

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Физический факультет)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Атомная и ядерная физика

Кафедра общей физики

Образовательная программа бакалавриата

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль):

Возобновляемые источники энергии и гидроэлектростанции

Форма обучения: очная

Статус дисциплины: Входит в обязательную часть

Махачкала, 2022

Рабочая программа дисциплины «Атомная и ядерная физика» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника от «28» февраля 2018г. № 144.

Разработчик(и): кафедра общей физики

Курбанисмаилов В.С., д.ф.-м.н., профессор,

Рагимханов Г.Б., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры ОФ от «15» марта 2022г., протокол № 2

Зав. кафедрой

В.С. Курбанисмаилов

на заседании Методической комиссии физического факультета от «27» марта 2022 г., протокол № 7.

Председатель

Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «31» марта 2022 г.

Начальник УМУ

Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Атомная и ядерная физика» входит в обязательную часть ОПОП бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02-Электроэнергетика и электротехника.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой общей физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием у студентов естественнонаучное мировоззрение, позволяющее отличать гипотезу от теории, теорию от эксперимента, отличать научный и антинаучный подходы в изучении окружающего мира.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *универсальных*: УК-1; *общепрофессиональных*: ОПК-5; *профессиональных* ПК-1.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, лабораторные занятия и самостоятельная работа*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – *контрольная работа, коллоквиум* и промежуточный контроль в форме *экзамена*.

Объем дисциплины 3 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Очная форма обучения

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:							
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе зачет, дифференцированный зачет, экзамен	
		всего	из них					
	Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия		
5	108	72	30	18			24+36	Экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Атомная и ядерная физика» являются: развитие представлений о закономерностях строения вещества; приобретение знаний и умений по изучению строения атомов и ядер, свойств и процессов, происходящих в атомах и ядрах; установление связи атомной и ядерной физики с другими естественными науками и современными технологиями; развитие у студентов навыков логического мышления; формирование фундаментальных, общекультурных и профессиональных компетенций физика; подготовка к усвоению курсов, для которых «Атомная и ядерная физика» является основой.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Атомная и ядерная физика» в фундаментальный модуль обязательной части образовательной программы (ФГОС 3++ ВО) бакалавриата по направлению 13.03.02– Электроэнергетика и электротехника

Для изучения дисциплины «Атомная и ядерная физика» студент должен знать: основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики; дифференциальное и интегральное исчисления; дифференциальные уравнения; численные методы; функции комплексного переменного; элементы функционального анализа; вероятность и статистику; статистическое оценивание и проверку гипотез; статистические методы обработки экспериментальных данных; математические методы в физике; разделы курса общей физики: механика, молекулярная физика и термодинамика, электричество и магнетизм, волновая оптика. Понятие информации; программные средства организации информационных процессов; модели решения функциональных и вычислительных задач; языки программирования; базы данных; локальные и глобальные сети ЭВМ; методы защиты информации.

Описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ОПОП (дисциплинами, модулями, практиками).

Являясь самостоятельной учебной дисциплиной, курс «Атомная и ядерная физика», не оторван от других дисциплин. Наоборот, существует междисциплинарная связь. Важнейшим разделом курса «Физика атома» является раздел «Элементы учения о строении вещества». В этом разделе после изложения экспериментальных фактов, приводящих к необходимости введения волнового описания поведения микрочастиц, и некоторых основных принципов подробно рассматривается решение задачи о частице в одномерном потенциальном ящике на основе стационарного уравнения Шредингера. Опираясь на решение этой задачи, далее обсуждаются условия возможности наблюдения квантовых явлений. В сочетании с принципом Паули это дает возможность объяснить появление пространственных форм молекул. Формулу для уровней энергии в атоме водорода дается без доказательства, так как вывод ее на основе уравнения Шредингера сложен.

В связи с появлением лазерной техники необходимым является подчеркнуть понятия о нормально и инверсно заселенных средах, об усилении света при прохождении его через инверсно заселенную среду и о принципах действия оптических квантовых генераторов.

Ограниченный лимит времени позволяет выполнить настоящую программу лишь при условии использования разнообразных методических форм подачи материала слушателям. Одной из таких форм являются сопровождаемые демонстрациями натуральных и компьютерных экспериментов практические занятия, на которые следует выносить некоторые проблемные задачи и вопросы, не тратя времени на решение рядовых тренировочных задач.

В рамках лабораторного практикума используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности.

На самостоятельную работу студентов выносятся переработка материалов лекций и семинарских занятий, подготовка к лабораторно-практическим занятиям и обработка их результатов и составление отчетов, решение задач из предлагаемого кафедрой списка.

В качестве самостоятельной работы может быть рекомендованы написание одного-двух (за семестр) рефератов по темам близким к роду будущей деятельности студентов и связанным с применением физических приборов или общих закономерностей.

Изучение дисциплины «Атомная и ядерная физика» сопровождается прохождением физического практикума (раздел «Атомная и ядерная физика»), являющегося условно самостоятельным в учебном плане и при этом неразрывно связанным с модулем «Общая физика». Физический практикум по разделу «Атомная и ядерная физика» представляет собой цикл практических заданий, выполняемых студентами на реальном учебном лабораторном оборудовании, и сопровождаемых системами компьютерного моделирования.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения и процедура освоения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход в решении постав-	УК-1.1. Выполняет поиск необходимой информации, ее критический анализ и обобщает результаты анализа решения поставленной задачи	Знает: <i>методы поиска сбора и обработки информации в области атомной и ядерной физики</i> Умеет: <i>-сформулировать проблему, для которой важно реше-</i>	Устный опрос Письменная работа, Контрольная работа. Коллоквиум Реферат

<p>ленных задач</p>		<p><i>ние поставленной задачи;</i> <i>- составить варианты за-просов для поиска каждого элемента информации</i> Владеет: <i>навыками осуществления поиска информации для последующей обработки.</i></p>	
	<p>УК-1.1. Использует системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>Знает: <i>методы системного анализа и синтеза информации</i> Умеет: <i>-применять системный подход для решения поставленных задач</i> Владеет: <i>-навыками критического восприятия, анализа и синтеза информации;</i> <i>-методикой системного подхода для решения поставленных задач</i></p>	
<p>ОПК-5 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-5.1. Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик и методов исследования конструкционных материалов, выбирает конструкционные материалы в соответствии с требуемыми характеристиками для использования в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: <i>области применения на объектах энергетики и электротехники свойств, характеристик и методов исследований, как металлов, так и металлических сплавов для использования в области профессиональной деятельности.</i> Умеет: <i>выбирать конкретный вид конструкционного материала с требуемыми оптимальными характеристиками для использования в определенной области профессиональной деятельности.</i> Владеет: <i>навыками реализации свойств конструкционных материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности</i></p>	<p>Устный опрос Письменная работа, Контрольная работа. Коллоквиум Реферат</p>

	<p>ОПК-5.2. Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик и методов исследования электротехнических материалов, выбирает электротехнические материалы в соответствии с требуемыми характеристиками</p>	<p>Знает: <i>области применения на объектах энергетики и электротехники свойств, характеристик и методов исследований проводниковых, полупроводниковых и диэлектрических материалов.</i> Умеет: <i>выбирать конкретный вид электротехнического материала с требуемыми оптимальными характеристиками для использования в области профессиональной деятельности.</i> Владеет: <i>навыками реализации свойств электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности</i></p>	
	<p>ОПК-5.2. Выполняет расчеты на прочность простых конструкций.</p>	<p>Знает: <i>теоретические основы обеспечения прочности, устойчивости, долговечности и надежности простых конструкций объектов энергетики и электротехники.</i> Умеет: <i>выполнять расчеты элементов простых конструкций объектов энергетики и электротехники в условиях статических и динамических нагрузок с учетом требований прочности, устойчивости, долговечности и надежности.</i> Владеет: <i>способностью выбирать верные решения при расчетах простых конструкций объектов энергетики и электротехники с учетом требований прочности, устойчивости, долговечности и надежности</i></p>	<p>Устный опрос Письменная работа, Контрольная работа. Коллоквиум Реферат</p>
<p>ПК-1. Способен организовать и провести работу по ремонту ГТС ГЭС/ ГАЭС</p>	<p>ПК-1.1 Способен анализировать результаты мониторинга и диагностики ГТС ГЭС/</p>	<p>Знает: <i>- конструктивные особенности эксплуатируемых сооружений, пропускные способности, режимы про-</i></p>	<p>Устный опрос Письменная работа, Контрольная работа. Коллоквиум Реферат</p>

	<p>ГАЭС.</p>	<p><i>пусков воды, дренажные и осушающие устройства сооружений;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>принцип действия контрольно-измерительной аппаратуры;</i> - <i>методы проектирования и проведения технико-экономических расчетов;</i> - <i>руководящие материалы по надзору и эксплуатации гидросооружений;</i> - <i>современные технологии и новые материалы для ремонта сооружений и зданий, тенденции и перспективы их развития;</i> - <i>требования охраны труда, производственной санитарии, пожарной и промышленной безопасности;</i> - <i>основы технологического процесса производства электрической энергии и мощности;</i> - <i>принципы и режимы работы гидротехнического, гидротурбинного, грузоподъемного и вспомогательного оборудования;</i> - <i>принцип работы систем электроснабжения, систем водоснабжения и водоотведения, систем отопления, систем вентиляции, систем противопожарной защиты;</i> - <i>основы гидротехники, гидравлики, механики, электротехники;</i> - <i>методы обработки информации с применением современных технических средств, коммуникаций и связи, вычислительной техники.</i> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>систематизировать и интерпретировать техническую документацию, данные мониторинга;</i> - <i>анализировать информацию и данные для оценки состояния ГЭС, определения резервов надежности и</i> 	
--	--------------	--	--

		<p><i>обоснования необходимости ремонтных работ;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>определять причины дефектов, выявляемых на ГТС и обосновывать необходимость проведения ремонтных работ;</i> - <i>разрабатывать предложения по результатам анализа дефектов (несоответствий состояния ГТС)</i> - <i>работать с текстовыми редакторами, электронными таблицами, электронной почтой, браузерами и со специализированными программами;</i> - <i>применять справочные материалы в области ремонта ГТС.</i> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>навыками оценки и анализа состояния оборудования, ГТС электростанции на основании данных мониторинга, диагностики и предшествующих ремонтов;</i> - <i>навыками анализа выявленных в процессе эксплуатации дефектов ГТС электростанции;</i> - <i>навыками анализа инновационных технологических решений и разрабатываемого оборудования, а также мировой практики применения технологий и производимого оборудования для использования в ТО и ремонтах.</i> 	
	<p>ПК-1.2 Способен планировать работы по ремонту ГТС ГЭС/ГАЭС</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>правила планирования и исполнения производственной программы ГЭС;</i> - <i>нормативные и методические материалы по организации ремонтов и технического обслуживания ГТС ГЭС/ГАЭС;</i> - <i>порядок организации обеспечения производства ремонтов материально-техническими ресурсами;</i> - <i>схемы гидротурбинного,</i> 	

гидромеханического оборудования, а также вспомогательных систем, компоновки оборудования технологических процессов производства;

- основы экономики и трудового законодательства Российской Федерации.

Умеет:

- разрабатывать технические воздействия на ГТС; - использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ в своей предметной области; - использовать в работе нормативную и техническую документацию; - рассчитывать (определять) потребность в материалах, запасных запчастях для ремонта ГТС; - рассчитывать объемы и сроки проведения ремонта ГТС; - планировать сложные технологические процессы в рамках ремонта ГТС; - составлять и читать конструкторскую документацию, рабочие чертежи, электрические схемы.

Владеет:

- навыками определения набора технических воздействий и формирования перечня мероприятий по устранению дефектов, повреждений, аварийного состояния ГТС;

- навыками формирования технических требований и ведомостей дефектов по воздействиям на ГТС;

- навыками определения номенклатуры и количества оборудования, механизмов, запасных частей и материалов, приспособлений и оснастки в соответствии с утвержденной ведомостью ремонта объекта;

- способностью формиро-

		<p>вания планов (графиков) ремонта, планов подготовки к ремонту, графиков производства ремонтных работ, графика обхода ГТС в межремонтный период;</p> <p>- способностью проведения технической экспертизы и подготовки заключений по проектно-сметной документации</p>	
--	--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет _____ зачетных единиц, _____ академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

4.2.1. Структура дисциплины в очной форме

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Самостоятельная работа в т.ч. зачет, экзамен	
Модуль 1. Физика атома								
1	Тема 1. Ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза Планка. Законы излучения АЧТ. Корпускулярные свойства электромагнитных волн.		2		6		2	Устный опрос, письменный опрос, и т.д.
2	Тема 3. Волновые свойства частиц. Соотношение неопределенностей.		2				2	
3	Тема 4. Формализм квантовой механики.		2				4	
4	Тема 5. Потенциальные барьеры. Потенциальные ямы. Осциллятор.		2				4	
5	Тема 6. Движение в центральном поле. Колебательные и вращательные спектры молекул.		2		4		2	Устный опрос, письменный опрос, и т.д.
6	Тема 7. Водородоподобные атомы. Магнитный момент. Спин. Тождественность частиц. Обменное взаимодействие. Сложные атомы.		2				2	
7	Тема 8. Тождественность		2				2	

	частиц. Обменное взаимодействие. Сложные атомы.						
8	Тема 9. Спин-орбитальное и сверхтонкое взаимодействие. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана.		2				4
9	Тема 7.ЭПР и ЯМР. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры.		2				2
	<i>Итого по модулю 2:</i>		18		10		8
Модуль 2. Физика ядра и элементарных частиц							
11	Тема 9. Заряд, размер, состав атомных ядер. Свойства атомных ядер. Энергия связи и условия устойчивости ядер. Квантовые характеристики ядерных состояний		2				2
12	Тема 10. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Биологическое действие излучения и защита от него. Взаимодействие γ - квантов с веществом. Изомерия, конверсия. Модели атомных ядер		2		4		2
13	Тема 11. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Период полураспада. α -распад. β -распад. Методы регистрации заряженных частиц.		2		4		2
14	Тема 12. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия ядерной реакции. Механизмы ядерных реакций. Деление тяжёлых ядер нейтронами. Цепная реакция деления. Понятие о ядерной энергетике. Реактор на тепловых нейтронах.		2				2
	Тема 13. Частицы и типы взаимодействий. Элементарные частицы, классификация, характеристики. Внутренние свойства и взаимодействия, калибровочные бозоны, лептоны, адроны. Квантовые числа и законы сохранения		2				1
	Тема 15.Сильные взаимо-		2				1

действия. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Странность и другие адронные квантовые числа. Кварки. Глюоны. Основные характеристики слабого взаимодействия. Промежуточные бозоны W^+ , W^- , Z . Распады лептонов и кварков							
<i>Итого по модулю 2:</i>		12		8		16	
<i>Экзамен</i>	5					36	
ИТОГО:		36		18		24+ 36	<i>Экзамен</i>

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Физика атома

Тема 1. *Ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза Планка. Законы излучения АЧТ. Корпускулярные свойства электромагнитных волн.*

Ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза Планка. Законы излучения АЧТ. Основные нерешенные проблемы классической физики на рубеже XIX– XX веков. Подсчет числа состояний поля в заданном объеме; фазовый объём, приходящийся на одно квантовое состояние, плотность состояний. Формула Рэлея–Джинса и ультрафиолетовая катастрофа, формула Вина. Гипотеза Планка, распределение Планка. Закон смещения Вина. Равновесное излучение, как идеальный газ фотонов. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Ламберта и Стефана–Больцмана

Основные экспериментальные результаты по внешнему фотоэффекту. Гипотеза Эйнштейна относительно квантов света Уравнение Эйнштейна и объяснение фотоэффекта. Импульс фотона. Эксперимент Комптона по рассеянию рентгеновских лучей на лёгких ядрах, формула для изменения длины волны фотонов при рассеянии на свободных электронах, комптоновская длина волны.

Тема 2. Волновые свойства частиц. Соотношение неопределенностей.

Гипотеза де Бройля о волновых свойствах материальных частиц – корпускулярно-волновой дуализм. Длина волны де Бройля нерелятивистской частицы. Опыты Девиссона–Джермера и Томсона по дифракции электронов. Критерий квантовости системы. Соотношения неопределенностей (координата-импульс; энергия-время). Виртуальные частицы. Радиус взаимодействия при обмене виртуальными частицами (фундаментальными бозонами). Волновая функция свободной частицы (волна де Бройля). Вероятностная интерпретация волновой функции, выдвинутая Борном. Понятие о скрытых параметрах (гипотеза Эйнштейна) и неравенствах Белла.

Тема 3. Формализм квантовой механики.

Понятие об операторах физических величин. Операторы координаты, импульса, потенциальной и кинетической энергии системы, гамильтониан. Собственные функции и собственные значения. Уравнение Шредингера. Свойства волновой функции стационарных задач: непрерывность, конечность, однозначность, непрерывность производной. Принцип суперпозиции квантовых состояний. Формула для среднего значения физической величины в заданном состоянии. Закон сохранения вероятности, вектор плотности потока вероятности. Процесс квантового измерения физической величины — возможность получения только ее собственных значений в процессе идеального измерения. Редукция волновой функции в процессе измерения. Необходимость серии идентичных измерений процессе измерения. Необходимость серии идентичных измерений. Критерий возможности одновременного измерения нескольких физических величин

Тема 4. Потенциальные барьеры. Потенциальные ямы. Осциллятор.

Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке конечной высоты, прохождение частицы над ямами и барьерами конечной ширины, эффект Рамзауэра. Прохождение 3 частицы через прямо-

угольный потенциальный барьер конечной ширины (туннельный эффект), вывод формулы для прозрачности барьера произвольной формы в квазиклассическом приближении. Бесконечно глубокая потенциальная яма. Связанные состояния частицы в одномерной симметричной потенциальной яме конечной глубины. Уровни энергии одномерного гармонического осциллятора (без вывода).

Тема 5. Движение в центральном поле. Колебательные и вращательные спектры молекул.

Оператор момента импульса. Квантование собственных значений проекции момента на выделенную ось и квадрата момента импульса, сложение моментов. Движение в центральном поле, центробежная энергия, радиальное квантовое число, кратность вырождения. s -состояния в трёхмерной сферически симметричной яме конечной глубины, условие существования связанного состояния. Адиабатическое приближение в теории молекул. Вращательный и колебательный спектры, энергетические масштабы соответствующих возбуждений

Тема 6. Водородоподобные атомы. Магнитный момент. Спин.

Закономерности оптических спектров атомов. Движение в кулоновском поле. Спектр атома водорода и водородоподобных атомов, главное квантовое число, кратность вырождения. Изотопический сдвиг, модель атома Бора. Мезоатомы. Волновая функция основного состояния атома водорода. Качественный характер поведения радиальной и угловой частей волновых функций возбужденных состояний. Магнитный орбитальный момент электронов, гиромагнитное отношение, магнетон Бора. Опыт Штерна–Герлаха, гипотеза о спине электрона, спиновый g -фактор. Опыт Эйнштейна–де Гааза. Оператор полного момента импульса, g -фактор Ланде. Тонкая и сверхтонкая структура спектра атома водорода.

Тема 7. Тожественность частиц. Обменное взаимодействие. Сложные атомы.

Тожественность частиц, симметрия волновой функции относительно перестановки частиц, бозоны и фермионы, принцип Паули. Обменное взаимодействие. Самосогласованное поле в сложных атомах, электронная конфигурация атома. Правило Маделунга–Клечковского. Таблица Менделеева. Атомные термы, метод нахождения термов для заданной электронной конфигурации, спектроскопическая запись состояния атома. Правила Хунда. Характеристическое рентгеновское излучение (закон Мозли).

Тема 8. Спин-орбитальное и сверхтонкое взаимодействие. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана.

Излучение, правила отбора. Спин-орбитальное взаимодействие. Типы связи: Рассела–Саундерса (LS) и j - j . Сверхтонкое взаимодействие. Тонкая структура терма для случая LS -связи. Эффект Зеемана для случаев слабого и сильного магнитных полей на примере $3P$ – $3S$ -переходов. Сверхтонкое взаимодействие. Классификация фотонов по полному моменту и 4 чётности (E - и M -фотоны). Интенсивность электродипольного излучения, соотношение интенсивностей излучения фотонов различных типов и мультипольностей. Естественная ширина уровня.

Тема 9. ЭПР и ЯМР. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры.

Ядерный и электронный магнитный резонанс (квантовомеханическая трактовка). Строгие и нестрогие правила отбора при поглощении и испускании фотонов атомами (на примере эффекта Зеемана и ЯМР). Двухуровневая квантовая система в поле равновесного излучения, принцип детального равновесия, спонтанные и индуцированные переходы, соотношения Эйнштейна. Прохождение излучения через среду, условие усиления (инверсная заселённость уровней). Принцип работы лазера.

Модуль 2. Физика ядра и элементарных частиц

Тема 9. Заряд, размер, состав атомных ядер. Свойства атомных ядер.

Основные этапы развития физики атомного ядра и частиц. Масштабы явлений микромира. Свойства атомных ядер. Опыт Резерфорда. Размеры ядер. Ядро как совокупность протонов и нейтронов. Распределение заряда в ядре. Масса и энергия связи ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Квантовые характеристики ядерных состояний. Спин ядра. Статистические мультипольные моменты ядер. Содержание темы.

Тема 11. Радиоактивность.

Закон радиоактивного распада. Статистический характер распада. Радиоактивные семейства. Искусственная радиоактивность. Виды распада. α -распад. Туннельный эффект. Зависимость периода α -распада от энергии α -частиц. β -распад. Экспериментальное доказательство существо-

вания нейтрино. Разрешенные и запрещенные β - переходы. Несохранение четности в β - распаде. γ - излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Месбауэра. Нуклон - нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Система двух нуклонов. Дейтрон - связанное состояние в n-p системе. Тензорный характер ядерных сил. Зарядовая независимость ядерных сил. Изоспин, обменный характер ядерных сил. Мезонная теория нуклон-нуклонного взаимодействия. Модели атомных ядер. Микроскопические и коллективные модели. Модель Ферми-газа. Физическое обоснование оболочечной модели. Потенциал среднего ядерного поля. Спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичные состояния в ядерном потенциале. Коллективные свойства ядер. Модель жидкой капли. Полуэмпирическая формула энергии связи ядра. Деформация ядер. Колебательные и вращательные состояния ядер. Обобщенная модель ядра. Ядерные реакции. Методы изучения ядерных реакций. Детекторы частиц. Принципы работы ускорителей. Сечения реакций. Каналы реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта - Вигнера. Прямые ядерные реакции. Оптическая модель ядра. Взаимодействие фотонов и электронов с ядрами. Деление ядер. Деление изотопов урана нейтронами. Цепная реакция деления. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Реакции синтеза легких ядер. Термоядерная энергия. Трансурановые элементы. Сверхтяжелые ядра.

Тема 12. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.

Взаимодействие заряженных частиц со средой. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Пробеги заряженных частиц. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение γ - излучения через вещество. Биологическое действие излучения и защита от него. Эксперименты в физике высоких энергий. Экспериментальные методы в физике высоких энергий. Ускорители. Встречные пучки. Пучки вторичных частиц. Детекторы. Реакции с частицами. Взаимодействия и распады частиц. Электромагнитные взаимодействия. Основные свойства электромагнитного взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Электромагнитное рассеяние лептонов. Взаимодействие фотонов с адронами. Векторные мезоны. Упругое рассеяние электронов. Формула Мотта. Форм-факторы нуклонов и частиц. Сильные взаимодействия. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Супермультиплеты адронов.

Тема 13. Виды взаимодействий

Основные характеристики слабого взаимодействия. Распады мюона и таптона. Лептоны и лептонные квантовые числа. Промежуточные бозоны W^+ , W^- , Z . Законы сохранения в слабых взаимодействиях. Слабые распады лептонов и кварков. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Масса нейтрино. Дискретные симметрии. Симметрии и законы сохранения. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях. СРТ - инвариантность. Экспериментальная проверка инвариантности различных типов фундаментальных взаимодействий. CP - преобразование. K^0 - мезоны. Нарушение CP - симметрии в распаде K^0 - мезонов. Объединение взаимодействий. Экранировка заряда в квантовой электродинамике. Зависимость констант взаимодействия от переданного импульса. Объединение электромагнитных и слабых взаимодействий. Великое объединение. Поиск нестабильности протона. Современные астрофизические представления. Эволюция и состав Вселенной. Реликтовое излучение. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной. Нуклеосинтез в звездах. Распространенность химических элементов. Нейтринная астрономия. Сверхновые. Нейтронные звезды. Черные дыры. Космические лучи

4.3.2. Содержание лабораторно занятий по дисциплине.

Лабораторная работа № 1. Изучение спектра ртути.

Лабораторная работа № 2. Изучение спектра водорода

Лабораторная работа № 3. Исследование спектра поглощения красителей с помощью фотометра

Лабораторная работа № 4. Определение потенциалов возбуждения (опыты Франка и Герца)

Лабораторная работа № 5. Определение энергии диссоциации молекулы йода

Лабораторная работа № 6. Проверка закона защиты работ. Эйнштейна

- Лабораторная работа № 7.* Определение потенциалов ионизации инертных газов с помощью осциллографа
- Лабораторная работа № 8.* Определение энергии и среднего пробега частиц в воздухе
- Лабораторная работа № 9.* Пересчетное устройство защита работ. типа Б-2
- Лабораторная работа № 10.* Определение верхней границы β спектра
- Лабораторная работа № 11.* Измерение периода полураспада
- Лабораторная работа № 12.* Определение длины пробега α частицы в воздухе
- Лабораторная работа № 13.* Особенности рассеяния защита работ. электронов на атомах (опыт Рамзауэра)
- Лабораторная работа № 14.* Определение удельной рефракции молекул
- Лабораторная работа № 15.* Определение спектральной чувствительности полупроводникового фотоэлемента

5. Образовательные технологии

Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены, компьютеры. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

По всему лекционному материалу подготовлен конспект лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе PowerPoint, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для выполнения физического практикума и подготовке к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки по курсу физика атома, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках лабораторного практикума используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники. Это позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты закрепляют навыки (приобретенные на 1-2 курсах), опыт общения с ЭВМ и использования статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

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.

Задания для самостоятельной работы студентам

№	Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, ч
Текущая СРС		
1	работа с лекционным материалом, с учебной литературой	2

2	опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	2
3	самостоятельное изучение разделов дисциплины с использованием рекомендуемой литературы	2
4	выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	1
5	подготовка к практическим и семинарским занятиям	2
6	подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	2
7	решение расчетных задач по темам практических работ	1
8	выполнение реферата по отдельным разделам дисциплины	2
	доклад, сообщение по представлению полученных результатов решения определенной учебно-исследовательской или научной темы	2
	представление студентом наработанной информации по заданной тематике (презентация)	1

№	Творческая проблемно-ориентированная СРС	Примерная трудоёмкость, ч
1	поиск, изучение и презентация информации по физике атома, анализ научных публикаций по заданной теме	1
2	исследовательская работа, участие на конференциях, проводимых кафедрами факультета	2
3	анализ литературных данных по физике атома и атомного ядра	2
4	Обработка результатов исследования и их анализ	2
5	подготовка к экзамену	24
ИТОГО: 72		

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

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

К оценочным средствам результатов обучения по данной дисциплине относятся:

Устный опрос (экзамен, теоретический зачет) – диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала.

Коллоквиум – способ промежуточной проверки знаний, умений, навыков студента в середине семестра по пройденным темам изучаемого предмета.

Контрольная работа – средство промежуточного контроля остаточных знаний и умений, обычно состоящее из нескольких вопросов или заданий, которые студент должен решить, выполнить.

Курсовая работа – научно-методическая работа, выполняемая студентом самостоятельно, с учетом определенных требований, под руководством выбранного преподавателя, в заданные сроки.

Проектная деятельность – воплощение имеющегося замысла, идеи, образа решения какой-либо проблемы в подходящей для этого форме (описание, обоснование, расчеты, чертежи).

Презентация – представление студентом наработанной информации по заданной тематике в виде набора слайдов и спецэффектов, подготовленных в выбранной программе.

Кейс-задача – проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы. Студент самостоятельно формулирует цель, находит и собирает информацию, анализиру-

ет ее, выдвигает гипотезы, ищет варианты решения проблемы, формулирует выводы, обосновывает оптимальное решение ситуации.

Доклад, сообщение – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Реферат – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемого вопроса, приводит различные точки зрения, а также собственное понимание проблемы.

Портфолио – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Критерии оценок на курсовых экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100** баллами.

Критерии оценок следующие:

- 100 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- 90 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- 80 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- 70 баллов - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- 60 баллов – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- 50 баллов – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- 40 баллов – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- 20-30 баллов - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- 10 баллов - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- 0 баллов – нет ответа. Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

Примеры тестовых заданий по физике атома:

Вариант №1

1. На основе результатов каких опытов Резерфорд предложил планетарную модель атома?

- 1) Опыты Ленарда.
- 2) Опыты по взаимодействию протонов с веществом.
- 3) Бомбардировка α - частицами металлических пленок.
- 4) Бомбардировка нейтронами металлических пленок.
- 5) Облучение металлических пленок γ - квантами.

2. Волновое уравнение Шредингера для частицы в потенциальной яме имеет вид $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E-U)\psi = 0$, решение, которого имеет вид: $\Psi(x) = \sqrt{\frac{2}{e}} \sin \frac{n\pi x}{e}$. Какая из нижеперечисленных функций определяет плотность вероятности распределения частицы по пространству в состоянии с $n=1$.

- 1) $\sqrt{\frac{2}{e}} \sin \frac{\pi x}{e}$.
- 2) $\frac{2}{e} \sin^2 \frac{\pi x}{e}$.
- 3) $\frac{2}{e} \sin^3 \frac{\pi x}{e}$.

3. Какие значения внутреннего квантового числа j может иметь атом в состоянии с квантовыми числами $S=2$ и $L=3$.

- 1) 0, 1, 2, 3, 4.
- 2) $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \frac{7}{2}$
- 3) 1, 2, 3, 4, 5.

4. Вычислить фактор Ланде и величину магнитного момента для следующих термов: а) ${}^6F_{1/2}; {}^5F_2$. $g = 1 + \frac{j(j+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2j(j+1)}$; $m = g\sqrt{j(j+1)}m_B$; $m_B = \frac{eh}{2\pi mc}$.

1. а) $g = -\frac{2}{3}; \mu = \frac{1}{3}\mu_B\sqrt{3}$.
2. а) $g = -2; \mu = 2\mu_B\sqrt{5}$.
3. а) $g = -1; \mu = \mu_B\sqrt{7}$.
4. б) $g = 1; \mu = \mu_B\sqrt{6}$.
5. б) $g = 2, \mu = \mu_B\sqrt{2}$
6. б) $g = 3, \mu = 3\mu_B\sqrt{3}$.

5. Чем определяется тонкая структура спектральных линий?

- 1) Спиноорбитальным взаимодействием.
- 2) Главным квантовым числом n .
- 3) Орбитальным квантовым числом l .

Вариант №2

1. Какими опытами была подтверждена справедливость планетарной модели?

- 1) Опыты Томсона.
- 2) Опыты Резерфорда.

2. Решение уравнения Шредингера для водородоподобного атома имеет вид:

$$\psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi) = A e^{-\frac{r}{r_0}} e^{im\varphi} \sum_{i=0}^{n-l-1} a_i \left(\frac{2r}{r_0}\right)^{l+i} (\sin \theta)^{|m|} \sum_{i=0}^{l-|m|} b_i \cos^i \theta.$$

Какая из нижеперечисленных выражений определяет плотность вероятности распределения электрона по пространству с квантовыми числами $n=1, l=0, m=0$?

- 1) $A l \frac{r}{r_0}$.
- 2) $N^2 e^{-\frac{2r}{r_0}} 4\pi r^2$.
- 3) $A^2 e^{-\frac{r}{r_0}} e^{im\varphi}$.

3. Длины волн компонент желтого дублета резонансной линии натрия, обусловленной переходом $3P \rightarrow 3S$, равны 589,00 и 589,56 ПМ. Найти величину расщепления $3P$ -терма в эВ.

- 1) $\Delta E = 2,0$ мэВ.
- 2) $\Delta E = 1,2$ мэВ.
- 3) $\Delta E = 3,0$ мэВ.

4. Некоторая спектральная линия, обусловленная переходом в ${}^2S_{\frac{1}{2}}$ состоянии, расщепилась

в слабом магнитном поле на шесть компонент. Написать спектральный терм исходного состояния.

- 1) ${}^3P_{\frac{5}{2}}$.
- 2) ${}^3P_{\frac{3}{2}}$.
- 3) ${}^2P_{\frac{5}{2}}$.

5. Что называется статистическим весом состояния атома?

- 1) $2S+1$.
- 2) $2n$.
- 3) $2l$.
- 4) $2j+1$.

Вариант №3

1. Кто предложил теорию рассеяния потока α -частиц тонкими металлическими пластинками?

1) Гельгольц. 2) * Резерфорд. 3) Больцман. 4) Марсден. 5) Гольштейн.

2. Решение уравнения Шредингера для водородоподобного атома имеет вид:

$\psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi) = A e^{-\frac{r}{r_0}} e^{im\varphi} \sum_{i=0}^{n-l-1} a_i \left(\frac{2r}{r_0}\right)^{l+i} (\sin \theta)^{|m|} \sum_{i=0}^{l-|m|} b_i \cos^i \theta$. Какая из нижеперечисленных выражений дает плотность распределения вероятности в 2S состоянии.

1) * $N_1 r^2 e^{-\frac{2r}{r_0}} (a_0 + a_1 \frac{2r}{r_1})^2$ 2) $N e^{-\frac{r}{r_0}} (a_0 + a_1 \frac{2r}{r_0})$ 3) $N^2 \cos^2 \theta$

3. Энергия связи валентного электрона атома лития в состояниях 2S и 2P равна соответственно 5,39 и 3,54 эВ. Вычислить ридберговские поправки для 2S и 2P- термов этого атома.

$\frac{1}{\lambda} = R \frac{1}{(2 + B_s)^2} - \frac{1}{(n + B_p)^2}$ при $n = \infty$ энергия связи равно $B_s = \sqrt{\lambda_1 R} - 2, \frac{hc}{\lambda} = 5,39,$

$B_p = \sqrt{\lambda_2 R} - 2$

1) $B_s = -0,41; B_p = -0,04;$ 2) $B_s = -0,6; B_p = 0,5;$ 3) $B_s = -0,3; B_p = -0,6$

4. Возбужденный атом имеет электронную конфигурацию $1s^2 2s^2 2p 3d$ и находится при этом в состоянии с максимально возможным полным механическим моментом. Найти магнитный момент атома.

1) $\mu = (3\sqrt{3/2})\mu_B$ 2) $\mu = (5\sqrt{3/2})\mu_B$ 3) $\mu = (3\sqrt{5/2})\mu_B$

5. Чем определяется сверхтонкая структура спектральных линий?

1) Энергией связи электронов с ядром.

2) Взаимодействием магнитного момента оптических электронов с магнитным моментом ядра.

3) Взаимодействием электронов оболочки атома.

Вариант №4

1. Что подтвердили опыты Франка-Герца?

1) Атом может обладать любой энергией.

2) Атом принимает любую порцию энергии.

3) Изолированный атом может обладать дискретным рядом значений энергии и не принимает любую порцию энергии.

4) Энергия атома меняется непрерывно.

5) Энергия атома меняется дискретно.

2. Решением уравнения Шредингера является совокупность волновых функций, каждая из которых описывает возможное состояние движения электрона в атоме.

$\Psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi) = A e^{r/r_0} e^{im\varphi} \sum_{i=0}^{n-l-1} a_i (2r/r_0)^{l+i} (\sin \theta)^{|m|} \sum_{i=0}^{l-|m|} b_i \cos^i \theta$

Определите сколько возможных квантовых состояний имеется при данном главном квантовом числе n

1) n^3 2) n 3) n^2

3. Волновая функция электрона в основном состоянии атома водорода имеет вид

$\psi(r) = A \exp(-\frac{r}{r_1})$, где A - некоторая постоянная, r_1 - первый Боровский радиус. Найти наиболее

вероятное расстояние между электроном и ядром. $\frac{d}{dr} (4\pi r^2 e^{-\frac{2r}{r_1}}) = 0$ отсюда $r = r_1$.

1) $r_{вер} = r_1$ 2) $r_{вер} = 0,5r_1$ 3) $r_{вер} = 0,25r_1$

4. Найти с помощью правил Хунда магнитный момент основного состояния атома, незамкнутая подоболочка которого заполнена равно наполовину пятью электронами.

1) $\mu = \mu_B \sqrt{15} (^3 S_{7/2})$ 2) $\mu = \mu_B \sqrt{35} (^6 S_{5/2})$ 3) $\mu = \mu_B \sqrt{20} (^4 S_{5/2})$

5. Какими квантовыми числами определяется состояние электрона в атоме?

1) Главным и орбитальным n, l - числами. 2) Главным, орбитальным и магнитным орбитальными

n, l, m_l, m_s - числами. 3) четырьмя квантовыми числами n, l, m_l, m_s (m_s - магнитное спиновое квантовое число).

Вариант №5

1. В основу теории Бора какая из следующих моделей атома положена?

- 1) Классическая модель атома Томсона.
- 2) Планетарная модель атома Резерфорда.
- 3) Обе модели положены в основу теории Бора.

2. Что определяет Ψ - функция?

- 1) Возможное квантовое состояние движения электрона в атоме.
- 2) Траекторию движения электрона.
- 3) Возможные значения квантовых чисел.

3. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти ширину ямы, если разность энергии между уровнями с $n_1=2$ и $n_2=3$ составляет $\Delta E = 0.30 \text{ эВ}$.

- 1) $l = 2,5 \text{ нм}$
- 2) $l = 4,5 \text{ нм}$
- 3) $l = 6 \text{ нм}$

4. Вычислить фактор Ланде для атомов: а) в s-состояниях; б) в синглетных состояниях

$$g = 1 + \frac{I(I+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2j(j+1)}$$

- 1) а) $g_s = 3$; б) $g=2$
- 2) а) $g = 2$; б) $g=1$
- 3) а) $g = 1$; б) $g=2$

5. Атом находится в состоянии с квантовыми числами L и S. Определить максимально возможный полный механический момент.

- 1) $N = \frac{h}{2\pi\sqrt{L(L+1)}}$
- 2) $N = \frac{h}{2\pi\sqrt{S(S+1)}}$
- 3) $N = \frac{h}{2\pi\sqrt{j(j+1)}}$

Вариант №6

1. В основу вывода объединенной формулы Бальмера какой постулат Бора положен?

- 1) Первый постулат Бора.
- 2) Второй постулат Бора.
- 3) * Третий постулат Бора.

2. согласно решению уравнения Шредингера энергия атома определяется выражением

$$E_n = -\frac{2\pi^2 m z^2 e^4}{n^2 h^2}. \text{ Чему равна степень вырождения при данном квантовом числе n?}$$

- 1) $2n$
- 2) n^2
- 3) n^3

3. Две одинаковые нерелятивистские частицы движутся перпендикулярно друг к другу с дебройлевскими длинами волн λ_1 и λ_2 . Найти дебройлевскую длину волны обеих частиц в системе их центра масс.

- 1) $\frac{\lambda_1}{\lambda_2 \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$
- 2) $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$
- 3) $\frac{2\lambda_1 \lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$

4. Определить спиновой механический момент атома в состоянии D_2 , если максимальное значение проекции магнитного момента в этом состоянии равно четырем магнитонам Бора.

- 1) $\mu_s = 2\sqrt{3}h$
- 2) $\mu_s = \sqrt{5}h$
- 3) $\mu_s = 3\sqrt{7}h$

5. Что гласит правило Хунда?

- 1) Наименьшая энергия у термина с минимальным значением спинового квантового числа S.
- 2) Наименьшая энергия у термина с максимальным квантовым числом L.
- 3) Наименьшая энергия у термина с максимальным значением S при данной электронной конфигурации и максимально возможным при этом S_{max} значении L.

Вариант №7

1. Почему теория Бора не смогла объяснить спектральные закономерности гелия?

- 1) Бор пользовался только классической физикой.
- 2) Бор пользовался классической механикой и квантовыми закономерностями излучения, допуская логическую непоследовательность.
- 3) Бор учитывал только квантовые закономерности излучения.

2. Решение уравнения Шредингера для щелочного элемента и атома водорода весьма похоже, в отличие от атома водорода для щелочного элемента вырождения по орбитальному числу l снимается. Почему это происходит?

1) В атоме водорода электрон движется в центральном поле, а в атоме щелочного элемента валентный электрон движется в поле атомного остатка, поле которого нецентральная.

2) В атоме щелочного элемента много электронов.

3) Снятие вырождения по квантовому числу l связано с числом протонов в ядре.

3. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону. Чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась от 100 до 50 пМ.

1) 5 кэВ 2) 0,45 кэВ 3) 12 кэВ.

4. В силу какого принципа атомы отталкиваются при проникновении их полностью заполненных оболочек?

1) Принципа детального равновесия. 2) * Принципа Паули. 3) Принципа дополнительности Гейзенберга.

5. Единственная незаполненная подоболочка некоторого атома содержит три электрона, причем основной терм атома имеет $L=3$. Найти с помощью правил Хунда спектральный символ основного состояния данного атома.

1) 3D_2 2) $^2P_{1/2}$ 3) $^4F_{3/2}$

Вариант №8

1. Какие опыты подтвердили гипотезу де-Бройля о том, что частицы обладают волновыми свойствами?

1) Опыты по прохождению электронов через газ.

2) Опыты Дэвиссона и Джермера по дифракции электронов на кристаллических решетках.

3) Опыты по взаимодействию γ -квантов с веществом.

2. Из приведенных ниже формул какая формула относится к резонансной линии атома лития.

1) $K_1 = 1/\lambda_1 = R/(2 + \sigma_s)^2 - R/(2 + \sigma_p)^2$

2) $K_2 = 1/\lambda_2 = R/(2 + \sigma_s)^2 - R/(3 + \sigma_p)^2$

3) $K_3 = 1/\lambda_3 = R/(2 + \sigma_p)^2 - R/(3 + \sigma_s)^2$

3. Найти дебройлевскую длину волны молекул водорода, соответствующую наиболее вероятной скорости при комнатной температуре.

1) 50 пм; 2) 128 пм; 3) 150 пм.

4. Используя правило Хунда, найти основной терм атома, незаполненная оболочка которого содержит три p-электрона.

1) 3P_1 2) $^1D_{5/2}$ 3) $^4S_{3/2}$.

5. При каких условиях возникает характеристическое рентгеновское излучение?

1) Характеристическое излучение возникает при торможении электронов.

2) Характеристическое излучение связано с оптическими электронами.

3) Характеристическое рентгеновское излучение при переходе электронов между внутренними оболочками.

Вариант №9

1. Какие частицы обладают волновыми свойствами?

1) Электроны. 2) Протоны. 3) Нейтроны. 4) α -частицы. 5) Все частицы как заряженные, так и нейтральные.

2. Чем объясняется дублетная структура термов щелочных металлов?

1) Взаимодействием валентного электрона с остальными электронами в атоме.

2) Спино-орбитальным взаимодействием.

3) Взаимодействием орбитального магнитного момента валентного электрона с ядерным магнитным моментом.

3. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона, имеющего энергию 100 эВ.

1) $1,2 \overset{0}{\text{А}}$ 2) $4 \overset{0}{\text{А}}$ 3) $6 \overset{0}{\text{А}}$.

4. Вычислить в магнитонах Бора магнитный момент атома:

а) в 1F -состоянии; б) в состоянии $^2D_{3/2}$.

1) а) $\mu = \sqrt{12}\mu_B$ б) $\mu = \sqrt{\frac{3}{5}}\mu_B$;

2) а) $\mu = \sqrt{6}\mu_B$ б) $\mu = \sqrt{\frac{7}{2}}\mu_B$;

3) а) $\mu = \sqrt{8}\mu_B$ б) $\mu = \sqrt{\frac{7}{2}}\mu_B$

5. Каково условие магнитного резонанса?

1) $h\omega = g\mu_B$ 2) $h\omega = g\mu_B H$ 3) $E = mc^2$

Вариант №10

1. Какова природа волн де Бройля?

- 1) Пакет волн де Бройля образуют частицу.
- 2) Волны де Бройля - электромагнитные волны.
- 3) Волны де Бройля - механические волны.
- 4) волны де Бройля есть волны вероятности.

2. Чем определяется тонкая структура спектральных линий?

1) Спино - орбитальным взаимодействием и релятивистским эффектом зависимости массы атомного электрона от скорости его движения вокруг ядра.

2) Релятивистским эффектом зависимости массы электрона от скорости.

3) Взаимодействием электронов с ядром.

3. Вычислить радиус первой боровской орбиты и скорость на ней для атома водорода:

$$r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e l^2} \quad v_n = \frac{2\pi z l^2}{nh}$$

1) * $r = 0,529 \cdot 10^{-8} \text{ см}; v = 2,18 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ 2) $r = 6,38 \cdot 10^{-7} \text{ см}; v = 7,11 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$

3) $r = 5,27 \cdot 10^{-8} \text{ см}; v = 4,38 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$

4. Найти кратность вырождения состояния 2P с максимально возможным полным механическим моментом.

- 1) 4 2) 6 3) 5.

5. Какой тип связи в молекуле водорода.

- 1) Ионная связь. 2) Электромагнитная связь. 3) Ковалентная связь.

Вариант №11

1. Почему в спектре гелия имеются две главные серии, две резкие и две диффузные серии?

1) Из-за необходимости учета энергии электростатического взаимодействия электронов. 2) Из-за интеркомбинационного запрета $\Delta S=0$ (при радиационных переходах спиновое квантовое число S не меняется).

3) Из-за взаимодействия электронов с ядром.

2. В чем заключается принцип Паули?

1) В любой физической системе (в частности в атоме) не может существовать двух и более электронов в одном и том же квантовом состоянии.

2) В атоме в одном и том же квантовом состоянии может находиться не более двух электронов.

3) В атоме в одном квантовом состоянии может находиться не более 3-х электронов.

3. Покоящийся ион He^+ испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Этот фотон вырвал электрон из атома водорода, который находился в основном состоянии. Найти скорость фотоэлектрона.

1) $v = 8 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ 2) $v = 10^6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ 3) $v = 3,1 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$

4. Определить суммарную кратность вырождения 3D состояния атома лития. Каков физический смысл этой величины?

1) Кратность вырождения равна пяти.

2) Кратность вырождения равна 10^{Th} .

3) Кратность вырождения равна 3^{M} .

5. Почему спектр тормозного рентгеновского излучения является сплошным и имеет коротковолновую границу?

- 1) Спектр тормозного рентгеновского излучения является сплошным из-за того, что часть энергии электрона идет на излучение, а оставшаяся часть энергии как тепло передается аноду.
- 2) Спектр является сплошным из-за различия энергии электронов.
- 3) Из-за электростатического отталкивания электронов.

Вариант №12

1. Состояния атома гелия 2^1S_0 и 2^3S_1 называются метастабильными. Почему из этих возбужденных состояний атом гелия не может переходить в основное состояние 1^1S_0 или 1^3S_1 .

- 1) Правило отбора по магнитному квантовому числу $\Delta m_j = 0, \pm 1$ запрещает такие переходы.
- 2) Такие переходы запрещаются по правилу отбора по орбитальному квантовому числу $\Delta l = \pm 1$.
- 3) Такие переходы запрещены по интеркомбинационному запрету $\Delta S = 0$.

2. На каких принципах основано объяснение периодической системы элементов Менделеева?

- 1) На положении принципа о квантовых числах n, l, m_l, m_s .
- 2) На принципе Паули.
- 3) На принципе – система устойчива тогда, когда находится в состоянии с наиболее низкой возможной энергией.
- 4) На всех трех принципах.

3. Покоившийся атом водорода испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Какую скорость приобрел атом?

1) $v = 10^{-3} \frac{M}{сек}$ 2) $v = 10^2 \frac{M}{сек}$ 3) $v = 3,25 \frac{M}{сек}$

4. Установить какие из нижеперечисленных переходов запрещены правилами отбора.

1) $^2D_{3/2} \rightarrow ^2P_{1/2}$ 2) $^3P_1 \rightarrow ^2S_{1/2}$ 3) $^3F_3 \rightarrow ^3P_2$ 4) $^4F_{7/2} \rightarrow ^4D_{5/2}$

5. При образовании кристаллов из атомов в кристалле возникают разрешенные и запрещенные энергетические зоны. Почему?

- 1) Из-за требования закона сохранения энергии.
- 2) К зонной энергетической структуре твердых тел приводит принцип Паули.
- 3) К зонной структуре твердых тел приводит соблюдение законов сохранения.

Вариант №13

1. Сколько возможно квантовых состояний движения электронов в атоме при данном главном квантовом числе n с учетом спина электрона?

1) n^2 2) $* 2n^2$ 3) $2n+1$.

2. В чем заключается правило Хунда?

1) Самым глубоким термом является тот терм, с которым связано наибольшее внутреннее магнитное квантовое число m_j .

2) Среди термов атома самым глубоким является тот, который связан с наибольшим значением спинового квантового числа S , а среди термов с равным S – тот, который связан с наибольшим значением орбитального квантового числа L .

3) Среди термов атома самым глубоким является тот терм, который связан с наибольшим значением внутреннего квантового числа j .

3. Найти энергию связи электрона в основном состоянии водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна 108,5 нм.

1) $E_{св} = 24 \text{ эВ}$ 2) $E_{св} = 54,4 \text{ эВ}$ 3) $E_{св} = 40 \text{ эВ}$.

4. Атом находится в состоянии мультиплетности которого равно трем, а полный механический момент $h\sqrt{20}$. Каким может быть квантовое число L ?

1) $L=1,2$ 2) $L=1,2,6$ 3) $L=3,4,5$.

5. Чем отличаются диэлектрики от проводников?

1) У диэлектриков ширина запрещенной зоны больше чем у проводников. 2) Отсутствием зоны проводимости. 3) Частичным заполнением валентной зоны.

Вариант №14

1. Когда возникает характеристическое рентгеновское излучение?

- 1) При торможении электронов у антикатада.
- 2). При переходе электронов с верхних внутренних оболочек на нижние с соблюдением правил отбора.
- 3). При переходе валентного электрона с внешнего на внутренний уровень.

2. Почему снимается вырождение по магнитному квантовому числу, когда атом находится во внешнем магнитном поле?

1) Атом приобретает дополнительную энергию из-за взаимодействия магнитного момента атома с магнитным полем.

2) Из-за электростатического взаимодействия электронов оболочки друг с другом.

3) Из-за принципа Паули.

3. Вычислить постоянную Ридберга, если известно, что для ионов He^+ разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана $\Delta\lambda = 133,7 \text{ нм}$.

1) $R = 2 \cdot 10^{13} \text{ сек}^{-1}$ 2) $R = 2,07 \cdot 10^{16} \text{ сек}^{-1}$ 3) $R = 3 \cdot 10^{16} \text{ сек}^{-1}$

4. Известно, что в F и D – состояниях число возможных значений квантового числа j одинаково и равно пяти. Определить спиновый механический момент в этих состояниях.

1) $m_{s \max} = \hbar\sqrt{5}$ 2) * $m_{s \max} = \hbar\sqrt{6}$ 3) $m_{s \max} = \hbar\sqrt{4}$

5. Что нужно для наличия проводимости в твердом теле?

1) Полностью заполненная электронами валентная зона.

2) Свободные энергетические уровни в зоне проводимости и в валентной зоне твердого тела.

3) Наличие разности потенциалов.

Вариант №15

1. Когда имеет место сложный эффект Зеемана?

1) В сильном магнитном поле.

2) В слабом магнитном поле.

3). В переменном магнитном поле.

2. Какой тип связи осуществляется в кристаллах германия и кремния?

1) Ионная связь.

2) Ковалентная связь.

3) Металлическая связь.

4) Межмолекулярная связь.

3. Найти квантовое число n, соответствующее возбужденному состоянию ион He^+ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5 и 30,4.

1) $n=6$ 2) $n=3$ 3) $n=5$.

4. найти максимально возможный полный механический момент и соответствующее спектральное обозначение терма атома натрия, валентный электрон которого имеет главное квантовое число $n=4$.

1) ${}^1F_{3/2}, m_{\max} = \hbar\sqrt{30}$ 2) ${}^2F_{7/2}, m_{\max} = \hbar\sqrt{63/4}$ 3) ${}^3F_{6/2}, m_{\max} = \hbar\sqrt{23}$

5. какие процессы происходят при взаимодействии рентгеновских лучей с веществом.

1) Рассеяние рентгеновских квантов.

2) Фотоэлектрическое поглощение.

3) Возникновение позитронно-электронных пар.

4) Все эти явления.

Вариант №16

1. Что происходит с атомными энергетическими уровнями при объединении атомов в твердое тело?

1) Сокращается число энергетических уровней.

2) Увеличивается число энергетических уровней.

3) Энергетические уровни атома превращаются в энергетические зоны, между которыми имеются запрещенные энергетические зоны. Число уровней не меняется. Число уровней определяется количеством атомов, образовавших кристалл.

2. Какое из нижеперечисленных выражений является условием парамагнитного резонанса?

1) $\hbar\omega^2 = q^3 m_b H$ 2). $\hbar\omega = q m_b H$ 3) $\hbar^2\omega = \sqrt{q} m_b H$

3. Энергия связи электрона в основном состоянии атома гелия $E_0=24,6$ эВ. Найти энергию удаления обоих электронов

1) 40эВ 2) 50 эВ 3) 79 эВ.

4. Найти возможные значения полных механических моментов атомов, находящихся в состояниях 4P и 5D .

1) Для 4P состояния $\hbar\sqrt{3/4}; \hbar\sqrt{15/4}; \hbar\sqrt{35/4}$. Для 5D состояния $0; \hbar\sqrt{2}; \hbar\sqrt{6}; \hbar\sqrt{12}; \hbar\sqrt{20}$

2) Для 4P состояния $\hbar\sqrt{3}; \hbar\sqrt{15/2}; \hbar\sqrt{35}$ 3) Для 5D состояния $\hbar\sqrt{4}; \hbar\sqrt{7/2}; \hbar\sqrt{9/2}; \hbar\sqrt{12/3}$

5. Чем отличается собственная проводимость полупроводника от примесной проводимости?

1) Примесная проводимость обеспечивается примесями, при этом проводимость может быть как дырочной так и электронной.

2) Собственная проводимость обеспечивается электронами и дырками. При этом плотность дырок равна плотности электронов.

3) Примесную проводимость можно регулировать в широких пределах.

Варианты	Номера ответов				
	1	2	3	4	5
№1	3	2	3	1, 4	1
№2	2	2	1	3	4
№3	2	1	1	3	2
№4	5	3	1	2	3
№5	2	1	1	2	3
№6	3	2	3	1	3
№7	2	1	2	2	3
№8	2	1	2	3	3
№9	5	2	1	1	2
№10	4	1	1	1	3
№11	2	1	3	2	1
№12	2	4	3	3	2
№13	2	2	2	3	1
№14	2	1	2	2	2
№15	2	2	3	2	4
№16	3	2	3	1	1

Указанные тесты взяты из пособия:

1. Мутаева, Гайбат Ихласовна. Тестовые задания по физике: учеб. пособие / Мутаева, Гайбат Ихласовна, А.З. Эфендиев; Федерал. агентство по образованию, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала: Изд-во ДГУ, 2009. - 34 с. - 21-00.

Контрольные задания для проведения текущего контроля по практическим занятиям:

Модуль 1.

Корпускулярные свойства волн. Фотоны и волны. Схема опыта Комптона. Квантовая теория эффекта Комптона. Комптоновская длина волны. Энергия рассеянного фотона. Энергия отдачи электрона. Задачи: №1.4- 1.8; №1.11- 1.15 (|1|.ч.1)

Волновые свойства корпускул. Гипотеза де Бройля, уравнения де Бройля Задачи: №2.3 - 2.9- и 2.18. – 2.28(|1|.ч.1).

Дискретность атомных состояний. Потенциалы возбуждения и ионизации, формула энергии атома, обобщенная формула Бальмера. Задачи: № 3-1 - 3.33 (|1| ч.1).

Модуль 2.

Магнитный и механический моменты атома. Квантовые числа, характеризующие атом, спиновый, орбитальный и полный моменты атома. Мультиплетное расщепление атома. Задачи: № 1.10 – 1.21 (|2| ч.2).

Многоэлектронные атомы. Символическое обозначение атома. Ридберговские термы. Задачи: № 2.1 – 2.21 из части 2 литературы 2.

Взаимодействие атома с магнитным полем. Смысл слабого и сильного поля. Сложный и простой эффекты Зеемана. Задачи: № 1.1- 1.6 (|2| ч.2).

1. Матвеев А.Н. Атомная физика: Оникс. Мир и Образование, 2007.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Книга 5. Квантовая физика. Атомная физика. М.: Лань 2006. 368 с.

Тематика рефератов и методические указания по их выполнению

Примерные темы рефератов

1. Интерпретация туннельного эффекта.
2. Философское толкование соотношения Гейзенберга.
3. Рентгеновское излучение, характеристические спектры.
4. Эксперименты, подтвердившие волновые свойства частиц.
5. Эксперименты, приведшие к гипотезе де Бройля.
6. Операторный метод в квантовой механике.
7. Интерпретация фотонов.
8. Условия равновесия.
9. Классическая теория излучения, формула Планка.
10. Применение лазеров в технологических процессах.
11. Принцип туннельной микроскопии.
12. Лазерное разделение изотопов в магнитном поле.
13. Принцип ЯМР - томографии.
14. Проблемы термоядерного синтеза.
15. Взаимодействие мощного лазерного излучения с атомами и молекулами

Методические указания к выполнению рефератов

Целью выполнения реферата по дисциплине "Компьютерные технологии в науке и образовании" является проверка знаний студентов по методикам измерения физических величин, полученных в ходе практических и семинарских занятий, умения анализировать и обобщать материалы, раскрывающие связи между теорией и экспериментом, углубленное самостоятельное изучение отдельных разделов физики. Основные задачи выполнения рефератов:

- изучение методов анализа специальной учебной и научной литературы, проблемных статей, статистических данных по конкретной теме;
- анализ, обобщение и систематизация материалов по конкретным вопросам физики;
- изучение теоретических вопросов измерения различных физических величин;
- анализ различных методов измерений и диагностики в науке и технике;

Реферат должен, как правило, базироваться на конкретных материалах.

Выбор темы реферата осуществляется студентом самостоятельно, исходя, прежде всего из возможностей получения необходимых для ее выполнения фактических экспериментальных и теоретических материалов. Изменение формулировки темы по инициативе студента не допускается. Тема реферата утверждается преподавателем. Студент должен выполнять реферат в соответствии с планом, утвержденным научным руководителем. Это позволяет выдержать логику изложения и проверить ключевые моменты усвоения студентами базовых физических понятий, умение анализировать конкретные ситуации с применением характеристик лазерного излучения.

План реферата разрабатывается студентом самостоятельно, но при этом он должен учитывать нижеизложенные положения. Структура реферата по дисциплине " Компьютерные технологии в науке и образовании ", как правило, включает:

- введение;
- теоретическую часть;

- аналитическую часть;
- практическая часть, посвященная конкретным экспериментальным результатам;
- заключение;
- список использованной литературы;
- приложения.

Во **введении** необходимо охарактеризовать актуальность проблемы, цель и задачи реферата, объект и предмет исследования, методы, используемые при выполнении реферата, ее теоретическую и методологическую основу. Очень важно различать понятия "объект" и "предмет" исследования. Как правило, под объектом понимается определенный тип лазера или оптического явления (например, лазерная искра). Предмет исследования – это более конкретная характеристика определенных аспектов объекта (например, методы расчета порога лазерной искры и т.п.).

В **теоретической части** реферата раскрывается сущность рассматриваемого физического процесса. Необходимо изучить основные теоретические положения, охарактеризовать на основе обобщения учебной и научной литературы, в т.ч. зарубежных авторов, различные трактовки и классификации исследуемого объекта. Теоретическая часть работы может включать исторические аспекты по явления и развития данного направления исследований.

Центральное место в реферате занимает **аналитическая часть**. Целью данной части является всесторонний анализ задач, методов экспериментального и теоретического исследования, основные закономерности. Необходимо привести общие сведения об объекте, в т.ч.:

- новые теоретические и экспериментальные результаты, полученные за последние десять лет;
- области применения полученных результатов;
- имеющиеся проблемы и не решенные вопросы

В данном разделе необходимо проанализировать соответствие экспериментальных результатов теоретическим моделям, анализировать погрешности измерений и точность теоретических расчетов. Следует показать собственную позицию в оценке проблемной ситуации возможностей ее решения. Обязательно нужно делать ссылки на использованную литературу и точки зрения цитируемых авторов. Проведенный анализ объекта исследования с использованием современных, включая квантовых, методов является базой для разработки конкретных предложений.

Практическая часть реферата по дисциплине " Компьютерные технологии в науке и образовании " включает собственные экспериментальные результаты, оценки и расчеты, если эта часть работы запланирована. В данной части необходимо рассмотреть схемы экспериментальных установок, методов исследования и теоретического анализа.

В **заключении** реферата, опираясь на цели и задачи, сформулированные во введении, и результаты трех предшествующих частей, нужно сделать выводы по исследуемой проблеме и обобщить предложения, направленные на конкретные рекомендации.

Список использованной литературы должен включать действительно использованные в работе источники. При этом библиография составляется в порядке ссылок по тексту. При ссылке в тексте реферата на использованный источник приводится его порядковый номер в общем списке в квадратных скобках.

В **приложения** включаются вспомогательные материалы, использованные в курсовой работе для характеристики объекта исследования, подготовки таблиц, расчета показателей.

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

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Лекции - Текущий контроль включает:

- посещение занятий 10 бал.
- активное участие на лекциях 15 бал.

- устный опрос, тестирование, коллоквиум __ 60__ бал.
- и др. (доклады, рефераты) __ 15__ бал.

Лабораторные занятия (л/з) - Текущий контроль включает:

(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий __ 10__ бал.
- выполнение лабораторной работы __ 70__ бал.
- Ответы на контрольные вопросы __ 20__ бал.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) адрес сайта курса

- Курбанисмаилов В.С. Специальный физический практикум по ядерной физике.
<http://edu.dgu.ru/course/view.php?id=873>

б) основная литература:

1. Матвеев А.Н. Атомная физика: Оникс. Мир и Образование, 2007.
2. Шпольский Э.В. Атомная физика Т.1. Введение в атомную физику. М. Лань. 2010. 560 с.
3. Шпольский Э.В. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. М.: Лань. 2010. 448 с.
4. Сивухин Д.В. Атомная и ядерная физика /Д.В. Сивухин.– М.: Физматлит, 2002. Т.5. – 784 с.
5. Попов А.М., Тихонова О.В. Лекции по атомной физике, М.: Физ. фак. МГУ, 2007
6. Сборник задач по атомной физике. М: Физфак МГУ, 2010 (под редакцией С.С. Красильникова, А.М. Попова, О.В. Тихоновой).
7. Матышев А.А. Атомная физика. Том 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Матышев. - Электрон. текстовые данные. - СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2014. - 531 с. - 978-5-7422-4209-3. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43939.html> (дата обращения: 25.06.2018)
8. Матышев А.А. Атомная физика. Том 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Матышев. - Электрон. текстовые данные. - СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2014. - 344 с. - 978-5-7422-4210-9. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43940.html> (дата обращения: 25.06.2018)
9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Учеб. для вузов. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1993 г. —408 с.
10. Ракобольская И.В. Ядерная физика. 2-е изд. М.:МГУ, 1981. - 280 с.
11. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. 2-е изд. М.: Наука, 1980. – 727 с. [Электронный ресурс]. -URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page =book&id=450094>.
12. Капитонов Н. М. Введение в физику ядра и частиц. М.: Изд. МГУ,2000.;
13. Субатомная физика. Вопросы, задачи, факты. (Учебное пособие под ред. Ишханова Б.С.) .: Изд. МГУ,1994.;
14. Общая физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебнометодическое пособие для бакалавров направления подготовки 03.03.02 «Физика» / Н. И. Анисимова, Ю. А. Гороховатский, Е. А. Карулина [и др.]; под редакцией Ю. А. Гороховатского. — Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2018. — 184 с. — ISBN 978-5-8064-2540-0. — Текст: электронный // Электроннобиблиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98604.html> (дата обращения: 31.08.2022).
15. Михайлов М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.А. Михайлов. - Электрон. текстовые данные. - М.: Прометей, 2011. - 94 с. - 978-5-4263-0048-4. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8306.html> (дата обращения: 09.10.2021).
16. Михайлов М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Часть 2. Элементарные частицы [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.А. Михайлов. - Электрон. текстовые данные. - М.: Прометей, 2013. - 28 с. - 978- 5-7042-2471-6. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58212.html> (дата обращения: 31.08.2022).

б) дополнительная литература:

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Книга 5. Квантовая физика. Атомная физика. М.: Лань

2006. 368 с.

2. Лорд Л., Лубуров Д. Практическая спектроскопия, М.: Наука, 1950.
3. Гуляев А.В., Красильников С.С., Попов А.М., Тихонова О.В., Харин В.Ю. Сто одиннадцать задач по атомной физике, М.: МГУ, 2012.
4. Мутаева Г.И., Эфендиев А.З. Электронная база тестовых заданий для проверки приобретенных знаний. Махачкала 2009. 500 заданий.
5. Мутаева Г.И., Эфендиев А.З. Тестовые задания по физике. Учебное пособие. Махачкала издательство ДГУ. 2009. 34 с.
6. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной физике и ядерной физике /И.Е. Иродов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 215 с.
7. Кислов А.Н. Атомная физика: учебное пособие / А.Н. Кислов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 139 с
8. Фано У., Фано Л. Физика атомов и молекул, М.: Наука, 1980
9. Милантьев В.П. Физика атома и атомных явлений. Издательство: Абрис, 2012. 399 с.
10. Физика атомного ядра [Электронный ресурс]: учебное пособие /. - Электрон. текстовые данные. - Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, Золотой колос, 2014. — 129 с. - 2227-8397. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64795.html> (дата обращения: 25.06.2018)
11. Специальные методы измерения физических величин [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Федоров [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - СПб.: Университет ИТМО, 2014. - 130 с. - 2227- 8397.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68146.html> (дата обращения: 25.06.2018)
12. Кирчанов, Вячеслав Сергеевич. Физика атомного ядра и частиц : учебное пособие для студентов физического факультета / В. С. Кирчанов ; М-во образования и науки РФ, Перм. гос. ун-т. - Пермь: Изд-во Пермского государственного университета, 20с.
13. Джамалова А.С. Основы ядерной физики: курс лекций для студентов физического факультета. – 2-е изд., перераб. и доп. – Махачкала: Издательство ДГУ, 2016. – 296 с.
14. Физика атомного ядра: учебное пособие / составители В. Я. Чечуев [и др.]. — Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, Золотой колос, 2014. — 129 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/64795.html> (дата обращения: 31.08.2022).
15. Элементы физики элементарных частиц: учебное пособие / составители В. Я. Чечуев, С. В. Викулов. — Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2011. — 80 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/64833.html> (дата обращения: 31.08.2022).

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Примеры описания разных видов наименований учебной литературы:

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks (www.iprbookshop.ru). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.
2. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks (www.iprbookshop.ru) для лиц с ОВЗ от 02.10.2020.
3. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: www.biblioclub.ru. Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. 537наименований.
4. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электроннобиблиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действия договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023г.
5. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
6. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть. 7. Scopus

Scopus издательства Elsevier B.V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>

7. Wiley Online Library Коллекция журналов Freedom Collection издательства Elsevier. Письмо РФФИ от 17.07.2010 г. № 742 о предоставлении лицензионного доступа к электронному ресурсу Freedom Collection издательства Elsevier в 2022 г. <https://onlinelibrary.wiley.com/>
8. Международное издательство Springer Nature Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>
9. Журналы American Physical Society Базы данных APS (American Physical Society). Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2022 г. <http://journals.aps.org/about>
10. Журналы Royal Society of Chemistry База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>
11. Журнал Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>
12. Единое окно <http://window.edu.ru/> (интернет ресурс)
13. Дагестанский региональный ресурсный центр <http://rrc.dgu.ru/>
14. Нэикон <http://archive.neicon.ru/>
15. Проект кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ и отдела электромагнитных процессов и взаимодействия атомных ядер НИИЯФ МГУ «Ядерная физика в интернете» <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по физике элементарных процессов в плазме газового разряда;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций. Самостоятельная работа студентов:
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к контрольным работам;
- подготовки к семинарским (практическим) занятиям;
- оформления лабораторно-практических работ (заполнение таблиц, решение задач, написание выводов);
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание рефератов по проблемам дисциплины "Физика атома".
- обязательное посещение лекций ведущего преподавателя;
- лекции – основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал;
- в лекции глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы;
- в лекции даются необходимые разные подходы к исследуемым проблемам.

а) Примерные вопросы для самоподготовки

1. В Чем проявляется и чем обусловлен эффект Комптона?
2. Каков вид формулы, описывающей эффект Комптона?

3. Почему эффект Комптона удается наблюдать лишь в опытах с рентгеновским излучением?
4. Почему в рассеянном излучении появляется несмещенная частота?
5. Почему при рассеянии высокоэнергетических гамма – квантов несмещенной частоты не наблюдается?
6. Изложить принципиальную схему наблюдения индивидуальных актов столкновения фотонов с электронами.
7. Изобразить на рисунке схему установки Комптона.
8. Какие выводы были сделаны после опытов Комптона?
9. Описать модель атома Томсона и вывести формулу для радиуса атома исходя из этой модели.
10. В чем недостаток классической модели Томсона?
11. Какую модель строения атома предложил Резерфорд?
12. Какие результаты были получены в опытах Резерфорда по наблюдению рассеяния альфа-частиц при их прохождении через тонкие слои вещества?
13. Какую постоянную определяет отношение скорости электрона на орбите к скорости света в вакууме?
14. Сформулировать квантовые постулаты Бора.
15. В чем заключается новизна представлений о свойствах атомов в теории Бора.
16. Используя постулаты Бора вывести формулы для радиусов боровских орбит и полной энергии атома.
17. Используя постулаты Бора, вычислить кинетическую, потенциальную и полную энергию электрона в атоме водорода.
18. Какие состояния атома называются стационарными?
19. Какое состояние считается основным и какие – возбужденными?
20. Как описываются состояния атомов с помощью энергетических диаграмм?
21. В чем состоят главные недостатки теории Бора? Зарисовать схему опытов Франка и Герца.
22. Объяснить результаты опытов Франка и Герца.
23. Какова длина волны излучения, испускаемого атомами ртути при напряжении 4,9 В между катодом и сеткой?
24. Как объясняется происхождение линейчатых спектров теорией Бора?
25. Почему линейчатые спектры у каждого химического элемента свои, а все атомы одного химического элемента излучают свет с одинаковым линейчатым спектром?
26. Какое соотношение между квантовыми и классическими законами устанавливается принципом соответствия Бор?
27. В чем суть гипотезы де Бройля?
28. Какие эксперименты свидетельствуют о существовании волновых свойств частиц вещества?
29. Каков физический смысл неопределенностей для координаты и импульса?
30. Каков физический смысл неопределенностей для энергии и времени?
31. В чем заключается принципиальное отличие квантово-механического описания системы от классического описания?
32. Какие сведения о квантово-механической системе можно получить на основании решения уравнения Шредингера?
33. Каковы требования, предлагаются к волновой функции?
34. Квантуется ли энергия свободной частицы?
35. Что такое нулевые колебания?
36. Перечислить математические требования к волновой функции.
37. В чем состоит фундаментальное свойство стационарного состояния, называемое его единством?
38. Чем отличаются статистические закономерности квантовой механики от статистических закономерностей классической механики?
39. В чем отличие принципа суперпозиции квантовой механики от принципа суперпозиции классической физики?

40. Сформулировать условия на границах бесконечно глубокой ямы и ямы конечной глубины.
41. Может ли частица проникнуть в некоторую область пространства с нарушением закона сохранения энергии?
43. Каково принципиальное отличие энергетического спектра щелочных элементов от энергетического спектра атома водорода?
44. Сформулировать правила отбора для переходов оптического электрона в щелочных металлах
45. Какими переходами обусловлено излучение резонансной линии, главной серии, диффузной серии и резкой серии?
46. Чем вызван дублетный характер линий излучения атомов щелочных элементов?
47. В чем состоит сущность спин-орбитального взаимодействия?
48. Чему равны потенциалы ионизации атомов однократно ионизованного гелия и двукратно ионизованного лития?
49. Чем определяется тип связи, которой осуществляется образование полного момента атома?
50. В каких пределах может изменяться фактор Ланде?
51. Как классифицируются состояния атома по квантовым числам полного спина, орбитального момента и полного момента атома?
52. Чему равна ларморова частота прецессии атома в магнитном поле?
53. Чем определяется мультиплетность термов атомов при L- S- связи?
54. Чем определяется мультиплетность линий излучения при оптических переходах?
55. Сформулировать правило мультиплетностей атомов.
56. Какие квантовые числа входят в символическое обозначение состояния атома?
56. Какие состояния являются вырожденными и чему равна кратность вырождения без учета спина электрона и с учетом?
57. Каково символическое обозначение оболочек и подоболочек атома?
58. Как можно вычислить максимальное число электронов, содержащихся в подоболочке и оболочке атома?
59. Сформулировать принцип Паули.
60. Сформулировать принцип минимальной энергии.
61. Сформулировать правило Гунда и показать последовательность заполнения электронных состояний в пределах подгруппы.
62. Каковы причины различия между реальной и идеальной схемами заполнения электронных оболочек атомов в таблице Менделеева?
63. При каких допущениях возможна идеальная схема заполнения электронных оболочек атомов?
64. Каков физический смысл внутреннего квантового числа?
65. Сколько ориентаций орбитального магнитного момента возможно в d- состоянии электрона?
66. Какова максимальная мультиплетность атомов с четным числом электронов?
67. Какова максимальная мультиплетность атомов с нечетным числом атомов?
68. Перечислить первый набор квантовых чисел, которыми характеризуется состояние электрона.
69. Перечислить второй набор квантовых чисел, которыми характеризуется состояние электрона.
70. Перечислить квантовые числа, которыми характеризуется состояние атома.
72. Какова причина не коллинеарности полного магнитного момента атома полному механическому моменту?
73. К чему приводят различия гиромангнитных отношений для орбитального движения и спина?
74. Что называется гиромангнитным отношением?
75. Что является источником атомного магнетизма?
76. Какие значения может принимать проекция орбитального магнитного момента на заданное направление?

77. Чему равен модуль орбитального магнитного момента?
78. Какой смысл имеет угол между направлением магнитного момента и заданным направлением?
79. Чему равен модуль спинового магнитного момента?
80. Чему равен модуль орбитального механического момента?
81. Чему равен модуль спинового механического момента?
82. Сколько значений может принимать проекция полного механического момента при значении внутреннего квантового числа, равного 2?
83. Каково разительное отличие квантового представления об орбитальном моменте от классического?
84. Какому отличию квантового представления об орбитальном моменте от классического нельзя дать классическую интерпретацию?.

Перечень вопросов к экзамену

Развитие атомистических представлений об излучении

1. Тепловое равновесное излучение. Испускательная и поглощательная способности тела. Абсолютно черное тело. Законы теплового излучения: законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Формула Рэлея-Джинса. “Ультрафиолетовая катастрофа”.
2. Гипотеза квантов энергии. Формула Планка и следствия, вытекающие из нее. Внешний фотоэффект. Законы фотоэффекта.
3. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и его экспериментальная проверка. Внутренний фотоэффект.
4. Фотоны, их энергия, масса и импульс. Эффект Комптона. Природа электромагнитного излучения.

Волновые свойства частиц

5. Корпускулярно-волновая двойственность свойств электромагнитного излучения.
6. Гипотеза де Бройля о двойственной корпускулярно-волновой природе частиц вещества и ее подтверждение. (Опыт Девиссона и Джермера).
7. Свойства волн де Бройля.
8. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

Строение атома и теория Бора

9. Спектральные серии атома водорода. Атомные спектры и их закономерности. Постоянная Ридберга. Обобщенная формула Бальмера. Спектральные термы. Комбинационный принцип Риза.
10. Модель атома Томсона и ее неприменимость для описания линейчатых оптических спектров.
11. Ядерная модель атома (модель Резерфорда). опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Формула Резерфорда. Планетарная модель атома, ее проверка и ее недостатки.
12. Квантовые постулаты Бора и их экспериментальное подтверждение. (Опыт Франка и Герца).
13. Элементарная боровская теория атома водорода. Теория строения водородоподобных атомов по Бору. Учет движения ядра в теории Бора.
14. Магнитные свойства атома в теории Бора. Недостатки теории Бора.

Физические основы квантовой механики

15. Основные положения квантовой механики. Операторы в квантовой механике (Волновая функция, ее нормировка, средние значения, операторы импульса и энергии).
16. Операторы важнейших физических величин : оператор координаты, оператор импульса, оператор вектора импульса, оператор момента импульса, оператор квадрата момента импульса, оператор проекции момента импульса, оператор кинетической энергии, оператор потенциальной энергии, оператор полной энергии.
17. Волновое уравнение Шредингера. Временное и стационарное уравнения Шредингера.
18. Движение свободной частицы в одномерной потенциальной яме. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Гармонический осциллятор в квантовой механике.
19. Прохождение частиц через прямоугольный потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прозрачности. Туннельный эффект.

20. Квантово-механическое описание атома водорода: уравнение Шредингера, энергия, квантовые числа, энергетический спектр.
21. Электрон в водородоподобном атоме. $1s$ – состояние электрона в атоме водорода.
22. Энергетический спектр электрона. Квантовые числа: главное, орбитальное и магнитное орбитальное.

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

23. Орбитальный момент количества движения, магнитный орбитальный момент. Спин электрона. Опыт Штерна и Герлаха.
24. Нормальное и возбужденные состояния атома водорода.
25. Снятие вырождения состояний в атоме водорода: снятие вырождения состояний по магнитному квантовому числу, снятие вырождений по орбитальному квантовому числу.
26. Собственный момент количества движения электрона (спин), магнитный спиновый момент. Спиновое и магнитное спиновое квантовые числа.
27. Полный механический момент электрона, полный и эффективный магнитные моменты. Внутреннее и магнитное внутреннее квантовые числа. Фактор Ланде.
28. Спин - орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра.

Структура и спектры сложных атомов

29. Определение энергетических состояний электронов в сложных атомах. Сложение моментов и типы связи электронов в атоме.
30. Застройка электронных оболочек в атоме. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева. Правило Хунда. Оптические спектры сложных атомов.
31. Энергетические уровни и оптический спектр атома во внешнем постоянном магнитном поле. (Нормальный и аномальный эффект Зеемана, эффект Пашена-Бака).

Молекулярные спектры

32. Элементарные сведения о строении молекул. Энергия молекулы. Особенности молекулярных спектров.
33. Квантование колебательных и вращательных уровней молекул. Спектры поглощения и комбинационного рассеяния света.

Рентгеновское излучение.

34. Рентгеновское излучение. Открытие рентгеновских лучей. Рентгеновские спектры. Закон Мозли.
35. Дифракция и интерференционное отражение рентгеновских лучей. Уравнение Лауэ. Условие Вульфа-Брэгга.
36. Вынужденное излучение. Элементы физики лазеров.

Физика ядра и элементарных частиц

37. Заряд и масса ядра. Единицы ядерной физики.
38. Изотопы. Форма и размеры атомных ядер.
39. Состав атомных ядер (протон, нейтрон) их параметры.
40. Энергия связи ядра. Ядерные силы и их особенности.
41. Схема опыта, подтвердившего оболочечную модель ядра.
42. Капельная и оболочечная модели ядра.
43. Радиоактивность. Стабильные нестабильные ядра.
44. Бетта – распад, уравнение распада и пример распада.
45. Альфа – распад, уравнение альфа – распада, пример альфа – распада.
46. Гамма – излучение при альфа - и бетта – распадах.
47. Закон радиоактивного распада, постоянная распада, период полураспада и связь между ними.
48. Объяснение Эффекта Мессбауэра.
49. Радиоактивные ряды и семейство урана.
50. Радиоактивные ряды и семейство тория.

51. Методы регистрации ионизирующих излучений на примере счетчика Гейгера - Мюллера.
52. Методы регистрации ионизирующих излучений на примере пузырьковой камеры.
53. Ядерные реакции. Протонно – протонный цикл.
54. Ядерные реакции. Углеродно – азотный цикл

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

1. Программное обеспечение для лекций: MS Power Point (MS Power Point Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор. 65
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS Power Point (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается лабораториями специального физического практикума – 2 лаб. При проведении занятий используются компьютерный класс, оснащенный современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской. Комплект мультимедийных слайд-лекций по всем разделам дисциплины. Комплект анимированных интерактивных компьютерных демонстраций по ряду разделов дисциплины.