

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: ЧУМАЧЕНКО ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА  
Должность: РЕКТОР  
Дата подписания: 24.06.2022 11:44:39  
Уникальный программный ключ:  
9c9f7aaffa4840d284abe156657b8f85432bdb16



**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ФГБОУ ВО «ЮУрГПУ»)**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В	<b>Основы теоретической физики (квантовая механика)</b>

Код направления подготовки	44.03.05
Направление подготовки	Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Наименование (я) ОПОП (направленность / профиль)	Физика. Математика
Уровень образования	бакалавр
Форма обучения	очная

Разработчики:

Должность	Учёная степень, звание	Подпись	ФИО
Доцент	кандидат физико-математических наук, доцент		Свирская Людмила Моисеевна

Рабочая программа рассмотрена и одобрена (обновлена) на заседании кафедры (структурного подразделения)

Кафедра	Заведующий кафедрой	Номер протокола	Дата протокола	Подпись
Кафедра физики и методики обучения физике	Беспаль Ирина Ивановна	10	15.06.2019	
Кафедра физики и методики обучения физике	Беспаль Ирина Ивановна	1	10.09.2020	

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Пояснительная записка .....	3
2. Трудоемкость дисциплины (модуля) и видов занятий по дисциплине (модулю) .....	5
3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий .....	6
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	11
5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) .....	12
6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	20
7. Перечень образовательных технологий .....	22
8. Описание материально-технической базы .....	23

# 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Дисциплина «Основы теоретической физики (квантовая механика)» относится к модулю части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины/модули» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)» (уровень образования бакалавр). Дисциплина является дисциплиной по выбору.

1.2 Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 час.

1.3 Изучение дисциплины «Основы теоретической физики (квантовая механика)» основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися следующих дисциплин: «Дифференциальные уравнения», «Математическая физика», «Математический анализ», «Общая и экспериментальная физика (квантовая физика)», «Основы теоретической физики (электродинамика)», «Основы теоретической физики (классическая механика)».

1.4 Дисциплина «Основы теоретической физики (квантовая механика)» формирует знания, умения и компетенции, необходимые для освоения следующих дисциплин: «Основы теоретической физики (статистическая физика и термодинамика)», «Основы теоретической физики (СТО)», «Основы теоретической физики (физика атомного ядра и элементарных частиц)», «Основы теоретической физики (физика твердого тела)», «Экспериментальная физика», «История физики».

1.5 Цель изучения дисциплины:

состоит в овладении совокупностью идей, фундаментальных принципов, уравнений и законов квантовой механики для анализа физических явлений и процессов микромира.

1.6 Задачи дисциплины:

1) формирование основных понятий и представлений квантовой механики;

2) ознакомление студентов с основными методами этой науки и их использованием для решения ряда конкретных задач;

3) создание базы для изучения последующих разделов курса теоретической физики;

4) обсуждение приложений квантовой механики, предсказанных на основе квантовых свойств и закономерностей микрообъектов;

5) формирование у будущих учителей представления о квантовой теории как фундаменте современной физики и как важнейшей составной части общечеловеческой культуры.

1.7 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

№ п/п	Код и наименование компетенции по ФГОС	
	Код и наименование индикатора достижения компетенции	
1	ПК-1 способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по преподаваемому предмету в профессиональной деятельности	ПК.1.1 Знает содержание, особенности и современное состояние, понятия и категории, тенденции развития соответствующей профилю научной (предметной) области; закономерности, определяющие место соответствующей науки в общей картине мира; принципы проектирования и реализации общего и (или) дополнительного образования по предмету в соответствии с профилем обучения
		ПК.1.2 Умеет применять базовые научно-теоретические знания по предмету и методы исследования в предметной области; осуществляет отбор содержания, методов и технологий обучения предмету (предметной области) в различных формах организации образовательного процесса
		ПК.1.3 Владеет практическими навыками в предметной области, методами базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач

№ п/п	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательные результаты по дисциплине	
		Показатели	Стандартные показатели
1	ПК.1.1 Знает содержание, особенности и современное состояние, понятия и категории, тенденции развития соответствующей профилю научной (предметной) области; закономерности, определяющие место соответствующей науки в общей картине мира; принципы проектирования и реализации общего и (или) дополнительного образования по предмету в соответствии с профилем обучения	3.1 понятия, фундаментальные принципы, уравнения и основные результаты нерелятивистской квантовой механики, позволяющие понимать и анализировать физические явления и процессы микромира	

2	ПК.1.2 Умеет применять базовые научно-теоретические знания по предмету и методы исследования в предметной области; осуществляет отбор содержания, методов и технологий обучения предмету (предметной области) в различных формах организации образовательного процесса	У.1 анализировать содержание физических теорий и законов, выводить и решать основные уравнения квантовой механики, вскрывать их физический смысл
3	ПК.1.3 Владеет практическими навыками в предметной области, методами базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач	В.1 методами применения принципов, уравнений и законов квантовой механики для объяснения явлений микромира и квантовых эффектов, способами изложения изучаемых вопросов на доступном для обучающихся уровне

**2. ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ВИДОВ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
(МОДУЛЮ)**

Наименование раздела дисциплины (темы)	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Итого часов
	Л	ЛЗ	ПЗ	СРС	
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>36</b>	<b>108</b>
<b>Первый период контроля</b>					
<i>Экспериментальные основы и математический аппарат квантовой механики</i>	<i>12</i>		<i>12</i>	<i>10</i>	<i>34</i>
Становление квантовой теории	4		4	4	12
Математический аппарат квантовой механики	8		8	6	22
<i>Точно решаемые задачи квантовой механики</i>	<i>14</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>15</i>	<i>39</i>
Одномерное движение	8	2	4	6	20
Движение в поле центральных сил	6	4		9	19
<i>Теория возмущений и системы тождественных частиц</i>	<i>10</i>	<i>14</i>		<i>11</i>	<i>35</i>
Теория возмущений	2	4		6	12
Спин и системы тождественных частиц	8	10		5	23
<b>Итого по видам учебной работы</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>36</b>	<b>108</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b>					
Экзамен					36
<b>Итого за Первый период контроля</b>					<b>144</b>

**3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ  
(РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА  
АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

**3.1 Лекции**

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема и содержание	Трудоемкость (кол-во часов)
<b>1. Экспериментальные основы и математический аппарат квантовой механики</b> <i>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</i> ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	<b>12</b>
1.1. Становление квантовой теории Лекция №1. Введение. Истоки квантовой теории 1. Место квантовой механики на карте науки. 2.Проблема распределения энергии в спектре равновесного излучения. Работы Рэлея, Джинса, Вина, Планка. Лекция 2. Кvantовые свойства электромагнитного излучения. Водородоподобный атом в теории Бора. 1. Гипотеза Эйнштейна о корпускулярно - волновом дуализме электромагнитного излучения. Теория фотонов. Фотоэффект. 2. Теория водородоподобного атома по Бору.  Учебно-методическая литература: 1, 3, 4	4
1.2. Математический аппарат квантовой механики Лекция 3. Волновые свойства микрочастиц. Уравнение Шрёдингера 1. Гипотеза де Бройля о корпускулярно-волновом дуализме частиц вещества и её экспериментальное подтверждение. 2. Понятие о волновой функции свободной частицы. Статистическая интерпретация волн де Бройля. 3. Уравнение Шредингера. 4. Плотность тока вероятности. Уравнение непрерывности в квантовой механике. Лекция 4. Сопоставление операторов физическим величинам в квантовой механике 1.Операторы импульса, момента импульса, энергии. 2.Принцип суперпозиции состояний в квантовой механике. 3.Линейность операторов. Лекция 5. Теоремы о собственных функциях и собственных значениях линейных самосопряженных операторов 1.Ортогональность и нормировка собственных функций. 2.Средние значения физических величин. 3.Условие совместной определенности физических величин. 4.Неравенство Гейзенберга. Понятие о полном наборе физических величин. Принцип дополнительности. Лекция 6. Дифференцирование операторов по времени и законы сохранения в квантовой механике 1.Изменение средних значений физических величин с течением времени. Кvantовые скобки Пуассона. 2.Связь законов сохранения импульса, момента импульса и энергии со свойствами симметрии пространства и времени.  Учебно-методическая литература: 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11	8
<b>2. Точно решаемые задачи квантовой механики</b> <i>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</i> ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	<b>14</b>

<p>2.1. Одномерное движение</p> <p>Лекция 7. Взаимосвязь квантовой и классической механики</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обобщение уравнения Гамильтона-Якоби в квантовой механике.</li> <li>2. Предельный переход к классической механике.</li> <li>3. Теоремы Эренфеста. Принцип причинности в квантовой механике.</li> </ol> <p>Лекция 8. Частица в потенциальном ящике</p> <p>Взаимодействие микрочастицы с потенциальной ступенькой.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Волновые функции и энергетический спектр частицы в потенциальном ящике.</li> <li>2. Распределение вероятностей.</li> <li>3. Надбарьерное рассеяние.</li> <li>3. Квантовое туннелирование через потенциальную ступеньку.</li> </ol> <p>Лекция 9. Прохождение микрочастицы через потенциальный барьер</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прохождение микрочастицы через потенциальный барьер прямоугольной формы.</li> <li>2. Барьер произвольной формы. Туннельный эффект.</li> </ol> <p>Лекция 10. Линейный гармонический осциллятор</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кvantовое обобщение уравнения Гамильтона-Якоби для линейного гармонического осциллятора.</li> <li>2. Волновые функции и энергетический спектр ЛГО.</li> <li>3. Энергия нулевых колебаний.</li> </ol> <p>Учебно-методическая литература: 1, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12</p>	8
<p>2.2. Движение в поле центральных сил</p> <p>Лекции 11-13. Движение частицы в центрально-симметричном поле</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разделение переменных в уравнении Шредингера.</li> <li>2. Решение уравнения для угловой части волновой функции. Собственные функции и собственные значения оператора момента импульса и его проекции. Полярные диаграммы.</li> <li>3. Кvantовое обобщение уравнения Гамильтона – Якоби для случая поля центральных сил. Движение в кулоновском поле. Энергетический спектр водородоподобного атома. Главное квантовое число.</li> <li>4. Радиальные волновые функции стационарных состояний водородоподобного атома.</li> <li>5. Спектроскопическая классификация состояний. «Случайное» вырождение.</li> <li>6. Модель оптического электрона в атомах щелочных элементов.</li> </ol> <p>Учебно-методическая литература: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11</p>	6
<p><b>3. Теория возмущений и системы тождественных частиц</b></p> <p><b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b></p> <p>ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)</p>	<b>10</b>
<p>3.1. Теория возмущений</p> <p>Лекция 14. Стационарная теория возмущений</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теория стационарного возмущения при отсутствии вырождения.</li> <li>2. Теория стационарного возмущения при наличии вырождения.</li> </ol> <p>Учебно-методическая литература: 2, 3, 5, 7, 8, 11, 12</p>	2
<p>3.2. Спин и системы тождественных частиц</p> <p>Лекция 15. Спин электрона</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспериментальные доказательства существования спина электрона.</li> <li>2. Операторы спина. Матрицы Паули.</li> </ol> <p>Лекция 16. Эффект Зеемана</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нормальный эффект Зеемана.</li> <li>2. Аномальный эффект Зеемана.</li> </ol> <p>Лекция 17. Системы тождественных микрочастиц</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение Шредингера для системы частиц. Оператор перестановки частиц.</li> <li>2. Принцип неразличимости одинаковых микрочастиц.</li> <li>3. Симметричные и антисимметричные состояния. Бозоны и фермионы.</li> <li>4. Принцип Паули.</li> </ol> <p>Лекция 18. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заполнение электронных оболочек атомов и идеальная таблица элементов.</li> <li>2. Реальная таблица. Переходные и редкоземельные элементы.</li> <li>3. Спин и валентность.</li> </ol> <p>Учебно-методическая литература: 2, 3, 4, 5, 11</p>	8

### 3.2 Лабораторные

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема и содержание	Трудоемкость (кол-во часов)
<b>1. Точно решаемые задачи квантовой механики</b>	<b>6</b>
<b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b> ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	
1.1. Одномерное движение Занятие 1. Компьютерный эксперимент "Барьерные задачи квантовой механики" 1. Движение в потенциале прямоугольной формы. Туннельный эффект. 2. Надбарьерное отражение. 3. Потенциальная ступенька. 4. Квантовая яма. 5. Распад связанного состояния. 6. Туннельные резонансные структуры.  Учебно-методическая литература: 1, 3, 4	2
1.2. Движение в поле центральных сил Занятия 2 и 3. Исследование углового распределения плотности вероятности в атоме водорода 1. Нормировка угловых функций. 2. Построение полярных диаграмм.  Учебно-методическая литература: 2, 3, 4, 5	4
<b>2. Теория возмущений и системы тождественных частиц</b>	<b>14</b>
<b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b> ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	
2.1. Теория возмущений Занятия 4 и 5.. Нестационарная теория возмущений 1.Вероятность квантовых переходов под влиянием периодического возмущения. Электрические дипольные переходы. 2.Правила отбора для орбитального и магнитного квантовых чисел. 3.Вычисление коэффициентов Эйнштейна. 4.Естественная ширина энергетического уровня. 5.Упругое рассеяние частиц в первом приближении теории возмущений.  Учебно-методическая литература: 2, 3, 5, 7, 8, 12	4
2.2. Спин и системы тождественных частиц Занятие 6. Спин электрона 1.Перестановочные соотношения для операторов спина. 2. Матрицы Паули. 3.Операторы повышения и понижения проекции спина. Занятие 7. Атом гелия 1. Применение теории возмущений двухкратно вырожденного уровня для определения энергетического спектра двухэлектронной системы. 2.Обменный и кулоновский интегралы. 3.Определение вида триплетных и синглетных волновых функций. 4. Орто- и парагелий. Занятие 8. Молекула водорода 1.Расчет энергетического спектра молекулы водорода. Интегралы обменного и кулоновского взаимодействия, интеграл неортогональности. 2.Определение вида волновых функций с учетом их свойств симметрии. 3.Установление критерия образования молекулы водорода и гомеополярной химической связи. Занятия 9, 10. Многоэлектронные системы 1.Вычисление орбитального, спинового и полного момента количества движения многоэлектронных атомов. 2.Определение основных термов многоэлектронных атомов с учётом правил Хунда. 3.Вычисление эффективного числа магнетонов Бора. 4.Определение основных термов для переходных и редкоземельных элементов.  Учебно-методическая литература: 2, 3, 4, 5, 6, 11	10

### 3.3 Практические

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема и содержание	Трудоемкость (кол-во часов)
<b>1. Экспериментальные основы и математический аппарат квантовой механики</b>	<b>12</b>
<b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b>	
ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	
1.1. Становление квантовой теории Занятие 1. Необычные свойства квантового мира (семинар) 1. Экспериментальное обоснование квантовой суперпозиции состояний: двухщелевой эксперимент с электронами; поляризация и интерференция фотонов. 2. Парадокс кота Шрёдингера в копенгагенской и многомировой (Эвереттовской) интерпретациях квантовой механики. 3. Запутанные квантовые состояния и квантовая телепортация. 4. Дискуссия Бора и Эйнштейна о принципе неопределенности Гейзенберга для энергии и времени. 5. Кvantовый парадокс Зенона, или эффект сторожевой собаки (влияние измерений на состояние квантовой системы). Занятие 2. Волновые пакеты. Соотношение неопределенностей 1. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля. 2. Соотношения неопределенностей. 3. Время расплывания волнового пакета. Матем. аппарат  Учебно-методическая литература: 1, 4	4
1.2. Математический аппарат квантовой механики Занятия 3-6. Применение основных теорем математического аппарата квантовой механики 1. Нахождение собственных функций и собственных значений эрмитовых операторов. 2. Коммутаторы. 3. Операторы момента импульса в сферической системе координат. 4. Контрольная работа № 1.  Учебно-методическая литература: 1, 3, 4, 10	8
<b>2. Точно решаемые задачи квантовой механики</b>	<b>4</b>
<b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b>	
ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	
2.1. Одномерное движение Занятие 7. Линейный гармонический осциллятор 1. Вычисление энергии нулевых колебаний на основе неравенства Гейзенберга. 2. Нормировки волновых функций. 3. Правила отбора для ЛГО. Занятие 8. Обсуждение результатов компьютерного эксперимента (семинар) 1. Движение в потенциале прямоугольной формы. Туннельный эффект. 2. Надбарьерное отражение. 3. Потенциальная ступенька. 4. Квантовая яма. 5. Распад связанного состояния. 6. Туннельные резонансные структуры.  Учебно-методическая литература: 1, 3, 4, 11	4

### 3.4 СРС

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема для самостоятельного изучения	Трудоемкость (кол-во часов)
<b>1. Экспериментальные основы и математический аппарат квантовой механики</b>	<b>10</b>
<b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b>	
ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)	

<p>1.1. Становление квантовой теории</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Выполнение заданий самостоятельной работы № 1 Подготовка к коллоквиуму № 1. Подготовка к контрольной работе.</p> <p>Учебно-методическая литература: 1, 4 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы: 1</p>	4
<p>1.2. Математический аппарат квантовой механики</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Выполнение заданий самостоятельной работы № 2. Подготовка к коллоквиуму № 1. Составление конспекта по разделу "Математический аппарат квантовой механики""", доказательство теорем. Подготовка к контрольной работе.</p> <p>Учебно-методическая литература: 1, 3, 5, 7, 10</p>	6
<p><b>2. Точно решаемые задачи квантовой механики</b></p> <p><b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b> ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)</p>	15
<p>2.1. Одномерное движение</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Выполнение заданий самостоятельной работы № 3. Подготовка к коллоквиуму № 2. Подготовка отчета по компьютерному эксперименту. Решение задач. Подготовка к контрольной работе.</p> <p>Учебно-методическая литература: 1, 3, 4, 5, 7, 8</p>	6
<p>2.2. Движение в поле центральных сил</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Выполнение заданий самостоятельной работы № 4. Подготовка к коллоквиуму № 2. Решение задач. Построение полярных диаграмм для водородоподобного атома. Подготовка к контрольной работе.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12</p>	9
<p><b>3. Теория возмущений и системы тождественных частиц</b></p> <p><b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b> ПК-1: 3.1 (ПК.1.1), У.1 (ПК.1.2), В.1 (ПК.1.3)</p>	11
<p>3.1. Теория возмущений</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Выполнение заданий самостоятельной работы № 5. Подготовка к коллоквиуму № 3. Решение задач.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 3, 11</p>	6
<p>3.2. Спин и системы тождественных частиц</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Выполнение заданий самостоятельной работы № 6. Подготовка к коллоквиуму № 3. Решение задач. Работа с Атласом "Эффективное число магнетонов Бора".</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 3, 4, 5, 6, 11</p>	5

## 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Ссылка на источник в ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1	Свирская, Л.М. Квантовая механика. Курс лекций в 2 ч. Часть 1 / Л.М. Свирская. – Челябинск : Изд-во Юж.-Урал. гос. гуманитар.-пед. ун-та, 2018. – 270 с.	<a href="http://elib.cspu.ru/xmlui/handle/123456789/4885">http://elib.cspu.ru/xmlui/handle/123456789/4885</a>
2	Свирская, Л.М. Квантовая механика. Курс лекций в 2 ч. Часть 2 / Л.М. Свирская. – Челябинск : Изд-во ЮУрГГПУ, 2018. – 184 с.	<a href="http://elib.cspu.ru/xmlui/handle/123456789/4884">http://elib.cspu.ru/xmlui/handle/123456789/4884</a>
3	Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики : учебное пособие / Д. И. Блохинцев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2004. — 672 с.	
4	Шпольский, Э.В. Атомная физика. В двух томах / Э.В. Шпольский. — Санкт-Петербург : Лань, 2010.	
<b>Дополнительная литература</b>		
5	Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. В 10 томах Том 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 800 с.	
6	Горяинова, С.М. Атлас. Эффективное число магнетонов бора для ионов редкоземельных и переходных элементов / С.М. Горяинова. – Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2013. – 19 с.	
7	Байков, Ю. А. Квантовая механика : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 292 с.	<a href="http://www.iprbookshop.ru/24137.html">http://www.iprbookshop.ru/24137.html</a> (дата обращения: 30.11.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
8	Балашов, В. В. Курс квантовой механики / В. В. Балашов, В. К. Долинов. — 2-е изд. — Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 336 с.	. URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/91940.html">http://www.iprbookshop.ru/91940.html</a> (дата обращения: 30.11.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
9	Дирак, П.А.М. Принципы квантовой механики / П.А.М. Дирак. – М.: Наука, 1979. – 480 с.	
10	Демидович, Б.П. Математические основы квантовой механики: учеб. Пособие / Б.П.Демидович .- СПб.: Лань, 2005. – 200 с.	
11	Соколов, А.А. Квантовая механика / А.А. Соколов, И.М. Тернов, В.Ч. Жуковский. – М.: Наука, 1979. – 528 с.	
12	Толмачев, В. В. Основы квантовой механики : учебное пособие / В. В. Толмачев, А. А. Федотов, С. В. Федотова. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 240 с.	URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/91974.html">http://www.iprbookshop.ru/91974.html</a> (дата обращения: 30.11.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### 4.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование базы данных	Ссылка на ресурс
1	Яндекс–Энциклопедии и словари	<a href="http://slovaki.yandex.ru">http://slovaki.yandex.ru</a>

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 5.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Код компетенции по ФГОС							
Код образовательного результата дисциплины	Текущий контроль						Промежуточная аттестация
	Коллоквиум	Конспект по теме	Контрольная работа по разделу/теме	Отчет по лабораторной работе	Задача	Зачет/Экзамен	
<b>ПК-1</b>							
3.1 (ПК.1.1)	+	+	+	+	+	+	+
У.1 (ПК.1.2)	+	+	+	+	+	+	+
В.1 (ПК.1.3)	+		+		+		+

### 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

#### 5.2.1. Текущий контроль.

Типовые задания к разделу "Экспериментальные основы и математический аппарат квантовой механики":

## **1. Задача**

**Задачи самостоятельной работы № 1**

1. Разъяснение вопросов школьных учебников, решение задач по материалам ЕГЭ по квантовой физике.
2. Показать, что формула Планка устраняет «ультрафиолетовую катастрофу» и позволяет получить экспериментально наблюдаемые законы: закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.
3. Заполнить таблицу «Решающие эксперименты в становлении квантовой теории».
4. В чём заключается «революционный» характер теории фотонов Эйнштейна? Покажите, что принципиальные затруднения классической теории в объяснении законов А.Г. Столетова для фотоэффекта устраняются на основе теории фотонов А. Эйнштейна.
5. Оцените частоту колебаний электрона в модели атома Томсона (модель упруго-связанного электрона). Почему эта модель оказалась неудовлетворительной? Каким экспериментальным фактам она противоречила?
6. Опишите опыты Франка и Герца, подтвердившие справедливость постулатов Бора.
7. Построить полярную диаграмму эффекта Комптона.
8. Сформулируйте принцип соответствия и проиллюстрируйте его выполнение на следующих примерах:
  - а) предельный переход формулы Планка в формулы Рэлея-Джинса и Михельсона-Вина.
  - б) в теории атома водорода по Бору.
9. В камере Вильсона, облучаемой рентгеновскими лучами с длиной волны  $0.14 \text{ \AA}$ , зарегистрировано два электрона. Один из них вылетел под углом  $90^\circ$  к направлению полёта фотонов и имеет энергию  $12.3 \text{ кэВ}$ . Второй вылетел под тем же углом и имеет энергию  $82 \text{ кэВ}$ . Проведя необходимые вычисления, установите, в результате каких эффектов были зарегистрированы эти электроны.
10. Разбор мысленного эксперимента, предложенного А. Эйнштейном в 1930 г. во время V Сольвеевского конгресса с целью опровержения соотношения неопределённостей для энергии и времени .

**Задачи самостоятельной работы № 2**

1. Составить таблицу основных операторов в декартовой и сферической системах координат.
2. Определить энергию свободно движущейся частицы.
3. Доказать ряд соотношений математического аппарата квантовой механики.
4. Вычислить коммутаторы.
5. Определить плотность тока вероятности для ряда квантовых состояний.
6. Доказать теоремы Эренфеста.
7. Доказать связь законов сохранения со свойствами симметрии пространства и времени.

**Типовые задачи самостоятельной работы № 1**

1. Оценить частоту колебаний электрона в модели атома Томсона (модель упруго-связанного электрона). Почему эта модель оказалась неудовлетворительной? Каким экспериментальным фактам она противоречила?
2. Построить полярную диаграмму эффекта Комптона.
3. В камере Вильсона, облучаемой рентгеновскими лучами с длиной волны  $0.14 \text{ \AA}$ , зарегистрировано два электрона. Один из них вылетел под углом  $90^\circ$  к направлению полёта фотонов и имеет энергию  $12.3 \text{ кэВ}$ . Второй вылетел под тем же углом и имеет энергию  $82 \text{ кэВ}$ . Проведя необходимые вычисления, установите, в результате каких эффектов были зарегистрированы эти электроны?

**Типовые задачи самостоятельной работы № 2**

1. Доказать ряд соотношений математического аппарата квантовой механики.
2. Вычислить коммутаторы.
3. Определить плотность тока вероятности для ряда квантовых состояний.
4. Доказать теоремы Эренфеста.
5. Доказать связь законов сохранения со свойствами симметрии пространства и времени.

Количество баллов: 40

## **2. Коллоквиум**

1. Формула Планка.
2. Теория фотонов Эйнштейна.
3. Дискретность атомных состояний. Теория водородоподобного атома по Бору.
4. Волновые свойства частиц. Гипотеза де Броиля.
5. Описание состояния с помощью волновой функции. Статистическая интерпретация волновой функции.
6. Уравнение Э. Шредингера.
7. Стационарные состояния.
8. Плотность тока вероятности.
9. Сопоставление операторов физическим величинам в квантовой механике.
10. Собственные функции и собственные значения операторов.
11. Принцип суперпозиции состояний и линейность операторов в квантовой механике.
12. Самосопряженные операторы. Вещественность их собственных значений.
13. Ортогональность и нормировка собственных функций.
14. Средние значения физических величин.
15. Коммутация операторов. Условие совместной определенности физических величин.
16. Неравенство Гейзенберга. Принцип дополнительности.
17. Изменение во времени средних значений физических величин. Дифференцирование операторов по времени.
18. Законы сохранения в квантовой механике.
19. Связь законов сохранения со свойствами симметрии пространства и времени.
20. Теоремы Эренфеста. Принцип причинности в квантовой механике.

Количество баллов: 15

## **3. Конспект по теме**

Составить конспект по основным теоремам математического аппарата квантовой механики.

Количество баллов: 5

## **4. Контрольная работа по разделу/теме**

1. Вычислить коммутаторы:

a)  $[z, K_x]_- = ?$

б)  $[z, K_y]_- = ?$

в)  $[z, K_z]_- = ?$

Сформулируйте выводы.

2. Определить энергию свободно движущейся частицы.

3. Из условия нормировки определить амплитуду заданной волновой функции.

4. Вычислив коммутатор  $[\phi, K_z]_-$ , установите неравенство Гейзенberга для азимутального угла и проекции момента импульса на ось z. Оператор момента импульса взять в сферической системе координат.

5. Определить среднее значение проекции скорости частицы для заданного квантового состояния.

Количество баллов: 5

Типовые задания к разделу "Точно решаемые задачи квантовой механики":

## **1. Задача**

Задачи самостоятельной работы № 3

1. Используя условие нормировки, найти амплитуду волновой функции для частицы в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$ .
2. Вычислить вероятность того, что в состоянии частица будет обнаружена в определенной области прямоугольного потенциального ящика.
3. Определить энергетический спектр микрочастицы в потенциальной яме конечной глубины.
4. Найти волновые функции и уровни энергии частицы в сферически симметричной потенциальной яме с идеально отражающими стенками.
5. Определить коэффициент прозрачности потенциального барьера заданного профиля.
  
6. Найти наиболее вероятное положения ЛГО в основном состоянии.
7. Найти наиболее вероятные положения ЛГО в первом и во втором возбуждённых состояниях.
9. Покажите, что для барьера произвольной формы выполняется соотношение  $R(E) + D(E) = 1$ .
10. Покажите, что для потенциального барьера произвольной формы коэффициенты прохождения и отражения частиц с данной энергией не зависят от того, с какой стороны частицы падают на барьер.

Задачи самостоятельной работы № 4

1. Запишите уравнение Шредингера в сферической системе координат. Представьте волновую функцию в виде произведения угловой и радиальной частей. Докажите, что в поле центральной силы появляются три интеграла движения (энергия, момент импульса и его проекция на ось  $Z$ ).
2. Составьте таблицу угловых функций и соответствующих плотностей вероятности для нескольких низших состояний. Докажите тождественность двух форм представления угловых функций (через присоединенные полиномы Лежандра и полученные методом последовательного понижения магнитного квантового числа).
3. Что такое пространственное квантование момента импульса? Сравните правило квантования круговых орбит в теории Бора с соответствующим поведением момента импульса и его проекций в теории Шрёдингера.
4. Запишите радиальное уравнение Шрёдингера. Приведите формулу для радиальных волновых функций в общем виде. Поясните, какова роль каждого из трёх сомножителей, входящих в радиальную функцию; В чём состоит физический смысл радиального квантового числа?
5. Опишите, как изменился «портрет» атома, начиная от модели Томсона до квантово-механических представлений по Шрёдингеру.
6. Заполните таблицу угловых волновых функций электрона в центрально-симметричном поле для случая  $f$ -состояния (орбитальное квантовое число равно 3). Постройте полярные диаграммы плотности вероятности.
7. Определить возможные значения проекции момента импульса  $K_z$  и квадрата момента  $K^2$  для а)  $s$  и  $f$  - состояний ; б)  $p$  и  $d$  - состояний.
8. Найти наиболее вероятные расстояния электрона от ядра в атоме водорода в состоянии а)  $2p$ ; б)  $3d$ .

Построить графики радиальной плотности вероятности для указанных состояний.

9. Определить кратность вырождения уровня энергии электрона в атоме водорода для случая а)  $n = 2$  ; б)  $n = 3$ .

10. Найти уровни энергии оптического (валентного) электрона в атомах щелочных металлов. Чем объясняется снятие вырождения по орбитальному квантовому числу? Нарисуйте для сравнения уровни энергии в атоме водорода и в атоме лития.

Количество баллов: 20

## **2. Коллоквиум**

Коллоквиум № 2

- 1.Частица в потенциальном ящике.
- 2.Линейный гармонический осциллятор.
- 3.Взаимодействие микрочастицы с прямоугольной потенциальной ступенькой.
- 4.Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
- 5.Движение в центрально-симметричном поле. Разделение переменных в уравнении Шрёдингера.
- 6.Собственные функции и собственные значения оператора момента импульса.
- 7.Распределение плотности вероятности по углам. Полярные диаграммы.
- 8.Радиальное уравнение Шрёдингера. Радиальные волновые функции и энергетический спектр водородоподобного атома.
- 9.Радиальная плотность вероятности в водородоподобном атоме
- 10.Классификация состояний в атоме водорода.

Количество баллов: 15

### **3. Контрольная работа по разделу/теме**

1. В каких точках пространства линейный гармонический осциллятор можно обнаружить с наибольшей вероятностью в случае второго возбужденного состояния?
2. Микрочастица в одномерном прямоугольном потенциальном ящике находится в третьем возбужденном состоянии с энергией 0,9 эВ. Определить энергию основного состояния и ширину этого ящика, если микрочастицей является протон.
3. Определить вероятность прохождения электрона через потенциальный барьер прямоугольной формы шириной 1 Å, если его энергия равна 3 эВ, высота потенциального барьера 6 эВ.
4. Электрон в атоме водорода находится в состоянии 4f. Определить:
  - 1) набор квантовых чисел, характеризующих электрон в данном состоянии;
  - 2) энергию электрона;
  - 3) наиболее вероятное расстояние электрона от ядра атома;
  - 4) возможные значения момента импульса ( $K$ ), его проекции ( $K_z$ ) на ось Z, проекции магнитного момента ( $\mu_z$ ), проекции спина ( $S_z$ ).
- 5) наиболее вероятные направления нахождения электрона относительно оси Z в случае минимальной и максимальной проекций момента импульса на ось Z.
5. Определить электронную конфигурацию атома европия ( $Z=63$ ).

Количество баллов: 10

### **4. Отчет по лабораторной работе**

Проанализировать результаты компьютерного эксперимента и ответить на контрольные вопросы:

1. Что такое потенциальный барьер и потенциальная яма?
  2. Что такое коэффициент прозрачности и коэффициент отражения частицы от области действия потенциала?
  3. Как влияют на коэффициент прозрачности потенциального барьера следующие параметры:
    - a) высота барьера;
    - b) толщина барьера;
    - c) начальная ширина волнового пакета ?
  4. Какую картину можно наблюдать при движении частицы в поле прямоугольного потенциального барьера, если полная энергия частицы меньше потенциальной (слева, справа и внутри барьера)? Что означает «застревание» частицы в области действия потенциала?
  5. Какие эффекты можно наблюдать при движении микрочастицы в поле потенциальной ямы ?
  6. Чем обусловлен эффект отражения частицы от потенциальной ямы? Влияет ли знак потенциала на возможность туннелирования частицы?
  7. Какие эффекты возникают при движении частицы через потенциальную ступеньку в зависимости от соотношения между энергией частицы E и высотой ступеньки, с классической и квантовой точек зрения?
  8. В начальный момент времени волновой пакет локализован в параболической квантовой яме (КЯ), переходящей в экспоненциально убывающий потенциал. Как зависит вероятность обнаружить частицу вне КЯ в зависимости от:
    - a) высоты барьера;
    - b) ширины начального волнового пакета?
- Что можно сказать о вероятности обнаружения частицы внутри КЯ в зависимости от времени?
9. При каких условиях возникают резонансы прозрачности в двухбарьерной структуре, содержащей квантовую яму (два потенциальных барьера, разделяющих КЯ и области инфинитного движения частицы)?
  10. Запишите стационарное уравнение Шрёдингера. Почему оно оказывается недостаточным для изучения барьерных квантовых эффектов? Запишите нестационарное уравнение Шрёдингера. В чём состоит его преимущество в решении барьерных задач?

Количество баллов: 10

Типовые задания к разделу "Теория возмущений и системы тождественных частиц":

## 1. Задача

Задачи самостоятельной работы № 5

1. Вычислите поправку первого порядка малости к невозмущенным уровням энергии и к волновым функциям электрона в центрально-симметричном поле при включении однородного магнитного поля, направленного вдоль оси z.
2. В чём заключается физический смысл поправки второго порядка малости к невозмущённым уровням энергии? Что такое виртуальные квантовые переходы? Что происходит с энергией основного состояния во втором порядке теории возмущений?
3. В рамках стационарной теории возмущений определите энергетический спектр системы с первоначально двукратно вырожденными уровнями при включении внешнего воздействия.
4. Вычислить поправку первого порядка к уровням энергии частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме при наличии заданного возмущения.
5. Найти поправку к энергии основного состояния линейного гармонического осциллятора в первом приближении теории возмущений за счёт ангармонических членов в потенциальной энергии.
6. Линейный гармонический осциллятор с зарядом  $e$  помещен в однородное электрическое поле напряженностью  $E$ , направленное вдоль оси колебаний. Рассматривая действие электрического поля как возмущение, найти поправки первого и второго порядка к энергии осциллятора. Что происходит с уровнями энергии осциллятора при включении внешнего электрического поля?
7. Чем обусловлено уширение линий в спектрах испускания атомов? Рассмотрите этот вопрос в рамках теории квантовых переходов, покажите, что полученный результат согласуется с соотношением неопределённостей для энергии и времени.
8. Атом водорода находится в однородном электрическом поле с напряжённостью  $E$ , направленной вдоль оси Z. Найти расщепление уровня энергии, характеризующегося главным квантовым числом  $n = 2$  (эффект Штарка).
9. Атом водорода, находящийся в состоянии  $2\ p$ , помещен в полость с равновесным излучением. При какой температуре вероятности спонтанного и вынужденного излучения будут одинаковыми?
10. Получить формулу Резерфорда для дифференциального эффективного сечения рассеяния, используя приближение Борна в теории упругих столкновений.

Задачи самостоятельной работы № 6

1. Перечислите основные экспериментальные факты, подтверждающие гипотезу о спине электрона.
2. Заполните таблицу квантовых чисел с учетом спина.
3. Сформулируйте принцип Паули. Докажите, что этот фундаментальный принцип является следствием антисимметричности волновой функции фермионов.
4. Найти выражения для операторов повышения и понижения проекции спина в матричной форме, и определить их действие на волновые функции.
5. Запишите электронные конфигурации следующих атомов:  
а) ванадий ( $Z=23$ ); б) цирконий ( $Z=40$ ); в) церий ( $Z=58$ ); г) рений ( $Z=75$ ); д) оганесон ( $Z=118$ ).  
Объясните принцип заполнения электронных оболочек.
6. Найти максимальное число электронов в атоме, имеющих следующие одинаковые квантовые числа: а)  $n,l,m$ ; б)  $n,l$ ; в)  $n$ .
7. Найдите расстояние между отклоненными пучками в опыте Штерна и Герлаха для водорода, если задана скорость движения атомов, градиент поля вдоль оси z и длина пути.
8. Построить схему возможных квантовых переходов между заданными термами в слабом магнитном поле и вычислить смещение частоты спектральных линий в аномальном эффекте Зеемана.
9. Зная экспериментальные значения энергии парасостояния Епара = - 58,37 Эв и ортосостояния Еорт = - 59,16 Эв атома гелия с заданной электронной конфигурацией, найдите обменную A и кулоновскую K энергии взаимодействия электронов.
10. Используя правила Хунда, определить полный момент импульса ( $J$ ), суммарный орбитальный момент ( $L$ ), суммарный спиновый момент ( $S$ ) электронной системы атома, основной терм и g-фактор (множитель Ланде) для следующих ионов:  
а) медь  $\text{Cu}^{(2+)}$ ;  
б) иттербий  $\text{Yb}^{(3+)}$ .

Количество баллов: 20

## **2. Коллоквиум**

Коллоквиум № 3

### **ТЕОРИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ**

- 1.Стационарная теория возмущений невырожденного уровня. Примеры применения этой теории.
  - 2.Стационарная теория возмущений при наличии вырождения. Примеры применения данной теории.
  - 3.Теория возмущения, зависящего от времени. Квантовые переходы под влиянием возмущения, периодически зависящего от времени.
  - 4.Вероятность электрических дипольных переходов при взаимодействии заряженной частицы с электрическим полем электромагнитной волны.
  - 5.Коэффициенты Эйнштейна.
  - 6.Правила отбора для орбитального и магнитного квантовых чисел.
  - 7.Естественная ширина энергетического уровня и уширение спектральных линий.
  8. Приближение Борна в теории упругих столкновений.
  9. Формула Резерфорда. Квантово-механический вывод на основе теории возмущений.
- СПИН И СИСТЕМЫ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ЧАСТИЦ**
- 1.Спин электрона. Экспериментальные факты, доказывающие необходимость введения дополнительного квантового числа.
  2. Операторы спина. Матрицы Паули.
  - 3.Полный момент количества движения электрона. Спин - орбитальное взаимодействие.
  4. Тонкая структура спектров водородоподобных атомов.
  - 5.Нормальный эффект Зеемана. Снятие вырождения по магнитному квантовому числу.
  6. Аномальный эффект Зеемана. Снятие вырождения по магнитному квантовому числу полного момента импульса.
  7. Принцип неразличимости одинаковых микрочастиц.
  - 8.Симметричные и антисимметричные состояния. Бозоны и фермионы.
  - 9.Принцип Паули.
  - 10.Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.
  - 11.Атом гелия. Пара- и ортогелий. Обменное взаимодействие.
  - 12.Молекула водорода. Природа ковалентной химической связи.
  - 13.Спин и валентность.

Количество баллов: 15

### **5.2.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ».

### **Первый период контроля**

#### **1. Экзамен**

Вопросы к экзамену:

1. Формула Планка.
2. Теория фотонов Эйнштейна.
3. Дискретность атомных состояний. Теория водородоподобного атома по Бору.
4. Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля.
5. Описание состояния с помощью волновой функции. Волновая функция де Бройля для свободной частицы.
6. Статистическая интерпретация волновой функции.
7. Уравнение Э. Шредингера.
8. Стационарные состояния.
9. Плотность тока вероятности.
10. Сопоставление операторов физическим величинам в квантовой механике.
11. Принцип суперпозиции состояний и линейность операторов в квантовой механике.
12. Собственные функции и собственные значения операторов.
13. Самосопряженные операторы. Вещественность их собственных значений.
14. Ортогональность и нормировка собственных функций.
15. Средние значения физических величин.
16. Коммутация операторов. Условие совместной определенности физических величин.
17. Неравенство Гейзенberга. Соотношение неопределенностей.
18. Изменение во времени средних значений физических величин. Дифференцирование операторов по времени.
19. Законы сохранения в квантовой механике и их связь со свойствами симметрии пространства и времени.
20. Теоремы Эренфеста. Принцип причинности в квантовой механике.
21. Обобщение уравнения Гамильтона-Якоби в квантовой механике.

22. Предельный переход к классической механике.
23. Частица в потенциальном ящике.
24. Линейный гармонический осциллятор.
25. Взаимодействие микрочастицы с прямоугольной потенциальной ступенькой.
26. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
27. Движение в центрально-симметричном поле. Разделение переменных в уравнении Шрёдингера.
28. Собственные функции и собственные значения оператора момента импульса.
29. Радиальное уравнение Шрёдингера. Энергетический спектр водородоподобного атома.
30. Радиальные волновые функции стационарных состояний водородоподобного атома и радиальная плотность вероятности.
31. Классификация состояний в атоме водорода.
32. Стационарная теория возмущений невырожденного уровня.
33. Стационарная теория возмущений при наличии вырождения.
34. Теория возмущения, зависящего от времени. Квантовые переходы под влиянием возмущения, периодически зависящего от времени.
35. Вероятность электрических дипольных переходов при взаимодействии заряженной частицы с электрическим полем электромагнитной волны.
36. Коэффициенты Эйнштейна.
37. Правила отбора для орбитального и магнитного квантовых чисел.
38. Спин электрона. Экспериментальные факты.
39. Операторы спина. Матрицы Паули.
40. Полный момент количества движения электрона. Спин - орбитальное взаимодействие.
41. Тонкая структура спектров водородоподобных атомов.
42. Нормальный эффект Зеемана.
43. Аномальный эффект Зеемана.
44. Принцип неразличимости одинаковых микрочастиц.
45. Симметричные и антисимметричные состояния. Бозоны и фермионы.
46. Принцип Паули.
47. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.
48. Атом гелия. Пара- и ортогелий. Обменное взаимодействие.
49. Молекула водорода. Природа ковалентной химической связи.
50. Спин и валентность.

### **5.3. Примерные критерии оценивания ответа студентов на экзамене (зачете):**

<b>Отметка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
"Отлично"	<ul style="list-style-type: none"> <li>-дается комплексная оценка предложенной ситуации</li> <li>-демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять</li> <li>-последовательное, правильное выполнение всех заданий</li> <li>-умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы</li> </ul>
"Хорошо"	<ul style="list-style-type: none"> <li>-дается комплексная оценка предложенной ситуации</li> <li>-демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять</li> <li>-последовательное, правильное выполнение всех заданий</li> <li>-возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя</li> <li>-умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы</li> </ul>
"Удовлетворительно" ("зачтено")	<ul style="list-style-type: none"> <li>-затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации</li> <li>-неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя</li> <li>-выполнение заданий при подсказке преподавателя</li> <li>-затруднения в формулировке выводов</li> </ul>
"Неудовлетворительно" ("не зачтено")	<ul style="list-style-type: none"> <li>-неправильная оценка предложенной ситуации</li> <li>-отсутствие теоретического обоснования выполнения заданий</li> </ul>

## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1. Лекции**

При изучении теоретической физики очень важно посещать лекции и подробно записывать излагаемый на них материал. Это обусловлено тем, что в учебных пособиях не содержатся детальные математические преобразования. Стандартный метод изложения сводится, как правило, к замечаниям типа: «как нетрудно показать», «после несложных преобразований получим» и т.д. Однако, за этими так называемыми «несложными преобразованиями» обычно скрываются несколько страниц математических преобразований, прежде чем получится требуемый результат! Эту специфику учебных пособий необходимо иметь в виду. В процессе чтения лекций материал излагается доказательно, подробно, со всеми промежуточными выкладками. Присутствующий на лекции студент становится соучастником процесса получения всех основных физических результатов. Только таким способом, постигая шаг за шагом весьма непростые вопросы, можно понять логику дисциплины и её основное содержание.

В процессе самостоятельной работы над курсом лекций необходимо уделить внимание основным понятиям, перечисленным в терминологическом минимуме по каждому разделу, и научиться самостоятельно выводить все главные формулы и уравнения.

### **2. Лабораторные**

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.).

При выполнении лабораторных работ проводятся: подготовка оборудования и приборов к работе, изучение методики работы, воспроизведение изучаемого явления, измерение величин, определение соответствующих характеристик и показателей, обработка данных и их анализ, обобщение результатов. В ходе проведения работ используются план работы и таблицы для записей наблюдений.

При выполнении лабораторной работы студент ведет рабочие записи результатов измерений (испытаний), оформляет расчеты, анализирует полученные данные путем установления их соответствия нормам и/или сравнения с известными в литературе данными и/или данными других студентов. Окончательные результаты оформляются в форме заключения.

### **3. Практические**

Практические (семинарские занятия) представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения практических занятий и семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

При подготовке к практическому занятию необходимо, ознакомиться с его планом; изучить соответствующие конспекты лекций, главы учебников и методических пособий, разобрать примеры, ознакомиться с дополнительной литературой (справочниками, энциклопедиями, словарями). К наиболее важным и сложным вопросам темы рекомендуется составлять конспекты ответов. Следует готовить все вопросы соответствующего занятия: необходимо уметь давать определения основным понятиям, знать основные положения теории, правила и формулы, предложенные для запоминания к каждой теме.

В ходе практического занятия надо давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов, доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

### **4. Экзамен**

Экзамен преследует цель оценить работу обучающегося за определенный курс: полученные теоретические знания, их прочность, развитие логического и творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умения анализировать и синтезировать полученные знания и применять их для решения практических задач.

Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, утвержденным заведующим кафедрой. Экзаменационный билет включает в себя два вопроса и задачи. Формулировка вопросов совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенного до сведения обучающихся не позднее чем за один месяц до экзаменационной сессии.

В процессе подготовки к экзамену организована предэкзаменационная консультация для всех учебных групп.

При любой форме проведения экзаменов по билетам экзаменатору предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы, задачи и примеры по программе данной дисциплины. Дополнительные вопросы, также как и основные вопросы билета, требуют развернутого ответа.

Результат экзамена выражается оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

### **5. Конспект по теме**

Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника.

Различаются четыре типа конспектов.

План-конспект – это развернутый детализированный план, в котором достаточно подробные записи приводятся по тем пунктам плана, которые нуждаются в пояснении.

Текстуальный конспект – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника.

Свободный конспект – это четко и кратко сформулированные (изложенные) основные положения в результате глубокого осмысливания материала. В нем могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом.

Тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает более или менее исчерпывающий ответ по какой-то теме (вопросу).

В процессе изучения материала источника, составления конспекта нужно обязательно применять различные выделения, подзаголовки, создавая блочную структуру конспекта. Это делает конспект легко воспринимаемым, удобным для работы.

Этапы выполнения конспекта:

1. определить цель составления конспекта;
2. записать название текста или его части;
3. записать выходные данные текста (автор, место и год издания);
4. выделить при первичном чтении основные смысловые части текста;
5. выделить основные положения текста;
6. выделить понятия, термины, которые требуют разъяснений;
7. последовательно и кратко изложить своими словами существенные положения изучаемого материала;
8. включить в запись выводы по основным положениям, конкретным фактам и примерам (без подробного описания);
9. использовать приемы наглядного отражения содержания (абзацы «ступеньками», различные способы подчеркивания, шрифт разного начертания, ручки разного цвета);
10. соблюдать правила цитирования (цитата должна быть заключена в кавычки, дана ссылка на ее источник, указана страница).

### **6. Контрольная работа по разделу/теме**

Контрольная работа выполняется с целью проверки знаний и умений, полученных студентом в ходе лекционных и практических занятий и самостоятельного изучения дисциплины. Написание контрольной работы призвано установить степень усвоения студентами учебного материала раздела/темы и формирования соответствующих компетенций.

Подготовку к контрольной работе следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данному разделу/теме и конспектов лекций.

Контрольная работа выполняется студентом в срок, установленный преподавателем в письменном (печатном или рукописном) виде. При оформлении контрольной работы следует придерживаться рекомендаций, представленных в документе «Регламент оформления письменных работ».

## **7. Коллоквиум**

Коллоквиум - вид учебно-теоретических занятий, представляющий собой групповое обсуждение под руководством преподавателя достаточно широкого круга проблем, например, относительно самостоятельного большого раздела лекционного курса.

Подготовка к данному виду учебных занятий осуществляется в следующем порядке: преподаватель дает список вопросов, ответы на которые следует получить при изучении определенного перечня научных источников; студентам во внеаудиторное время необходимо прочитать специальную литературу, выписать из нее ответы на вопросы, которые будут обсуждаться на коллоквиуме, мысленно сформулировать свое мнение по каждому из вопросов, которое они высажут на занятии.

Коллоквиум содержит три части: проверка знания основных формул и терминологического минимума, ответ на теоретический вопрос с представлением письменной домашней самостоятельной работы. Знание основных формул и терминов является «допуском» к обсуждению теоретических вопросов (студент допускается к дальнейшему собеседованию при условии знания не менее 75 % формул). В процессе собеседования студент должен уметь выводить все основные формулы, уравнения, соотношения и давать объяснение физического смысла всех получаемых результатов.

## **8. Задача**

Задачи позволяют оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.

Алгоритм решения задач:

- 1.Внимательно прочтайте условие задания и уясните основной вопрос, представьте процессы и явления, описанные в условии.
- 2.Повторно прочтите условие для того, чтобы чётко представить основной вопрос, проблему, цель решения, заданные величины, опираясь на которые можно вести поиск решения.
- 3.Произведите краткую запись условия задания.
- 4.Если необходимо, составьте таблицу, схему, рисунок или чертёж.
- 5.Установите связь между искомыми величинами и данными; определите метод решения задания, составьте план решения.
- 6.Выполните план решения, обосновывая каждое действие.
- 7.Проверьте правильность решения задания.
- 8.Произведите оценку реальности полученного решения.
- 9.Запишите ответ.

## **9. Отчет по лабораторной работе**

При составлении и оформлении отчета следует придерживаться рекомендаций, представленных в методических указаниях по выполнению лабораторных работ по дисциплине.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

1. Дифференцированное обучение (технология уровневой дифференциации)
2. Развивающее обучение
3. Проблемное обучение
4. Цифровые технологии обучения

## **8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ**

1. компьютерный класс – аудитория для самостоятельной работы
2. учебная аудитория для лекционных занятий
3. учебная аудитория для семинарских, практических занятий
4. Лицензионное программное обеспечение:
  - Операционная система Windows 10
  - Microsoft Office Professional Plus
  - Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition
  - Справочная правовая система Консультант плюс
  - 7-zip
  - Adobe Acrobat Reader DC