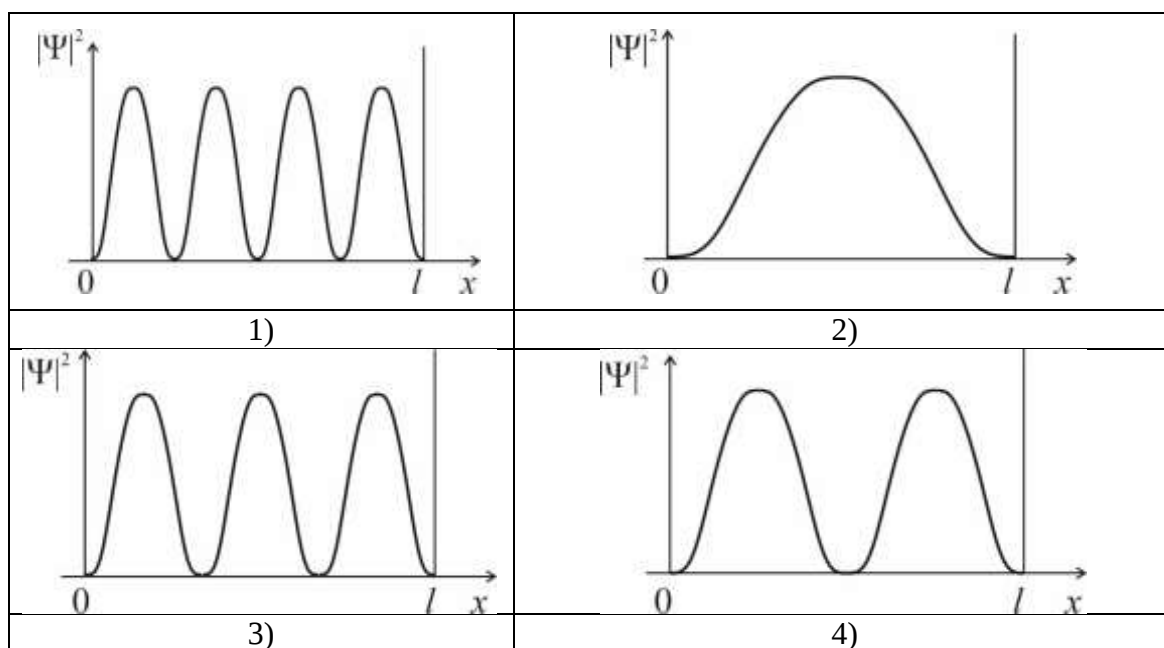
Ответ: 2,3

9. Установите соответствие уравнений Шредингера их физическому смыслу:

	Физический смысл уравнения Шредингера		Уравнение Шредингера
А)	стационарное для микрочастицы в потенциальной одномерной яме	1	$\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \Psi = 0$
Б)	стационарное для электрона в атоме водорода	2	$\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0$
В)	стационарное для гармонического осциллятора	3	$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E - \frac{m\omega^2 x^2}{2} \right) \Psi = 0$
Г)	стационарное для микрочастицы в 3-х мерной потенциальной яме	4	$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\Psi = 0$

Ответ: А-4, Б-1, В-3, Г-2

10. На рисунках приведены картины распределения плотности вероятности нахождения микрочастицы в потенциальной яме шириной l с бесконечно высокими стенками. Состоянию с квантовым числом $n = 1$ соответствует



Ответ: 2

Перечень примерных заданий практических работ

Теоретические вопросы:

1. Соотношение неопределенностей, его физический смысл. Сопряженные величины.
2. Схема опыта Резерфорда по рассеянию α -частиц. Формула Резерфорда.
3. Соотношение неопределенностей, его физический смысл. Сопряженные величины.
4. Схема опыта Резерфорда по рассеянию α -частиц. Формула Резерфорда.

Задачи:

1. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась от 100 до 50 пм?

- Какова энергия альфа-частиц, если известно, что η часть их ($\eta = 10^{-4}$) рассеивается золотой фольгой толщиной $d = 10^{-4}$ см в пределах углов свыше $\theta_0 = 90^\circ$? Плотность золота $\rho = 19,4 \cdot 10^3$ кг/м³.
- Определить для водородоподобного иона радиус n -й боровской орбиты и скорость электрона на ней. Вычислить эти величины для первой боровской орбиты атома водорода и ионов He^+ и Li^{++} .
- Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась от 100 до 50 пм?
- Какова энергия альфа-частиц, если известно, что η часть их ($\eta = 10^{-4}$) рассеивается золотой фольгой толщиной $d = 10^{-4}$ см в пределах углов свыше $\theta_0 = 90^\circ$? Плотность золота $\rho = 19,4 \cdot 10^3$ кг/м³.
- Определить для водородоподобного иона радиус n -й боровской орбиты и скорость электрона на ней. Вычислить эти величины для первой боровской орбиты атома водорода и ионов He^+ и Li^{++} .

Задание 1. Рассмотреть процессы испускания и поглощения света атомами. Чем отличаются спонтанное и вынужденное излучение? Какой физический смысл коэффициентов Эйнштейна?

Практическая часть. Устройство и принцип работы гелий-неонового лазера. Показать все основные узлы на демонстрационной модели. Устройство и принцип работы полупроводникового лазера. Какие существуют способы создания среды с инверсной заселенностью уровней? Привести примеры практического использования лазеров.

Задание 2. Решить задачу о движении частицы в потенциальной яме. Рассмотреть случаи ямы с бесконечно высокими стенками и стенками конечной высоты. Сравнить энергетические спектры в обоих случаях.

Практическая часть. Применение результатов решения задачи о движении частицы в потенциальной яме. Что такое квантовые точки? Какую роль в создании новых материалов с заданными свойствами играют результаты решения задачи о двумерной потенциальной яме? Что такое графен и каковы его свойства?

Примерные задания для практической подготовки

Задание 1. Экспериментальная проверка соотношения неопределенностей в процессе дифракции лазерного излучения на щели с переменной шириной.

Задание 2. Разработка и реализация демонстрационного опыта по теме «Спектры и спектральные закономерности».

Задание 3. Численное моделирование и графическая визуализация решения уравнения Шредингера для простейших случаев движения частиц (свободная частица, частица в одномерной потенциальной яме).

Задание 4. Численное моделирование и графическая визуализация пространственной векторной модели атома.

Задание 5. Численное моделирование и графическая визуализация прецессии магнитного момента атома.

Задание 6. Численное моделирование и графическая визуализация векторной модели многоэлектронного атома. Расчет углов между механическими моментами.

Задание 7. Экспериментальное определение размеров кристаллической решетки по дебаэграмме.

Задание 8. Экспериментальное определение ширины запрещенной зоны полупроводника.

Задание 9. Экспериментальное измерение длины волны излучения гелий-неонового лазера.

Примерные темы докладов

- Уравнение Шредингера, смысл Ψ -функции. Туннельный эффект.
- Атом водорода в квантовой механике.
- Эффект Зеемана (нормальный и аномальный): объяснение с точки зрения классической и квантовой теории.
- Испускание и поглощение света атомами. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазер: устройство и применения.

Примерные вопросы к зачету с оценкой

1. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де-Бройля. Длина волны де-Бройля.
2. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
3. Экспериментальное подтверждение теории де Бройля (опыты Дэвиссона-Джермера, Томсона-Тартаковского).
4. Модели атома Томсона и Резерфорда. Опыты Э. Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Формула Резерфорда.
5. Постулаты Бора. Недостатки модели атома Резерфорда-Бора.
6. Спектры водорода и водородоподобных атомов. Формула Бальмера.
7. Опыты Франка и Герца.
8. Уравнение Шредингера. Физический смысл волновой функции.
9. Частица в одномерной потенциальной яме.
10. Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа (главное, орбитальное, магнитное, спиновое, полное).
11. Векторная модель атома. Орбитальный, спиновый, полный момент импульса атома.
12. Квантование момента импульса и проекции момента импульса.
13. Магнитный момент электрона.
14. Магнитный момент атома. Проекция магнитного момента. Магнетон Бора. Фактор Ланде.
15. Атом во внешнем магнитном поле. Эффект Зеемана.
16. Опыты Штерна–Герлаха.
17. Принцип Паули. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.
18. Рентгеновское излучение: тормозное и характеристическое. Закон Мозли.
19. Молекулярные спектры.
20. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры.
21. Зонная теория проводимости. Структура энергетических зон в металлах, полупроводниках и диэлектриках. Функция Ферми.

5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Сопоставимость рейтинговых показателей студента по разным дисциплинам и балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов обеспечивается принятием единого механизма оценки знаний студентов, выраженного в баллах, согласно которому 100 баллов – это полное усвоение знаний по учебной дисциплине, соответствующее требованиям учебной программы.

Максимальный результат, который может быть достигнут студентом по каждому из Блоков рейтинговой оценки – 100 баллов.

Ответ обучающегося на зачёте с оценкой оценивается в баллах с учетом шкалы соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам.

В зачетно-экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по пятибалльной шкале и рейтинговые оценки в баллах.

При получении студентом на зачёте с оценкой неудовлетворительной оценки в ведомость выставляется рейтинговая оценка в баллах (меньше 40 баллов), соответствующая фактическим знаниям (ответу) студента.

Критерии оценки знаний студентов в рамках каждой учебной дисциплины или групп дисциплин вырабатываются преподавателями согласованно на кафедрах университета исходя из требований образовательных стандартов.

Шкала оценивания зачёта с оценкой.

Критерии оценивания	Баллы
Полные и точные ответы на два вопроса билета. Верное решение задачи.	21-30

Критерии оценивания	Баллы
Свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче зачета с оценкой.	
Полные и точные ответы на два вопроса билета. Знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета с оценкой.	14-20
Полный и точный ответ на один вопрос билета. Удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов.	7-13
Ответ, не соответствующий вышеуказанным критериям выставления оценок.	0 - 6

Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа обучающегося в течение освоения дисциплины, а также оценка по промежуточной аттестации.

Количество баллов	Оценка по традиционной шкале
81-100	Отлично
61-80	Хорошо
41-60	Удовлетворительно
0-40	Неудовлетворительно

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие : в 5 томах / И. В. Савельев. — 7-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2024 — Том 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц — 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1211-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210611> (дата обращения: 22.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Иродов, И.Е. Квантовая физика: основные законы / И. Е. Иродов. - 5-е изд. стереотип. – М.: Бинوم, 2013. - 256с. – Текст: непосредственный.
3. Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов. - 8-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 261 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". - ISBN 978-5-93208-517-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785932085172.html> (дата обращения: 22.06.2023). - Режим доступа : по подписке.
4. Иродов, И.Е. Задачи по квантовой физике: учеб. пособие для вузов / И. Е. Иродов. – М.: Высш. шк., 1991. - 175с. – Текст: непосредственный.

6.2. Дополнительная литература

1. Башлачев, Ю.А. Фундаментальные эксперименты физики: курс лекций / Ю. А. Башлачев, Д. Л. Богданов. - М.: ЛЕНАНД, 2012. - 240с.- Текст: непосредственный.
2. Борн, М. Атомная физика / М. Борн; Медведев Б. В., ред. - Изд-е 3-е; Перевод с англ. - Москва: Мир, 1970. - 481с. – Текст: непосредственный.
3. Горлач, В. В. Физика: квантовая физика. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 114 с. —

(Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10137-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513821> (дата обращения: 22.03.2026).

4. Практикум по решению задач по общему курсу физики. Основы квантовой физики. Строение вещества. Атомная и ядерная физика : учебное пособие / Н. П. Калашников, Н. М. Кожевников, Т. В. Котырло, Г. Г. Спирин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1651-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211592> (дата обращения: 22.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 3-х тт. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И. В. Савельев. — 14-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 320 с. — ISBN 978-5-507-47045-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/322505> (дата обращения: 22.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Том 5. Атомная и ядерная физика [Электронный ресурс]: Учеб. пособие для вузов / Сивухин Д. В. - 3-е изд., стер. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106450.html>. (дата обращения: 22.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей Электронно-библиотечная система «Консультант студента» — Текст: электронный.

7. Шпольский, Э. В. Атомная физика : учебник : в 2 томах / Э. В. Шпольский. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 1 : Введение в атомную физику — 2022. — 560 с. — ISBN 978-5-8114-1005-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210398> (дата обращения: 22.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Шпольский, Э. В. Атомная физика : учебник : в 2 томах / Э. В. Шпольский. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 2 : Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома — 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1006-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210401> (дата обращения: 22.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Шпольский, Э.В. Атомная физика: учеб. пособие для вузов. т. 2: основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома / Э. В. Шпольский. - 4-е изд., перераб. - М.: Наука, 1974. - 447с. — Текст: непосредственный.

10. Шпольский, Э.В. Атомная физика: учеб. пособие для вузов. т.1: введение в атомную физику / Э. В. Шпольский. - 6-е изд., испр. - М.: Наука, 1974. - 575с. — Текст: непосредственный.

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. http://mgou.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=48&Itemid=614
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
3. Электронно-библиотечная система Лань <https://e.lanbook.com>
4. ООО «Электронное издательство Юрайт» <https://urait.ru>

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows
Microsoft Office

Информационные справочные системы:

Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных

fgosvo.ru – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования

pravo.gov.ru - Официальный интернет-портал правовой информации

www.edu.ru – Федеральный портал Российское образование

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)

7-zip

Google Chrome

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: комплект учебной мебели, доска, технические средства обучения (проектор подвесной, компьютер стационарный - моноблок);

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой, подключенной к сети Интернет, обеспеченные доступом к электронной информационно-образовательной среде Университета. Персональные компьютеры с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду Университета. Доска. Программное обеспечение: Лицензионное программное обеспечение: Зарубежное: Microsoft Windows, Microsoft Office Отечественное: Kaspersky Endpoint Security Свободно распространяемое программное обеспечение: Зарубежное: Google Chrome, 7-zip Отечественное: ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей) Информационные справочные системы: система «КонсультантПлюс» Профессиональные базы данных: fgosvo.ru pravo.gov.ru;

- помещение для самостоятельной работы для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, оснащенное компьютерной техникой, подключенной к сети Интернет, обеспечено доступом к электронно-образовательной среде Университета, Комплект учебной мебели, персональные компьютеры с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду Университета, доска, проектор подвесной;

- в том числе, материально-техническое обеспечение практической подготовки по дисциплине:

- учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: Лабораторные столы (1.50×0.80), Стойки металлические для приборов, Огнетушитель ОУ-2, Тумбочки, Шкафы, Сейф, Мультимедийная доска, Проектор, Системный процессор, Клавиатура, Мышка, Компьютер, Системный блок, Клавиатура, Мышь, Принтер, Лабораторная работа №1 «Изучение светового поля источников» (на оптической скамье ФСМ): Регулятор напряжения. Лабораторная работа №2 «Определение радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона» (на микроскопе): Ртутно-кварцевая лампа. Лабораторная работа №3 «Дифракция Фраунгофера» (на рельсе оптической скамьи с рейтерами): Ртутно-кварцевая лампа, Дифракционная решетка. Лабораторная работа №4 «Определение фокусных расстояний линз» (на рельсе оптической скамьи с рейтерами и линзами): Осветитель теневой проекции. Лабораторная работа №5 «Увеличение оптических приборов» (1-часть на рельсе оптической скамьи с рейтерами и линзами, 2-часть на микроскопе), Осветитель для микроскопа.

Лабораторная работа №6 «Определение показателя преломления рефрактометром» (на рефрактометре). Лабораторная работа №7 «Дисперсия призмы» (на гониометре ГС-5), Ртутно-кварцевая лампа. Лабораторная работа №8 «Изучение вращения плоскости поляризации раствором сахара в воде» (на сахариметре СУ-4), Осветитель теневой проекции. Лабораторная работа №9 «Определение постоянной Стефана-Больцмана» (на основе пирометра ОППИР-09), Регулятор напряжения. Лабораторная работа №10 «Определение характеристик фотоэлементов» (на основе школьной фотометрической скамьи), Выпрямитель школьный. Лабораторная работа №1 «Исследование атомарного спектра водорода» на монохроматоре, Генератор, Лабораторная работа №2 «Исследование стационарных состояний атома гелия» на экспериментальной установке со специальной гелиевой лампой, Источник питания, Вольтметр универсальный (2 шт). Лабораторная работа №3 «Определение ширины запрещенной зоны полупроводника» на экспериментальной установке на основе термостата, Цифровой омметр (2 шт). Лабораторная работа №4 «Определение работы выхода электрона из металла» на экспериментальной установке с фотоэлементом, Оптическая скамья, Вольтметр универсальный (2 шт). Регулятор напряжения школьный. Лабораторная работа №5 «Соотношение неопределенностей» на экспериментальной установке с гелий-неоновым лазером, Оптическая скамья. Лабораторная работа №6 «Изучение лазерного излучения» на экспериментальной установке с лазером ЛГН-105. Оптическая скамья. Лабораторная работа №7 «Эффект Холла» на основе электромагнита, Амперметр, Источник питания, Вольтметр. Лабораторная работа №8 «Исследование фотолюминесценции» с помощью лампы-вспышки, Осциллограф запоминающий, Регулятор напряжения. Лабораторная работа №9 «Измерение треков α -частиц в фотоэмульсиях» на измерительном микроскопе. Лабораторная работа №10 «Определение дозиметром мощности экспозиционной дозы и плотности потока β -частиц» на основе дозиметра. Лабораторная работа №11 «Структура атомного спектра ртути» на основе монохроматора, Ртутно-кварцевая лампа, Список учебных таблиц и демонстрационных пособий: Порядок работы в лаборатории, Фундаментальные физические константы, Греческий алфавит, Шкала электромагнитных волн, Химическая таблица Д.И. Менделеева.