МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Атомная физика»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «25» апреля 2022 года, протокол № 6

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является изучение основных понятий микромира, основных экспериментальных данных о строении вещества, квантово-механических представлений о строении атома, макроскопических квантовых явлений.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы» и входит в модуль «Общая физика». «Атомная физика» является предпоследней дисциплиной курса общей физики, предполагает формирование основ физического мировоззрения, современной физической картины мира.

Полученные в курсе знания необходимы для изучения курсов модуля «Теоретическая физика».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе педагогической	ИД-ОПК-1.1 Осуществляет постановку задачи, выбирает способ ее решения	**Знать:** – корпускулярно-волновой дуализм в микромире, − принцип неопределенности; − квантовые уравнения движения; − строения атома, магнетизм микрочастиц, молекулярные спектры; **Уметь:** - осуществлять постановку задачи; - выбирать способы решения.
	ИД-ОПК-1.2 Применяет математический аппарат, физические законы и теории для решения прикладных и теоретических задач, в том числе педагогической деятельности	**Знать:** – систему атомных единиц измерения величин; – универсальные физические константы и их размерности; – современную физическую картину мира. **Уметь:** – применять математический аппарат, физические законы и теории для решения прикладных и теоретических задач. **Владеть навыками**: – решения типовых, оригинальных, познавательных задач; – аналитического мышления.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Корпускулярно-волновой дуализм света	5	6						
2	Планетарная модель атома	5	4		3	0,5		2	Задания для самостоятельной работы
3	Волновые свойства частиц.	5	4			1		2	Задания для самостоятельной работы
4	Уравнение Шредингера	5	4		4	1		2	Задания для самостоятельной работы. Контрольная работа № 1
5	Постулаты квантовой механики.	5	4		4	1		2	Задания для самостоятельной работы
6	Таблица Д.И. Менделеева	5	4		6	0,5		2	Задания для самостоятельной работы
7	Экспериментальные подтверждения выводов квантовой механики	5	4			0,5		2	Задания для самостоятельной работы
8	Магнитные свойства атомов	5	4			0,5		1,7	Задания для самостоятельной работы
		5					0,3	2	зачет
	Всего за 4 семестр 72 часа		**34**		**17**	**5**	**0,3**	**15,7**	

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Корпускулярно-волновой дуализм света.

Излучение абсолютно черного тела. Фотоэффект. Теория фотоэффекта. Фотоэлементы. Радиометр Крукса.

2. Планетарная модель атома

Первые модели атома. Опыт Резерфорда. Формула Резерфорда. Планетарная модель атома. Спектр атома водорода. Постулаты Бора. Боровская модель атома водорода. Опыты Франка и Герца. Вывод формулы Ридберга из модели Бора.

3. Волновые свойства частиц

Гипотеза де Бройля. Опыты Джэрмера и Дэвисона. Волновая функция электрона. Дифракция электронов на двух щелях. Парадокс наблюдателя. Соотношение неопределенностей. Гейзенберга. Ширина спектральной линии. Преобразование Фурье. Связь соотношения неопределенностей и преобразования Фурье.

4. Уравнение Шредингера

Временное уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Частица в одномерной и трехмерной потенциальных ямах. Квантовый прицеп суперпозиций. Парадокс Кота Шредингера. Прохождение частицы над и под потенциальным барьером. Гармонический осциллятор.

5. **Постулаты квантовой механики.** Эрмитовы операторы и их использование в математическом аппарате квантовой механики. Коммутатор. Оператор углового момента. Оператор магнитного момента. Постулаты квантовой механики.

6. **Таблица Д.И. Менделеева.** Частица в сферически симметричном поле. Водородоподобные атомы. Энергетические уровни. Потенциалы возбуждения и ионизации. Спектры водородоподобных атомов. Принцип Паули. Стандартный закон заполнения электронных оболочек. Правило Маделугна-Кличковского. Правила Хунда. Термы основных состояний.

7. Экспериментальные подтверждения выводов квантовой механики.

Формирования представления о спине электрона. Опыты Штерна и Герлаха. Фермионы и бозоны. Принцип работы лазера.

8. Магнитные свойства атомов

Связь углового и магнитного момента в классической физике. Взаимодействие собственных и орбитальных магнитных моментов. Факторы Ланде. Эффект Зеемана.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Физика атомов и атомных явлений» (лекции и практические занятия) (РФ-31БО, ЭН-31БО, Ф-31БО)» в LMS Электронный университет MoodleЯрГУ**, в котором:**

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
-- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTex;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов : в 5 т.. Т. 5, Атомная и ядерная физика. / Д. В. Сивухин; М-во образования РФ - 3-е изд., стереотип. - М.: Физматлит, 2006. - 782 с.
2. Иродов И. Е. Задачи по общей физике: Учеб. пособие для вузов. / И. Е. Иродов - 6-е изд., стереотип. - СПб.: Лань, 2004. - 416с.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Том 5. Атомная и ядерная физика : учебное пособие для вузов / Сивухин Д. В. - 3-е изд. , стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 784 с. - URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106450.html

б) дополнительная литература

1. Фриш С. Э. Курс общей физики: в 3 т. : учебник для вузов.. Т. 3, Оптика. Атомная физика. / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева - 8-е изд., стереотип. - СПб.: Лань, 2006. - 648 с.

2. Шпольский Э. В. Атомная физика: учеб. пособие для вузов / Э. В. Шпольский; М-во высш. и сред. спец. образования СССР. Т. 1: Введение в атомную физику. - 6-е изд., испр. - Б.м.: Б.и., 1974. - 575 с.
3. Шпольский Э. В. Атомная физика: учеб. пособие для вузов / Э. В. Шпольский; М-во высш. и сред. спец. образования СССР. Т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. - 4-е изд., перераб. - Б.м.: Б.и., 1974. - 447 с.: ил.
4. Савельев И.В. Курс физики: учебник в 3-х томах Т3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - М.: Наука, 1989.-301с.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

Автор:
Профессор
кафедры микроэлектроники и общей физики Д.Ф. Белоножко

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Атомная физика»

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, используемые в процессе текущего контроля успеваемости

Задания для самостоятельной работы

(*данные задания выполняются студентом самостоятельно и преподавателем в обязательном порядке проверяются, проверка сформированности ОПК-1, индикаторы ИД_ОПК_1.1, ИД_ОПК_1.2*)

Задания для самостоятельной работы (по темам)

Задания представляют собой задачи, сгруппированные по темам. Контроль решения задач осуществляется на практических занятиях.

Задачи по теме 1 «Экспериментальные основы атомной физики»

1. Вычислить согласно модели Томсона радиус атома водорода и длину волны испускаемого им света, если известно, что энергия ионизации атома E = 13,6 эВ.
2. Найти длину волны головной линии той спектральной серии ионов He^+, у которой интервал частот между крайними линиями $\Delta\omega = 5{,}18\cdot10^{15}c^{-1}$
3. Определить для атома водорода и иона He^+: энергию связи электрона в основном состоянии, потенциал ионизации, первый потенциал возбуждения и длину волны головной линии серии Лаймана.
4. Определить длину волны λ спектральной линии атомарного водорода, частота которой равна разности частот следующих двух линий серии Бальмера: λ_1=486,1 нм и λ_2=410,2 нм. Какой серии принадлежит эта линия?
5. Узкий пучок α-частиц с кинетической энергией T = 600 кэВ падает нормально на золотую фольгу, содержащую $n = 1{,}1\cdot10^{19}$ ядер/см^2. Найти относительное число α-частиц, рассеянных под углами $\theta < \theta_0 = 20°$.
6. На какое минимальное расстояние приблизится α-частица с кинетической энергией T = 0,40 МэВ (при лобовом соударении) к первоначально покоившемуся легкому свободному ядру ^7Li?
7. Найти квантовое число n, соответствующее возбужденному состоянию иона He^+, если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5 и 30,4 им.
8. Покоившийся атом водорода испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Какую скорость приобрел атом?
9. Покоящийся ион He^+ испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Этот фотон вырвал фотоэлектрон из покоящегося атома водорода, который находился в основном состоянии. Найти скорость фотоэлектрона.
10. Протон с кинетической энергией T и прицельным параметром *b* рассеялся на кулоновском поле неподвижного ядра атома золота. Найти импульс, переданный ядру.

Задачи по темам 2 «Элементы квантовой механики» и 3 «Одномерное движение»

1. Нейтрон с кинетической энергией T = 25 эВ налетает на покоящийся дейтрон (ядро тяжелого водорода). Найти дебройлевские длины волн обеих частиц в системе их центра масс.
2. Узкий пучок моноэнергетических электронов падает нормально на поверхность монокристалла никеля. В направлении, составляющем угол $\theta = 55°$с нормалью к поверхности, наблюдается максимум отражения четвертого порядка при энергии электронов E = 180 эВ. Вычислить соответствующее значение межплоскостного расстояния.
3. Две одинаковые нерелятивистские частицы движутся перпендикулярно друг к другу с дебройлевскими длинами волн λ_1 и λ_2. Найти дебройлевскую длину волны каждой частицы в системе их центра масс.
4. Получить выражение для дебройлевской длины волны λ релятивисткой частицы, движущейся с кинетической энергией T. При каких значениях T ошибка в определении λ по нерелятивистской формуле не превышает 1% для электрона и протона?
5. В момент t = 0 волновая функция некоторой частицы имеет вид $\psi = A \exp(-x^2/4\sigma^2 + ikx)$. Изобразите примерный вид зависимости: а) действительной части ψ от x; б) $|\psi|^2$ от x.
6. Частица находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме ширины l с абсолютно непроницаемыми стенками ($0 < x < l$). Найти вероятность пребывания частицы в области $l/3 < x < 2l/3$.
7. Свободный электрон в момент t = 0 локализован в области Δx_0 = 0,10 нм (порядок размера атома). Оценить ширину области локализации этого электрона спустя t = 1с.
8. Найти дебройлевскую длину волны релятивистских электронов, подлетающих к антикатоду рентгеновской трубки, если длина волны коротковолновой границы сплошного спектра λ_K = 10,0 пм.
9. Узкий пучок электронов с кинетической энергией T = 10 кэВ проходит через поликристаллическую алюминиевую фольгу, образуя на экране систему дифракционных колец. Вычислить межплоскостное расстояние, соответствующее отражению третьего порядка от некоторой системы кристаллических плоскостей, если ему отвечает дифракционное кольцо диаметра D = 3,20 см. Расстояние между экраном и фольгой l= 10,0 см.
10. Волновая функция частицы массы m для основного состояния в одномерном потенциальном поле $U(x) = kx^2/2$ имеет вид $\psi(x) = A \exp(-\alpha x^2)$, где A и α - некоторые постоянные. Найти с помощью уравнения Шредингера постоянную α и энергию E частицы в этом состоянии.

Задачи по теме 4 «Движение в центральном поле»

1. Определить спиновый механический момент атома в состоянии D_2, ели максимальное значение проекции магнитного момента в этом состоянии равно четырем магнетонам Бора.
2. 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
3. Написать спектральное обозначение терма, кратность ворожения которого равна семи, а квантовые числа L и S связаны соотношением L = 3S.
4. Вычислить полное расщепление $\Delta\omega$ спектральной линии $^3D_3 \rightarrow {}^3P_2$ в слабом магнитном поле и индукцией B=3,4 кГс.

5. Некоторый атом, кроме заполненных оболочек, имеет три электрона (s, p и d) и находится в состоянии с максимально возможным для этой конфигурации полным механическим моментом. Найти в соответствующей векторной модели атома угол между спиновым и полным механическими моментами данного атома.
6. Найти энергию связи валентного электрона в основном состоянии атома лития, если известно, что длина волны головной линии резкой серии λ_1 = 813 нм и длина волны коротковолновой границы этой серии λ_2 = 350 нм.
7. Длины волн дублета желтой линии натрия ($^2P \rightarrow {}^2S$) равны 589,59 и 589,00 нм. Найти отношение интервалов между соседними подуровнями зеемановского расщепления термов $^2P_{3/2}$ и $^2P_{1/2}$ в слабом магнитном поле.
8. Изобразить схему возможных переходов в слабом магнитном поле между термами $^2P_{3/2}$ и $^2S_{1/2}$. Вычислить для магнитного поля B = 4,5 кГс смещения (в c^{-1}) зеемановских компонент этой линии.
9. Длины волн дублета желтой линии натрия ($^2P \rightarrow {}^2S$) равны 589,59 и 589,00 нм. Найти индукцию B магнитного поля, при которой интервал между соседними подуровнями зеемановского расщепления терма $^2P_{3/2}$ будет η = 50 раз меньше естественного расщепления рема ^2P.
10. Некоторый атом находится в состоянии, для которого S = 2, полный механический момент $M = \sqrt{2}\hbar$, а магнитный момент равен нулю. Написать спектральный символ соответствующего терма.

Задачи по темам 4 «Движение в центральном поле»
и 5 «Электронные свойства молекул и твердых тел»

1. Оценить, сколько линий содержит чисто вращательный спектр молекул CO, момент инерции которых $I=1{,}44\cdot10^{-39}$ г·см^2.
2. Найти для молекул HF число вращательных уровней, расположенных между нулевым и первым возбужденным колебательными уровнями, считая вращательные состояния не зависящими от колебательных
3. В середине колебательно-вращательной полосы спектра испускания молекул HCl, где отсутствует «нулевая» линия, запрещенная правилом отбора, интервал между соседними линиями $\Delta\omega = 0{,}79\cdot10^{13}c^{-1}$.Вычислить расстояние между ядрами молекулы HCl.
4. Найти для двухатомной молекулы число чисто вращательных уровней на единичный интервал энергии dN/dE в зависимости от вращательного квантового числа J и вращательной энергии E. Вычислить эту величину для молекулы йода при J = 10
5. Найти отношение числа молекул водорода на первом возбужденном колебательном уровне к числу молекул на первом возбужденном вращательном уровне при температуре T = 880 K. Иметь в виду, что кратность вырождения вращательных уровней равна 2J + 1.
6. Вычислить длины волн красного и фиолетового спутников, ближайших к несмещенной линии, в колебательном спектре комбинационного рассеяния молекул F_2, если длина волны падающего света λ_0 = 404,7 нм.
7. Найти собственную частоту колебаний и коэффициент квазиупругой силы молекулы S_2, если в колебательном спектре комбинационного рассеяния света длины волн красного и фиолетового спутников, ближайших к несмещенной линии, равны 346,6 и 330,0 им
8. Двухатомная молекула с моментом инерции $1{,}16\cdot10^{-39}$ г·см^2 находится в состоянии с вращательной энергии 1,8 мэВ. Найти частоту ω фотона (принадлежащему чисто

вращательному спектру), который может испустить данная молекула при переходе из этого состояния

9. Показать, что интервалы частот между соседними спектральными линиями чисто вращательного спектра двухатомной молекулы имеют одинаковую величину. Найти момент инерции и расстояние между ядрами молекулы CH, если интервалы между соседними линиями чисто вращательного спектра этих молекул $\Delta\omega=5{,}47\cdot10^{12}c^{-1}$

10. Имея в виду, что кратность вырождения вращательных уровней g = 2J + 1, найти вращательное квантовое число J_m наиболее заселенного вращательного уровня молекулы O_2 при температуре T = 300 K. Изобразить примерный график зависимости заселенности вращательных уровней N_J/N_0 от J при этой температуре.

Критерии оценивания решения задач в рамках заданий для самостоятельной работы

Показатели	Критерии
Понимание условия задачи	– Краткая запись условия. – Использование физической символики. – Запись единиц измерения и перевод их в СИ – Хорошее оформление работы, четкие рисунки и чертежи. – Нахождение и запись необходимых табличных и дополнительных данных.
План решения задачи	– Обоснование выбора физических формул для решения. – Рациональный способ решения – Запись формул
Осуществление решения	– Вывод расчетных(ой) формул(ы), решение задачи в общем виде – Математические операции с единицами измерения физических величин, вычисления
Правильность решения задачи	– Краткое объяснение решения. – Анализ полученных результатов

Шкала оценивания:
0 баллов – полное отсутствие критерия;
1 балл – частичное выполнение критерия;
2 балла – полное выполнение критерия

Суммируются баллы за каждую задачу.

Оценка за работу или задание в целом проставляется по количеству набранных баллов:
менее 60% от максимально возможного количества баллов - неудовлетворительно,
60-75% от максимально возможного количества баллов - удовлетворительно,
76-85% от максимально возможного количества баллов - хорошо,
86-100% от максимально возможного количества баллов – отлично.

Контрольная работа № 1

(проверка сформированности ОПК-1, индикаторы ИД_ОПК_1.1, ИД_ОПК_1.2, ИД_ОПК_1.3)

Задача.1 Уединенный цинковый шарик облучается ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 250$ нм. До какого максимального потенциала зарядится шарик? Работа выхода электронов для цинка равна $A_{вых} = 3.74$ эВ.

Задача 2 Определить энергию фотона, соответствующего второй линии в первой инфракрасной серии (серия Пашена) атома водорода.

Задача 3.

Электрон в модели Н. Бора электрон атома водрода движется в кулоновском поле ядра. Можно ли в эксперименте создать электрическое поле, способное ионизировать атом водорода? Практически достижимые значения напряженности $10^7 - 10^8$ В/м.

Задача 4

Кинетическая энергия протона равна его энергии покоя. Вычислить длину волны де Бройля такого протона

Контрольная работа № 2

(проверка сформированности ОПК-1, индикаторы ИД_ОПК_1.1, ИД_ОПК_1.2, ИД_ОПК_1.3)

Задача 1. Доказать самосопряженность оператора проекции углового момента. Действовать аналогично доказательству самоспряженности проекции импульса.

Задача 2. Среднее время жизни пи-нуль мезона 1,9 10^{-16}с. Какой должна быть разрешающая способность прибора для регистрации таких частиц?

Задача 3.Электрон находится в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы 1,4 10^{-9}м. Определить энергию, излучаемую электроном при переходе с третьего уровня на второй.

Задача 4. Частица находится в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме заданной ширины на втором энергетическом уровне. В каких точках ямы плотность вероятности обнаружения частицы совпадает с классической плотностью вероятности?

Правила выставления оценки по результатам контрольных работ № 1-№ 2:

Оценка по результатам контрольной работы № 2 считается в баллах по следующему принципу: правильно выполненное

- задание № 1 – 1 балл;
- задание № 2 – 2 балла,
- задание № 3 – 1 балл;
- задание № 4 – 1 балл.

Каждое из заданий может быть оценено половиной заявленных по нему баллов, в случае, когда при его выполнении правильно применены расчётные формулы, но имеются ошибки в расчетах.

Полностью неправильно выполненное задание – 0 баллов.

Максимальное количество баллов по итогам контрольной работы № 1 – 5 баллов,

5 баллам соответствует оценке «отлично», 4 баллам – оценке «хорошо», 3 баллам – оценке «удовлетворительно», 2 и менее баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

Список формул и понятий, которые требуется знать наизусть

(проверка сформированности ОПК-1, индикатор ИД_ОПК_1.1, ИД_ОПК_1.2)

1. Колебания и волны.

$x = A\cos(\omega t + \varphi_0)$ - простейшее гармоническое колебание;

$x = A\cos(\omega t - kx + \varphi_0)$ - простейшая гармоническая волна;

$T = \dfrac{2\pi}{\omega}$ - период колебаний;

$\nu = \dfrac{1}{T} = \dfrac{\omega}{2\pi}$ - циклическая частота; показывает число повторений в единицу времени; $[\nu] = Гц = c^{-1}$;

$\omega = \dfrac{2\pi}{T}$ - круговая частота; равна быстроте изменения фазы колебательного или волнового движения; $[\omega] = \dfrac{рад}{c}$;

$k = \dfrac{2\pi}{\lambda}$ - волновое число для волны с длинной λ;

$\mathrm{v} = \dfrac{\omega}{k}$ - фазовая скорость волны (скорость перемещения гребня);

$\mathrm{v} = \dfrac{d\omega}{dk}$ - групповая скорость (скорость перемещения огибающей волнового пакета и распространения сигнала);

2. Сведения из механики.

$E_k = \dfrac{m\mathrm{v}^2}{2} = \dfrac{p^2}{2m}$ - кинетическая энергия в нерелятивистском приближении;

$E_0 = mc^2$ - энергия покоя в релятивистском приближении;

$E = \dfrac{mc^2}{\sqrt{1-\mathrm{v}^2/c^2}}$ - полная энергия в релятивистском приближении;

$E_k = \dfrac{mc^2}{\sqrt{1-\mathrm{v}^2/c^2}} - mc^2$ - кинетическая энергия в релятивистском приближении;

$E_k << mc^2$ или (и) $\mathrm{v} << c$ - критерий применимости нерелятивистского приближения.

$E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$ - связь энергии и импульса в релятивистском приближении;

$p = \dfrac{m\mathrm{v}^2}{\sqrt{1-\mathrm{v}^2/c^2}}$ - релятивистский импульс;

3. Сведения из волновой оптики.

$R = \sigma T^4$ **- закон Стефана-Больцмана**;

R - энергетическая светимость абсолютно черного тела;

T - абсолютная температура тела;

σ - постоянная Стефана-Больцмана.

$\lambda_{\max} T = b$ **- закон смещения Вина**;

$\lambda_{\max}$ - длина волны, на которой спектральная плотность излучения абсолютно черного тела максимальна;

b - постоянная Вина.

$E = h\nu = h\dfrac{c}{\lambda} = \hbar\omega$ **- энергия фотона;**

h - постоянная Планка; $\hbar = \dfrac{h}{2\pi}$ - постоянная Дирака;

$\vec{p} = \hbar\vec{k}$ - импульс фотона;

$P = \dfrac{I}{c}(1+\rho) = w(1+\rho)$ **- давление света;**

I - интенсивность света;

ρ - коэффициент отражения;

w - объемная плотность энергии.

$h\nu = A_{вых} + E_{k\,\max}$ **- уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта;**

$A_{вых}$ - работа выхода электронов из металла;

$E_{k\,\max}$ - максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов.

$\Delta\lambda = \lambda_C\left(1-\cos(\theta_m)\right)$ **- изменение длины волны в эффекте Комптона**;

$\lambda_C = \dfrac{h}{mc} = \dfrac{hc}{E_0}$ - комптоновская длина волны частицы.

$2d\sin(\theta) = m\lambda;\ m = 1;2;...$ **- закон Вулфа-Брэгга**

d - расстояние между атомными плоскостями кристалла;

θ - угол рассеяния рентгеновских лучей;

$a\sin(\theta_m) = \pm m\lambda;\ m = 1;2;...$ **- направления дифракционных минимумов при дифракции от одной щели**;

$\dfrac{1}{\lambda} = Ry Z^2\left(\dfrac{1}{n^2} - \dfrac{1}{m^2}\right)$ **- обобщенная формула Бальмера;**

Z - заряд ядра; Ry - постоянная Ридберга;

$n = 1,2,3,...;\ \ m = n+1, n+2, n+3,...$

$n = 1$ -серия Лймана; (УФ область)

$n = 2$ - серия Бальмера; (видимая область)

$n = 3$ - серия Пашена; (инфракрасная область)

$n = 4$ - серия Брэкета; (инфракрасная область)

4. Волновая функция (амплитуда вероятности)

Важные обозначения

точка пространства $\mathbf{r}=\begin{cases} x & \text{если задача одномерна}: N=1 \\ x,y & \text{если задача двухмерна}: N=2 \\ x,y,z & \text{если задача трехмерна}: N=3 \end{cases}$
элементарный объем $d\mathrm{v}=\begin{cases} dx & \text{если задача одномерна}: N=1 \\ dx\,dy & \text{если задача двухмерна}: N=2 \\ dx\,dy\,dz & \text{если задача трехмерна}: N=3 \end{cases}$
$\mathbf{R}^N=\begin{cases} \text{вся числовая прямая } \mathbf{R}^1 & \text{если задача одномерна}: N=1 \\ \text{вся числовая прямая } \mathbf{R}^2 & \text{если задача двухмерна}: N=2 \\ \text{вся числовая прямая } \mathbf{R}^3 & \text{если задача трехмерна}: N=3 \end{cases}$

$\left|\Psi(\mathbf{r},t)\right|^2 d\mathrm{v}=\Psi^*(\mathbf{r},t)\Psi(\mathbf{r},t)d\mathrm{v}=dP(\mathbf{r},t)$ **- физический смысл;**

$dP(\mathbf{r},t)$ - <u>вероятность обнаружить частицу в элементарном объеме</u> $d\mathrm{v}$, <u>содержащем точку</u> $\mathbf{r}$;

$\left|\Psi(\mathbf{r},t)\right|^2\equiv\dfrac{dP(\mathbf{r},t)}{d\mathrm{v}}$ - <u>плотность вероятности обнаружить частицу в малой окрестности точки</u> $\mathbf{r}$;

$P(V)=\int\limits_V \Psi^*\Psi\, d\mathrm{v}$ - вер. обнаружить частичку в конечном объеме V**;**

В одномерном случае V это отрезок или система отрезков, в двухмерье – плоская фигура или система плоских фигур, в трехмерье – объемная фигура или система объемных фигур;

$\int\limits_{\mathbf{R}^N} \Psi^*\Psi\, d\mathrm{v}=1$ - условие нормировки;

$\langle F\rangle=\int\limits_{\mathbf{R}^N} \Psi^*\hat{F}\Psi\, d\mathrm{v}$ - среднее значение физической величины F;

$\int\limits_{\mathbf{R}^N} \Psi^*\left[\hat{F},\hat{G}\right]\Psi\, d\mathrm{v}=0$ - критерий совместной измеримости физических величин F и G; $\left[\hat{F},\hat{G}\right]\equiv\hat{F}\hat{G}-\hat{G}\hat{F}$ - коммутатор операторов заданных физических величин;

$\hat{F}\Psi = F\Psi$ **-** задача определения собственных функций ψ и собственных значений F оператора $\hat{F}$. Это состояния и значения, которые регистрируются в эксперименте;

$\int\limits_{\mathbf{R}^N} \Psi_1 * \Psi_2 \, d\mathrm{v} = 0$ - условие ортогональности волновых функций Ψ_1 **и** Ψ_2;

5. <u>Соотношения неопределенностей Гейзенберга</u>

$$\Delta p_x \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}; \qquad \Delta p_y \Delta y \geq \frac{\hbar}{2}; \qquad \Delta p_z \Delta z \geq \frac{\hbar}{2};$$

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2};$$

Здесь символ Δ означает стандартное (среднеквадратическое) отклонение измеряемой величины от среднего значения. **Знак равенства** реализуется, только если плотность распределения вероятности измеряемой величины $|\Psi|^2$ подчиняется гауссовому нормальному распределению. В остальных случаях реализуется неравенство.

6. <u>Волна де-Бройля</u>

$\Psi = A e^{i(kx-\omega t)} = A e^{\frac{i}{\hbar}(px-Et)}$ **-** простейшая волновая функция – волна де-Бройля, распространяющаяся вдоль оси Ox;

$p = \hbar k$ - импульс волны де-Бройля;

$E = \hbar\omega$ - энергия волны де-Бройля;

$\lambda = \dfrac{h}{p}$ - длина волны де-Бройля;

7. <u>Уравнение Шредингера</u>

$i\hbar \dfrac{\partial \Psi}{\partial t} = -\dfrac{\hbar^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi$ **-** полное уравнение Шредингера для одной частицы;

$$\left.\begin{aligned} -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\psi + U\psi = E\psi \\ \hat{H}\psi = E\psi \\ \Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E - U = 0\right) \end{aligned}\right\} \begin{array}{c} 3 \textit{ разных способа записи} \\ \textit{стационарного уравнения Шредингера} \end{array}$$

В стационарных состояниях (когда наблюдаемые величины не меняются с течением времени, а энергия принимает фкис. значение) $\Psi(\mathbf{r},t) = \psi(\mathbf{r}) e^{-\frac{i}{\hbar}Et}$, где $\psi(\mathbf{r})$ - координатная часть волновой функции.

$U \equiv U(\mathbf{r},t)$ - потенциальная энергия частицы в классическом внешнем поле.

$U = 0$ -для свободной частицы;
$U = U(x) = \begin{cases} 0 & 0 \le x \le d \\ \infty & x < 0 \text{ или } x > d \end{cases}$ Для частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме;
$U = U(x) = \begin{cases} C & 0 \le x \le d \\ 0 & x < 0 \text{ или } x > d \end{cases}$ Для частицы, преодолевающей прямоугольный потенциальный барьер ширины d

8. Операторы физических величин

$\hat{x}\Psi = x\Psi$ - оператор x - координаты;

$\hat{y}\Psi = y\Psi$ - оператор y - координаты;

$\hat{z}\Psi = z\Psi$ - оператор z - координаты;

$\hat{p}_x\Psi = -i\hbar\dfrac{\partial}{\partial x}$ - оператор x - компоненты импульса;

$\hat{p}_y\Psi = -i\hbar\dfrac{\partial}{\partial y}$ - оператор y - компоненты импульса;

$\hat{p}_z\Psi = -i\hbar\dfrac{\partial}{\partial z}$ - оператор z - компоненты импульса;

$\hat{p}^2\Psi = -\hbar^2\Delta\Psi$ - оператор квадрата импульса (Δ - опер. Лапласа);

$\hat{E}_k\Psi = -\dfrac{\hbar^2}{2m}\Delta\Psi$ - оператор кинетической энергии;

$\hat{L}_z\Psi = -i\hbar\dfrac{\partial}{\partial\varphi}$ - оператор z - проекции углового момента (φ - угол поворота вокруг Oz в направлении правого винта);

$\hat{H}\Psi = \left(\hat{E}_k + \hat{U}\right)\Psi = \left(-\dfrac{\hbar^2}{2m}\Delta + U\right)\Psi$ - оператор Гамильтона

(оператор полной энергии частицы)

Свойства операторов физических величин

$\hat{F}(\alpha\Psi_1 + \beta\Psi_2) = \alpha\hat{F}\Psi_1 + \beta\hat{F}\Psi_2 \quad \alpha,\beta$ - комплексные числа **линейность оператора $\hat{F}$;**
$\int\limits_{\mathbf{R}^N} \Psi_1 * \hat{F}\Psi_2 d\,\mathrm{v} = \int\limits_{\mathbf{R}^N} \left(\hat{F}\Psi_1\right) * \Psi_2 d\,\mathrm{v}$ **Эрмитовость (самосопряженность) оператора $\hat{F}$**
Собственные значения Эрмитова оператора – <u>действительные числа</u>.

$$\int_{\mathbf{R}^N} \Psi_1 * \Psi_2 d\,\mathrm{v} = 0,$$

Ортогональность собственных функций.

Если Ψ_1, Ψ_2 - собственные функции эрмитового оператора, отвечающие разным собственным значениям, то они ортогональны.

9. Электричество и магнетизм.

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{e}_r$ **(СИ) ;** $\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{e}_r$ **(СГС) – закон Кулона**

$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_2}{r}$ **(СИ);** $U = \frac{q_1 q_2}{r}$ **(СГС) - потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов;**

$\vec{M} = I\,S\,\vec{n}$ **(СИ)** $\vec{M} = \frac{I}{c}S\,\vec{n}$ **(СГС) – магнитный момент плоского малого витка с током I, площадью S и нормалью $\vec{n}$, образующей правый винт с направлением тока. (Магнитный диполь).**

$\vec{M} = \frac{q}{2m}\vec{L}$ **(СИ)** $\vec{M} = \frac{q}{2mc}\vec{L}$ **(СГС) – магнитный момент классической частички с зарядом q, массой m и угловым моментом $\vec{L}$. Коэффициент пропорциональности между $\vec{M}$ и $\vec{L}$ называется гиромагнитным отношением;**

$\vec{L}_F = \left[\vec{M}\,\mathrm{x}\,\vec{B}\right]$ **- момент сил, действующий на магнитный диполь в магнитном поле $\vec{B}$;**

$\vec{F} = \left(\vec{M}\cdot\nabla\right)\vec{B}$ **- сила, действующая на магнитный диполь в магнитном поле $\vec{B}$. Если $\vec{B}$** *параллельно* Oz**, то $F_z = M_z\frac{\partial B}{\partial z}$;**

$U = -\left(\vec{M}\cdot\vec{B}\right)$ **- потенциальная функция магнитного диполя в магнитном поле $\vec{B}$.**

10. Правило квантования моментов

Орбитальный угловой момент электрона	$\left\|\vec{L}\right\| = \hbar\sqrt{l(l+1)} \quad l = 0,1,2,3,...$ $L_z = m\hbar; \quad m = -l, -(l-1), ..., (l+1), l$
Собственный угловой момент электрона (спин)	$\left\|\vec{L}s\right\| = \hbar\sqrt{s(s+1)} = \hbar\sqrt{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}+1\right)} = \frac{\hbar}{2}\sqrt{3}$ $Ls_z = \pm\frac{\hbar}{2}$.

Орбитальный магнитный момент электрона	$\left\|\vec{M}\right\| = \mu_B\sqrt{l(l+1)} \quad l = 0,1,2,3,...$ $M_z = m\,\mu_B$; $\quad m = -l,-(l-1),...,(l+1),l$
Собственный магнитный момент электрона	$\left\|\vec{M}s\right\| = 2\mu_B\sqrt{s(s+1)} = 2\mu_B\sqrt{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}+1\right)} = \mu_B\sqrt{3}$ $Ls_z = \pm 2\mu_B s = \pm\mu_B$.

l **-** орбитальное квантовое число;

s - спиновое квантовое число;

$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$ **(СВ)** $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e c}$ **(СГС) -** магнетон Бора

11. <u>Обозначения состояний электрона в атоме.</u>

Обозначение оболочек

Символ Оболочки	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**
Гл. кв. число n	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Дальше по алфавиту

Обозначение орбиталей (подоболочек)

Символ Орбитали	**s**	**p**	**d**	**f**	**G**
Орб. кв. число l	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**

Дальше по алфавиту

12. <u>Диапазоны изменения квантовых чисел.</u>

Квантовое число	**Диапазон**	**Всего значений**
Главное кв. число n	$n = 1,2,3,.....$	∞
Орбитальное кв. число l	$l = 0,1,2,...,(n-1)$	n
Магнитное (азимутальное) кв. число	$m = -l,-(l-1),...,(l+1),l$	$2l+1$
Спиновое кв. число	$m_S = \pm 1/2$	2

13. <u>Масштабы физических величин</u>

$E_1 = -13.6\,эВ$ **-** энергия основного уровня атома водорода;

$r_1 = 0.53\ \overset{o}{A}$ - первый Боровский радиус

$1\ \overset{o}{A} = 10^{-10}\,м$ - один ангстрем;

$1\ эВ = 1.6\cdot 10^{-19}\,Дж = 1.6\cdot 10^{-12}\,эрг$

$E_0(e) = 0.51 МэВ$ **-** энергия покоя электрона;

$E_0(p) = 940 МэВ$ **-** энергия покоя протона.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации
(проверка сформированности ОПК-1, индикатор ИД_ОПК_1.1, ИД_ОПК_1.2, ИД_ОПК_1.3)

Вопросы к зачету «Атомная физика»

1. Законы теплового излучения: закон Вина, закон Стефана-Больцмана, закон Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза М. Планка. Рождение квантовой механики. Постоянная Планка. Постоянная Дирака.
2. Явления, подтверждающие гипотезу М. Планка: эффект Комптона (кратко: формула и почему он противоречит классической физике), фотоэффект (законы фотоэффекта, экспериментальное определение постоянной Планка, противоречие с классической физикой), давление света (формула и качественное объяснение).
3. Модель атома Томсонов. Ее основная идея. Теоретическая оценка размера атома в модели Томсонов.
4. Схема опыта Резерфорда по рассеянию альфа частиц. Прицельный параметр. Зависимость угла рассеяния от прицельного параметра (без вывода, но с объяснением откуда формула взялась). Формула Резерфорда (без вывода). Почему модель Томсонов не объясняет результаты опытов Резерфорда?
5. Вывод формулы Резерфорда. Общие выводы по экспериментам Резерфорда. Планетарная модель атома.
6. Недостатки планетарной модели. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца.
7. Спектральные закономерности атома водорода. Формула Ридберга. Постоянная Ридберга. Пять первых серий (Лаймана, Бальмера, Пашена, Фунда). Комбинационный принцип Ритца.
8. Объяснение Н. Бора спектральных закономерностей атома водорода. Формула для энергии различных состояний атома водорода. Основное и возбужденное состояние атома. Диаграмма Гротриана.
9. Количественная модель атома водорода по Бору. Радиусы стационарных орбит. Первый Боровский радиус. Выражение для энергии стационарных состояний через мировые константы.
10. Вывод формулы Ридберга для водородоподобных ионов. Достоинства и недостатки модели Бора.
11. Экспериментальные доказательства наличия волновых свойств электрона. Опыты Дэвисона и Джеомера. Опыты Томсона и Тартаковского.
12. Корпускулярно-волновой дуализм. Волны де-Бройля. Волны де-Бройля и Боровская модель атома водорода.
13. Дифракция фотонов на двух на двух щелях. Классическая интерпретация опыта Юнга. Несовершенство классической интерпретации при слабой интенсивности светового пучка. Вероятностная интерпретация интенсивности. Новая концепция, объясняющая опыт и со слабым и с интенсивным пучком.
14. Волновая функция. Состояние системы в классической механике и в квантовой. Первый постулат квантовой механики. Волновая функция. Основная задача квантовой механики. Вероятностный характер законов квантовой механики.
15. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Его связь с преобразованием Фурье (коротко). Сопряженные физические величины. Погрешности их совместного определения. Принцип дополнительности Бора. Естественная ширина спектральной линии. **Самостоятельно:** <u>неопределенность координаты и импульса в опыте со щелью (см. учебник Иродова, параграф 3.4)</u>
16. Уравнение Шредингера. Волна де-Бройля, как решение уравнения Шредингера. Свойства волновой функции.
17. Стационарные состояния. Определение стационарных состояний. Стационарное уравнение Шредингера. Свойства стационарных состояний.

18. Пример решения уравнения Шредингера. Свободная частица (с выводом). Одномерная бесконечно глубокая потенциальная яма: постановка, формула для квантования энергии (без вывода), вид волновых функций различных состояний и их смысл (без вывода). Условия перехода к задаче классической механики.
19. Одномерная бесконечно глубокая потенциальная яма. Решение уравнение Шрединегера. Квантование энергии. Построение волновых функций.
20. Квантовый принцип суперпозиции. Парадокс кота Шредингера. Свойства решения уравнения Шредингера для бесконечно глуб. потенциальной ямы.
21. Прохождение квантовой частицы через потенциальный барьер. Постановка. План решения. Туннельный эффект. Коэффициент прохождения частицы через барьер (формула без вывода). Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа.
22. Операторы физических величин в квантовой механике. Недостаточность числового описания физических величин. Второй постулат квантовой механики. Линейность операторов физических величин. Суперпозиция, коммутатор. Примеры операторов физических величин.
23. Задача на собственные значения и собственные функции линейного оператора. Третий и четвертый постулаты квантовой механики. Рецепт проверки двух физических величин на совместную измеримость.
24. Унитарные пространства. Эрмитовы операторы. Доказательство эрмитовости оператора проекции импульса на ось абсцисс.
25. Момент импульса (угловой момент). Оператор углового момента. Неизмеримость одновременно трех компонент углового момента. Квантование прокции углового момента на выделенное направление.
26. Модуль углового момента. Правила квантования. Квантовые числа углового момента. Собственные функции оператора квадрата углового момента. Наблюдение углового момента заряженной частицы.
27. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Магнитный момент. Связь углового и магнитного моментов. Магнетон Бора. Фактор Ланде.
28. Обзор теории водородоподобного атома. Многоэлектронные атомы. Электронные оболочки. Принцип запрета Паули. Принцип тождественности элементарных частиц.
29. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Правило Хунда. (Самостоятельно по параграфу 6.6 учебника Иродова.)

Правила выставления оценки

На зачете студенту дается 1 теоретический вопрос. На подготовку к ответу дается не менее 20 мин.

Оценка «Зачтено» выставляется студенту, который воспроизводит основные положения Атомной физики, воспроизводит основные формулы и знает границы их применимости, сдал контрольные работы № 1 и 2 на оценку «удовлетворительно» или выше или выполнил задания из данных контрольных работ на экзамене правильно на 40%.

Оценка «Не зачтено» выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения Оценка «Незачтено» выставляется также студенту, который отказался отвечать.

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины
«Атомная физика»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине являются лекции. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным физическим задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить основные законы атомной физики. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

В Атомной физике необходимо основное внимание уделить усвоению принципа вероятностной природы явлений микромира, начиная с уже с одной свободной частицы.

При изучении уравнения Шреднигера необходимо отметить различные формы его, записи, в том числе использованной в качестве эпитафии на могиле Эрвина Шредингера. Обратить внимание на различие стационарного и общего уравнения Шредингера.

В разделе «Магнитные свойства атомов» необходимо понимать условность классических представлений о связи углового и магнитного момента и не стараться полностью свести вопрос к сугубо механической интерпретации.

В разделе «Таблица Менделеева» изучается не химические, а физические принципы её уст устройства – её объяснение является квинтэссенцией всего предыдущего материала, который должен быть твердо усвоен.

В теме переменные токи целесообразно для наглядности решения задач (где это возможно) строить векторную диаграмму. При аналитическом решении рекомендуется использовать метод комплексных амплитуд.

Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.