

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур

 (Домашневская Э.П.)

31.08.2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.05.05 Атомная физика

1. Код и наименование направления подготовки:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки:

Медицинская физика, Теоретическая физика, Физика твердого тела, Ядерная физика,
Оптика и спектроскопия

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы:

Руднев Евгений Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, Терновая
Вера Евгеньевна, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель

7. Рекомендована:

НМС физического факультета протокол №6 от 26.06.2019

8. Учебный год: 2019/2020

Семестр: пятый

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью освоения курса атомной физики является ознакомление студентов с основными законами современной физики микромира и возможностями их применения при решении задач, возникающих в их последующей профессиональной деятельности.

Атомная физика позволяет научить студентов строить физические модели происходящего и устанавливать связь между явлениями, прививать понимание причинно-следственной связи между явлениями, формирует у студентов подлинно научное мировоззрение. Обладая логической стройностью и опираясь на экспериментальные факты, дисциплина «Атомная физика» логически завершает курс общей физики и, вместе с тем, является основой для более глубокого понимания последующих курсов по теоретической физике и спецкурсов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Атомная физика» относится к базовой части блока Б1.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	знать: основные опытные факты, послужившие толчком к созданию квантовой теории; этапы становления современной физики атомов; основные понятия квантовой физики; основные представления современной физики атомов и атомных явлений; уметь: использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов, применять полученные знания при решении конкретных задач; владеть: навыками использования экспериментальных и теоретических методов для решения физических задач.
ОПК-3	способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 6/216.

Форма промежуточной аттестации экзамен, зачет

13 Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		5 семестр		
Аудиторные занятия	162	162		
в том числе:				
лекции	54	54		
практические	36	36		
лабораторные	72	72		
Самостоятельная работа	18	18		
Форма промежуточной аттестации	36	36		
Итого:	216	216		

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Корпускулярные свойства электромагнитных волн	Предмет атомной физики. Краткий исторический очерк развития представлений об атомном строении вещества. Тепловое излучение и противоречия классической физики. Спектральная плотность теплового излучения абсолютно черного тела. Формула Рэлея - Джинса. Гипотеза Планка. Фотоны и их свойства. Опыт Боте. Фотоэффект и его законы. Объяснение законов фотоэффекта с квантовых позиций. Уравнение Эйнштейна. Тормозное рентгеновское излучение. Наличие коротковолновой границы тормозного рентгеновского излучения как доказательство квантовой природы света. Эффект Комптона и его объяснение с квантовых позиций.
2	Развитие взглядов на строение атома	Модель Томсона. Количественная теория рассеяния частиц. Формула Резерфорда. Опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц. Планетарная модель атома и классическая физика. Экспериментальные закономерности в атомных спектрах. Спектр атома водорода. Комбинационный принцип Ритца. Закономерности излучения и классическая физика. Постулаты Бора. Теория Бора для водородоподобных атомов. Спектральные серии атома водорода в теории Бора. Опыты Франка и Герца. Принцип соответствия. Недостатки теории Бора..
3	Волновые свойства микрочастиц	Уравнения де Бройля. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля. Длина волн де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера. Опыты Томсона и Тартаковского. Опыты по дифракции нейтронов, атомов и молекул. Основные свойства волн де Бройля. Фазовая и групповая скорости. Закон дисперсии. Волновой пакет и частица. Интерпретация волн де Бройля. Опыт Бибермана, Сушкина и Фабриканта.
4	Элементы квантовой механики	Понятие о волновой функции. Свойства волновой функции. Условие нормировки. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Соотношение неопределенностей. Частица в одномерной потенциальной яме. Дискретность энергии. Гармонический осциллятор. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Квантование момента импульса. Орбитальное и магнитное квантовые числа.
5	Атом водорода и водородоподобные атомы	Энергетические уровни и волновые функции электрона в атоме водорода. Распределение плотности вероятности в основном состоянии. Спектр излучения. Правила отбора. Определение и общая характеристика водородоподобных атомов и систем. Энергетические уровни и спектры атомов щелочных металлов. Формула Ридберга.
6	Механический и	Связь момента импульса с магнитным моментом. Орбитальный

	магнитный моменты атома	магнитный момент электрона. Магнетон Бора. Опыты Штерна и Герлаха. Собственный магнитный момент электрона. Спин электрона. Сложение моментов импульса. Квантовое число суммарного момента. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура спектров.
7	Многоэлектронные атомы	Квантовые числа электрона в многоэлектронном атоме. Принцип Паули. Периодическая система элементов Д.И.Менделеева. Полный момент атома. Символы термов. Мультиплетность терма. Правило Хунда. Оптические спектры. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
8	Взаимодействие атома с электромагнитным полем	Влияние внешнего магнитного и электрического полей на энергетические уровни атомов и спектры. Эффект Зеемана простой и сложный. Эффект Пашена-Бака. Магнитные резонансы. Электронный парамагнитный резонанс. Эффект Штарка..
9	Молекулы	Образование молекул из атомов. Типы химической связи. Ионная и ковалентная связи. Адиабатическое приближение. Ион молекулы водорода. Молекула водорода. Энергетические состояния двухатомных молекул. Сложные молекулы. Электронные, колебательные и вращательные состояния многоатомных молекул. Принцип Франка-Кондона. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние.

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Корпускулярные свойства электромагнитных волн	6	2	8	2	18
2	Развитие взглядов на строение атома	6	4	8	2	20
3	Волновые свойства микрочастиц	6	4	8	2	20
4	Элементы квантовой механики	6	6	8	2	22
5	Атом водорода и водородоподобные атомы	6	6	8	2	22
6	Механический и магнитный моменты атома	6	4	8	2	20
7	Многоэлектронные атомы	6	4	8	2	20
8	Взаимодействие атома с электромагнитным полем	6	2	8	2	18
9	Молекулы	6	4	8	2	20
	Итого:	54	36	72	18	180

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Атомная физика» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные занятия; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные;

компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятое во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных занятиях, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель,

ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Атомная физика» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к экзамену.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Фаддеев М.А., Чупрунов Е.В. Лекции по атомной физике/ М.А.Фаддеев, Е.В.Чупрунов- М.:Физматлит,2008.-612 с.
2.	Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 257 с.
3.	Руднев Е.В., Терновая В.Е. Задачи по физике атомов и атомных явлений. Часть 2. Электронная оболочка атомов. - Воронеж: Издательский дом ВГУ. - 2015.- 23 с.
4.	Руднев Е.В., Терновая В.Е. Задачи по физике атомов и атомных явлений. Часть 1..Введение в атомную физику.- Воронеж: Издательский дом ВГУ. - 2015.- 26 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Матвеев А.Н. Атомная физика. / А.Н. Матвеев – М.: Высш. шк., 1989. – 439 с.
2.	Сивухин Д.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Ч.1. Атомная физика / Д.В. Сивухин - М.: Наука, 1986. – 416 с.
3.	Шпольский Э.В. Атомная физика (в 2-х т.) / Э.В. Шпольский – М.: Наука, 1984. – 552 с. (т.1), 438 с. (т.2).
4.	Иродов И.Е. Атомная и ядерная физика. Сборник задач / И.Е. Иродов. - СПб. : Изд-во «Лань», 2002. - 288 с.
5.	Савельев И.В. Курс общей физики. Кн.5 – М.: Наука, 1998. – 368 с.
6.	Трофимова Т.И. Оптика и атомная физика: законы, проблемы, задачи / Т.И. Трофимова – М.: Высш. шк., 1999. –287 с.
7.	Мелешина А.М. Краткий курс квантовой механики и квантовой статистики – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2004. – 272 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1.	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Руднев Е.В., Терновая В.Е. Задачи по физике атомов и атомных явлений. Часть 2. Электронная оболочка атомов. - Воронеж: Издательский дом ВГУ. - 2015.- 23 с.

2	Руднев Е.В., Терновая В.Е. Задачи по физике атомов и атомных явлений. Часть 1..Введение в атомную физику.- Воронеж: Издательский дом ВГУ. - 2015.- 26 с.
---	--

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Необходимо пользоваться возможностью интерактивного проведения лекций, задавать вопросы, высказываться по проблематике материала. На занятиях выполнение учебных заданий осуществляется в аудитории и дома. Обязательно посещение текущих аттестаций.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийное оборудование

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ОПК-1, 3	Знать: основные опытные факты, послужившие толчком к созданию квантовой теории; этапы становления современной физики атомов; основные понятия квантовой физики; основные представления современной физики атомов и атомных явлений; Уметь: использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов, применять полученные знания при решении конкретных задач. Владеть: навыками использования экспериментальных и теоретических методов для решения физических задач.	Корпускулярные свойства электромагнитных волн	Устный опрос
ОПК-1, 3		Развитие взглядов на строение атома	Контрольная работа
ОПК-1, 3		Волновые свойства микрочастиц	Контрольная работа
ОПК-1, 3		Элементы квантовой механики	Контрольная работа
ОПК-1, 3		Атом водорода и водородоподобные атомы	Контрольная работа
ОПК-1, 3		Механический и магнитный моменты атома	Устный опрос
ОПК-1, 3		Многочастичные атомы	Устный опрос
ОПК-1, 3		Взаимодействие атома с электромагнитным полем	Устный опрос
ОПК-1, 3		Молекулы	Устный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен			Комплект КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене и зачете используются следующие показатели

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретические основы дисциплины);
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять теоретические знания для выполнения тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ	–	Неудовлетворительно

Для оценивания результатов обучения на зачете используется шкала: «зачтено», «не зачтено». Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Студент проявляет знания основных понятий, определений и теорем. По зачетной контрольной работе имеет положительную оценку.	Пороговый уровень	зачтено
Во всех остальных случаях	–	не зачтено

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

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Закономерности в атомных спектрах. Термы. Комбинационный принцип Ритца и следствие из него. Термы атома водорода. Постоянная Ридберга.
2. Момент импульса частицы. Правила коммутации операторов проекции углового момента.

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Формула Бальмера для спектроскопического волнового числа и циклической частоты спектральных линий атома водорода. Водородоподобный ион. Обобщенная формула Бальмера. Спектральные серии атома водорода.
2. Операторы проекции углового момента L_z и квадрата углового момента L^2 , их собственные значения и собственные функции.

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц. Рассеяние α -частицы а) на 1 атоме, б) тонким слоем атомов. Формула Резерфорда.
2. Сложение угловых моментов двух невзаимодействующих частиц. Сложение угловых моментов с помощью векторных диаграмм.

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Модель атома Томсона. Планетарная модель атома Бора-Резерфорда. Постулаты Бора. Экспериментальное подтверждение постулатов Бора (опыты Франца и Герца).
2. Движение частицы в случае сферически симметричного силового поля. Уравнение Шредингера для радиальной части волновой функции частицы в центральном поле.

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Элементарная боровская теория атома водорода. Радиусы Электронных орбит и энергии стационарных состояний. Недостатки теории Бора.

2. Атом водорода (движение в кулоновском поле), дискретный спектр.

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Энергетический спектр атома водорода в рамках боровской теории. Спектр излучения (поглощения) атомов водорода. Постоянная Ридберга для водородоподобных ионов. Изотопическое смещение.

2. Энергетические уровни и спектральные серии щелочных металлов. Квантовый дефект.

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Волновые свойства частиц. Гипотеза Дебройля. Опытное обоснование корпускулярно-волнового дуализма (Опыты Девиссона и Джермера, Томсона и Тартаковского, Штерна, дифракция нейтронов).

2 Правила отбора и спектральные серии щелочных металлов.

Контрольно-измерительный материал № 8

1 Статистическая интерпретация волн Дебройля и волновой функции. Волновая функция свободной частицы. Условие нормировки. Принцип суперпозиции.

2 Магнитный момент атома. Экспериментальное доказательство наличия у атомов магнитных моментов (опыты Штерна и Герлаха).

Контрольно-измерительный материал № 9

1 Соотношение неопределенностей Гейзенберга для координаты и импульса и следствия из него. Соотношение неопределенностей для времени и энергии и его интерпретация.

2 Спин электрона. Гиромагнитное отношение для спинового и орбитального угловых моментов. Спин фотона.

Контрольно-измерительный материал № 10

1 Уравнение Шредингера. Принцип суперпозиции (точная формулировка). Уравнение Шредингера для стационарных состояний Условия, накладываемые на волновую функцию.

2 Тонкая структура спектральных линий. Спин-орбитальное взаимодействие.

Контрольно-измерительный материал № 11

1 Движение частицы в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Случай трехмерной потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками.

2 Тонкая структура многоэлектронных атомов. Нормальная связь. ($j-j$) связь.

Контрольно-измерительный материал № 12

1 Падение частицы на одномерный прямоугольный потенциальный барьер полубесконечной ширины. Случай $E < U_0$.

2 Правила отбора при излучении (поглощении) света для многоэлектронных атомов. Тонкая структура спектральных линий атома водорода.

Контрольно-измерительный материал № 13

1 Свободная частица в ограниченном объеме пространства. Разложение волновой функции по базису. Условие нормировки для свободной частицы.

2 Эффект Зеемана. Простой, или нормальный эффект Зеемана. Сложный или аномальный эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака.

Контрольно-измерительный материал № 14

1 Падение частицы на одномерный прямоугольный потенциальный барьер полубесконечной ширины. Случай $E > U_0$.

2 Тонкая структура спектральных линий щелочных металлов.

Контрольно-измерительный материал № 15

1 Вычисление средних значений координаты и импульса.

Собственные значения и собственные функции оператора импульса

2 Принцип тождественности одинаковых частиц. Понятия симметрии и антисимметрии волновых функций. Бозоны и фермионы. Волновые функции системы из двух взаимодействующих частиц.

Контрольно-измерительный материал № 16

1 Операторы физических величин. Свойства линейности и самосопряженности. Произведение операторов. Коммутаторы.

2 Волновые функции для системы из произвольного числа тождественных частиц. Принцип Паули.

Контрольно-измерительный материал № 17

1 Собственные функции и собственные значения операторов. Уравнения Шредингера в операторной форме.

2 Объяснение периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева.

Контрольно-измерительный материал № 18

1 Теоремы о собственных функциях коммутирующих операторов.

2 Рентгеновские лучи.

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: выполнения лабораторных работ.

Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.