

Министерство науки и высшего образования 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

Квантовая механика

Направление подготовки:
44.03.01 Педагогическое образование

направленность (профиль) образовательной программы
Физика

Квалификация (степень) выпускника

БАКАЛАВР

Красноярск, 2019

Рабочая программа дисциплины «Квантовая механика» составлена доктором физико-математических наук, профессором кафедры физики и методики обучения физике В.М.Логиновым

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании выпускающей кафедры физики и методики обучения физике
протокол № __08__ от «_11_»__апреля____2019 г.

Заведующий кафедрой



В.И. Тесленко

Одобрено НМСС(Н) Института математики, физики и информатики
протокол № _8__ от «_16_»__мая____2019 г.

Председатель



С.В. Бортновский

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая рабочая программа дисциплины (далее программа) разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриатом (ФГОС 3++) по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 февраля 2018 г. № 121 (зарегистрирован в Минюсте России 15 марта 2018 г. № 50362), с учетом профессиональных стандартов 01.001 Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель), утвержденного приказом Минтруда России от 18.10.2013 № 544н (с изм. от 05.08.2016) (зарегистрирован в Минюсте России 06 декабря 2013 г. № 30550), 01.003 Педагог дополнительного образования детей и взрослых, утвержденного приказом Минтруда России от 08.09.2015 № 613н (зарегистрирован в Минюсте России 24 сентября 2015 г. № 38994), согласно учебного плана подготовки бакалавров по направлению 44.03.01 Педагогическое образование, направленность (профиль) Физика.

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана (индекс Б1.ОДП.05.01.02.02).

Дисциплина «Квантовая механика» изучает экспериментальные и теоретические методы изучения явлений микромира, включая проявления квантовых свойств атомов и молекул, процессы излучения и поглощения света, взаимодействие атомов с электромагнитным полем. В данной программе акцент делается на базовых методах теоретического описания квантовых явлений в нерелятивистском приближении. В процессе изучения данного раздела студенты видят как физические теории дают адекватные ответы на поведение квантовых частиц в заданных условиях, у студентов развивается естественнонаучное мировоззрение на познаваемость окружающего мира, возникает понимание практической значимости квантовой физики для технологического прогресса человеческой цивилизации.

1.2. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётных единиц (108 час.), относится к вариативной части учебного плана образовательной программы. Количество часов, отведенных на контактную работу (различные формы аудиторной работы) с преподавателем составляет 36.3 часа, на внеаудиторную работу студента отводится 71.63 часа.

1.3. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций при изучении основ квантовой теории. Целью преподавания данного курса является необходимость сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину квантовых

явлений в нерелятивистском приближении, как части естественнонаучной картины мира, и умений их использовать в образовательной деятельности.

Создание такой картины происходит поэтапно, путем обобщения экспериментальных данных, на их основе построение математических моделей наблюдаемых явлений, со строгим обоснованием приближений и рамок, в которых эти модели действуют. Необходимо научить студентов основам математических постановок задач, проведения расчетов с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

1.4. Планируемые результаты обучения.

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - Способен участвовать в разработке основных и дополнительных образовательных программ, разрабатывать отдельные их компоненты (в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий);

ОПК-5 - Способен осуществлять контроль и оценку формирования результатов образования обучающихся, выявлять и корректировать трудности в обучении;

ПК-2- Способен поддерживать образцы и ценности социального поведения, навыки поведения в мире виртуальной реальности и социальных сетях.

Таблица 1.

«Планируемые результаты обучения»

Задачи освоения дисциплины	Планируемые результаты обучения по дисциплине (дескрипторы)	Код результата обучения (компетенция)
Задача Получение базовых знаний, освоение методов решения физических задач, теоретических навыков объяснения явлений физики микромира.	Знать: - Фундаментальные представления квантовой механики и используемые математические методы; - границы применимости квантовой теории; Физические основы, используемые для объяснения квантовых явлений; - Методики решения типовых задач.	Проекция задачи на компетенции ОПК-2, ОПК-5, ПК-2.
	Уметь: -Использовать базовые представления квантовой физики для объяснения структуры спектров и свойств атомов; -аргументировать научную позицию при анализе информации предметной области; - структурировать информацию о явлениях микромира, используя научный метод исследования; - применять разнообразные методики (физические и математические)	

	решения типовых задач.	
	Владеть: -основами теоретического и математического аппарата квантовой механики; - методикой образовательной и культурно-просветительской деятельности в области физики микромира; -методиками решения задач; -навыками решения задач, с помощью специализированных математических пакетов Scilab, Octave и др.	

1.5. Контроль результатов освоения дисциплины.

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

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

1.6. Перечень образовательных технологий, используемых при освоении дисциплины

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

3. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

3.1.1. Технологическая карта обучения дисциплине «Квантовая механика»

(общая трудоемкость дисциплины 3 з.е.)

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторных часов				Внеаудиторных часов	Формы контроля	
		всего	Лекций	КРЭ	Лаборат. работ			
Модуль 1. Математические основания квантовой механики и базовые модели								
1.1. Основные положения и понятия квантовой механики. Волновая функция. Операторы физических величин. Спектральная задача. Явный вид операторов физических величин. Состояния с определенными значениями физической величины. Соотношение неопределенностей.	14	4	2		2	10	Устный опрос. Решение физических задач. Контрольная работа	
1.2 Квантовая динамика. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Уравнение непрерывности. Динамика средних физических величин. Теоремы Эренфеста. Законы сохранения. Связь симметрии с интегралами движения.	18,67	4	2		2	14,67	Устный опрос. Решение физических задач. Контрольная работа	
1.3. Гармонический осциллятор. Описание на языке операторов рождения и	12	4	2		2	8	Устный опрос. Решение	

уничтожения. Спектр энергии, главное квантовое число. Волновые функции. Сравнение классического и квантового гармонических осцилляторов. Теорема вириала. Правила отбора. Интенсивность дипольного излучения.							физических задач. Контрольная работа
1.4.1. Прямоугольная потенциальная яма (стационарные состояния). Прохождение частицы через прямоугольный потенциальный барьер. Коэффициенты прохождения и отражения.	8	2	1		1	6	Устный опрос. Решение физических задач. Контрольная работа
1.4.2. Движение частицы в сферически-симметричном поле (дискретный спектр). Собственные значения (главное квантовое число, орбитальное квантовое число,	8	2	1		1	6	Устный опрос. Решение физических задач. Контрольная работа

магнитное квантовое число) и собственные функции (сферические и радиальные). Представление о «квантовых орбитах».							
Модуль 2. Описание конкретных микросистем							
2.1. Движение частицы в кулоновском поле (дискретный спектр). Атом водорода. Спектральные серии Лаймана, Бальмера, Пашена. Спектры водородоподобных атомов.	8	2	2		2	6	Устный опрос. Решение физических задач. Контрольная работа
2.2. Спин электрона. Уравнение Паули. Эффект Зеемана.	8	2	2		2	6	Устный опрос. Решение физических задач.
2.3. Опыт Штерна и Герлаха	7	2	2		2	5	Устный опрос. Решение физических задач.
2.4. Теория возмущений без вырождения. Теория возмущений с вырождением. Пример. Расщепление двукратно вырожденного уровня.	8	2	2		2	6	Устный опрос. Решение физических задач.

							Контрольная работа
2.5. Тожественные частицы. Симметрия волновой функции тождественных частиц. Бозоны, фермионы. Принцип Паули. Гелиеподобный атом.	8.33	4.33	2	0.33	2	4	Устный опрос. Решение физических задач.
Итого	108	36.33	18	0.33	18	71.67	

3.1.2. Содержание основных разделов и тем дисциплины Модуль 1.

Тема 1.1. Основные положения и понятия квантовой механики.

Волновая функция Операторы физических величин Спектральная задача Явный вид операторов физических величин Состояния с определенными значениями физической величины Соотношение неопределенностей.

Тема 1. 2. Квантовая динамика Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Уравнение непрерывности. Динамика средних физических величин. Теоремы Эренфеста. Законы сохранения. Связь симметрии с интегралами движения.

Тема 1.3. Гармонический осциллятор. Описание на языке операторов рождения и уничтожения. Спектр энергии, главное квантовое число. Волновые функции. Сравнение классического и квантового гармонических осцилляторов. Теорема вириала. Правила отбора. Интенсивность дипольного излучения.

Тема 1.4.1. Прямоугольная потенциальная яма (стационарные состояния). Прохождение частицы через прямоугольный потенциальный барьер
Коэффициенты прохождения и отражения.

Тема 1.4.2. Движение частицы в сферически-симметричном поле (дискретный спектр). Собственные значения (главное квантовое число, орбитальное квантовое число, магнитное

квантовое число) и собственные функции (сферические и радиальные). Представление о «квантовых орбитах».

Модуль 2

Тема 2.1. Движение частицы в кулоновском поле (дискретный спектр)

Атом водорода. Спектральные серии Лаймана, Бальмера, Пашена. Спектры водородоподобных атомов.

Тема 2.2. Спин электрона. Уравнение Паули. Эффект Зеемана

Тема 2.3. Опыт Штерна и Герлаха

Тема 2.4. Теория возмущений без вырождения. Теория возмущений с вырождением. Пример. Расщепление двукратно вырожденного уровня

Тема 2.5. Тожественные частицы.

Симметрия волновой функции тождественных частиц. Бозоны, фермионы. Принцип Паули. Гелиеподобный атом

Тема 2.6. Элементы теории излучения. Вероятности переходов под действием внешнего возмущения. Правила отбора для излучения и поглощения света атомом. Соотношение неопределенностей для энергии и времени. Естественная ширина уровней.

3.1.3. Методические рекомендации по освоению дисциплины «Квантовая механика»

Дисциплина «Квантовая механика» изучается в 7-ом семестре на 4 курсе. Основными видами учебной деятельности при изучении данной дисциплины являются: лекции, лабораторная работа, самостоятельная работа студента.

Ниже в таблице дается представление о распределении общей трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности.

Дисциплина	Общая трудоемкость	Контактная работа				Самостоятельная работа	Контроль
		Всего	лекции	Лабораторные работы	КРЭ		
Квантовая механика	108 (3 з.е.)	56.3	18	18	0.33	36	35.67

Работа с теоретическим материалом

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

На *лабораторных работах* происходит закрепление изученного теоретического материала и формирование профессиональных умений и навыков. Под руководством преподавателя студенты должны решить ряд задач, выполнять контрольные задания. Кроме того, на лабораторных занятиях могут заслушиваться доклады студентов по темам рефератов и вопросам теоретического курса, вынесенных для самостоятельного изучения.

Посещение студентами лекционных и лабораторных занятий является обязательным.

С содержанием лекционных и семинарских занятий можно познакомиться в *Рабочей программе дисциплины*, а с трудоемкостью каждой темы и семинарского 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 *Задания 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.

3.2. КОМПОНЕНТЫ МОНИТОРИНГА УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ СТУДЕНТОВ

Технологическая карта рейтинга дисциплины

БАЗОВЫЙ РАЗДЕЛ № 1.			
	Форма работы*	Количество баллов 100%	
		min	max
Текущая работа	Устный опрос	1	3
	Лабораторные работы (решение физических задач)	9	14
	Решения задач для самостоятельной работы	10	19
Промежуточный рейтинг-контроль	Контрольные задания	10	14
Итого		30	50

БАЗОВЫЙ МОДУЛЬ 2..			
	Форма работы	Количество баллов	
		min	max
Текущая работа	Устный опрос	1	3
	Лабораторные работы (решение физических задач)	9	14
	Решения задач для самостоятельной работы	10	19
Промежуточный рейтинг-контроль	Контрольные задания	10	14
Итого		30	50

Общее количество баллов по дисциплине	min	max
---------------------------------------	-----	-----

по итогам изучения всех разделов с учетом , итогового раздела		
	60	100

Соответствие рейтинговых баллов и академической оценки:

50 баллов – допуск к экзамену

60–72 – удовлетворительно

73–86 – хорошо

87–100 – отлично

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Красноярский государственный педагогический университет

им. В.П. Астафьева»

Институт математики, физики, информатики

Кафедра-разработчик: кафедра физики и методики обучения физике

УТВЕРЖДЕНО

на заседании кафедры

Протокол № 08 от «11» апреля 2019 г.



В.И. Тесленко

ОДОБРЕНО

на заседании научно-методического совета

специальности (направления подготовки)

Протокол № 8 от «16» мая 2019 г.



С.В. Бортновский

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
обучающихся по дисциплине «Квантовая механика»

Направление подготовки: 44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль) образовательной программы

Физика

Квалификация: бакалавр



Составитель:

Логинов В.М., профессор кафедры физики и
методики обучения физике

1. Назначение фонда оценочных средств

1.1. Целью создания ФОС дисциплины «Квантовая механика» является определение соответствия учебных достижений обучающихся запланированным результатам обучения и требованиям ОПОП ВО, РПД «Квантовая механика».

1.2. ФОС по дисциплине «Квантовая механика» решает задачи:

1. управление процессом приобретения обучающимися необходимых знаний, умений, навыков и формирования компетенций, определенных в ФГОС ВО «Образование и педагогические науки» по направлению бакалавриата 44.03.01 Педагогическое образование, профиль «Физика»;
2. управление процессом достижения реализации ОПОП ВО, определенных в виде набора компетенций;
3. оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины «Квантовая механика» с определением результатов и планирование корректирующих мероприятий;

4. обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс;
5. совершенствование самоконтроля и самоподготовки обучающихся.

1.3. ФОС разработан на основании нормативных документов:

✓ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование. Профиль: Физика. Квалификация: Бакалавр.

✓ 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» и его филиалах.

2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе дисциплины

2.1. Перечень компетенций, формируемых в процессе дисциплины:

ОПК-2 - Способен участвовать в разработке основных и дополнительных образовательных программ, разрабатывать отдельные их компоненты (в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий);

ОПК-5 - Способен осуществлять контроль и оценку формирования результатов образования обучающихся, выявлять и корректировать трудности в обучении;

ПК-2 - Способен поддерживать образцы и ценности социального поведения, навыки поведения в мире виртуальной реальности и социальных сетях.

2.2. Этапы формирования и оценивания компетенций

Компетенция	Дисциплины, практики, участвующие в формировании компетенции	Тип контроля	Оценочное средство/КИМы	
			номер	форма
ОПК-2 - Способен участвовать в разработке основных и дополнительных образовательных программ, разрабатывать отдельные их компоненты (в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий);	Модуль 1 "Мировоззренческий"	текущий контроль	6.1	Ответ на вопросы
	Модуль 2 "Коммуникативный"	текущий контроль	6.2	Задачи
	Модуль 5 "Учебно-исследовательский"	промежуточная аттестация	6.3	Контрольная
	Модуль 6 "Теоретические основы профессиональной деятельности"	промежуточная аттестация	6.4	экзамен
	Модуль 7 "Педагогическая интернатура"			
	Модуль 9 "Предметно-методический"			
	Модуль 10 "Предметно-теоретический"			

	Производственная практика: междисциплинарный практикум Производственная практика: педагогическая практика Учебная практика Государственная итоговая аттестация			
--	--	--	--	--

Компетенция	Дисциплины, практики, участвующие в формировании компетенции	Тип контроля	Оценочное средство/КИМы	
			номер	форма
ОПК-5 - Способен осуществлять контроль и оценку формирования результатов образования обучающихся, выявлять и корректировать трудности в обучении.	Модуль 1 "Мировоззренческий"	текущий контроль	6.1	Ответ на вопросы
	Модуль 2 "Коммуникативный"	текущий контроль	6.2	Задачи
	Модуль 5 "Учебно-исследовательский"	промежуточная аттестация	6.3	Контроль ая
	Модуль 6 "Теоретические основы профессиональной деятельности"	промежуточная аттестация	6.4	экзамен
	Модуль 7 "Педагогическая интернатура"			
	Модуль 9 "Предметно-методический"			
	Модуль 10 "Предметно-теоретический"			
	Производственная практика: междисциплинарный практикум Производственная практика: педагогическая практика Учебная практика			

	Государственная итоговая аттестация			
--	--	--	--	--

ПК-2 - Способен участвовать в разработке основных и дополнительных образовательных программ, разрабатывать отдельные их компоненты (в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий).	Модуль 1 "Мировоззренческий"	текущий контроль	6.1	Ответ на вопросы
	Модуль 2 "Коммуникативный"	текущий контроль	6.2	Задачи
	Модуль 5 "Учебно-исследовательский"	промежуточная аттестация	6.3	Контроль
	Модуль 6 "Теоретические основы профессиональной деятельности"	промежуточная аттестация	6.4	я экзамен
	Модуль 7 "Педагогическая интернатура"			
	Модуль 9 "Предметно-методический"			
	Модуль 10 "Предметно-теоретический"			
	Производственная практика: междисциплинарный практикум			
	Производственная практика: педагогическая практика			
	Учебная практика			
	Государственная итоговая аттестация			

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации

3.1. Фонды оценочных средств включают: *Вопросы к экзамену, Вопросы для самостоятельной работы, Задачи для самостоятельной работы, Контрольные задания.*

3.2. Оценочные средства

3.2.1. Оценочное средство *Вопросы к экзамену*

Критерии оценивания по оценочному средству *Вопросы к экзамену*

компетенции	сформированности компетенций	сформированности компетенций	сформированности компетенций
	(87-100 баллов) отлично	(73-86 баллов) хорошо	(60-72 баллов) удовлетворительно
ОПК-2, ОПК-5, ПК-2.	Ответ на вопросы экзаменационного билета полный, правильный, показывает, что обучающийся правильно и исчерпывающе раскрывает содержание вопросов, конкретизирует их фактическим материалом.	Ответ на вопросы экзаменационного билета удовлетворяет уже названным требованиям, но есть неточности в изложении фактов, определении понятий, объяснении взаимосвязей. Однако, обучающийся может легко устранить неточности по дополнительным и наводящим вопросам преподавателя.	Ответ на вопрос экзаменационного билета в целом правильный, но нечетко формулируются понятия, имеют место затруднения в самостоятельном объяснении взаимосвязей, непоследовательно излагается материал

* Менее 60 баллов – компетенция не сформирована.

3.2.2. Оценочное средство *Контрольные задания*

Критерии оценивания по оценочному средству *Контрольные задания*

Формируемые компетенции	Высокий уровень сформированности компетенций	Продвинутый уровень сформированности компетенций	Базовый уровень сформированности компетенций
	(87-100 баллов) отлично/зачтено	(73-86 баллов) хорошо /зачтено	(60-72 баллов) удовлетворительно/зачтено
ОПК-2, ОПК-5, ПК-2.	18-20 верно решенных контрольных заданий (задач)	15 –17 верно решенных контрольных заданий (задач)	10 –14 верно решенных контрольных заданий (задач)
Максимальный балл в 2 модулях		28 (100% для данного оценочного средства)	

* Менее 60 баллов – компетенция не сформирована.

4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости

4.1. Фонды оценочных средств включают: *Перечень вопросов для самостоятельной работы, Задачи для самостоятельного решения* (в соответствии с Технологической картой рейтинга дисциплины Рабочей программы дисциплины).

4.2.1. Критерии оценивания по оценочному средству *Перечень вопросов для самостоятельной работы*. Критерии оценивания

Критерии оценивания	Количество баллов (вклад в рейтинг)
Студент свободно владеет содержанием заданной темы, ясно и грамотно излагает материал, четко отвечает на дополнительные вопросы	2
Студент хорошо владеет содержанием заданной темы, последовательно излагает материал, затрудняется ответить на некоторые дополнительные вопросы	1
Студент плохо владеет содержанием, излагает материал не последовательно, затрудняется ответить на большинство вопросов	0
Максимальный балл в двух модулях	6

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

Критерии оценивания	Количество баллов (вклад в рейтинг)
Задача решена полностью без консультации с преподавателем	2
Задача решена полностью после консультации с преподавателем	1
Задача решена не верно	0
Максимальный балл за все задачи (20 задач)	38

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение фондов оценочных средств

1. Р. Фейнман, Фейнмановские лекции по физике [Текст] : курс лекций. Вып. 8,9. Квантовая механика / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс; Пер. с англ. Г. И. Копылова, Ред. Я. А. Смородинского. - 2-е изд. - М. : Мир, 1978
2. Соколов, А. А. Квантовая механика [Текст]: учебное пособие / А. А. Соколов, И. М. Тернов, В. Ч. Жуковский. - М. : Наука, 1979. - 528 с
3. Блохинцев Д.Д. Основы квантовой механики, М: Наука. 1976.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая Механика.-М.: Наука, 2001. т.3.
5. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Квантовая физика. Вводный курс .-М.: ИКИ, 2002.

6. Трейман С. Этот странный квантовый мир. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.

6. Оценочные средства (контрольно-измерительные материалы)

6.1. Перечень вопросов для самостоятельной работы

1. Что такое оператор? Примеры.
2. Область определения оператора.
3. Как произведение операторов действует на функцию?
4. Определение коммутатора.
5. Какие операторы используются в квантовой механике?
6. Линейность оператора. Примеры.
7. Самосопряженность (эрмитовость) оператора.
8. Операторное уравнение.
9. Собственное значение оператора.
10. Спектр собственных значений. Примеры.
11. Собственная функция.
12. Теорема о собственных значениях самосопряженного оператора.
13. Теорема об ортогональности собственных функций.
14. Ортонормированность собственных функций.
15. Вырождение. Кратность вырождения.
16. Теорема о линейной комбинации вырожденных функций.
17. Теоремы для операторов, имеющих общую систему собственных функций.
18. Теорема для коммутирующих операторов.
19. Постулат квантовой механики о собственных значениях оператора.
20. Гипотеза Планка. 1900 г.
21. Гипотеза Эйнштейна. 1905 г.
22. Эффект Комптона.
23. Опыты Резерфорда.
24. Опыты Франка и Герца.
25. Корпускулярно-волновой дуализм.
26. Дифракция электронов.
27. Волны де Бройля.
28. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.
29. Стационарное уравнение Шредингера.
30. Плотность вероятности. Вероятность.
31. Принцип суперпозиции.
32. Физический смысл квадрата модуля амплитуд $|c_n|^2$.
33. Среднее значение физической величины.
34. Теорема о среднем значении физической величины.
35. Операторы координаты и импульса, коммутационные соотношения.
36. Собственные значения и собственные функции оператора проекции импульса
37. Дельта-функция Дирака.
38. Коммутационные соотношения для операторов M_x, M_y, M_z .
39. Оператор проекции момента импульса M_z в сферических координатах.
40. Оператор проекции момента импульса M^2 в сферических координатах.
41. Сферические функции.

42. Полиномы Лежандра.
43. Собственные значения и собственные функции оператора M_z .
44. Собственные значения и собственные функции оператора кинетической энергии.
45. Оператор полной энергии частицы.
46. Гамильтониан частицы в электромагнитном поле.
47. Гамильтониан системы частиц.
48. Принцип причинности в квантовой механике.
49. Нестационарное уравнение Шредингера.
50. Плотность вероятности, вектор плотности потока вероятности.
51. Уравнение непрерывности в квантовой механике.
52. Производная среднего значения физической величины.
53. Производная оператора по времени. Уравнение движения.
54. Понятие интеграла движения.
55. Интегралы движения и законы сохранения.
56. Связь между операторами скорости и импульса.
57. Связь между операторами импульса и силы.
58. Теоремы Эренфеста.
59. Принцип соответствия.
60. Функция действия в механике.
61. Выражение волновой функции через функцию действия.
62. Уравнение Гамильтона-Якоби.
63. Предельный переход к классической механике.
64. Теорема о сохранении динамической переменной.
65. Оператор смещения во времени.
66. Следствие однородности времени?
67. Оператор смещения в пространстве.
68. Следствие однородности пространства?
69. Оператор поворота.
70. Следствие изотропии пространства?
71. Уравнение Шредингера для частицы в потенциальной яме.
72. Условия "сшивки" волновых функций.
73. E в случае $U \rightarrow \infty$.
74. Волновая функция частицы в прямоугольной яме.
75. Квадрат модуля волновой функции частицы в прямоугольной яме.
76. Уравнение Шредингера для потенциального барьера.
77. Условия "сшивки" волновой функции в случае потенциального барьера.
78. Коэффициент прозрачности (прохождения).
79. Туннельный эффект.
80. Надбарьерное отражение.
81. Радиальное уравнение Шредингера.
82. Энергетический спектр атома водорода.
83. Волновые функции в случае атома водорода.
84. Классификация состояний с помощью квантовых чисел.
85. Спин электрона.
86. Матрицы Паули.
87. Уравнение Паули.
88. Снятие вырождения в электрических и магнитных полях.
89. Запутанные состояния.
90. Квантовые компьютеры.
91. Квантовые точки.

ОПЕРАТОРЫ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

§ 1. Основные понятия теории линейных операторов

1.1. Рассмотреть следующие операторы $(-\infty \leq x < +\infty)$:а) отражения I : $I\Psi(x) \equiv \Psi(-x)$;б) сдвига T_a : $T_a\Psi(x) \equiv \Psi(x+a)$;в) изменения масштаба $\hat{M}_c$: $\hat{M}_c\Psi(x) \equiv \sqrt{c} \Psi(cx)$, $c > 0$;г) комплексного сопряжения K : $K\Psi(x) \equiv \Psi^*(x)$.

Являются ли эти операторы линейными?

Найти вид операторов, которые по отношению к указанным являются: транспонированными, комплексно сопряженными, эрмитово сопряженными, обратными.

1.2. Для указанных ниже операторов найти операторы, которые по отношению к ним являются транспонированными, комплексно сопряженными, эрмитово сопряженными:

а) id/dx , $-\infty < x < +\infty$;б) $i\partial/\partial r$, r — радиальная переменная сферической системы координат $(0 \leq r < \infty)$

§ 2. Собственные функции, собственные значения, средние

1.19. В состоянии, описываемом волновой функцией вида

$$\Psi(x) = C \exp\left[\frac{ip_0x}{\hbar} - \frac{(x-x_0)^2}{2a^2}\right],$$

где p_0 , x_0 , a — вещественные параметры, найти функцию распределения по координатам частицы. Определить средние значения и флуктуации координаты и импульса частицы.

1.20. Волновая функция состояния частицы имеет вид

$$\Psi(x) = C \exp(ip_0x/\hbar) \varphi(x),$$

 $\varphi(x)$ — вещественная функция. Показать, что p_0 — средний импульс частицы в рассматриваемом состоянии.

1.21. Показать, что среднее значение дипольного момента системы заряженных частиц в состоянии, характеризующемся определенной четностью, равно нулю.

1.31. В состоянии квантовомеханической системы, описываемой волновой функцией Ψ_A , физическая величина A имеет определенное значение. Имеет ли в этом состоянии определенное значение также и величина B в случаях, если операторы $\hat{A}$ и $\hat{B}$:

а) не коммутируют; б) коммутируют?

1.32. Показать, что операторы компонент радиуса-вектора $\hat{\mathbf{r}}$ и импульса $\hat{\mathbf{p}}$ частицы антикоммутируют с оператором отражения $\hat{I}$, а операторы компонент момента $\hat{\mathbf{L}}$ коммутируют с $\hat{I}$.

ОДНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

§ 1. Стационарные состояния дискретного спектра

2.1. Найти энергетические уровни и нормированные волновые функции стационарных состояний частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме ширины a , т. е.

$$U(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < a, \\ \infty, & x < 0, \quad x > a. \end{cases}$$

Выяснить свойства симметрии полученных функций при инверсии координат относительно центра ямы (преобразование вида $x \rightarrow x' = -x + a$).

2.2. В стационарных состояниях частицы из предыдущей задачи найти функцию распределения по координатам и импульсам частицы, средние значения этих величин и их флуктуации.

2.3. Найти среднюю кинетическую энергию и ее флуктуацию в стационарных состояниях из 2.1.

2.4. Состояние частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме ширины a ($0 < x < a$) описывается волновой функцией вида:

а) $\Psi(x) = Ax(x-a)$; б) $\Psi(x) = B \sin^2(\pi x/a)$.

Найти распределение вероятностей различных значений энергии частицы, среднее значение и среднюю квадратичную флуктуацию энергии.

§ 2. Состояния непрерывного спектра. Прохождение через потенциальные барьеры

2.43. Для свободной частицы, движение которой ограничено непроницаемой стенкой, т. е.

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0, \\ 0, & x > 0, \end{cases}$$

найти волновые функции стационарных состояний. Нормировать их на δ -функцию по энергии. Убедиться в полноте полученной системы функций на интервале $x > 0$.

2.44. Найти волновые функции стационарных состояний частицы в поле (рис. 10)

$$U(x) = \begin{cases} 0, & x < 0, \\ U_0, & x > 0 \end{cases} \quad (U_0 > 0),$$

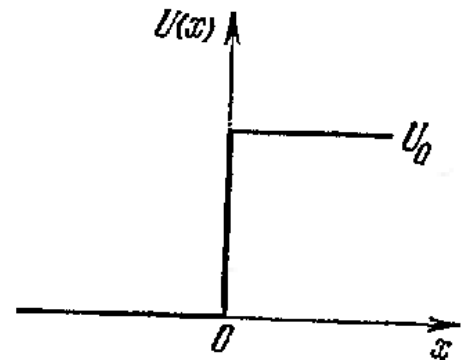


Рис. 10.

для случая, когда энергия частицы E меньше высоты потенциальной стенки U_0 . Убедиться в ортогональности полученных функций и нормировать их на δ -функцию по энергии. Образуют ли полученные функции полную систему?

2.48. Найти коэффициент прохождения частиц через прямоугольный потенциальный барьер (рис. 12)

$$U(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \text{ и } x > a, \\ U_0, & 0 < x < a \end{cases} \quad (U_0 > 0).$$

Специально обсудить следующие частные случаи:

- а) $E \rightarrow \infty$ (фактически $E \gg U_0$);
- б) случай барьера малой прозрачности $(U_0 - E)ma^2/\hbar^2 \gg 1$;
- в) $E \rightarrow 0$ (фактически $E \ll ma^2U_0^2/\hbar^2$ и $E \ll U_0$);
- г) $ma^2U_0/\hbar^2 \ll 1$ и $ma^2E/\hbar^2 \ll 1$.

3.2. Дать простую интерпретацию коммутативности операторов проекций импульса и некоммутативности операторов проекций момента импульса, исходя из кинематического смысла этих операторов, связанного с бесконечно малыми переносами и поворотами.

3.3. Показать, что равенство $L^2 = l(l+1)$ получается с помощью элементарных формул теории вероятностей, исходя из того, что возможные проекции момента на произвольную ось равны m ($m = -l, -l+1, \dots, l$) и все эти значения проекции момента равновероятны, а оси равноправны.

3.35. Каков спектр физической величины, представляющей собой квадрат векторного произведения двух моментов L_1 и L_2 ?

4.8. Найти энергетические уровни и волновые функции стационарных состояний частицы в бесконечно глубокой двумерной потенциальной яме

$$U(\rho) = \begin{cases} 0, & \rho \leq a, \\ \infty, & \rho > a. \end{cases}$$

4.30. Найти среднее электрическое поле атома водорода в $2p$ -состоянии с определенным значением $m=0$ проекции момента электрона на ось z на больших расстояниях от атома.

4.31. Найти среднее электрическое поле и его флуктуацию (флуктуацию компонент поля) на больших расстояниях от атома водорода, находящегося в основном состоянии.

Обратить внимание на характер убывания найденных величин с увеличением расстояния.

§ 1. Формализм спина $s = 1/2$

5.1. Для частицы со спином $s = 1/2$ найти из решения задачи на собственные функции и собственные значения спинорные функции $\Psi_{s,l}$ ($l = 1, 2, 3$), описывающие состояния частицы с определенной проекцией спина на оси x, y, z системы координат.

5.3. Найти собственные значения оператора $\hat{f} = a + b\hat{\sigma}$ (a — число, b — обычный вектор, $\hat{\sigma}$ — матрицы Паули).

5.4. Могут ли квадраты проекций электронного спина на оси x, y, z иметь одновременно определенные значения?

§ 1. Бесспиновая заряженная частица в магнитном поле

6.1. Показать, что при определенной калибровке векторного потенциала гамильтониан заряженной частицы в магнитном поле *)

$$\hat{H} = \frac{1}{2\mu} \left(\hat{\mathbf{p}} - \frac{e}{c} \mathbf{A}(\mathbf{r}) \right)^2$$

можно представить в виде

$$\hat{H} = \frac{\hat{\mathbf{p}}^2}{2\mu} - \frac{e}{\mu c} \mathbf{A} \hat{p} + \frac{e^2}{2\mu c^2} A^2.$$

7.18. Гармонический осциллятор при $t=0$ находится в состоянии, описываемом волновой функцией вида

$$\Psi(x, t=0) = A \exp \left[-\frac{(x-x_0)^2}{2a^2} + \frac{ip_0 x}{\hbar} \right],$$

где $a = (\hbar/m\omega)^{1/2}$. Найти изменение состояния осциллятора во времени и следующие средние: $\overline{x(t)}$, $\overline{p(t)}$, $\overline{(\Delta x(t))^2}$, $\overline{(\Delta p(t))^2}$

§ 1. Стационарная теория возмущений

8.1. Для частицы, находящейся в бесконечно глубокой потенциальной яме ширины a ($0 < x < a$), найти в первом

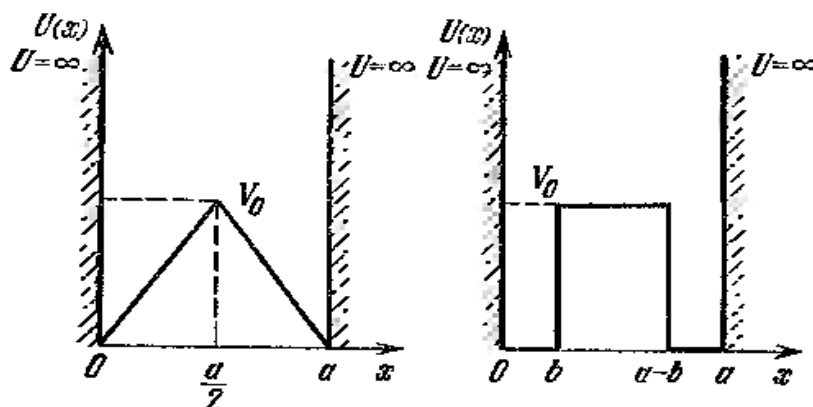


Рис. 16.

порядке теории возмущений смещение энергетических уровней под действием возмущения вида (рис. 16):

а) $V(x) = \frac{V_0}{a} (a - |2x - a|)$;

б) $V(x) = \begin{cases} V_0, & b < x < a - b, \\ 0, & 0 < x < b, \quad a - b < x < a. \end{cases}$

Указать условия применимости полученного результата,

10.5. Три тождественных бозона со спином $s = 1$ находятся в одинаковых орбитальных состояниях, описываемых волновыми функциями $\varphi(\mathbf{r})$. Написать нормированные волновые функции возможных независимых состояний системы указанного вида с учетом спиновых степеней свободы. Каково число таких состояний?

10.6. Три одинаковых, слабо взаимодействующих друг с другом бозона со спином $s = 0$ находятся в стационарных состояниях с одинаковыми квантовыми числами n , и l , причем $l = 1$, в некотором центральном поле. Каково число различных состояний системы указанного вида?

10.12. Как известно, в задаче двух тел движение центра масс и относительное движение независимы. Убедиться в том, что условие симметрии волновой функции системы тождественных частиц по отношению к их перестановке не нарушает этой независимости.

8.4. Представим гамильтониан осциллятора в виде

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{kx^2}{2} + \frac{\alpha x^2}{2}.$$

Рассматривая формально слагаемое $\alpha x^2/2$ как возмущение, рассчитать в первых двух порядках теории возмущений сдвиг энергетических уровней осциллятора. Ответ сравнить с точным решением. Каково условие сходимости ряда теории возмущений?

6.3. Контрольные задания (примеры контрольных заданий)

1. Определить уровни энергии и нормированные волновые функции частицы, находящейся в «потенциальном ящике». Потенциальная энергия частицы $V = \infty$ при $x < 0$ и при $x > a$,

$$V = 0 \quad \text{при} \quad 0 < x < a.$$

2. Показать, что для частицы, находящейся в «потенциальном ящике» (см. предыдущую задачу), имеют место соотношения:

$$\bar{x} = \frac{1}{2} a, \quad \overline{(x - \bar{x})^2} = \frac{a^2}{12} \left(1 - \frac{6}{n^2 \pi^2} \right).$$

Доказать, что для больших значений n последний результат совпадает с соответствующим классическим.

7. Частица движется в потенциальном поле $V(x) = \frac{\mu \omega^2 x^2}{2}$.

Определить вероятность нахождения частицы вне классических границ для основного состояния.

16. Определить зоны разрешенной энергии для частицы, движущейся в периодическом потенциальном поле, изобра-

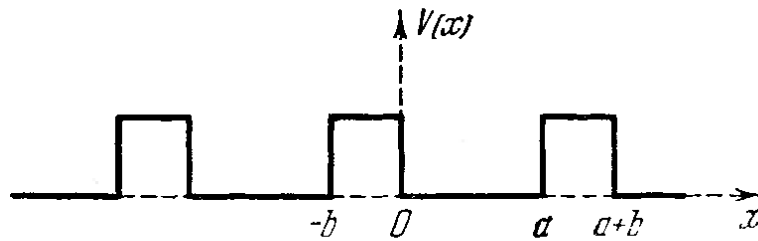


Рис. 5.

женном на рис. 5. Исследовать предельный случай $V_0 \rightarrow \infty$, $b \rightarrow 0$ при условии, что

$$V_0 b = \text{const.}$$

1. При изучении эмиссии электронов металлами необходимо принять во внимание то обстоятельство, что электроны с энергией, достаточной для выхода из металла, согласно квантовой механике, могут отражаться от границы металла. Рассматривая одномерную модель с потенциалом $V = -V_0$

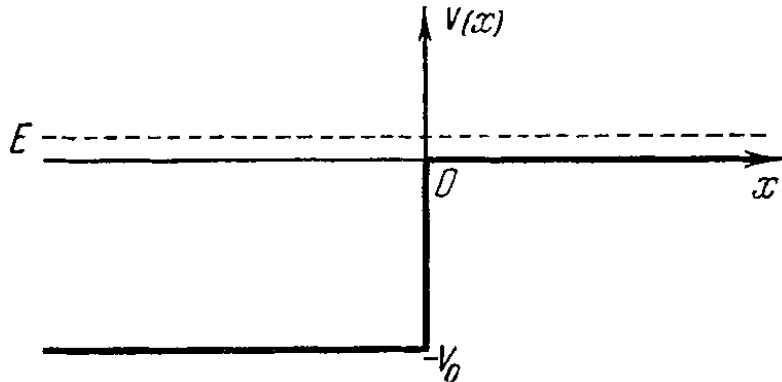


Рис. 6.

при $x < 0$ (внутри металла) и $V = 0$ при $x > 0$ (вне металла) (рис. 6), определить коэффициент отражения электрона с энергией $E > 0$ от поверхности металла.

7. Какой физический смысл имеет величина p_0 в выражении волновой функции

$$\psi(x) = \varphi(x) e^{\frac{ip_0 x}{\hbar}},$$

если функция $\varphi(x)$ действительна.

10. Найти изменение волновой функции, заданной в момент времени $t = 0$ (расплывание волнового пакета):

а) свободное движение

$$\psi(r, 0) = \frac{1}{(\pi\hbar^2)^{3/4}} \exp\left\{ \frac{ip_0 r}{\hbar} - \frac{r^2}{2\hbar^2} \right\};$$

б) движение в однородном поле

$$\psi(r, 0) = \frac{1}{(\pi\hbar^2)^{3/4}} \exp\left\{ \frac{ip_0 r}{\hbar} - \frac{r^2}{2\hbar^2} \right\};$$

в) движение частицы в потенциальном поле $V = \frac{\mu\omega^2 x^2}{2}$

$$\psi(x, 0) = c \exp\left\{ \frac{ip_0 x}{\hbar} - \frac{\alpha^2 (x - x_0)^2}{2} \right\}, \quad \alpha = \left(\frac{\mu\omega}{\hbar} \right)^{1/2}.$$

39. Система состоит из двух частиц. Спин одной равен $1/2$, другой 0. Показать, что при любом законе взаимодействия этих частиц орбитальный момент количества движения является сохраняющейся величиной.

6.4. Вопросы к экзамену

1. Соотношения неопределенностей Гейзенберга.
2. Вероятностный характер поведения микрочастиц (переменные описания).
3. Понятие об операторе. Свойства операторов, используемых в квантовой механике.
4. Стационарное уравнение Шредингера.
5. Среднее значение физических величин.
6. Операторы координат и импульсов микрочастиц.
7. Оператор момента импульса.
8. Вектор плотности потока вероятности, уравнение непрерывности в квантовой механике.
9. Изменение во времени средних значений физических величин. Теорема Эренфеста.
10. Динамические уравнения и законы сохранения.
11. Связь законов сохранения в квантовой механике со свойствами симметрии пространства-времени.
12. Частица в потенциальной яме.
13. Прохождение микрочастицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
14. Гармонический осциллятор

15. Интенсивность дипольного излучения.
16. Частица в центрально-симметричном поле. Водородоподобный атом.
17. Спин. Оператор спина.
18. Системы тождественных частиц. Принцип тождественности. Принцип Паули.
19. Атом во внешнем поле. Эффект Зеемана.
20. Вероятности перехода под действием внешнего возмущения.
21. Правила отбора для излучения и поглощения света атомом.
22. Соотношение неопределенностей для энергии и времени. Естественная ширина уровней.

6.5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ И ПЕРЕЧЕНЬ КОРРЕКТИРУЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Этот раздел заполняется по мере необходимости, но не реже, чем 1 раз в 3 – 4 года.

После окончания изучения обучающимися учебной дисциплины ежегодно осуществляются следующие мероприятия:

- анализ результатов обучения обучающихся дисциплине на основе данных промежуточного и итогового контроля;
- рассмотрение, при необходимости, возможностей внесения изменений в соответствующие документы РПД, в том числе с учетом пожеланий заказчиков;
- формирование перечня рекомендаций и корректирующих мероприятий по оптимизации трехстороннего взаимодействия между обучающимися, преподавателями и потребителями выпускников профиля;
- рекомендации и мероприятия по корректированию образовательного процесса; заполняется специальная форма «Лист внесения изменений».

3.3. УЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ
3.3.1. КАРТА ЛИТЕРАТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
(включая электронные ресурсы)

Квантовая механика
Для обучающихся образовательной программы
Уровень бакалавриата, 44.03.01 Педагогическое образование
Физика, очная форма

№ п/п	Наименование	Место хранения/электронный адрес	Количество экземпляров /точек доступа
Основная литература			
1	Р. Фейнман ,Фейнмановские лекции по физике [Текст] : курс лекций. Вып. 8,9. Квантовая механика / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс; Пер. с англ. Г. И. Копылова, Ред. Я. А. Смородинского. - 2-е изд. - М. : Мир, 1978. - 524 с. -	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	53
2	Соколов, А. А. Квантовая механика [Текст]: учебное пособие / А. А. Соколов, И. М. Тернов, В. Ч. Жуковский. - М. : Наука, 1979. - 528 с	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	18
3	Фейнман, Р. Задачи и упражнения с ответами и решениями [Текст] : сборник задач / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс; ред. А. П. Леванюка. - М. : Мир, 1969. - 624 с. - (Фейнмановские лекции по физике).	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	24
4	Аплеснин, Сергей Степанович. Задачи и тесты по оптике и квантовой механике [Текст] : учебное пособие / С. С. Аплеснин, Л. И. Чернышова, Н. В. Филенкова. - СПб. : Лань, 2012. - 336 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	20
5	Ведринский, Р.В. Квантовая механика : учебник / Р.В. Ведринский ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2009. - 384 с. - библиогр. с: С. 382 - ISBN 978-5-9275-0706-1 ; То же [Электронный	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	Индивидуальный неограниченный доступ

№ п/ п	Наименование	Место хранения/электронный адрес	Количество экземпляров /точек доступа
	ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240937		
Дополнительная литература			
1	Балашов, Всеволод Вячеславович. Курс квантовой механики [Текст] : учебное пособие для студентов физ. спец. вузов / В. В. Балашов, В. К. Долинов. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1982. - 280 с.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	5
2	Савельев, Игорь Владимирович. Курс общей физики [Текст] : в 3-х т. / И. В. Савельев. - СПб. : Лань. - ISBN 978-5-8114-0629-6. Т. 3 : Квантовая физика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебник. - 9-е изд., стер. - 2008	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	6
3	Мигдал, Аркадий Бенедиктович. Квантовая физика для больших и маленьких [Текст] : научно-популярная литература / А. Б. Мигдал. - М. : Наука, 1989.	Научная библиотека КГПУ им. В.П. Астафьева	43
Ресурсы сети Интернет			
	Давыдов А.С. Квантовая механика М : Наука 1973	http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/qm/index.html	Свободный доступ
1	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Краткий курс теоретической физики. М.: Наука . т.2. 1972.	http://www.ph4s.ru/kurs_teor_ph.html	Свободный доступ
2	Флюгге З. Задачи по квантовой механике. Том 1. М.: Мир, 1974 Флюгге З. Задачи по квантовой механике. Том 2. М.: Мир, 1974	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/quantum	Свободный доступ
3	Гольдин Л.Л, Новикова Г.И. Квантовая физика. Вводный курс .- М.: ИКИ, 2002	http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/qm/index.html	Свободный доступ
4	Трейман С. Этот странный квантовый мир. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002	http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/op/044.htm	Свободный доступ

№ п/ п	Наименование	Место хранения/электронный адрес	Количество экземпляров /точек доступа
5	Журнал «Успехи физических наук»	https://ufn.ru/	Свободный доступ
6	Мултановский В.В. Курс теоретической физики. Т.2. М., 1988.	http://www.ph4s.ru/kurs_teor_ph.html	Свободный доступ
7	Блохинцев Д.Д. Основы квантовой механики, М: Наука 1976.	http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/qm/index.html	Свободный доступ
8	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая Механика.-М.: Наука, 2001.	http://www.ph4s.ru/kurs_teor_ph.html	Свободный доступ
9	А. Мессиа. Квантовая механика. т.1 ,т.2, М:Наука, 1978, 1979	http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/qm/index.html	Свободный доступ
10	Ресурсы сети Интернет по различным разделам физики	http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/ http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics http://www.ph4s.ru/kurs_teor_ph.html http://www.eduspb.com/node/2331	Свободный доступ
Информационные справочные системы и профессиональные базы данных			
1	Гарант [Электронный ресурс]: информационно-правовое обеспечение : справочная правовая система. – Москва, 1992– .	Научная библиотека	локальная сеть вуза
2	Elibrary.ru [Электронный ресурс] : электронная библиотечная система : база данных содержит сведения об отечественных книгах и периодических изданиях по науке, технологии, медицине и образованию / Рос. информ. портал. – Москва, 2000– . – Режим доступа: http://elibrary.ru .	http://elibrary.ru	Свободный доступ
3	East View : универсальные базы данных [Электронный ресурс] :периодика России, Украины и стран СНГ . – Электрон.дан. – ООО ИВИС. – 2011 - .	https://dlib.eastview.com/	Индивидуаль ный неограничен ный доступ

№ п/ п	Наименование	Место хранения/электронный адрес	Количество экземпляров /точек доступа
4	Межвузовская электронная библиотека (МЭБ)	https://icdlib.nspu.ru/	Индивидуаль ный неограничен ный доступ

Согласовано:

Главный библиотекарь /  / Фортова А.А.
 (должность структурного подразделения) (подпись) (Фамилия И.О)

3.3.2. Карта материально-технической базы дисциплины

Квантовая механика

(наименование дисциплины)

Для обучающихся образовательной программы

Уровень бакалавриата, 44.03.01 Педагогическое образование

(указать уровень, шифр и наименование направления подготовки,)

Физика, очная форма

(указать профиль/ название программы и форму обучения)

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в КГПУ им. В.П. Астафьева

№ п /п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Номер аудитории, помещения	Кол-во посадочных мест, рабочих мест	Перечень используемого оборудования	Кафедра, за которой закреплена аудитория, помещение с указанием ответственного лица	В том числе приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
660049, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Перенсона, зд. 7 (Корпус №4)							
1.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	2-01 Лаборатория оптики	26	Учебная доска-1шт., лазеры -3шт., линзы-18 шт, маркерная доска-1шт.	Кафедра физики и методики обучения физике, Якушевич В.И.		Нет
2.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	2-02 Лаборатория техники школьного эксперимента (левая)	24	Набор волновая оптика-1шт., штатив-8шт., наглядное пособие по физике, дальномер лазерный – 1шт., доска 5-ти элементная - 1шт., инфракрасный термометр-1шт., набор Геометрическая оптика-1шт., набор по статике с магнитным держателем НСТ -1шт.,	Кафедра физики и методики обучения физике, Осипова Л.М.		Нет

				прибор вынужденного колебания и резонанса-1шт., оборудование для лабораторных работ по физике			
3.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	2-02 Лаборатория техники школьного эксперимента (правая)	16	Интерактивная доска - 1шт., комплект по механике и электронике -1шт., комплекс приборов электромагнитных волн -1шт., конструктор "ЗНАТОК" электронный, для школы -6шт., компьютер-1шт., набор Электродинамика- 1шт., проектор -1шт., стол демонстрационный по физике СД 1200 - 1шт., стол лабораторный электрифицированный для физики 1200СЭЛ - 12шт., телевизор-1шт., учебная доска-1шт., конструктор Альтернативной энергии-5шт., оборудование для лабораторных работ по физике, флипчарт-1шт.	Кафедра физики и методики обучения физике, Осипова Л.М.		Linux Mint – (Свободная лицензия GPL)

4.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	2-06	25	Компьютер– 9шт., проектор – 1шт., наглядные пособия (стенды), маркерная доска – 1шт. с устройством для интерактивной доски, доска маркерная – 1шт.	Кафедра физики и методики обучения физике, Красникова Е.Ю.		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
5.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	2-08 Лаборатория электротехники	16	Маркерная доска-1шт., электроприборный щит-5шт., блоки по сборке электрических цепей-8шт., провода	Кафедра технологии и предпринимательства, Васильев Б.В,		Нет
6.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	2-11	100	Учебная доска-1шт., проектор-1шт., компьютер-1шт., маркерная доска-1шт., демонстрационный стол-1шт.	Кафедра физики и методики обучения физике, Аксюта Л.Ф.		Linux Mint – (Свободная лицензия GPL)
7.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	2-12 Лаборатория робототехники и электроники	20	Комплект учебного оборудования по робототехнике, полигон-3шт., маркерная доска-1шт.	Кафедра технологии и предпринимательства, Кареева Н.Г.		Нет
8.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	2-13	30	Интерактивная доска-1шт., доска магнитно-маркерная - 2шт., компьютер -1шт., проектор - 1шт.,	Кафедра физики и методики обучения физике ,Осипова Л.М.		Linux Mint – (Свободная лицензия GPL)

				столик передвижной проекционный РТ5 - 1 шт., вольтметр-1шт., амперметр-1шт.			
9.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	3-02	50	Компьютер- 1шт., интерактивная доска - 1 шт., система видеоконференцсвязи Policom – 1 шт. (без сети), учебная доска- 1шт.	Дирекция, Чиганов А.С.		Linux Mint – (Свободная лицензия GPL)
10.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	3-04 Лаборатория механики	20	Маркерная доска-1шт., интерактивная доска- 1шт с встроенным проектором; учебное оборудование по механике (машина+электронный блок)- 9 шт., компьютер- 8 шт., ноутбук- 10 шт., полигон для робототехники-1шт.	Кафедра физики и методики обучения физике, Якушевич В.И.		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
11.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	3-06 Лаборатория электричества и магнетизма	25	Маркерная доска -1шт., выпрямитель низковольтный -3 шт., высоковольтный блок питания - 3 шт., установка для демонстрации электромагнитных волн-	Кафедра физики и методики обучения физике, Карпенко М.М.		Нет

				3 шт., приставка-осциллограф демонстрационный двухканальный -4 шт., измерительный прибор ПКЦ -3 шт., блок питания низковольтный - 4 шт., мультиметр APPA 205 - 2 шт.			
12.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	3-11	100	Учебная доска-1шт., экран-1шт., проектор-1шт., компьютер-1шт.	Дирекция, Чиганов А.С.		Linux Mint – (Свободная лицензия GPL)
13.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	3-13,3-14 Компьютерный класс	15	Компьютер-15шт., принтер-1шт., маркерная доска-1шт., проектор-1шт., интерактивная доска-1шт.	Дирекция, Чиганов А.С.		Linux Mint – (Свободная лицензия GPL)
14.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	3-17	14	Учебная доска-1шт.	Дирекция, Чиганов А.С.		Нет
15.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	4-01	30	Учебная доска-1шт.	Дирекция, Чиганов А.С.		Нет

16.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	4-02	34	Компьютер -1шт., проектор-1шт., интерактивная доска-1шт., маркерная доска-1шт., учебная доска-1шт.	Дирекция, Чиганов А.С.		Linux Mint – (Свободная лицензия GPL)
17.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	4-03 Лаборатория молекулярной физики	12	Стеклянная доска-1шт., компьютер-4 шт., оборудование для молекулярной и атомной физике	Кафедра физики и методики обучения физике, Красникова Е.Ю		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
18.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	4-11	10	Учебная доска-1шт.	Дирекция, Чиганов А.С.		Нет
19.	Все дисциплины учебного плана, кроме «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»	4-12 Класс компьютерного моделирования (аудитория для проведения занятий по моделированию, программированию)	30	Компьютер – 10 шт., проектор – 1 шт., интерактивная доска – 1шт., маркерная доска – 1 шт.	Кафедра информатики и информационных технологий в образовании, Ивкина Л. М.		Linux Mint – (Свободная лицензия GPL)

Операционная система Альт Образование 8 включает следующий пакет программных продуктов:

1. Perl 5.22
2. Python 2.7 и 3.5,

3. PHP 5.6
4. GCC 5.3
5. LibreOffice 5.3
6. Firefox ESR 52.5.2
7. WINE 1.9.12
8. GIMP 2.8.20
9. wxMaxima 16.04.2
10. Scribus 1.5.3
11. Inkscape 0.92
12. Blender 2.77
13. Moodle 2.5
14. РУЖЕЛЬ 1.0.1
15. Mediawiki 1.23

Операционная система Linux Mint включает следующий пакет программных продуктов:

1. Firefox
2. Thunderbird
3. LibreOffice
4. GIMP
5. Pidgin
6. Rhythmbox
7. HexChat
8. GParted
9. VLC
10. LightDM

Помещения для самостоятельной работы обучающихся в КГПУ им. В.П. Астафьева

№ п /п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Номер аудитории /помещения	Кол-во посадочных мест, рабочих мест	Перечень используемого оборудования	Кафедра, за которой закреплена аудитория/ помещение с указанием ответственного лица	В том числе приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
660049, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, д. 89 (Корпус №1)							
1.	Все дисциплины учебного плана	1-01 Зал каталогов научной библиотеки	22	Компьютер- 3шт.	Директор научной библиотеки, Баймухаметов В.П.	Да	Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
2.	Все дисциплины учебного плана	1-03 Зал для научной работы	12	Компьютер- 3шт., МФУ- 3шт., рабочее место для лиц с ОВЗ (для слепых и слабовидящих)	Директор научной библиотеки, Баймухаметова В.П.	Да	Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
3.	Все дисциплины учебного плана	1-04 Абонемент научной литературы	4	Компьютер- 2шт.	Директор научной библиотеки, Баймухаметова В.П.	Да	Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017

4.	Все дисциплины учебного плана	1-05 Центр самостоятельной работы	60	компьютер- 15 шт., МФУ-5 шт.	Директор научной библиотеки, Баймухаметова В.П.	Да	Microsoft® Windows® Home 10 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine (ОЕМ лицензия, контракт № Tr000058029 от 27.11.2015); Kaspersky Endpoint Security – Лиц сертификат №1B08-190415-050007-883-951; 7-Zip - (Свободная лицензия GPL); Adobe Acrobat Reader – (Свободная лицензия); Google Chrome – (Свободная лицензия); Mozilla Firefox – (Свободная лицензия); LibreOffice – (Свободная лицензия GPL); XnView – (Свободная лицензия); Java – (Свободная лицензия); VLC – (Свободная лицензия). Гарант - (договор № КРС000772 от 21.09.2018) КонсультантПлюс (договор № 20087400211 от 30.06.2016)
----	-------------------------------	-----------------------------------	----	---------------------------------	--	----	---

				ноутбук-10 шт.			Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
5.	Все дисциплины учебного плана	1-34 Ресурсный центр	20	Компьютер- 4шт.	Директор научной библиотеки, Баймухаметова В.П.	Да	Microsoft® Windows® Home 10 Russian OLP NL AcademicEdition Legalization GetGenuine (ОЕМ лицензия, контракт № Tr000058029 от 27.11.2015); Kaspersky Endpoint Security – Лиц сертификат №1B08- 190415-050007-883-951; 7-Zip - (Свободная лицензия GPL); Adobe Acrobat Reader – (Свободная лицензия); Google Chrome – (Свободная лицензия); Mozilla Firefox – (Свободная лицензия); LibreOffice – (Свободная лицензия GPL); XnView – (Свободная лицензия); Java – (Свободная лицензия); VLC – (Свободная лицензия); Гарант - (договор № KPC000772 от 21.09.2018) КонсультантПлюс (договор

							№ 20087400211 от 30.06.2016)
6.	Все дисциплины учебного плана	2-29	23	Компьютер-13шт.	Отдел лицензирования, аккредитации и контроля качества образования		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
7.	Все дисциплины учебного плана	2-28	12	Компьютер-12шт.	Институт дополнительного образования и повышения квалификации		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
8.	Все дисциплины учебного плана	2-34	12	Компьютер-12шт.	Институт дополнительного образования и повышения квалификации		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
9.	Все дисциплины учебного плана	4-24 Учебно-информационный центр	8	Музейное оборудование: барометр-1шт., фотоаппарат-1шт., теллурий-1шт., буссшоль-1шт., психрометр-1шт., аниометр-1шт., нивелир-1шт., теодолит-1шт. и др.	Кафедра географии и методики обучения географии, Павлова Ю.В.		Нет
660017, Красноярский край, г. Красноярск, пр-т Мира, д. 83 (Корпус №2)							

10.	Все дисциплины учебного плана	1-16	2	Компьютер-2шт., принтер- 2шт.	Заместитель декана по воспитательной работе, Тимофеева Н.А.	Да	Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
11.	Все дисциплины учебного плана	2-11 Информационно-методический ресурсный центр (для проведения занятий и индивидуальной работы)	28	Компьютер-5 шт., принтер-2шт., МФУ-2шт., учебно-методическая литература	Кафедра педагогики и психологии начального образования, зав.кабинетом, Чилова Н.П.		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
660017, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Карла Маркса, зд. 100 (Корпус №3)							
12.	Все дисциплины учебного плана	2-11 Методический кабинет	25	Компьютер-14шт.	Дирекция института психолого-педагогического образования		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
13.	Все дисциплины учебного плана	4-01 Информационно-методический ресурсный центр	12	Компьютер-4шт.	Дирекция института психолого-педагогического образования		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
660049, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Перенсона, зд. 7 (Корпус №4)							
14.	Все дисциплины учебного плана	1-01 Отраслевая библиотека	25	Копир-1шт.	Директор научной библиотеки,	Да	Нет

					Баймухаметова В.П.		
15.	Все дисциплины учебного плана	1-02 Читальный зал	25	Компьютер- 10шт., принтер-1шт.	Директор научной библиотеки, Баймухаметова В.П.	Да	Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
660135, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Взлетная, д. 20 (Корпус №5)							
16.	Все дисциплины учебного плана	2-09 Ресурсный центр	28	Компьютер- 13шт., ноутбук-2шт., научно- справочная литература	Ст. преподаватель, Стасюк И.В.		Альт Образование 8 (лицензия № ААО.0006.00, договор № ДС 14-2017 от 27.12.2017
17.	Все дисциплины учебного плана	3-09	5	Компьютер- 1шт.	Дирекция института социально- гуманитарных технологий		Microsoft® Windows® 8.1 Professional (ОЕМ лицензия, контракт № 20А/2015 от 05.10.2015); Kaspersky Endpoint Security – Лиц сертификат №1В08- 190415-050007-883-951; 7-Zip - (Свободная лицензия GPL); Adobe Acrobat Reader – (Свободная лицензия); Google Chrome – (Свободная лицензия); Mozilla Firefox – (Свободная лицензия);

							LibreOffice – (Свободная лицензия GPL); XnView – (Свободная лицензия); Java – (Свободная лицензия); VLC – (Свободная лицензия); КонсультантПлюс (договор № 20087400211 от 30.06.2016)
--	--	--	--	--	--	--	---

3.4. Лист внесения изменений

Дополнения и изменения в учебной программе на 201__ / _____ учебный год

В учебную программу вносятся следующие изменения:

- 1.
- 2.
- 3.

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

"__" ____ 201__ г., протокол № _____

Внесенные изменения утверждаю

Заведующий кафедрой

Декан факультета (директор института)

"__" ____ 201__ г.