

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Магасов З.О. Ф.И.О.

26 мая 2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Атомная физика

(наименование дисциплины)

Основной профессиональной образовательной программы

академического бакалавриата

(академического (ой)/прикладного (ой) бакалавриата/магистратуры)

03.03.02 «Физика»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

(наименование профиля подготовки (при наличии))

Квалификация выпускника

бакалавр

Форма обучения

очная

(очная, заочная)

МАГАС, 2018 г.

Составители рабочей программы
Ст.преп. кафедры теор.физики /  Батыжев М.Б./

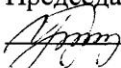
Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики

Протокол заседания № 9 от « 14 » мая 20 18 г.

Заведующий кафедрой
 / проф. Ахриев А.С./

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом физико-математического факультета.

Протокол заседания № 9 от « 16 » мая 20 18 г.

Председатель учебно-методического совета
 / проф. Танкиев И.А. /

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

протокол № 9 от « 24 » мая 20 18 г.

Председатель Учебно-методического совета университета  проф.
Хашагульгов Ш.Б./

СОДЕРЖАНИЕ

Типовая учебная программа дисциплины "Физика атомов и атомных явлений"

Часть 1 Рабочая учебная программа дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

1.1 Цели изучения дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

1.2 Содержание дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

1.3 Учебно-методическое обеспечение дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

1.3.1 Содержание тем дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

1.3.2 Список основной и дополнительной литературы

1.3.2.1 Основная литература

1.3.2.2 Дополнительная литература

1.3.3 Методические рекомендации (материалы) для преподавателей

1.3.4 Методические указания для студентов

1.3.4.1 Методические рекомендации по изучению дисциплины

1.3.4.2 Планы практических занятий и [методические рекомендации](#) по подготовке к ним

1.3.4.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе и тематика докладов

1.4 Требования к уровню освоения дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

Часть 2 Материалы, устанавливающие содержание и порядок проведения промежуточных и итоговых аттестаций по дисциплине «Физика атомов и атомных явлений»

2.1 Контрольные вопросы к экзамену по дисциплине «Физика атомов и атомных явлений»

2.2 Контрольные работы для проверки текущих знаний студентов

2.3 Контрольная работа для проверки итоговых знаний

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ **«Физика атомов и атомных явлений»**

ТРЕБОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ (Направление **010400.62–ФИЗИКА) К ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ МИНИМУМУ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ ВЫПУСНИКА ПО КУРСУ " **Физика атомов и атомных явлений** ".**

Микромир. Волны и кванты. Частицы и волны. Основные экспериментальные данные о строении атома. Основы квантово-механических представлений о строении атома. Одноэлектронный атом. Многоэлектронные атомы. Электромагнитные переходы в атомах. Рентгеновские спектры. Атом в поле внешних сил. Молекула. Макроскопические квантовые явления. Статистические распределения Ферми - Дирака и Бозе - Эйнштейна. Энергия Ферми. Сверхпроводимость и сверхтекучесть и их квантовая природа.

Объем дисциплины и виды учебной работы.

Виды занятий	Всего часов
Общая трудоемкость	144
Аудиторные занятия	78
Лекции (Л)	38
Практические занятия	38
Самостоятельная работа (СР)	30
Форма итогового контроля	Экзамен.

Распределение часов дисциплины (по темам и видам работ).

№	Наименование разделов и тем	Всего часов	Ауд. занятия	Ауд. Занятия	(СР)
---	-----------------------------	-------------	-----------------	-----------------	------

п/п			(Л)	(Пр)	
1.	Тема 1. Введение. Экспериментальные основы атомной физики	4	2	2	
2.	1.1. Механистическая картина мира. Электродинамика. Планетарная модель атома Резерфорда. Тожественность и устойчивость атомов. Излучение черного тела. Формула Планка	4	2	2	
3.	1.2. Дискретность уровней энергии. Оптические спектры атомов. Спектральные серии и спектральные термы. Постулаты Бора. Атом водорода	4	2	2	
	1.3. Волновые свойства микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Эксперименты Дэвиссона и Джермера. Волновые пакеты. Спектр волнового пакета. Фазовая и групповая скорости.	4	2	2	
5.	Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Устойчивость волновых пакетов. Физический смысл волн де Бройля.	4	2		2
6.	Физические принципы квантовой механики	4	2		2
7.	2.1. Волновая функция. Свойства волновой функции. Волновая функция свободной частицы. Принцип суперпозиции. Оператор проекции импульса. Собственные функции, собственные значения и их физический смысл. Среднее значение. Оператор кинетической энергии. Операторы координаты, потенциальной энергии.	4	2	2	
8.	2.2. Гамильтониан. Стационарное уравнение Шредингера. Скобки Пуассона. Формальная схема аппарата квантовой механики. Нестационарное уравнение Шредингера. Уровни энергии. Одномерный потенциальный ящик:	4	2	2	

	энергетические уровни, волновые функции.				
9.	2.3. Квантование момента импульса. Квантовая механика в трех измерениях. Оператор проекции момента импульса. Собственные функции и значения оператора проекции момента импульса. Квантование квадрата момента импульса	4	2	2	
10.	Тема 3. Строение и свойства атомов	4	2	2	
11.	3.1. Квантовая модель атома водорода. Гамильтониан для водородоподобных атомов. Разделение переменных в уравнении Шредингера. Решение для угловой функции. Решение для радиальной функции. Квантование энергии. Квантовые числа, характеризующие состояние атома.	4	2		2
12.	3.2. Собственные функции гамильтониана. Графики плотности вероятности для радиального и углового распределения электрона. Уровни энергии. Вырождение уровней. Правила отбора.	4	2		2
11.	3.3. Атомы щелочных металлов. Физические свойства щелочных металлов. Уровни энергии. Спектральные серии щелочных металлов.	2			4
12.	3.4. Магнитные свойства атома. Магнитный орбитальный момент и его квантование. Гиромагнитное отношение. Магнетон Бора. Опыт Штерна – Герлаха. Спин электрона. Спин – орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектров	2			4
13.	3.5. Векторная модель атомов. Полный механический момент и его квантование. Магнитный момент атома. Фактор Ланде. Эффект Зеемана. Поляризация зеемановских компонент. Спин	4	2	2	

	фотона				
14.	3.6. Квантовая механика коллектива частиц. Уравнение Шредингера для двух микрочастиц. Тожественные частицы. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули.	4	2	2	
15.	3.7. Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация. Правила Хунда. Основное состояние. Рентгеновские спектры.	4	2	2	
	ИТОГО	64	30	22	16

1.1. Цели изучения дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

Дисциплина «Физика атомов и атомных явлений» изучается в пятом семестре. Данный курс формирует у студентов квантово-механическое мышление, фундаментальные теоретические знания и практические навыки в области атомной физики. Особое значение дисциплины определяется возросшим удельным весом научных исследований и технологий в физике микромира в настоящее время. Будущий специалист должен четко представлять: что в проблемах: связанных со свойствами микромира, наглядность и классический подход оказываются непригодными и уступают место принципиально новым подходам.

Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Учебная программа «Физика атомов и атомных явлений» относится к «Профессиональному циклу». Курс атомной физики необходим для освоения последующих базовых курсов «Квантовая механика», «Физика твердого тела», «Твердотельная электроника», спецкурсов.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые дисциплинами «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм» и «Оптика».

Целью преподавания дисциплины «Физика атомов и атомных явлений» является получение студентами основополагающих представлений о фундаментальном строении материи на микроскопических масштабах и физических принципах, лежащих в основе микромира. Курс должен способствовать формированию у студентов современного естественнонаучного мировоззрения, развитию научного мышления.

Главной **задачей** курса является овладение основными физическими понятиями и законами, действующими в микромире, получение представлений о моделях и методах научных исследований. Курс должен способствовать формированию у студентов ясного представления о физической картине мира как основе целостности и многообразия природы.

В результате изучения дисциплины «Физика атомов и атомных явлений» студенты должны

знать об основных физических явлениях и основных законах атомной физики; границы их применимости; об основных физических величинах и физических константах, их определение, смысл; единицы измерения; концептуальных проблемах квантовой механики, связанных с измерением физических величин.

уметь истолковать смысл физических величин и понятий, формулировать основные положения атомной физики; использовать математический аппарат; наряду с единицами измерения системы СИ пользоваться единицами измерения физических величин принятыми в атомной физике; использовать различные методики проведения физических измерений и обработки экспериментальных данных; формулировать выводы по результатам физических экспериментов **обладать навыками** квантовомеханического расчета атома водорода, молекулы водорода, производить оценки квантовомеханических величин, применять описывать квантовое состояние микрочастиц.

Формы работы студентов, виды контроля

Формы работы студентов: лекционные, практические занятия, выполнение домашних заданий, контрольных работ.

Виды контроля: текущий, промежуточный (контрольные работы), итоговый (экзамен).

Общее количество часов по дисциплине «Физика атомов и атомных явлений» составляет 4 зачётные единицы.

1.3 Учебно-методическое обеспечение дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

1.3.1 Содержание тем дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

Тема 1. Введение. Экспериментальные основы атомной физики (6 часов)

1.1. Механистическая картина мира. Электродинамика. Планетарная модель атома Резерфорда. Тожественность и устойчивость атомов. Излучение черного тела. Формула Планка (2 часа)

1.2. Дискретность уровней энергии. Оптические спектры атомов.

Спектральные серии и спектральные термы. Постулаты Бора. Атом водорода. (2 часа)

1.3. Волновые свойства микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Эксперименты Дэвиссона и Джермера. Волновые пакеты. Спектр волнового пакета. Фазовая и групповая скорости. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Устойчивость волновых пакетов. Физический смысл волн де Бройля. (2 часа)

Задания для самостоятельной работы:

Темы «Квантовая природа электромагнитного излучения» и «Волновые свойства микрочастиц»:

- Модель атома Томсона
- Флуктуация поля излучения. Эксперименты Вавилова. Опыт Вуда.
- Фотоэффект.
- Учет движения ядер в модели атома Бора.
- Эффект Комптона.
- Учет преломления электронных волн в опыте Дэвиссона-Джермера.
- Дифракция нейтронов, атомов, молекул. Эффект Рамзауэра.

Тема 2. Физические принципы квантовой механики (6 часов)

2.1. Волновая функция. Свойства волновой функции. Волновая функция свободной частицы. Принцип суперпозиции. Оператор проекции импульса. Собственные функции, собственные значения и их физический смысл. Среднее значение. Оператор кинетической энер-

гии. Операторы координаты, потенциальной энергии. (2 часа)

2.2. Гамильтониан. Стационарное уравнение Шредингера. Скобки Пуассона. Формальная схема аппарата квантовой механики. Нестационарное уравнение Шредингера.

Уровни энергии. Одномерный потенциальный ящик: энергетические уровни, волновые функции. (2 часа)

2.3. Квантование момента импульса. Квантовая механика в трех измерениях. Оператор проекции момента импульса. Собственные функции и значения оператора проекции момента импульса. Квантование квадрата момента импульса. (2 часа)

Задания для самостоятельной работы:

- Доказать, что, если операторы эрмитовы, то собственные значения операторов вещественные.
- Доказать, что если два разных оператора имеют общие собственные функции, то они коммутируют.
- Анггармонический осцилляторы.
- Выразить оператор квадрата момента импульса в сферической системе координат.
- Туннельный эффект. Прямоугольный потенциальный барьер. Примеры туннельного эффекта.
- Линейный гармонический осциллятор: уровни энергии, нулевая энергия, волновые функции.

Тема 3. Строение и свойства атомов (14 часов)

3.1. Квантовая модель атома водорода. Гамильтониан для водородоподобных атомов. Разделение переменных в уравнении Шредингера. Решение для угловой функции. Решение для радиальной функции. Квантование энергии. Квантовые числа, характеризующие состояние атома. (2 часа)

3.2. Собственные функции гамильтониана. Графики плотности вероятности для радиального и углового распределения электрона. Уровни энергии. Вырождение уровней. Правила отбора.(2 часа)

3.3. Атомы щелочных металлов. Физические свойства щелочных металлов. Уровни энергии. Спектральные серии щелочных металлов.(2 часа)

3.4. Магнитные свойства атома. Магнитный орбитальный момент и его квантование. Гиромагнитное отношение. Магнетон Бора. Опыт Штерна – Герлаха. Спин электрона. Спин – орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектров.(2 часа)

3.5. Векторная модель атомов. Полный механический момент и его квантование. Магнитный момент атома. Фактор Ланде. Эффект Зеемана. Поляризация зеемановских компонент. Спин фотона.

3.6. Квантовая механика коллектива частиц. Уравнение Шредингера для двух микрочастиц. Тожественные частицы. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули.(2 часа)

3.7. Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация. Правила Хунда. Основное состояние. Рентгеновские спектры.(2 часа)

Задания для самостоятельной работы:

- Классификация водородоподобных атомов и систем.
- Обоснование правил отбора при излучении и поглощении света.
- Спектральные серии атома натрия.
- Эффект Пашена –Бака.
- Линейный и квадратичный эффекты Штарка.
- Оптические спектры гелия. Орто - и парагелий. Спин системы электронов.

Тема 4. Строение и свойства молекул (4 часа)

4.1. Химическая связь. Виды движений в молекуле. Адиабатическое приближение. Квантовомеханический расчет иона молекулы водорода.

Триплетные и синглетные состояния. Молекула водорода. Волновые функции. Структура молекул. (2 часа)

4.2. Валентность. Валентность и периодическая система элементов.

Направленная валентность. Ротатор. Колебательные и вращательные уровни энергии молекул. Вращательные, колебательные спектры молекул. (2 часа)

Задания для самостоятельной работы:

- Написать электронные термы молекулы Cl_2 , при условии, что атомы Cl находятся в состоянии $2P$.
- Оценить по порядку величины колебательную и вращательную энергии молекулы CO. Приведённая масса $1,14 \times 10^{-26} \text{ кг}$, расстояние между атомами $0,113 \text{ нм}$, момент инерции $1,46 \times 10^{-46} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.
- Параводород. Ортоводород. Электронные термы двухатомных молекул.
- Гибридизация. Кратные связи.

Тема 5. Квантовые свойства твердых тел и жидкостей (6 часов)

5.1. Кристаллическая решетка. Типы связи атомов в решетке и порядки энергии связи. Колебания атомов. Фононы. Теплоемкость кристаллов (2 часа)

5.2. Оптические и акустические фононы. Теплоёмкость фононного газа. (2 часа)

5.3. Проводники и диэлектрики. Зонная структура энергетических уровней. Заполнение зон. Теорема Блоха. Зонные модели металлов и диэлектриков, полупроводников. (2 часа)

Задания для самостоятельной работы:

- Квантовая природа пара - и ферромагнетизма.
- Туннельный диод.
- Сверхтекучесть и сверхпроводимость.

1.3.2 Список основной и дополнительной литературы

1.3.2.1 Основная литература

Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Том 5. М.: Физматлит, 2002. - 394 с. //ЭБС

3. Шпольский Э. В. Атомная физика. В 2 т. Лань, 2010.

1.3.2.2 Дополнительная литература

1. Гольдин Л. Л. Введение в атомную физику. Институт компьютерных исследований, 2005.

Иродов И. С. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

3. Ландау Л. Д. Квантовая механика /Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц – М. Наука, 2008.

4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М. Физматгиз, 2012.

5. Милантьев В. П. Физика атома и атомных явлений. М.: Абрис, 2012. - 399 с. //ЭБС

1.3.3 Методические рекомендации (материалы) для преподавателя

№ темы	Форма изучения (лекция, семинар, практическое занятие)	Межпредметные связи	Наглядные пособия и ТСО	Задания для СРС	Формы контроля СРС
1.	2.	3.	4.	5.	6.
1.1.	Лекция	Механика. Молекулярная физика. Электродинамика.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 1.1	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
1.2.	Лекция, практическое занятие	Механика. Электричество. Оптика.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 1.2	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
1.3.	Лекция, практическое занятие	Электричество. Оптика. Математический анализ.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 1.3	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
2.1.	Лекция	Механика. Оптика. Дифференциальные уравнения.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к темам 2.1	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
2.2.	Лекция	Механика. Дифференциальные уравнения. Электричество.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 2.2	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
2.3.	Лекция, практическое занятие	Математический анализ. Дифференциальные уравнения.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к темам 2.3	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
3.1.	Лекция	Механика. Электричество. Дифференциальные уравнения.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к темам 3.1	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
3.2.	Лекция	Специальные функции.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 3.2	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
3.3.	Лекция, практическое занятие	Электричество. Оптика. Математический анализ.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 3.3	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
3.4.	Лекция	Механика. Магнетизм. Оптика.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 3.4	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
3.5.	Лекция	Механика. Электричество. Магнетизм. Оптика.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 3.5	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
3.6.	Лекция, практическое занятие	Дифференциальные уравнения. Математический анализ.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 3.6	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
3.7.	Лекция	Оптика. Математический анализ.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 3.7	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
4.1.	Лекция	Химия. Дифференциальные уравнения.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 4.1	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
4.2.	Лекция	Химия. Оптика.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 4.2	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
5.1.	Лекция	Механика. Молекулярная физика. Дифференциальные уравнения.	слайды	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 5.1	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен

5.2. Лекция	Механика. Электричество. Магнетизм.	Вопросы для самостоятельного изучения к теме 5.2	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен
5.3. Лекция	Молекулярная физика. Электричество.	Вопросы для самостоятельного изучения к темам 5.3	текущая проверка выполнения практических заданий, экзамен

1.3.4 Методические указания для студентов

1.3.4.1 Методические рекомендации по изучению дисциплины «Физика атомов и атомных явлений»

Основной целью при изучении дисциплины является формирование у студентов фундаментальных теоретических знаний и практических навыков в области атомной физики для грамотного научного анализа ситуаций, а именно: ознакомить студентов с основными процессами и явлениями атомарного уровня; привить квантово-механическое мышление; привить навыки работы с оборудованием и способность решения задач атомная физика.

Основными задачами изучения дисциплины «Физика атомов и атомных явлений» являются:

овладение фундаментальными знаниями по атомной физике для получения целостного представления о физических законах окружающего мира в их единстве и взаимосвязи;
приобретение навыков в решении задач для выработки самостоятельного мышления;
приобретение практических навыков работы с приборами и оборудованием.

Для эффективного изучения теоретической части дисциплины «Физика атомов и атомных явлений» необходимо:

- построить работу по освоению дисциплины в порядке, отвечающим изучению основных этапов, согласно приведенным темам лекционного материала;
- систематически проверять свои знания по контрольным вопросам;
- усвоить содержание ключевых понятий;
- плотно работать с основной и дополнительной литературой по соответствующим темам.

Для эффективного изучения практической части дисциплины «Физика атомов и атомных явлений» настоятельно рекомендуется:

- систематически выполнять подготовку к практическим занятиям по предложенным преподавателем темам;
- своевременно выполнять практические задания, подготавливать доклады или рефераты.

1.3.4.2 Планы практических занятий и методические рекомендации по подготовке к ним

Занятие 1 (2 часа): Практическое занятие по теме «Экспериментальные основы атомной физики»: тепловое излучение, фотоэффект, эффект Комптона. Задачи: 1.8, 1.17, 1.41, 1.42, 1.51 [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 2 (2 часа): Практическое занятие по теме «Модель атома Бора»: постулаты Бора, дискретность уровней энергии, боровские орбиты, спектральные серии. Задачи: 2.24, 2.29, 2.32, 2.39, 2.40, 2.25. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 3 (2 часа): Практическое занятие по теме «Волновые свойства микрочастиц»: гипотеза де Бройля, соотношение неопределенностей Гейзенберга. Задачи: 3.1, 3.6, 3.14, 3.17, 3.20, 3.23, 3.25, 3.30, 3.31, 3.34. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 4 (2 часа): Практическое занятие по теме «Операторы квантовомеханических величин»: действия с операторами, уравнение на собственные функции и собственные значения оператора, скобка Пуассона. Задачи: 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.10, 4.11. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 5 (2 часа): Практическое занятие по теме «Средние значения и вероятности в квантовой механике»: принцип суперпозиции квантовых состояний, условие ортогональности волновых функций, вычисление средних значений и вероятностей. Задачи: 4.37, 4.40, 4.43, 4.48, 4.49. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 6 (2 часа): Практическое занятие по теме «Стационарное уравнение Шредингера»: квантование энергии, движение частицы в потенциальных ямах различного профиля, прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Задачи: 3.40, 3.41, 3.48, 3.49, 3.51, 3.53, 3.61, 3.62. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 7 (2 часа): Практическое занятие по теме «Квантовомеханическая модель атома водорода»: волновые функции атома водорода, квантовые числа, графики плотностей вероятностей радиального и углового распределения электронов, уровни энергии, правила отбора, вероятности и средние значения для основного состояния.. Задачи: 4.65, 4.71, 4.72, 4.73, 4.74. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.
2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.
3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 8 (2 часа): Практическое занятие по теме «Квантовомеханическая модель атома водорода»: волновые функции атома водорода, квантовые числа, графики плотностей вероятностей радиального и углового распределения электронов, уровни энергии, правила отбора, вероятности и средние значения для возбужденных состояний. Задачи: 4.75, 4.76, 4.77. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.
2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.
3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 9 (2 часа): Практическое занятие по теме «Атомы щелочных металлов»: квантовые числа, уровни энергии, правила отбора, спектральные серии. Задачи: 5.1-5.6, 5.8. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.
2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.
3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 10 (2 часа): Практическое занятие по теме «Векторная модель атома»: орбитальный и спиновый механический моменты атома, полный механический момент, спектральный символ атома. Задачи: 5.15-5.24. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.
2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.
3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 11 (2 часа): Практическое занятие по теме «Магнитные свойства атома»: векторная модель атома, полный механический момент, магнитный момент атома, фактор Ланде, опыт Штерна-Герлаха. Задачи: 6.2, 6.4, 6.8, 6.16. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.
2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.
3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 12 (2 часа): Практическое занятие по теме «Атом в магнитном поле»: простой и сложный эффекты Зеемана, поляризация спектральных линий. Задачи: 6.20, 6.23, 6.26, 6.27, 6.29, 6.35. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.
2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.
3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 13 (2 часа): Практическое занятие по теме «Двухатомные молекулы»: вращательные, молекулярные спектры. Задачи: 7.2, 7.3, 7.5, 7.8, 7.10. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 14 (2 часа): Практическое занятие по теме «Двухатомные молекулы»: колебательные уровни энергии, молекулярные спектры. Задачи: 7.16, 7.19, 7.20, 7.22, 7.26. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 15 (2 часа): Практическое занятие по теме «Квантовые свойства твердых тел»: структура кристаллов, энергия связи и теплоемкость кристаллов. Задачи: 8.1, 8.5, 8.24, 8.29, 8.30. [1].

Список литературы:

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

2. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

3. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 15 (2 часа): Практическое занятие по теме «Квантовые свойства твердых тел»: свойства металлов и полупроводников. Задачи: 8.37, 8.39, 8.41, 8.42, 9.3. [1].

Список литературы:

4. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

5. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

6. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

Занятие 15 (2 часа): Практическое занятие по теме «Квантовые свойства твердых тел»: свойства металлов и полупроводников. Задачи: 9.6, 9.9, 9.12, 9.22, 9.23. [1].

Список литературы:

7. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Лань, 2002.

8. Сивухин Д. В. Атомная и ядерная физика. Часть 1. Физматлит, 2006.

9. Матвеев А. Н. Атомная физика. Оникс. Мир и Образование, 2007.

1.3.4.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе и тематика докладов
Самостоятельная работа студента является важной составляющей в деле подготовки бакалавров по направлению 010700.62 «Физика». Она приобщает студентов к исследовательской работе, обогащает опытом и знаниями, необходимыми для дальнейшего их становления как специалистов, прививает навыки работы с литературой.

Цель самостоятельной работы - систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний, формирование способности и привычки к постоянному самообразованию. Данная цель может быть достигнута при решении следующего круга задач:

- изучение исторических аспектов развития атомной физики;
- освоение адекватного физического и математического моделирования физических явлений и процессов;
- исследование границ применимости конкретной физической модели;
- овладение технологией работы с современными приборами и оборудованием.

Самостоятельная работа включает:

- изучение ряда теоретических вопросов, не вошедших в лекционный материал;
- выполнение индивидуальных заданий по решению задач;

Доклад подготавливается студентом самостоятельно, в нём обобщаются теоретические материалы по исследуемой теме с использованием дополнительной литературы. В содержании доклада должен быть собственный анализ и критический подход к решению проблемы по выбранной теме исследования. Материалы должны быть изложены на высоком теоретическом уровне, с применением практических данных, примеров.

Примерный

перечень вопросов по дисциплине «Физика атомов и атомных явлений»

1. Модель атома Томсона
2. Флуктуация поля излучения. Эксперименты Вавилова. Опыт Вуда.
3. Учет движения ядер в модели атома Бора.
4. Учет преломления электронных волн в опыте Дэвиссона-Джермера.
5. Дифракция нейтронов, атомов, молекул. Эффект Рамзауэра.
6. Доказать, что, если операторы эрмитовы, то собственные значения операторов вещественные.
7. Доказать, что если два разных оператора имеют общие собственные функции, то они коммутируют.
8. Получить выражение для оператора квадрата момента импульса в сферической системе координат.
9. Квантование энергии ангармонического осциллятора.
10. Классификация водородоподобных атомов и систем.
11. Обоснование правил отбора при излучении и поглощении света.
12. Эффект Пашена-Бака.
13. Линейный и квадратичный эффекты Штарка.
14. Эффект Садовского.
15. Квантовая природа пара - и ферромагнетизма.
16. Туннельный диод.

Темы докладов по дисциплине «Физика атомов и атомных явлений»

1. Флуктуация поля излучения. Эксперименты Вавилова. Опыт Вуда.
2. Эффект Комптона.
3. Дифракция нейтронов, атомов, молекул. Эффект Рамзауэра.
4. Соотношение неопределенностей.
5. Прохождение частицы через потенциальный барьер.
6. Контактные явления и туннельные эффекты в электронике.
7. Эффект Пашена-Бака.
8. Линейный и квадратичный эффекты Штарка.
9. Эффект Садовского. Спин фотона.
10. Квантовая природа пара - и ферромагнетизма.
11. Фундаментальная постоянная – постоянная тонкой структуры.
12. Наблюдение и измерение в квантовой механике.
13. Эффект Эйнштейна, Подольского, Розена.

Часть 2 Материалы, устанавливающие содержание и порядок проведения промежуточных и итоговых аттестаций по дисциплине «Физика атомов и атомных явлений»

Организация текущей аттестации

проводится в интерактивной письменной формах при выполнении практических заданий индивидуального группового характера, при разработке проекта по (тематика дисциплины), а так же в форме выступлений на [семинарских занятиях](#).

Организация итоговой аттестации с критериями оценивания:

Осуществляется в форме экзамена, на котором проверяются знания основных вопросов по (тематика дисциплины).

Оценка "отлично" ставится в случае, если студент покажет глубокое, исчерпывающее понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, продемонстрирует умения анализировать ситуации, релевантные задачам его профессиональной квалификации.

Оценка "хорошо" ставится в случае, если студент владеет знаниями теории и практики, показывает достаточное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, но имеет некоторые недостатки в ответах.

Оценка "удовлетворительно" ставится в случае, если отвечающий показывает твердое знание и понимание вопросов программы, но ответы содержат несущественные ошибки и неточности, при ответах рекомендованная литература использована недостаточно.

Оценка "неудовлетворительно" ставится в случае, если имеет место неправильный ответ хотя бы на один из основных вопросов, грубые ошибки в ответе, непонимание сущности излагаемых вопросов, неуверенные неточные ответы на дополнительные вопросы.

2.1 Контрольные

Вопросы к экзамену по дисциплине «Физика атомов и атомных явлений»

1. Тождественность и устойчивость атомов.
2. Формула Планка и излучение черного тела.
3. Фотоэффект. Фотоны.
4. Модель атома Бора. Недостатки модели.
5. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства частиц.
6. Эксперименты Дэвиссона и Джермера.
7. Соотношение неопределенностей.
8. Корпускулярно-волновой дуализм.
9. Физический смысл волн де Бройля.
10. Операторы физических величин.
11. Уравнение Шредингера.
12. Частица в потенциальном ящике.
13. Туннельный эффект.
14. Линейный гармонический осциллятор.
15. Квантование момента импульса и его проекции.
16. Уравнение Шредингера для атома водорода. Уровни энергии.
17. Состояние электрона в атоме водорода.
18. Распределение электронной плотности в атоме водорода.
19. Правила отбора.
20. Уровни энергии атомов щелочных металлов.
21. Квантование магнитного момента.
22. Опыт Штерна-Герлаха.
23. Спин электрона.
24. Спин-орбитальное взаимодействие.
25. Векторная модель атома. Квантование полного момента импульса.
26. Эффект Зеемана.
27. Принцип Паули.
28. Строение периодической системы Менделеева.
29. Закон Мозли. Рентгеновские спектры.
30. Спектры орто и парагелия.
31. Молекула водорода. Уровни энергии.
32. Валентность.
33. Сопряженные и направленные связи молекул.
34. Гибридизация.
35. Колебательные и вращательные уровни молекул.

36. Молекулярные спектры.

37. Фононы.

38. Зонные модели металлов, диэлектриков, полупроводников.

Модель атома Томсона

Флуктуация поля излучения. Эксперименты Вавилова. Опыт Вуда.

Учет движения ядер в модели атома Бора.

Учет преломления электронных волн в опыте Дэвиссона-Джермера.

Дифракция нейтронов, атомов, молекул. Эффект Рамзауэра.

Доказать, что, если операторы эрмитовы, то собственные значения операторов вещественные.

Доказать, что если два разных оператора имеют общие собственные функции, то они коммутируют.

Получить выражение для оператора квадрата момента импульса в сферической системе координат.

Квантование энергии ангармонического осциллятора.

Классификация водородоподобных атомов и систем.

Обоснование правил отбора при излучении и поглощении света.

Эффект Пашена-Бака.

Линейный и квадратичный эффекты Штарка.

Эффект Садовского.

Квантовая природа пара - и ферромагнетизма.

Туннельный диод.

1. Флуктуация поля излучения. Эксперименты Вавилова. Опыт Вуда.

2. Эффект Комптона.

3. Дифракция нейтронов, атомов, молекул. Эффект Рамзауэра.

4. Соотношение неопределенностей.

5. Прохождение частицы через потенциальный барьер.

6. Контактные явления и туннельные эффекты в электронике.

7. Эффект Пашена-Бака.

8. Линейный и квадратичный эффекты Штарка.

9. Эффект Садовского. Спин фотона.

10. Квантовая природа пара - и ферромагнетизма.

11. Фундаментальная постоянная – постоянная тонкой структуры.

12. Наблюдение и измерение в квантовой механике.

13. Эффект Эйнштейна, Подольского, Розена.

Промежуточный контроль

В течение семестра студенты выполняют:

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

Итоговый контроль

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

Учебно-методические материалы для проведения промежуточного контроля прилагаются ниже.

2.2 Контрольные работы для проверки текущих знаний студентов

Контрольная работа № 1 «Кванты света. Волновая функция. Соотношение неопределенности»

Задача 1. Фотон ($\lambda = 0,4$ нм) рассеивается на электроне (масса покоя электрона m_e), движущемся навстречу ему, и после рассеяния движется в обратном направлении (рассеяние на 180°). С какой скоростью v должен двигаться электрон, чтобы частота фотона при рассеянии не изменилась?

Задача 2. Найти энергию электрона, при которой он беспрепятственно пройдет над прямоугольным барьером высотой $W_0 = 5$ эВ и шириной $d = 10^{-8}$ см.

Задача 3. Волновая функция частицы массой m , совершающей одномерное движение в поле с потенциалом $W_P(x)$, есть $\psi(x) = Ax \exp(-x/a)$ ($x > 0$), ($\psi(x) = 0$, ($x \leq 0$)). Известно, что $W_P(x) \rightarrow 0$ при $x \rightarrow \infty$:

а) оценить с помощью соотношения неопределенности среднюю кинетическую энергию W_k частицы;

б) найти профиль потенциального поля W_P ;

с) полную энергию W частицы.

Контрольная работа № 2 «Квантовомеханическая модель атома водорода»

1. Атом водорода находится в состоянии $2p$.

д) построить радиальную волновую функцию $R_{2,1}(r)$ и отнормировать ее;

е) построить волновую функцию $\psi_{2,1,1}(r, \theta, \varphi)$ атома водорода в заданном квантовом состоянии, если угловая функция $Y_{2,1,1}(q, j)$ имеет вид $Y_{2,1,1}(q, j) = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \sin q e^{i\varphi}$;

ф) построить функцию плотности вероятности локализации электрона в шаровом слое на расстоянии r от ядра;

- g) найти наиболее вероятное расстояние $r_{\text{в}}$ электрона до ядра;
- h) нарисовать график плотности вероятности, построенной в п. d);
- i) найти среднее расстояние электрона до ядра и указать на графике построенной плотности вероятности;
- j) найти вероятность локализации электрона внутри области $r < r_{\text{в}}$;
- k) нарисовать график плотности вероятности углового распределения электрона;
- l) вычислить орбитальный, спиновый и полный механические моменты атома;
- m) найти угол между орбитальным и спиновым механическими моментами;
- n) нарисовать векторную модель атома для состояния $2p$;
- o) найти частоту перехода из состояния $2p$ в основное состояние;
- p) найти величину смещения зеемановских компонент уровня $2p$ во внешнем магнитном поле напряжённости $H = 5 \text{ кГс}$;

2.3 Контрольная работа для проверки итоговых знаний

Задача 1. Оценить число фотонов равновесного электромагнитного излучения в единице объема при температуре 300 К.

Задача 2. Исходя из соотношения неопределенности оценить энергию ионизации атома водорода из основного состояния.

Задача 3. Потенциал ионизации атома Cs равен 3.89 эВ. Определить квантовый дефект основного состояния.

Задача 4. Определить среднее и наиболее вероятное удаление электрона от ядра в основном состоянии атома водорода.

Задача 5. Поток частиц с энергией E рассеивается на прямоугольной ступеньке высотой V_0 . Определить вероятности прохождения и отражения.

Задача 6. Напишите электронные конфигурации первых пяти элементов таблицы Менделеева. Воспользовавшись правилами Хунда, определите их основные термы.

Задача 7. Укажите переходы, образующие тонкую структуру головной линии серии Бальмера в спектре атома водорода.

Задача 8. Нарисовать схему расщепления и возможные переходы между уровнями термов 2P и 2S в слабом магнитном поле.