

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. Астафьева

Кафедра физики и методики обучения физике

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АТОМНАЯ ФИЗИКА

Направление подготовки:

44.03.01 Педагогическое образование

направленность (профиль) образовательной программы:

Физика

Квалификация (степень) выпускника:

БАКАЛАВР

Красноярск 2020

Рабочая программа дисциплины «Атомная физика» составлена кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры физики и методики обучения физике А. С. Чигановым

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании выпускающей кафедры физики и методики обучения физике

протокол № 8 от «11» апреля 2019 г.

Заведующий кафедрой



В. И. Тесленко

Одобрено научно-методическим советом специальности (направления подготовки) Института математики, физики и информатики
«16» мая 2019 г. Протокол № 8

Председатель



С. В. Бортновский

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физики и методики обучения физике

протокол № 8 от «12» мая 2021 г.

Заведующий кафедрой



В.И. Тесленко

Одобрено научно-методическим советом специальности (направления подготовки) института математики, физики и информатики

«21» мая 2021 г. Протокол № 7

Председатель НМСС (Н)



С.В. Бортновский

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физики и методики обучения физике

протокол № 8 от «04» мая 2022 г.

Заведующий кафедрой



В.И. Тесленко

Одобрено научно-методическим советом специальности (направления подготовки) института математики, физики и информатики

«12» мая 2022 г. Протокол № 8

Председатель НМСС (Н)



С.В. Бортновский

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физики и методики обучения физике

протокол № 8 от «03» мая 2023 г.

Заведующий кафедрой



С.В. Латынцев

Одобрено научно-методическим советом специальности (направления подготовки) института математики, физики и информатики

«12» мая 2023 г. Протокол № 8

Председатель НМСС (Н)



Е.А. Аёшина

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая рабочая программа дисциплины (далее программа) разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (с одним профилем подготовки) (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 февраля 2018 г. № 121; Федеральным законом «Об образовании в РФ» от 29.12.2012 № 273-ФЗ; профессиональным стандартом «Педагог», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18.10.2013 № 544н.; нормативно-правовыми документами, регламентирующими образовательный процесс в КГПУ им. В.П. Астафьева по направленности (профилю) образовательной программы Физика, очной формы обучения в Институте математики, физики, информатики КГПУ им. В. П. Астафьева с присвоением квалификации бакалавр.

Дисциплина относится к основной части профессиональной образовательной программы.

1.2. Общая трудоемкость дисциплины – в З. Е., часах и неделях

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3,5 зачетные единицы, 126 часов. Дисциплина, согласно графику учебного процесса, реализуется на 3 курсе в 6 семестре. Форма контроля – экзамен.

1.3. Цели и задачи дисциплины «Квантовая физика»

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций при изучении физической картины окружающего нас мира природы.

Задачи:

- Знакомство с основными физическими теориями о природе квантовых явлений;

- Развитие познавательной потребности у студентов;
- Формирование способности использовать знания о современной естественнонаучной картине мира в образовательной и культурно-просветительской деятельности.

1.4. Основные разделы содержания

1. Фундаментальные и феноменологические теории.
2. Элементы квантовой механики.
3. Современная модель атома.

1.5. Планируемые результаты обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОК-6 способностью к самоорганизации и самообразованию;
- ПК-1 готовность реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов
- ПК-4 способностью использовать возможности образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемых учебных предметов

Задачи освоения дисциплины	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Код результата обучения
познакомиться с основными физическими теориями о природе квантовых явлений	Знать: – теоретические основы науки, терминологию, историю становления; – методы экспериментальных и теоретических исследований, – методы работы с учебной и научной литературой.	ОК-6, ПК-1, ПК-4
	Уметь: – применять знания для объяснения природы квантовых явлений; –получать, хранить и перерабатывать информацию по	

	<p>квантовой физике с использованием информационно-коммуникационных технологий и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основами квантовых явлений и наблюдений и методами исследований. 	
<p>развить познавательную потребность студентов у</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретические основы науки, терминологию, историю становления; – методы экспериментальных и теоретических исследований, – методы работы с учебной и научной литературой. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять знания для объяснения природы квантовых явлений; – аргументировать научную позицию при анализе псевдонаучной и лженаучной информации; – структурировать информацию о квантовых явлениях, используя научный метод исследования. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – важнейшими методами генетического анализа. 	ОК-6, ПК-1, ПК-4
<p>обучить логическому научному мышлению при решении задач по генетике</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методикой образовательной и культурно-просветительской деятельности в области квантовой физики. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – решать и объяснять ход решения типовых физических задач, связанных с закономерностями квантовых явлений, законами дискретности. 	ОК-6, ПК-1, ПК-4

	Владеть: – различными приемами решения физических задач	
--	---	--

1.6. Контроль результатов освоения дисциплины.

В ходе изучения дисциплины используются такие методы текущего контроля успеваемости как устный опрос, решение квантовых задач, составление тестовых заданий, выполнение контрольных работ и тестовых заданий. Форма итогового контроля – экзамен.

Оценочные средства результатов освоения дисциплины, критерии оценки выполнения заданий представлены в разделе «Фонды оценочных средств для проведения промежуточной аттестации»: решение квантовых задач, составление тестовых заданий, устный опрос, выполнение контрольных работ, тестирование.

1.7. Перечень образовательных технологий, используемых при освоении дисциплины

Современное традиционное обучение. В процессе освоения дисциплины используются разнообразные виды деятельности обучающихся, организационные формы и методы обучения: лекции и лабораторные занятия, самостоятельная, индивидуальная и групповая формы организации учебной деятельности. Освоение дисциплины заканчивается экзаменом.

2. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

2.1. Технологическая карта обучения дисциплине «Квантовая физика»

для обучающихся образовательной программы

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (с одним профилем подготовки),

Направленность (профиль) образовательной программы Физика

по очной форме обучения

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего часов	Аудиторных часов				Внеаудиторных часов	Формы и методы контроля
		Всего	лекций	семинаров	лабораторных работ		
Раздел № 1. Фундаментальные и феноменологические теории. Модель атома водорода по Бору.	24	14	6	-	8	10	Защита лабораторных работ, реферат, доклад, зачет
1.1. Введение. Различия фундаментальной и феноменологической теории. Пределы классической теории. Постоянная Планка.	6	4	2	-	2	2	Защита лабораторных работ
1.2. Проблемы не решенные классической физикой. Понятие абсолютно черного тела. Фотоэлектрический эффект. Стабильность и размеры атома.	10	6	2	-	4	4	Защита лабораторных работ
1.3. Модели строения атома. Атомы Томпсона и Резерфорда. Квантовые постулаты Бора. Модель стоячих волн. Уровни энергии атома водорода. Опыт Франка и Герца. Эффект Комптона.	8	4	2	-	2	4	Зачет, реферат, доклад
Раздел № 2. Элементы квантовой механики.	26	14	6	-	8	12	Защита лабораторных работ, реферат, доклад, зачет

2.1. Дифракция электронов. Волны де Бройля. Волновая функция, соотношение неопределенностей.	8	4	2	-	2	4	Защита лабораторных работ
2.2. Рассеяние α -частиц. Электрон внутри атома, квантовый случай. Волновой пакет.	10	6	2	-	4	4	Защита лабораторных работ
2.3. Примеры применения волновой функции. Потенциальный барьер. Туннельный эффект. Строгое решение уравнения Шредингера.	8	4	2	-	2	4	Зачет, реферат, доклад
Раздел № 3. Современная модель атома.	40	18	8	-	10	22	Защита лабораторных работ, реферат, доклад, зачет
3.1. Атом водорода. Водородоподобные атом.	10	4	2	-	2	6	Защита лабораторных работ
3.2. Спектры щелочных металлов. Спин электрона. Изотопический сдвиг.	8	4	2	-	2	4	Защита лабораторных работ
3.3. Атом во внешнем магнитном поле. Нормальный и аномальный эффект Зеемана. Полный момент импульса атома. Опыт Штерна-Герлаха. Спин электрона	12	6	2	-	4	6	Защита лабораторных работ
3.4. Много электронные атомы. Правила квантования. Заполнение уровней оболочек электронами. Естественная ширина спектральных линий. Лазер. Рентгеновские спектры.	10	4	2	-	2	6	Зачет, реферат, доклад
	90	46	20	-	26	44	
Экзамен	36						
ИТОГО	126						

2.2. Содержание основных разделов и тем дисциплины

Раздел № 1

Фундаментальные и феноменологические теории. Модель атома водорода по Бору.

1. Введение. *Различия фундаментальной и феноменологической теории.* Основные понятия, связанные с макро и микромиром, отличия в подходах изучения макро и микро параметров систем. Роль субъективных факторов в изучении квантовых явлений. *Пределы классической теории.* Моделирование и специфика моделирования в квантовой и атомной физике. Мостик в понимании наблюдаемых процессов при переходе от представлений классической физики к квантовым процессам, особенность квантовых явлений и полная идентичность в моделировании. *Постоянная Планка.* Константы макро и микрофизики, показывающие области применения законов (на примере релятивистской добавки в специальной теории относительности).

2. Проблемы не решенные классической физикой. История появления постоянной Планка.

Проблемы не решенные классической физикой. Обзор состояния физической науки в начале 20 века. Торжество физики Ньютона и классической физической теории. Обманчивая понятность и ясность физической картины мира. Три отклонения от классических законов в физике начала 20 века.

Понятие абсолютно черного тела. Трудности в объяснении конечности температуры нагрева тел. Подходы Релея, Джинса, Стефана Больцмана и других физиков, не возможность объяснить излучение абсолютно черного тела с точки зрения классических законов. Догадка Планка и первый успех в квантовых представлениях микрофизики.

Фотоэлектрический эффект. Отличия классических и квантовых законов физики. Неприменимость электродинамических законов Максвелла к квантовым явлениям и микрообъектам. Уравнение Эйнштейна для

фотоэффекта, объяснение особенностей внешнего фотоэффекта, прорыв в понимании квантовых законов мира.

Стабильность и размеры атома. Противоречие, заложенное в электродинамике Максвелла для классических и квантовых явлений. Время жизни атомных систем и падение электрона на ядро атома. Появление во всех трех случаях новой глобальной Физической константы, постоянной Планка, ее универсальность в разграничении классических и квантовых процессов.

3. Модели строения атома.

Применяемые в атомной, квантовой и ядерной физике основные константы. Атомистические представления древних ученых. Древние атомистические «наивные» атомы. Отличие атомов древнегреческих философов от современных представлений об объектах микромира. Принципиальная невозможность представления современных атомов в греческой философии. Гениальная догадка атомистов.

Атомы Томпсона и Резерфорда. Первые попытки моделирования атомных систем. Ошибки и трудности в модели Томпсона. Попытки объяснить противоречия модели пудинга. Линейчатые спектры излучения и поглощения атомов. Эксперименты Резерфорда и построение планетарной модели атома. Трудности в объяснении планетарной модели атома.

Квантовые постулаты Бора. Догадка Бора и введение им постулатов, резко отличающихся от принципов классической физики. Первый и второй постулаты Бора. Возникновение новой физической и математической картины микромира.

Модель стоячих волн. Связь в моделировании между атомными системами и колебаниями струны. Стоячие волны, как модель колебаний электронов в атомных системах. Влияние краевых условий на квантовые модели.

Уровни энергии атома водорода. Первые успехи Нильса Бора в объяснении особенностей энергетических уровней в атоме водорода. Расчет

энергетических уровней и размеров атома водорода. Половинчатость модели атома водорода по Бору и ее недостатки.

Опыт Франка и Герца. Первое экспериментальное подтверждение квантованности энергетических уровней, первое экспериментальное доказательство справедливости квантовых представлений. Переход квантовой физики из области теоретической абстракции в практическую область.

Эффект Комптона. Другие экспериментальные подтверждения квантовых представлений в атоме. Новые эксперименты и области подтверждения квантовых законов микромира.

Раздел № 2.

Элементы квантовой механики.

4. Дифракция электронов. Строение атома. Принципиальная неустойчивость статистической системы электрических зарядов. Необходимость движения в модели атома и ее принципиальные трудности. Принципиальное отличие физических законов квантовых явлений от классической физики.

Волны де Бройля. Двойственная природа всех явлений в мире. Предложение де Бройля и его принципы представления заряженных частиц. Распространение предложения де Бройля на все макро объекты мира. Пример расчета волны де Бройля для макро частицы (показать почему волновая природа не проявляется в условиях макро тел.

Волновая функция, физические и математические различия в классических и квантовых представлениях. Отличие законов физики и математики для квантовых систем от классического аналога.

Соотношение неопределенностей и его принципиальное отличие от системы погрешностей и ошибок в определении параметров физических систем. Представление соотношения неопределенностей как произведение импульса и скорости частицы. Вывод соотношения неопределённости для энергии и времени взаимодействия систем тел.

5. Рассеяние α -частиц. Опыты с золотой фольгой Резерфорда. Движение и отклонение α -частиц вблизи ядра атома. Взаимодействие частиц. Траектория движения тяжелых заряженных частиц. α -частицы, нейтроны и протоны в атоме. Понятие нуклонов.

Электрон внутри атома, квантовый случай. Электрон снаружи атома, практическое отличие спектров атома от классических представлений. Обнаружение дифракции электронов, волновые свойства электрона. Представление электрона в виде бесконечной волны. Область локализации электрона. Круговой виток тока в качестве модели. *Волновой пакет.* Попытка совместить бесконечную локализацию электрона со здравым смыслом. Невозможность обойти соотношение неопределенностей.

6. Примеры применения волновой функции. Электрон ограниченный внешними условиями. Барьерные задачи. Электрон в ящике с бесконечными стенками и в ящике с конечной высотой стенок. Потенциальная яма параболической формы и остаточная энергия электрона на нулевом уровне. Модель гармонического осциллятора.

Потенциальный барьер. Туннельный эффект. Отличие математических примеров движения частиц в области потенциальных барьеров от классического случая. Вероятность проникновения электрона за потенциальный барьер в квантовом случае, примеры проницаемости барьера.

Строгое решение уравнения Шредингера. Вывод стационарного случая уравнения Шредингера (примеры отличия от общего случая и физические интерпретации). Задание начальных и граничных условий для возможности решения.

Раздел № 3.

Современная модель атома.

7. Атом водорода. Водородоподобные атом. Спектральные серии (примеры серий Лаймана, Бальмера и т. д.) Признаки серии. Полярные координаты. Понятие водородоподобных атомов, отличие их от атома водорода. Общий принцип решения уравнения Шредингера для такого типа

систем. Использование одной модели решения для большого класса задач. Возникновение квантованности внутри атома и сплошных спектров излучения снаружи.

8. Спектры щелочных металлов. Подобие спектра излучения и поглощения щелочных металлов водородоподобным спектрам. Представление большого центрального конгломерата частиц в виде единого центра (подобного ядру).

Спин электрона. Основные характеристики электронных оболочек, три квантовых числа, управляющие энергетическими уровнями атома. Ограничения, накладываемые на квантовые числа и их связь между собой.

Изотопический сдвиг. Понятие изотопов атома водорода. Основные различия в строении изотопов. Приведенная масса ядра и модель с бесконечной массой ядра. Практические отличия спектров изотопов атома водорода. Отличие моделей с разной приведенной массой, совпадение теоретических моделей и реальных спектров.

9. Атом во внешнем магнитном поле. Магнитное квантовое число и его влияние на энергию электрона в атоме.

Нормальный и аномальный эффект Зеемана. Расщепление уровней энергии в случае наложения магнитного поля на атом водорода. Обнаружение Зееманом расщепления линий и теоретическое объяснение эффекта.

Полный момент импульса атома. Экспериментальное подтверждение квантования спектров атомов водорода в сильных магнитных полях.

Опыт Штерна-Герлаха. Спин электрона. Экспериментальное подтверждение наличия собственного механического момента электрона – спина.

10. Много электронные атомы.

Правила квантования. Принцип Паули. В квантовой системе не могут существовать электроны, у которых были бы одинаковыми все четыре квантовых числа.

Заполнение уровней оболочек электронами. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева. Электронные оболочки (главное квантовое число), подоболочки, порядок заполнения электронами подоболочек.

Естественная ширина спектральных линий. Соотношение неопределенностей и время жизни возбужденных атомов.

Лазер. Рентгеновские спектры. Спектральный анализ. Спонтанное и индуцированное излучение. Инверсная населенность уровней. Оптический квантовый генератор. Система накачки лазера. Применение лазера. Различные типы лазеров.

2.3. Методические рекомендации по освоению дисциплины

«Квантовая физика» для обучающихся образовательной программы

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) образовательной программы Физика
по очной форме обучения

Работа с теоретическим материалом

Основными видами учебной деятельности при изучении данной дисциплины являются: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Лекции являются одним из основных видов учебной деятельности в вузе, на которых преподавателем излагается содержание теоретического курса дисциплины. Рекомендуется конспектировать материал лекций.

На лабораторных занятиях происходит закрепление изученного теоретического материала, изучение расширенных практических рекомендаций к выполнению лабораторных работ и формирование профессиональных умений и навыков.

Посещение студентами лекционных и лабораторных занятий является обязательным.

С содержанием лекционных и практических занятий можно познакомиться в *Рабочей программе дисциплины*, а с трудоемкостью каждой темы и практического занятия – в *Технологической карте обучения дисциплине*.

Внеаудиторная самостоятельная работа студента направлена на самостоятельное изучение рекомендованной литературы, подготовку докладов, рефератов, решение задач для самостоятельной работы, содержащихся в документе *Задачи для самостоятельного решения*.

Список основной и дополнительной литературы, рекомендованной для самостоятельного изучения по дисциплине, приведен в *Карте литературного обеспечения дисциплины*.

Темы теоретического курса, вынесенные для самостоятельного изучения, и которые могут использоваться для подготовки докладов, приведены в *Перечне вопросов для самостоятельной работы и подготовки докладов*.

Примерные темы для написания рефератов приведены в *Примерной тематике рефератов*. Реферат может быть представлен преподавателю на проверку в электронном виде.

Образовательный процесс по дисциплине организован в соответствии с модульно-рейтинговой системой подготовки студентов, принятой в университете¹.

Модульно-рейтинговая системой (МРС) – система организации процесса освоения дисциплин, основанная на модульном построении учебного процесса. При этом осуществляется структурирование содержания каждой учебной дисциплины на дисциплинарные модули (разделы) и проводится регулярная оценка знаний и умений студентов с помощью контроля результатов обучения по каждому дисциплинарному модулю (разделу) и дисциплине в целом.

Данная дисциплина состоит из четырех дисциплинарных модулей (разделов): трех базовых и одного итогового.

Базовый модуль (раздел) – это часть учебной дисциплины, содержащая ряд основных тем или разделов дисциплины. Содержание данной дисциплины разбито на 3 базовых модуля (раздела): «*Фундаментальные и феноменологические теории. Модель атома водорода по бору*», «*Элементы квантовой механики*» и «*Современная модель атома*». С содержанием учебного материала, изучаемого в каждом базовом модуле (разделе), можно познакомиться в *Рабочей программе дисциплины* и *Технологической карте обучения дисциплине*.

Итоговый модуль (раздел) – это часть учебной дисциплины, отводимая на аттестацию в целом по дисциплине.

Результаты всех видов учебной деятельности студентов оцениваются рейтинговыми баллами. Формы текущей работы и рейтинг-контроля в каждом дисциплинарном модуле (разделе), количество баллов как по дисциплине в целом, так и по отдельным формам работы и рейтинг-контроля указаны в *Технологической карте рейтинга дисциплины*. В каждом модуле (разделе) определено минимальное и максимальное количество баллов. Сумма максимальных баллов по всем модулям (разделам) равняется 100%-ному усвоению материала. Минимальное количество баллов в каждом модуле (разделе) является обязательным и не может быть заменено набором баллов в других модулях (разделах), за исключением ситуации, когда минимальное количество баллов по модулю (разделу) определено как нулевое. В этом случае модуль (раздел) является необязательным для изучения и общее количество баллов может быть набрано за счет других модулей (разделов). Дисциплинарный модуль (раздел) считается изученным, если студент набрал количество баллов в рамках установленного диапазона. Для получения оценки «зачтено» необходимо набрать не менее 60 баллов, предусмотренных по дисциплине (при условии набора всех обязательных минимальных баллов по каждому дисциплинарному модулю (разделу)).

Рейтинг по дисциплине – это интегральная оценка результатов всех видов учебной деятельности студента по дисциплине, включающей:

- рейтинг-контроль текущей работы;
- промежуточный рейтинг-контроль;
- итоговый рейтинг-контроль.

Рейтинг-контроль текущей работы выполняется в ходе аудиторных занятий по текущему базовому модулю (разделу) в следующих формах: защита решений задач, написание рефератов, выступление с докладами по темам, изучаемым самостоятельно.

Промежуточный рейтинг-контроль – это проверка полноты знаний по освоенному материалу текущего базового модуля (раздела). Он проводится в конце изучения каждого базового модуля (раздела) в форме контрольных заданий без прерывания учебного процесса по другим дисциплинам.

Итоговый рейтинг-контроль является промежуточной аттестацией по дисциплине, которая проводится в рамках итогового модуля (раздела) в форме зачета в конце семестра до начала сессии. Для подготовки к зачету используйте *Вопросы к зачету*. Зачет может проводиться в виде теста.

Преподаватель имеет право по своему усмотрению добавлять студенту определенное количество баллов (но не более 5 % от общего количества), в каждом дисциплинарном модуле (разделе):

- за активность на занятиях;
- за выступление с докладом на научной конференции;
- за научную публикацию;
- за иные учебные или научные достижения.

Студент, не набравший минимального количества баллов по текущей и промежуточной аттестациям в пределах первого базового модуля (раздела), допускается к изучению следующего базового модуля (раздела). Ему предоставляется возможность добора баллов в течение двух последующих недель (следующих за промежуточным рейтинг-контролем) на ликвидацию задолженностей.

Студентам, которые не смогли набрать промежуточный рейтинг или рейтинг по дисциплине в общеустановленные сроки по болезни или по

другим уважительным причинам (документально подтвержденным соответствующим учреждением), директор (заместитель директора) института устанавливает индивидуальные сроки сдачи.

Если после этого срока задолженность по неуважительным причинам сохраняется, то назначается комиссия по приему академических задолженностей с обязательным участием заведующего кафедрой и директора института или его заместителя. По решению комиссии неуспевающие студенты по представлению директора института отчисляются приказом ректора из университета за невыполнение учебного графика.

В особых случаях директор института имеет право установить другие сроки ликвидации студентами академических задолженностей.

Неявка студента на итоговый или промежуточный рейтинг-контроль отмечается в рейтинг-листе записью «не явился». Если неявка произошла по уважительной причине (подтверждена документально), директор института имеет право разрешить прохождение рейтинг-контроля в другие сроки. При неуважительной причине неявки в статистических данных дирекции проставляется «0» баллов, и студент считается задолжником по данной дисциплине.

Написание реферата

Реферат необходимо сдать преподавателю в напечатанном виде. Объем реферата не более 7 страниц машинописного текста включая титульный лист, содержание и список литературы. Текстовый материал оформляется 14 шрифтом через 1,5 интервал, красная строка 1,25, интервал между абзацами «0», отступ: слева 3; справа 2, выравнивание текста по ширине страницы. Структурными элементами являются:

- Титульный лист
- Содержание
- Введение
- Основная часть

- Заключение и выводы
- Библиографический список (не менее 7 источников)

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

Раздел 1. Фундаментальные и феноменологические теории. Модель атома водорода по Бору.

1. Испускание и поглощение света. Тепловое излучение.
2. Равновесное излучение. Формула Планка и ее следствия.
3. Ультрафиолетовая катастрофа.
4. Законы теплового излучения.
5. Пирометры. Тепловые источники света.
6. Уравнение Эйнштейна. Внешний фотоэффект.
7. Шаровые слои в модели Томсона.

Раздел 2. Элементы квантовой механики.

1. Рассеяние α -частиц.
2. Тунельный микроскоп.
3. Электронный микроскоп.
4. Водородоподобные атомы.
5. Изотопический сдвиг.
6. Строгое решение уравнения Шредингера.

Раздел 3. Современная модель атома.

1. Аномальный эффект Зеемана.
2. Естественная ширина спектральных линий.
3. Рентгеновские спектры.
4. Лазер. Типы лазеров.
5. Волновое уравнение. Разделение переменных.
6. Молекулярные спектры.
7. Масс-спектрограф и селектор скоростей.
8. Ядерные спектры.
9. Методы регистрации ионизирующих излучений.
10. Ядерная энергетика. Термоядерный синтез.

3. КОМПОНЕНТЫ МОНИТОРИНГА УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ СТУДЕНТОВ

3.1. Технологическая карта рейтинга дисциплины «Квантовая физика»

4. Наименование дисциплины	Направление подготовки и уровень образования (бакалавриат, магистратура, аспирантура) Название программы / профиля	Количество зачетных единиц
Квантовая физика	Бакалавриат, 44.03.01 Педагогическое образование /Физика	2,5
Смежные дисциплины по учебному плану		
Предшествующие: Математика, Информатика, Механика, Электродинамика, Оптика		
Последующие: Молекулярная физика, Основы теоретической физики (физика твердого тела, физика ядра и элементарных частиц)		

БАЗОВЫЙ РАЗДЕЛ № 1			
<i>«Фундаментальные и феноменологические теории. Модель атома водорода по Бору»</i>			
Текущая работа	Форма работы	Количество баллов	
		min	max
	Посещаемость занятий (1 занятие – 1 балл)	6	7
	Самостоятельное решение задач	2	4
	Контрольная работа	1	3
Промежуточный рейтинг-контроль	Защита лабораторных работ (1 работа - 4 балла)	8	12
Итого		17	26

БАЗОВЫЙ РАЗДЕЛ № 2			
<i>«Элементы квантовой механики»</i>			
	Форма работы	Количество баллов	
		min	max
	Посещаемость занятий (1 занятие – 1 балл)	5	7
	Самостоятельное решение задач	2	4
	Контрольная работа	1	3
Промежуточный рейтинг-контроль	Защита лабораторных работ (1 работа -4 балла)	12	12
Итого		20	26

БАЗОВЫЙ РАЗДЕЛ № 3 «Современная модель атома»			
	Форма работы	Количество баллов	
		min	max
Текущая работа	Посещаемость занятий (1 занятие – 1 балл)	8	9
	Самостоятельное решение задач	2	4
	Контрольная работа	1	3
Промежуточный рейтинг-контроль	Защита лабораторных работ (1 работа -4 балла)	12	12
Итого		23	28

ИТОГОВЫЙ РАЗДЕЛ			
Содержание	Форма работы	Количество баллов	
		min	max
	Экзамен	0	20
Итого		0	20
Общее количество баллов по дисциплине		min	max
		60	100

Соответствие рейтинговых баллов и академической оценки:

50 баллов – допуск к экзамену

60–72 – удовлетворительно

73–86 – хорошо

87–100 – отлично


3.2. Фонд оценочных средств (контрольно-измерительные материалы)

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Красноярский государственный педагогический университет
им. В.П. Астафьева


Институт математики, физики, информатики

Кафедра-разработчик кафедры физики и методики обучения физике

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры
Протокол № 8 от «11» апреля 2019 г.


_____ (подпись)

ОДОБРЕНО
на заседании научно-методического совета
специальности (направления подготовки)
Протокол № 8 от «16» мая 2019 г.


_____ (подпись)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
обучающихся по дисциплине «Атомная физика»

Направление подготовки: 44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль) образовательной программы
Физика

Квалификация: бакалавр

Составитель: (ФИО, должность) Чиганов А. С., доцент кафедры физики и методики
обучения физике

1. Назначение фонда оценочных средств

1.1. Целью создания ФОС дисциплины *Атомная физика* является установление соответствия учебных достижений запланированным результатам обучения и требованиям основной профессиональной образовательной программы, рабочей программы дисциплины.

1.2. ФОС дисциплины «Атомная физика» решает задачи:

– контроль и управление процессом приобретения студентами необходимых знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций, определенных в ФГОС ВО по соответствующему направлению подготовки;

– контроль (с помощью набора оценочных средств) и управление (с помощью элементов обратной связи) достижением целей реализации ОПОП, определенных в виде набора общепрофессиональных и профессиональных компетенций выпускников;

– обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных методов обучения в образовательный процесс Университета.

1.3. ФОС разработан на основании нормативных **документов**:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки *44.03.01 Педагогическое образование (уровень бакалавриата)*;

- образовательной программы высшего образования по направлению подготовки *44.03.01 Педагогическое образование, направленность (профиль) Физика (уровень бакалавриата)*;

- Положения о формировании фонда оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева».

2. Перечень компетенций подлежащих формированию в рамках дисциплины

2.1. Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины:

- ОК-3 способность использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве;
- ОПК-3 готовность к психолого-педагогическому сопровождению учебно-воспитательного процесса;
- ОПК-5 владеть основами профессиональной этики и речевой культуры;
- ПК-2 способность использовать современные методы и технологии обучения и диагностики;
- ПК-4 способность использовать возможности образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемых учебных предметов;
- ПК-7 способность организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать их активность, инициативность и самостоятельность, развивать творческие способности;
- ПК-11 готовность использовать систематизированные теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования.

2.2. Оценочные средства

Компетенция	Дисциплины, практики, участвующие в формировании компетенций	Тип контроля	Оценочные средства/КИМы	
<p>ОК-3 – способность использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве</p>	<p>Информационная культура и технологии в образовании Естественнонаучная картина мира Основы математической обработки информации Вводный курс физики Механика Электричество и магнетизм Электродинамика Оптика Квантовая физика Молекулярная физика Алгебра и геометрия История физики Нобелевские лауреаты в области физики Практикум по решению физических задач (методика обучения) Практикум по решению олимпиадных физических задач Частные вопросы методики обучения физике Дополнительные главы теории и методики обучения физике Электротехника Основы силовой электроэнергетики Классическая механика Аналитическая механика Статистическая физика Статистические закономерности в физике Радиотехника Электроника Компьютерное моделирование физических явлений Компьютерное моделирование физических процессов</p>	текущий контроль	Номер 5.1	Форма Лабораторные работы
		промежуточная аттестация	5.2	Экзамен

	<p>Элементарные основы физики Элементарная физика Математическая физика Математические методы физики Фундаментальные взаимодействия Фундаментальная физика Астрономия Астрофизика Учебный физический эксперимент Техника школьного физического эксперимента Имитационное моделирование процессов Программирование виртуальных приборов Учебная практика. Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности Производственная практика. Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы Педагогическая практика интерна Методика обучения и воспитания по профилю физика</p>			
ОПК-3 – готовность к психолого-педагогическому сопровождению учебно-воспитательного	<p>Психология Основы научной деятельности студента Вводный курс физики Механика Электричество и</p>	текущий контроль	5.1	Лабораторные работы
		промежуточная аттестация	5.2	Экзамен

процесса	магнетизм Электродинамика Оптика Квантовая физика Молекулярная физика Классическая механика Аналитическая механика Статистическая физика Статистические закономерности в физике Элементарные основы физики Элементарная физика Фундаментальные взаимодействия Фундаментальная физика Астрономия Астрофизика Производственная практика. Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности Производственная практика. Преддипломная практика Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы Педагогическая практика интерна Методика обучения и воспитания по профилю физика			
ОПК-5 – владеть основами профессиональной этики и речевой культуры	Компьютерное моделирование физических явлений Компьютерное моделирование физических процессов Элементарные основы физики Элементарная физика Фундаментальные взаимодействия Фундаментальная физика Астрономия	текущий контроль	5.1	Лабораторные работы
		промежуточная аттестация	5.2	Экзамен

	<p>Астрофизика Учебный физический эксперимент Техника школьного физического эксперимента Имитационное моделирование процессов Программирование виртуальных приборов Учебная практика. Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности Производственная практика. Преддипломная практика Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы Методика обучения и воспитания по профилю физика</p>			
ПК-2 – способность использовать современные методы и технологии обучения и диагностики	<p>Психология Педагогика Основы научной деятельности студента Современные технологии инклюзивного образования Вводный курс физики Механика Электричество и магнетизм Электродинамика Оптика Квантовая физика Молекулярная физика Математический анализ Практикум по решению физических задач (методика обучения) Практикум по решению олимпиадных</p>	текущий контроль	5.1	Лабораторные работы
		промежуточная аттестация	5.2	Экзамен

	<p>физических задач Электротехника Основы силовой электроэнергетики Классическая механика Аналитическая механика Статистическая физика Статистические закономерности в физике Радиотехника Электроника Компьютерное моделирование физических явлений Компьютерное моделирование физических процессов Элементарные основы физики Элементарная физика Математическая физика Математические методы физики Фундаментальные взаимодействия Фундаментальная физика Астрономия Астрофизика Элективная дисциплина по общей физической подготовке Элективная дисциплина по подвижным и спортивным играм Элективная дисциплина по физической культуре для обучающихся с ОВЗ и инвалидов Учебная практика. Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том 26 числе первичных умений и навыков научно- исследовательской деятельности Производственная практика. Практика по получению профессиональных</p>			
--	---	--	--	--

	<p>умений и опыта профессиональной деятельности</p> <p>Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы</p> <p>Педагогическая практика интерна</p> <p>Методика обучения и воспитания по профилю физика</p>			
<p>ПК-4 – способность использовать возможности образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемых учебных предметов</p>	<p>Педагогика</p> <p>Проектирование индивидуальных образовательных маршрутов детей с ОВЗ</p> <p>Вводный курс физики</p> <p>Механика</p> <p>Электричество и магнетизм</p> <p>Электродинамика</p> <p>Оптика</p> <p>Квантовая физика</p> <p>Молекулярная физика</p> <p>Алгебра и геометрия</p> <p>История физики</p> <p>Нобелевские лауреаты в области физики</p> <p>Практикум по решению физических задач (методика обучения)</p> <p>Практикум по решению олимпиадных физических задач</p> <p>Частные вопросы методики обучения физике</p> <p>Дополнительные главы теории и методики обучения физике</p> <p>Классическая механика</p> <p>Аналитическая механика</p> <p>Статистическая физика</p> <p>Статистические закономерности в физике</p> <p>Элементарные основы физики</p> <p>Элементарная физика</p> <p>Фундаментальные взаимодействия</p> <p>Фундаментальная физика</p>	текущий контроль	5.1	Лабораторные работы
		промежуточная аттестация	5.2	Экзамен

	<p>Астрономия Астрофизика Учебный физический эксперимент Техника школьного физического эксперимента Классное руководство Классный руководитель Учебная практика. Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности Производственная практика. Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы Педагогическая практика интерна Методика обучения и воспитания по профилю физика</p>			
<p>ПК-7 – способность организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать их активность, инициативность и самостоятельность, развивать творческие способности</p>	<p>Педагогика Вводный курс физики Механика Электричество и магнетизм Электродинамика Оптика Квантовая физика Молекулярная физика Алгебра и геометрия Практикум по решению физических задач (методика обучения) Практикум по решению олимпиадных физических задач Электротехника Основы силовой электроэнергетики</p>	<p>текущий контроль</p>	<p>5.1</p>	<p>Лабораторные работы</p>
		<p>промежуточная аттестация</p>	<p>5.2</p>	<p>Экзамен</p>

	<p>Классическая механика Аналитическая механика Статистическая физика Статистические закономерности в физике Радиотехника Электроника Компьютерное моделирование физических явлений Компьютерное моделирование физических процессов Элементарные основы физики Элементарная физика Фундаментальные взаимодействия Фундаментальная физика Астрономия Астрофизика Учебная практика. Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности Производственная практика. Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы Педагогическая практика интерна Методика обучения и воспитания по профилю физика Основы вожатской деятельности</p>			
ПК-11 – готовность использовать систематизированные теоретические и	Основы научной деятельности студента	текущий контроль	5.1	Лабораторные работы
	Вводный курс физики Языки и методы	промежуточная	5.2	Экзамен

<p>практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования</p>	<p>программирования Механика Электричество и магнетизм Электродинамика Оптика Квантовая физика Молекулярная физика История физики Нобелевские лауреаты в области физики Электротехника Основы силовой электроэнергетики Классическая механика Аналитическая механика Статистическая физика Статистические закономерности в физике Радиотехника Электроника Компьютерное моделирование физических явлений Компьютерное моделирование физических процессов Элементарные основы физики Элементарная физика Математическая физика Математические методы физики Численные методы в физике Численное решение физических задач Фундаментальные взаимодействия Фундаментальная физика Астрономия Астрофизика Имитационное моделирование процессов Программирование виртуальных приборов Учебная практика. промежуточная аттестация 5.5 Тест 30</p>	<p>аттестация</p>		
---	---	-------------------	--	--

	<p>Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности</p> <p>Производственная практика. Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности</p> <p>Производственная практика.</p> <p>Преддипломная практика</p> <p>Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы</p> <p>Педагогическая практика интерна</p> <p>Методика обучения и воспитания по профилю физика</p>			
--	---	--	--	--

3. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации

3.1. Фонды оценочных средств включают: **экзамен.**

3.2. Оценочные средства

3.2.1. Оценочное средство **экзамен.**

Критерии оценивания по оценочному средству - **экзамен**

Формируемые компетенции	Продвинутый уровень сформированности компетенций (87-100 баллов) отлично/зачтено	Базовый уровень сформированности компетенций (73-86 баллов) хорошо/зачтено	Пороговый уровень сформированности компетенций (58-72 балла) удовлетворительно/зачтено
ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-11	Ответ на вопрос полный, правильный, показывает, что обучающийся правильно и исчерпывающе раскрывает содержание вопроса, конкретизирует его фактическим	Ответ на вопрос удовлетворяет уже названным требованиям, но есть неточности в изложении фактов, определении понятий, объяснении взаимосвязей. Однако, обучающийся может	Ответ на вопрос в целом правильный, но нечетко формулируются понятия, имеют место затруднения в самостоятельном объяснении взаимосвязей, непоследовательно излагается материал. Задача решена только после консультации с преподавателем.

	материалом. Задача решена верно без консультации преподавателя.	легко устранить неточности по дополнительным и наводящим вопросам преподавателя. Задача решена верно без помощи преподавателя. ИЛИ ответ на вопрос полный, правильный, но задачу удалось решить только после консультации преподавателя.	
--	---	--	--

* Менее 58 баллов – компетенция не сформирована.

4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости

4.1. Фонды оценочных средств включают: *Задачи для самостоятельного решения, Темы и задания для лабораторных работ, контрольные работы.*

4.2.1. Критерии оценивания см. в технологической карте рейтинга рабочей программы дисциплины

4.2.1. Критерии оценивания по оценочному средству *Задачи для самостоятельного решения.*

Критерии оценивания	Количество баллов (вклад в рейтинг)
Задача решена полностью без консультации с преподавателем	4
Задача решена полностью после консультации с преподавателем	2
Задача решена неверно	0

4.2.2. Критерии оценивания по оценочному средству *Темы и задания для лабораторных работ.*

Критерии оценивания	Количество баллов (вклад в рейтинг)
Выполнение 7 лабораторных работ	1
Оформлен отчет по 7 лабораторным работам	1
Защита отчета по 7 лабораторным работам	2
Максимальный балл	4

**4.2.3. Оценочное средство Контрольная работа по модулям;
Критерии оценивания по оценочному средству контрольная работа по
разделам.**

**РАЗДЕЛ 1. «Фундаментальные и феноменологические теории. Модель атома
водорода по Бору»**

Критерии оценивания	Количество баллов (вклад в рейтинг)
Верное решение 60-72 % задач	1
Верное развернутое решение 73-86 % задач	2
Верное развернутое решение 87-100 % задач	3
Максимальный балл	3

РАЗДЕЛ 2. «Элементы квантовой механики»

Критерии оценивания	Количество баллов (вклад в рейтинг)
Верное решение 60-72 % задач	1
Верное развернутое решение 73-86 % задач	2
Верное развернутое решение 87-100 % задач	3
Максимальный балл	3

РАЗДЕЛ 3. «Современная модель атома»

Критерии оценивания	Количество баллов (вклад в рейтинг)
Верное решение 60-72 % задач	1
Верное развернутое решение 73-86 % задач	2
Верное развернутое решение 87-100 % задач	3
Максимальный балл	3

5. Оценочные средства (контрольно-измерительный материалы)

5.1. Типовые вопросы к экзамену:

Квантовая и классическая физика, различия. Фундаментальные и феноменологические теории. Атомы и элементарные частицы, отличие элементарных частиц от обычных частиц. Теория бесконечной делимости вещества и ее несостоятельность. Основные физические константы классической физики. Открытие постоянной Планка. Проблемы не разрешенные классической физикой. *(раскрыть суть проблемы, показать ее неразрешимость классической физикой).*

Термодинамическая шкала. Связь температуры и средней кинетической энергии. Постоянная Больцмана, универсальная газовая постоянная. Температура с точки зрения микрофизики, основные экспериментальные результаты. Абсолютно черное и белое тело *(определения)*. Серое тело. Равновесное излучение. Законы теплового излучения.

Модель абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина. Закон излучения Планка. *(выводы законов с доказательством)* Ультрафиолетовая катастрофа.

Фотоэлектрический эффект, проблемы фотоэффекта не объясненные классической теорией. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Скорость и кинетическая энергия фотоэлектронов. Красная граница фотоэффекта, работа выхода. Определение постоянной Планка *(рассмотреть зависимость запирающего напряжения от частоты)*.

Единицы и физические константы. Атомная масса. Массовое число. Атомные единицы массы. Электрон – вольт. *(перевод а. е. м. в эВ)*. Основные физические константы атомной физики.

Проблема стабильности и размера атома. Модели атома Томсона и Резерфорда. Планетарная модель атома. Рассеяние α -частиц. Модель атома водорода по Бору. Трудности теории Бора.

Схема уровней энергии водородоподобного атома. Линейчатые спектры. Комбинационный принцип Ритца. Упругие и неупругие столкновения электрона с атомом.

Эксперименты, подтверждающие существование уровней энергии *(подробно опыт Франка-Герца, опора на лабораторную работу, потенциал ионизации)*. Спектры испускания и поглощения атомарного газа.

Ионизация атома. Дискретные уровни и область непрерывного спектра атома *(опора на работу Франка и Герца)*.

Линейчатые спектры. Постулаты бора. Серия Бальмера и другие серии. Постоянная Ридберга *(разные значения Ридберга, показать на примерах модели со смещенным центром масс, изотопический сдвиг)*.

Теоретическое объяснение спектра атома водорода. Экспериментальное подтверждение теории Бора. Опыты Франка и Герца *(опора на лабораторную работу Опыт Франка и Герца и ее результаты, тонкая структура, потенциал ионизации нейтрального атома)*.

Опыты Комптона, комптоновское смещение. Прямое доказательство квантовой природы излучения, комптоновская длина волны. Квантовая теория эффекта Комптона *(рассмотреть хотя бы самый простой случай центрального соударения)*.

Опыты Девиссона и Джермера. Опыты Томсона. Дифракция электронов. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства частиц. Свойства волн де Бройля.

Среднее значение. Плотность вероятности. Операторы. Собственные состояния. Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для отдельной частицы.

Электрон в «ящике», одномерный гармонический осциллятор. Квантование энергии. ψ -функция и вероятность нахождения частицы. Принцип соответствия.

Частица за потенциальным барьером. Туннельный эффект, проникаемость барьера для квантового случая *(рассмотреть переход от прямоугольного барьера к треугольному)*.

Водородоподобные атомы. Расчет энергетических уровней. Экспериментальные исследования. Потенциалы возбуждения и ионизации (опора на лабораторную работу Опыт Франка и Герца).

Спектры водородоподобных атомов. Теоретическое и экспериментальное значение постоянной Ридбергера. Поправка постоянной Ридбергера, связанная с ядром бесконечной массы. Изотопический сдвиг.

Многоэлектронные атомы, Принцип Паули, электронные оболочки. Периодическая система Менделеева. Естественная ширина спектральных линий. Соотношение неопределенностей и время жизни возбужденных атомов.

Строгое решение уравнения Шредингера.

5.2. Типовые задачи к экзамену.

Для наблюдения эффекта Зеемана кальциевая дуга помещена в магнитное поле напряженностью 20000 Э и рассматривается спектральная линия 4226.7 А. Вычислить разность длин волн для смещенной и несмещенной компонент.

При каком запирающем потенциале прекратится эмиссия фотоэлектронов с цезиевого катода, освещаемого красным светом с длиной волны 600 нм?

Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из конденсатора емкости 100 пф и катушки индуктивности 0,1 мГн. Допустим, что амплитуда напряжения электрических колебаний равна 1 мВ. Оцените величину «естественной» переменной с размерностью действия и сравните ее с постоянной Планка.

Определите радиус первой Боровской орбиты и скорость электрона на ней.

Атомарный водород освещается ультрафиолетовым излучением с длиной волны $\lambda = 1000 \text{ \AA}$. Определите длины волн линий появившихся в спектре водорода при его излучении.

Определите пределы, в которых находится энергия фотонов, соответствующих видимой части спектра.

Какой скоростью должен обладать электрон, чтобы иметь такой же импульс, как и фотон с длиной волны 0.1 нм?

Электрон, движущийся со скоростью 5000 км/с, попадает в однородное ускоряющее электрическое поле напряженностью 10 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в поле, чтобы длина волны де Бройля стала равной 10^{-10} м.

Точечный источник света мощностью $P_0=100$ Вт испускает свет с длиной волны $\lambda=400$ нм. На каком максимальном расстоянии этот источник будет замечен человеком, если глаз воспринимает свет при условии, что на сетчатку попадает $n=60$ фотонов в секунду? Диаметр зрачка $d=0,5$ см.

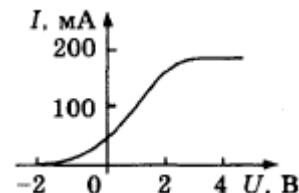
Точечный источник света мощностью $P_0=100$ Вт испускает свет с длиной волны $\lambda=400$ нм. На каком максимальном расстоянии этот источник

будет замечен человеком, если глаз воспринимает свет при условии, что на сетчатку попадает $n=60$ фотонов в секунду? Диаметр зрачка $d=0,5$ см.

Какова ширина одномерной потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками, если при переходе электрона со второго квантового уровня на первый излучается энергия 1 эВ?

Сравните длины волн де Бройля для электрона и шарика массой 0.1 г, имеющих одинаковые скорости.

Используя вольт-амперную характеристику некоторого вакуумного фотоэлемента (см. рисунок), найти работу выхода электрона из катода. Катод освещают светом с длиной волны $\lambda=3,3 \cdot 10^{-7}$ м.



На металлическую пластину, красная граница фотоэффекта для которой $\lambda_0 = 0,5$ мкм, падает фотон с длиной волны $\lambda = 0,4$ мкм. Во сколько раз скорость фотона больше скорости фотоэлектронов?

Плотность вольфрама равна $19,1 \times 10^3$ кг/м³. Относительная атомная масса вольфрама 184 а. е. м. Определите характерный размер атома вольфрама (считая атом шариком), и массу одного атома вольфрама.

Лампочка карманного фонаря потребляет мощность 1 Вт. Приняв, что эта мощность рассеивается во всех направлениях в виде излучения и что длина волны, соответствующая средней частоте равна 1 мкм, определите число фотонов, падающих на 1 кв.см. площадки, поставленной перпендикулярно к лучам на расстоянии 10 км, в течении 1 с.

Определите наибольшую длину световой волны, при которой еще может иметь место фотоэффект: для платины, для цезия.

Изобразите в масштабе схему уровней атома водорода. Указать на ней переходы, дающие серии Лаймана, Бальмера, Пашена.

Цезиевый катод фотоэлемента освещают светом натриевой лампы с длиной волны $\lambda=600$ нм. Определить скорость вырываемых из катода фотоэлектронов, если красная граница фотоэффекта для цезия $\lambda_0=650$ нм.

5.3. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

5.3.1. Темы и задания для лабораторных работ:

РАБОТА 1. ИЗУЧЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ АБСОЛЮТНО ЧЕРНОГО ТЕЛА (ПРОВЕРКА ЗАКОНА СТЕФАНА-БОЛЬЦМАНА).

1. Построить график логарифма интенсивности излучения энергии от логарифма температуры.
2. Исследовать зависимость интенсивности излучения тела от его температуры.

РАБОТА 2. ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРА АТОМА ВОДОРОДА.

1. Наблюдение видимого спектра излучения атома водорода.
2. Изучение спектральных закономерностей на основе виртуальной модели.

РАБОТА 3. ИЗУЧЕНИЕ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА.

1. Исследование зависимости фототока от разности потенциалов и длины

волны облучаемого света.

2. Определение постоянной Планка по зависимости запирающего напряжения от частоты.

РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕТОДОМ ФРАНКА И ГЕРЦА.

1. Экспериментально измерить потенциал ионизации инертного газа.
2. Определить инертный газ.

РАБОТА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ГАММА-КВАНТОВ С ПОМОЩЬЮ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА.

1. Изучить работу сцинтилляционного счетчика.
2. Исследовать энергетический спектр γ -квантов фонового излучения.

РАБОТА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОЙ ПОГЛОЩЕНИЯ И УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ.

1. Исследовать зависимость величины поглощения космического излучения от толщины поглощающего материала.
2. Изучить угловое распределение космических лучей.

РАБОТА 7. ЭФФЕКТ ХОЛЛА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ.

1. Исследовать эффект холла в германии.
2. Определить постоянную Холла.

РАБОТА 8. ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ.

1. Изучить зависимость электрического сопротивления проводников и полупроводников от температуры.
2. Вычислить температурные коэффициенты и энергию активации.

РАБОТА 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ α -ЧАСТИЦ И ДЛИНЫ ИХ ПРОБЕГА В ВОЗДУХЕ.

1. Определить длину пробега α -частиц.
2. Вычислить среднюю энергию α -частиц.

РАБОТА 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА β -ЧАСТИЦ ПО ДЛИНЕ ПРОБЕГА В МЕТАЛЛЕ.

1. Изучение энергетического спектра β -излучения.
2. Исследование длины и пробега β -излучения в металле.

5.3.2. Требования к оформлению отчета по лабораторным работам.

Отчет должен содержать следующие измеренные данные, результаты их обработки и анализа:

1. Расчетные формулы.
2. Схема измерительной установки. Обозначения.
3. Вывод расчетной формулы.
4. Результаты измерений.
5. Результаты вычислений.
6. Результаты измерений и вычислений должны быть сведены в таблицу.
7. Обсуждение и сравнение полученных результатов.
8. Оценка точности полученных результатов.
9. Выводы.
10. Список литературы.

5.3.3. Задачи для самостоятельного решения.

1. Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из конденсатора емкости 50 пф и катушки индуктивности 0,2 мГн. Допустим, что амплитуда напряжения электрических колебаний равна 1 мВ. Оцените величину «естественной» переменной с размерностью действия и сравните ее с постоянной Планка.

2. Плотность молибдена равна $10,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Относительная атомная масса молибдена 96 а. е. м. Определите характерный размер атома молибдена (считая атом шариком), и массу одного атома молибдена.

3. Антенна радиостанции излучает радиоволны на частоте 2 МГц при мощности 1 кВт. Чему равно число фотонов, испускаемых за 1 с?

4. Вычислите число фотонов, испущенных за 1 с источником с силой света 1 кд. Испускается желтый свет с длиной волны 5600 А. Мощность источника с силой света 1 кд близка к 0,01 Вт. Источник света изотропен, а наблюдатель удален на расстояние 200 м. Вычислите число фотонов, попадающих в глаз наблюдателя за 1 с, если диаметр входного зрачка глаза равен 4 мм.

5. Точечный источник света мощностью $P_0=10 \text{ Вт}$ испускает свет с длиной волны $\lambda=500 \text{ нм}$. На каком максимальном расстоянии этот источник будет замечен человеком, если глаз воспринимает свет при условии, что на сетчатку попадает $n=60$ фотонов в секунду? Диаметр зрачка $d=0,5 \text{ см}$.

6. Радиопередатчик мощностью $P=1 \text{ МВт}$ излучает на частоте $\nu=1 \text{ МГц}$. Какова энергия в электрон-вольтах каждого излучаемого кванта? Сколько квантов излучается за каждый период колебаний электромагнитного поля?

7. Красная граница вольфрама равна 2300 А. Определите энергию электронов, вырываемых из поверхности ультрафиолетовым светом с длиной волны 1800 А.

8. Вычислите радиус первой боровской круговой орбиты электрона в атоме водорода и скорость движения электрона по этой орбите.

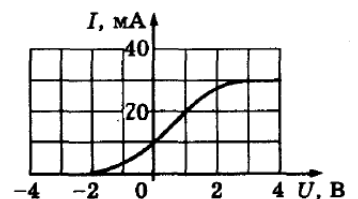
9. Длина волны видимого света лежит в интервале от 0.4 мкм до 0.75 мкм. В каком интервале заключены энергии квантов видимого света?

10. При освещении медной поверхности излучением ртутной дуги с длиной волны $\lambda=2537 \text{ А}$ величина задерживающего потенциала оказалась равной 0,24 вольта.

а) Определите красную границу для меди.

б) Используя полученные значения, определите работу, совершаемую электроном при выходе с поверхности меди.

11. Катод фотоэлемента освещают светом с длиной волны $\lambda=5000 \text{ А}$. Мощность излучения, падающего на катод $P=30 \text{ мВт}$. При этом в цепи фотоэлемента сила тока $I = 1 \text{ мА}$. Найти отношение числа падающих фотонов к числу выбитых фотоэлектронов.



12. При освещении фотоэлемента светом с длиной волны $\lambda = 1,8 \cdot 10^{-7}$ м получили вольт-амперную характеристику, показанную на рисунке. Пользуясь вольт-амперной характеристикой, определить работу выхода электронов из фотокатода; число электронов, выбиваемых из фотокатода в единицу времени.

13. Эффект Зеемана. Между полюсами электромагнита помещена кальциевая дуга. Линия $\lambda = 4226,7 \text{ \AA}$ испытывает нормальный эффект Зеемана в поле 30 тыс. эрстед. Подсчитайте:

- разность частот смещенной и несмещенной составляющих;
- разность в длинах волн этих составляющих.

14. Какой скоростью должен обладать электрон, чтобы иметь такой же импульс, как и фотон с длиной волны 0.1 нм?

15. Рассеяние рентгеновского излучения с длиной волны $0,24 \cdot 10^{-2}$ нм на электронах наблюдается под углом 30° . Найти длину волны рассеянных под этим углом фотонов и угол рассеяния электронов отдачи.

16. Электрон разогнали в электрическом поле при напряжении 30 В. Найдите длину волны де Бройля этого электрона.

17. Одномерное движение частицы в потенциальной яме. Расстояние между стенками ямы равно a и стенки ямы бесконечно высокие: внутри ямы $U=0$, а за ее пределами $U=\infty$.

18. Угол рассеяния фотона в эффекте Комптона $\Theta=90^\circ$, угол отдачи электрона $\varphi=30^\circ$. Определите энергию фотона до рассеяния.

19. **Атом водорода по Бору.** Вычислите радиус первой Боровской круговой орбиты электрона в атоме водорода и скорость движения электрона по этой орбите.

20. **Закон Стефана-Больцмана.** Получите закон Стефана-Больцмана из формулы Планка.

21. **Закон смещения Вина.** Получите закон смещения Вина из формулы Планка.

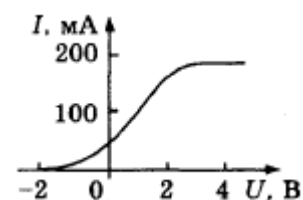
22. **Дискретность уровней.** Учитывая тот факт, что орбитальный момент частицы может принимать значения только $L = n\hbar$ (n -целое число), вычислите энергетический спектр электрона в потенциальной яме гиперболической формы - $U \sim -\frac{1}{r}$ (легкие атомы) и размеры области локализации.

23. **Дискретность уровней.** Учитывая тот факт, что орбитальный момент частицы может принимать значения только $L = n\hbar$ (n -целое число), вычислите энергетический спектр электрона в потенциальной яме параболической формы - $U \sim \frac{kr^2}{2}$ (гармонический квантовый осциллятор) и размеры области локализации.

24. **Барьерная задача.** Найти пространственное распределение волновой функции прямолинейно равномерно движущейся частицы с энергией E при наскоке ее на потенциальный барьер высоты U_0 и конечной длины b . Рассмотреть случай $E < U_0$.

5.3.4. Типовые задачи для контрольных работ.

1. Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из конденсатора емкости 10 пф и катушки индуктивности 0,1 мГн. Допустим, что амплитуда напряжения электрических колебаний равна 10 мкВ. Оцените величину «естественной» переменной с размерностью действия и сравните ее с постоянной Планка.
2. Плотность вольфрама равна $19,1 \times 10^3$ кг/м³. Относительная атомная масса вольфрама 184 а. е. м. Определите характерный размер атома вольфрама (считая атом шариком), и массу одного атома вольфрама.
3. Сколько фотонов ежесекундно испускает нить электрической лампы полезной мощности $P=1$ Вт, если длина волны излучения, соответствующей средней энергии фотона, $\lambda=1$ мкм?
4. Точечный источник света мощностью $P_0=100$ Вт испускает свет с длиной волны $\lambda=400$ нм. На каком максимальном расстоянии этот источник будет замечен человеком, если глаз воспринимает свет при условии, что на сетчатку попадает $n=60$ фотонов в секунду? Диаметр зрачка $d=0,5$ см.
5. Чувствительность сетчатки глаза к желтому свету с длиной волны $\lambda=600$ нм составляет $P=1,7 \times 10^{-18}$ Вт. Сколько фотонов должно падать ежесекундно на сетчатку, чтобы свет был воспринят?
6. На металлическую пластину, красная граница фотоэффекта для которой $\lambda_0 = 0,5$ мкм, падает фотон с длиной волны $\lambda = 0,4$ мкм. Во сколько раз скорость фотона больше скорости фотоэлектронов?
7. Цинковую пластинку освещают ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda=300$ нм. На какое максимальное расстояние от пластинки может удалиться фотоэлектрон, если вне пластинки создано задерживающее электрическое поле с напряженностью $E=10$ В/см?
8. Цезиевый катод фотоэлемента освещают светом натриевой лампы с длиной волны $\lambda=600$ нм. Определить скорость вырываемых из катода фотоэлектронов, если красная граница фотоэффекта для цезия $\lambda_0=650$ нм.
9. Вольфрамовую пластину освещают светом с длиной волны $\lambda=2000$ А. Найти максимальный импульс вылетающих из пластины электронов.
10. Используя вольт-амперную характеристику некоторого вакуумного фотоэлемента (см. рисунок), найти работу выхода электрона из катода. Катод освещают светом с длиной волны $\lambda=3,3 \cdot 10^{-7}$ м.
11. Эффект Зеемана. Между полюсами электромагнита помещена кальциевая дуга. Линия $\lambda = 4226,7$ А испытывает нормальный эффект Зеемана в поле 30 тыс. эрстед. Подсчитайте:
 - а) разность частот смещенной и несмещенной составляющих;
 - б) разность в длинах волн этих составляющих.
12. Какой скоростью должен обладать электрон, чтобы иметь такой же импульс, как и фотон с длиной волны 0.1 нм?
13. Одномерное движение частицы в потенциальной яме. Расстояние между стенками ямы равно a и стенки ямы бесконечно высокие: внутри ямы $U=0$, а за ее пределами $U=\infty$. Вычислить энергетический спектр электрона.



14. Угол рассеяния фотона в эффекте Комптона $\Theta=90^\circ$, угол отдачи электрона $\varphi=30^\circ$. Определите энергию фотона до рассеяния.

15. Учитывая тот факт, что орбитальный момент частицы может принимать значения только $L = n\hbar$ (n -целое число), вычислите энергетический спектр электрона в потенциальной яме параболической формы - $U \sim \frac{kr^2}{2}$ (гармонический квантовый осциллятор).

3.3. Анализ результатов обучения и перечень корректирующих мероприятий по дисциплине «Атомная физика».

3.3.1 Для обучающихся по программе бакалавриата 44.03.01 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), профиль «Физика» по очной форме обучения, для проведения анализа учебных достижений \square студентов по дисциплине применяются:

1. Тестирование.
2. Лабораторные работы.
3. Решение задач.
4. Домашнее задание.
5. Отчет по лабораторным работам.
6. Мониторинг посещаемости занятий и качества выполнения студентами
 1. практических работ (в т. ч. индивидуальной, СР).
7. Рейтинговый контроль знаний студентов.
8. Публикация, доклад, презентация, представление и т.п. результатов учебной,
 2. просветительской и научно-исследовательской работы по теме,
 3. определенной преподавателем.
9. Самостоятельная работа.
10. Индивидуальная работа.

4. УЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ

4.1. КАРТА ЛИТЕРАТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ “АТОМНАЯ ФИЗИКА”.

для обучающихся по образовательной программе

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование, профиль
образовательной программы Физика

по очной форме обучения

Наименование	Место хранения/ электронный адрес	Кол-во экземпляров/т очек доступа
<i>РАЗДЕЛ 1 «Фундаментальные и феноменологические теории. Модель атома водорода по Бору»</i>		
Основная литература		
Чиганов, Андрей Семёнович. Введение в атомную (квантовую) физику [Текст] : курс лекций / А. С. Чиганов. - Красноярск : КГПУ им. В. П. Астафьева, 2010. - 180 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	53
Иродов, Игорь Евгеньевич. Квантовая физика. Основные законы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Иродов И.Е. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2002. - 272 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	51
Дополнительная литература		
Вихман, Э. Квантовая физика [Текст] : курс лекций. Т. IV / Э. Вихман; Пер. с англ. А. И. Шальникова, А. О. Вайсенберга. - М. : Наука, 1974. - 415 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	44
Савельев, Игорь Владимирович. Курс общей физики [Текст] : в 3-х т. / И. В. Савельев. - СПб. : Лань.. Т. 3 : Квантовая физика. Атомная физика. Физика твёрдого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебник. - 9-е изд., стер. - 2008. - (Учебники для вузов. Специальная литература).	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	6
Акоста, В. Основы современной физики [Текст] : научно-популярная литература / В. Акоста, К. Кован, Б. Грэм ; пер. с англ.: В. В. Толмачева, В. Ф. Трифонова ; ред. А. Н. Матвеева. - М. : Просвещение, 1981. - 495 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	4
<i>РАЗДЕЛ 2. «Элементы квантовой механики»</i>		
Основная литература		
Чиганов, Андрей Семёнович. Введение в атомную (квантовую) физику [Текст] : курс лекций / А. С. Чиганов. - Красноярск : КГПУ им. В. П. Астафьева, 2010. - 180 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	53
Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика : учебник : в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. - 2-е изд., испр. - Минск : Вышэйшая школа, 2014. - Ч. 2. Оптика.	ЭБС «Университетская	Индивидуальн ый неограниченны

Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества. - 232 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-985-06-2506-9 (ч. 2). - ISBN 978-985-06-2507-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=460883	библиотека онлайн»	й доступ
Дополнительная литература		
Борн, М. Лекции по атомной механике / М. Борн. - Харьков ; Киев : , 1934. - Т. 1. - 315 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=119776	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	Индивидуальный неограниченный доступ
Пинский, А.А. Основы физики : учебник / А.А. Пинский, Б.М. Яворский ; ред. Ю.И. Дик. - 5-е изд., стереот. - Москва : Физматлит, 2003. - Т. 2. Колебания и волны. Квантовая физика. Физика ядра и элементарных частиц. - 551 с. - ISBN 5-9221-0383-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82665	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	Индивидуальный неограниченный доступ
Физика [Текст] : учеб. для 11 кл. шк. и кл. с углубл. изуч. физики / А.Т. Глазунов, О.Ф. Кабардин, А.Н. Малинин; Ред. А.А. Пинский. - 7-е изд. - М. : Просвещение, 2002. - 432 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	5
<i>РАЗДЕЛ 3. «Современная модель атома»</i>		
Основная литература		
Чиганов, Андрей Семёнович. Введение в атомную (квантовую) физику [Текст] : курс лекций / А. С. Чиганов. - Красноярск : КГПУ им. В. П. Астафьева, 2010. - 180 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	53
Зисман, Гирш Абрамович. Курс общей физики [Текст] : в 3-х томах / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. - М. : Наука. Т. III : Оптика, физика атомов и молекул, физика атомного ядра и микрочастиц : учебное пособие для студентов вузов. - 5-е изд., стереотип. - 1972. - 496 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	8
Дополнительная литература		
Борн, М. Лекции по атомной механике / М. Борн. - Харьков ; Киев : , 1934. - Т. 1. - 315 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=119776	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	Индивидуальный неограниченный доступ
Вихман, Э. Квантовая физика [Текст] : курс лекций. Т. IV / Э. Вихман; Пер. с англ. А. И. Шальникова, А. О. Вайсенберга. - М. : Наука, 1974. - 415 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	44
Информационные справочные системы и профессиональные базы данных		
Гарант [Электронный ресурс]: информационно-правовое обеспечение : справочная правовая	Научная библиотека	локальная сеть вуза

4.2. Карта материально-технической базы дисциплины «Атомная физика»

для обучающихся по образовательной программе
Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование, профиль
образовательной программы Физика
по очной форме обучения

Аудитория	Оборудование наглядные пособия, макеты, модели, лабораторное оборудование, компьютеры, интерактивные доски, проекторы, программное обеспечение
Лекционные аудитории	
660049, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Перенсона 7 (корпус №4), № 2-11	<ul style="list-style-type: none">• мультимедиапроектор;• доска маркерная;• доска меловая.
660049, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Перенсона 7 (корпус №4), № 2-13	<ul style="list-style-type: none">• мультимедиапроектор;• доска маркерная – 2 шт.;• интерактивная доска;
Аудитории для практических и лабораторных занятий	
660049, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Перенсона 7 (корпус №4), № 4-03	<ul style="list-style-type: none">• комплект демонстрационного оборудования по квантовой физике;• комплект лабораторных работ ФПК для квантовой физики;• компьютер с выходом в интернет – 4 шт.