

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.О.17.03 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

**Квантовая механика**

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2022

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

д.ф.-м.н., профессор, Федоров А.С.; к.ф.-м.н., доцент, Николаев С.В.

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания данной дисциплины является:

- сформировать правильное понимание явлений атомной и ядерной физики, физики элементарных частиц.
- обучить студентов основному математическому аппарату квантовой теории;
- сформировать умения и навыки решения квантово-механических задач из различных областей физики;
- подготовить студентов к дальнейшему самообразованию и применению полученных знаний в научно-исследовательской деятельности.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности по направлению 03.03.02 «Физика», в частности:

- сформировать представление о теоретических и практических проблемах решения квантово-механических задач;
- овладеть основными понятиями и математическими методами квантовой теории;
- сформировать навык и умение выбора оптимальной методики решения поставленной квантово-механической задачи;
- использовать полученные знания при проведении научных исследований.

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-1: Способен применять современные теоретические модели физических явлений, процессов и систем, а также результаты экспериментальных исследований в фундаментальных и прикладных разработках;</b>	
ОПК-1.1: Демонстрирует владение фундаментальными законами общей и теоретической физики	знать математические основы квантовой механики знать основы релятивистской квантовой механики уметь использовать математический аппарат квантовой механики при решении задач уметь решать задачи квантовой механики в рамках теории возмущений владеть математическим аппаратом квантовой механики владеть методами решения задач для сложных потенциалов

ОПК-1.2: Использует экспериментальные и теоретические методы исследований	знать базовые модели в квантовой механике знать волновое уравнение Шредингера уметь проводить анализ результатов
	уметь решать задачи для центрально-симметричного потенциала владеть навыками решения базовых квантовомеханических задач владеть приближёнными методами решения задач квантовой механики

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>4 (144)</b>		
занятия лекционного типа	2 (72)		
практические занятия	2 (72)		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2 (72)</b>		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Нет		
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Экспериментальные предпосылки квантовой механики</b>									
	1. Ключевые эксперименты, необъяснимые с позиций классической физики. Линейчатый характер атомных спектров. Внешний фотоэффект. Опыт Франка и Герца. Опыты по дифракции Томсона, Дэвиссона и Джермера. Эффект Комптона. Опыт Штерна и Герлаха.	4							
	2.							4	
<b>2. Математические основы квантовой механики</b>									
	1. Гильбертово пространство	1							
	2. Теория линейных операторов	1							
	3. Собственные векторы и собственные значения оператора	1							
	4. Теория представлений. Изменение представления	1							
	5. Математический аппарат квантовой механики			4					
	6.							4	

<b>3. Постулаты квантовой механики</b>								
1. Правила квантования	1							
2. Соотношение неопределенностей для физических величин	1							
3. Координатное, импульсное и энергетическое представления	2							
4. Теория представлений (координатное, импульсное, энергетическое)			2					
5. Принцип неопределенности Гейзенберга			2					
6.							4	
<b>4. Квантовая динамика</b>								
1. Изменение квантовых состояний во времени	1							
2. Представление Гейзенберга	1							
3. Представление Гейзенберга			2					
4.							2	
<b>5. Уравнение Шрёдингера</b>								
1. Стационарное уравнение Шрёдингера	1							
2. Решение уравнения Шрёдингера для простых одномерных задач (свободное движение, одномерная потенциальная яма)	1							
3. Общие свойства одномерного движения. Дискретный и непрерывный спектр	1							
4. Линейный гармонический осциллятор	1							
5. Одномерное уравнение Шрёдингера			6					
6. Гармонический осциллятор			4					
7. Гармонический осциллятор. Представление Фока			2					
8.							4	

<b>6. Квазиклассическое приближение</b>								
1. Квазиклассическое приближение	3							
2. Квазиклассическое приближение			4					
3.							4	
<b>7. Угловой момент. Спин</b>								
1. Изотропия пространства и сохранение углового момента	1							
2. Свойства операторов углового момента	1							
3. Спиновый момент	1							
4. Оператор момента количества движения			4					
5. Квантовый ротатор			2					
6.							2	
<b>8. Частица в центральном поле</b>								
1. Факторизация уравнения Шрёдингера в центральном поле	1							
2. Решение для угловой части уравнения Шрёдингера в водородоподобном атоме	2							
3. Сферические гармоники	1							
4. Движение в центральном поле			4					
5.							4	
<b>9. Водородоподобный атом</b>								
1. Решение для радиальной части уравнения Шрёдингера в водородоподобном атоме	1							
2. Спектр водородоподобного атома	1							
3. Атом водорода			4					
4.							4	
<b>10. Теория возмущений</b>								



1. Общие основы теории возмущений, стационарная теория возмущений	2							
2. Нестационарная теория возмущений	2							
3. Теория возмущений для периодических возмущений. Золотое правило Ферми	2							
4. Стационарная теория возмущений. Невырожденный спектр энергий			4					
5. Стационарная теория возмущений. Вырожденный спектр энергий			4					
6. Нестационарная теория возмущений			4					
7.							4	
<b>11. Квантование свободного электромагнитного поля</b>								
1. Квантование свободного электромагнитного поля	4							
2.							4	
<b>12. Основы релятивистской квантовой механики</b>								
1. Уравнение Клебша-Гордона	1							
2. Уравнение Дирака. Решение уравнение Дирака для свободной частицы. Спинорное представление атомных функций	2							
3. Уравнение Дирака для частицы во внешнем поле	1							
4. Уравнение Паули. Введение спина	2							
5. Спин частицы			2					
6.							6	
<b>13. Релятивистские поправки второго порядка по <math>v/c</math></b>								
1. Спин-орбитальное взаимодействие. Теория тонкой структуры уровней	4							
2. Спин частицы			2					

3.							4	
<b>14. Проблема сложения угловых моментов</b>								
1. Коэффициенты Клебша-Гордона	1							
2. Вычисление коэффициентов Клебша-Гордона на примере двух спинов $1/2$	1							
3. Спин частицы			2					
4.							4	
<b>15. Квантовая механика многочастичных систем</b>								
1. Вариационный метод Ритца для решения уравнения Шрёдингера	1							
2. Вариационный метод на примере атома гелия. Основное состояние гелия в первом порядке теории возмущений. Синглетные и триплетные состояния гелия. Обменная энергия	1							
3. Метод Хартри	1							
4. Система тождественных частиц. Бозоны и фермионы	1							
5. Детерминант Слэтера. Принцип Паули	1							
6. Метод Хартри-Фока	1							
7. Атомные оболочки. Термы атома	1							
8. Вариационный метод Ритца			4					
9. Системы многих частиц. Фермионы и бозоны			4					
10.							6	
<b>16. Атом во внешнем магнитном поле</b>								
1. Слабое поле (эффект Зеемана). Фактор Ланде	1							
2. Сильное поле (эффект Пашена-Бака)	1							
3. Диамагнетизм инертных газов	1							
4.							4	

<b>17. Элементы квантовой электродинамики</b>								
1. Основы квантовой теории излучения	1							
2. Квантовое описание свободного электромагнитного поля	1							
3. Атом в электромагнитном поле	1							
4. Квантовое описание взаимодействия атома и поля	1							
5. Спонтанное излучение атома	1							
6. Вероятность излучения фотона в дипольном приближении	1							
7. Нестационарная теория возмущений			2					
8.							4	
<b>18. Интегральное уравнение теории рассеяния</b>								
1. Дифференциальное сечение упругого рассеяния	1							
2. Функция Грина задачи рассеяния	1							
3. Интегральное уравнение рассеяния	1							
4. Борновское приближение	1							
5. Борновское приближение			4					
6.							4	
<b>Всего</b>	<b>72</b>		<b>72</b>				<b>72</b>	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Давыдов А. С. Квантовая механика: Учебное пособие для университетов (Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория: в 10 томах : учебное пособие для физических специальностей университетов : допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР?(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
3. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
4. Галицкий В. М., Карнаков Б. М., Коган В. И. Задачи по квантовой механике: учебное пособие для физических специальностей высших учебных заведений(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
5. Мессиа А., Фаддеев Л. Д. Квантовая механика: Т. 1: перевод с французского(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
6. Мессиа А., Фаддеев Л. Д. Квантовая механика: Т. 2: перевод с французского(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
7. Фейнман Р. Ф., Лейтон Р. Б., Сэндс М., Смородинский Я. А. Фейнмановские лекции по физике: Т. 8. Квантовая механика (I): перевод с английского(Москва: Мир).
8. Фейнман Р. Ф., Лейтон Р. Б., Сэндс М., Смородинский Я. А. Фейнмановские лекции по физике: Т. 9. Квантовая механика (II): перевод с английского(Москва: Мир).
9. Флюгге З., Соколов А. А. Задачи по квантовой механике: Т. 1: перевод с английского(Москва: Мир).
10. Флюгге З., Соколов А. А. Задачи по квантовой механике: Т. 2: перевод с английского(Москва: Мир).
11. Фок В. А. Начала квантовой механики(Москва: УРСС(URSS)).
12. Кронин Дж., Гринберг Д., Телегди В. Сборник задач по физике с решениями: [сборник](Москва: Атомиздат).
13. Займан Д. М., Бонч-Бруевич В. Л. Современная квантовая теория: перевод с английского(Москва: Мир).
14. Дирак П.А.М. Собрание научных трудов: Квантовая теория (монографии, лекции)(Москва: Физматлит).
15. Николаев С. В., Орлов Ю. С., Федоров А. С. Квантовая механика: учебно-методическое пособие(Красноярск: СФУ).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Microsoft Office 2007 (или выше).
2. Adobe Reader.

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Доступ к библиотечному фонду (см. сайт СФУ, раздел «Библиотека», <http://bik.sfu-kras.ru/>)

### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Занятия проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного и семинарского типа. Аудитории укомплектованы учебной мебелью и доской.