

**Санкт-Петербургский государственный университет**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Математические основы квантовой механики, тр 2 сем  
Mathematical Foundations of Quantum Mechanics

**Язык(и) обучения**

русский, английский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 060342

## **Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

### **1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Знакомство обучающихся с математическими основами квантовой механики.

### **1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Посещение курсов «Функциональный анализ», «Физика» или эквивалентных им. Крайне желательно знакомство студентов со спектральной теорией неограниченных самосопряженных операторов в гильбертовом пространстве (спецкурсы «Теория самосопряженных операторов в гильбертовом пространстве», «Спектральная теория дифференциальных операторов, части I—II» или аналогичные им).

### **1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

Обучающийся должен овладеть теоретическим материалом в объеме, предусмотренном программой, уметь применять полученные знания при решении теоретических и прикладных задач.

### **1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Промежуточная аттестация (экзамен) 4 часа.

## Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

### 2.1. Организация учебных занятий

#### 2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся																	
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.д.	Контактная работа обучающихся с преподавателем											Самостоятельная работа				Объём активных и интерактивных форм занятий	Трудоёмкость
	лекции	семинары	консультации	занятия практические	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	аттестация промежуточная	итоговая аттестация	реподавателя под руководством преподавателя в присутствии	словесам. раб. с использованием	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)	итоговая аттестация (сам.раб.)		
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>																	
<b>очная форма обучения</b>																	
Семестр 2	32		2					2				44		28		4	3
	2-50		2-50					2-50				1-1		1-1			
ИТОГО	32		2					2				44		28		4	3

Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации						
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Формы текущего контроля успеваемости		Виды промежуточной аттестации		Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)	
	Формы	Сроки	Виды	Сроки	Виды	Сроки
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>						
<b>очная форма обучения</b>						
Семестр 2			экзамен, устно, традиционная форма	по графику промежуточной аттестации		

## 2.2. Структура и содержание учебных занятий

Период обучения (модуль): Семестр 2

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	Математический аппарат квантовой механики	Лекции	6
		практические занятия	
		в присутствии преподавателя	
		по методическим материалам	8
2	Наблюдаемые	Лекции	3
		практические занятия	
		в присутствии преподавателя	
		по методическим материалам	5
3	Динамика квантовых частиц	Лекции	4
		практические занятия	
		в присутствии преподавателя	
		по методическим материалам	6
4	Соотношения Вейля и теорема Стоуна-фон Неймана	Лекции	3
		практические занятия	
		в присутствии преподавателя	
		по методическим материалам	5
5	Атом водорода	Лекции	4
		практические занятия	
		в присутствии преподавателя	
		по методическим материалам	6
6	Спин	Лекции	6
		практические занятия	
		в присутствии преподавателя	
		по методическим материалам	8
7	Многоэлектронные атомы	Лекции	6
		практические занятия	
		в присутствии преподавателя	
		по методическим материалам	6
8	Экзамен	промежуточная аттестация (ауд)	2
		промежуточная аттестация (с.р.)	28

### Часть 1. Математический аппарат квантовой механики

1. Математическое ожидание и дисперсия физической величины
2. Классификация квантовых состояний
3. Одновременная измеримость величин и соотношения неопределенности
4. Полные наборы наблюдаемых
5. Смешанные состояния
6. Группа Гейзенберга

### Часть 2. Наблюдаемые

1. Принцип соответствия и правила квантования
2. Коммутационные соотношения

### 3. Операторы координат, импульса и энергии

#### **Часть 3. Динамика квантовых частиц**

1. Динамика классических частиц
2. Динамика квантовых частиц. Картины Гейзенберга и Шредингера
3. Стационарные состояния квантовой частицы и законы сохранения
4. Различные представления пространства состояний

#### **Часть 4. Соотношения Вейля и теорема Стоуна-фон Неймана**

1. Аксиомы квантовой механики
2. Представление Шредингера
3. Теорема Стоуна-фон Неймана

#### **Часть 5. Атом водорода**

1. Операторы углового момента
2. Оператор Шредингера на полуоси
3. Дискретный спектр
4. Непрерывный спектр

#### **Часть 6. Спин**

1. Экспериментальные факты
2. Спиновое пространство
3. Оператор спина
4. Тонкая структура спектра атома водорода
5. Основное состояние в атоме водорода
6. Уравнение Паули

#### **Часть 7. Многоэлектронные атомы**

1. Описание многочастичной квантовой системы
2. Волновая функция системы из двух электронов
3. Принцип Паули
4. Атом гелия
5. Периодическая система Д.И. Менделеева

### **Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

#### **3.1. Методическое обеспечение**

##### **3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Посещение лекций

##### **3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Основная и дополнительная литература

##### **3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

###### **Методика проведения экзамена**

Экзамен проводится в устной форме. Билет состоит из двух вопросов. Время подготовки ответа на вопросы билета составляет 60 минут.

Использование конспектов и учебников, а также электронных устройств хранения, обработки или передачи информации при подготовке и ответе на вопросы экзамена категорически запрещено. В случае обнаружения факта использования недозволённых материалов (устройств) составляется акт и студент удаляется с экзамена. После ответа на вопросы билета преподаватель задает несколько дополнительных вопросов, на основании оценки ответов на которые итоговая оценка по предмету может быть повышена или понижена.

Критерии выставления оценок

Оценка «отлично» ставится за полностью раскрытый теоретический материал и правильные ответы на дополнительные вопросы преподавателя. В болонской шкале оценка может быть скорректирована в ту или иную сторону с учетом малозначительных погрешностей изложения или, напротив, углубленного изложения материала.

Оценка «хорошо» ставится за изложенный теоретический материал билета (возможно с помощью наводящих подсказок преподавателя).

Оценка «удовлетворительно» ставится за знание основных вопросов по каждой теме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если не выполняются условия для получения оценок «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно».

##### **3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Период обучения (модуль): **Семестр 2**

**Список вопросов к экзамену:**

1. Наблюдаемые и чистые состояния в квантовой механике.
2. Измеримость физических величин. Принцип неопределенности Гейзенберга.
3. Одновременная измеримость нескольких физических величин.
4. Полные наборы наблюдаемых.
5. Квантование.
6. Канонические коммутационные соотношения квантовой механики.

7. Операторы координат, энергии, импульсов, момента импульса в координатном представлении.
8. Эволюция классических и квантовых наблюдаемых. Картины Гейзенберга и Шредингера.
9. Стационарные состояния квантовой частицы.
10. Импульсное представление состояний и наблюдаемых.
11. Операторы углового момента
12. Шредингера на полуоси
13. Энергии стационарных состояний электрона в атоме водорода. Квантовые числа.
14. Оператор спина и коммутационные соотношения для него.
15. Число стационарных состояний электрона в атоме водорода с учетом спина. Тонкая структура спектра в атоме водорода.
16. Орбитальный и спиновый магнитные моменты спинорной частицы.
17. Уравнение Паули.
18. Пространство состояний многочастичной квантовой системы. Принцип Паули.
19. Многоэлектронные атомы. Одноэлектронное приближение. Принцип запрета Паули.
20. Структура электронных оболочек атома. Качественное объяснение периодической системы Д.И. Менделеева.

### **3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

#### **3.2. Кадровое обеспечение**

##### **3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень доктора или кандидата наук (в том числе степень PhD, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности) и/или ученое звание профессора или доцента.

##### **3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

не требуется

#### **3.3. Материально-техническое обеспечение**

##### **3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Стандартно оборудованные лекционные аудитории, должны вмещать поток в соответствии со списком студентов

##### **3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

доска для письма мелом или фломастером

### **3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

не требуется

### **3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

не требуется

### **3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Мел — не менее 1 куска на час лекционных занятий, фломастеры для доски, губка

## **3.4. Информационное обеспечение**

### **3.4.1 Список обязательной литературы**

[1] Л.А. Тахтаджян, «Квантовая механика для математиков», Москва, Ижевск, 2011.

[2] Л.Д. Фаддеев, О.Я. Якубовский, «Лекции по квантовой механике для студентов-математиков», Москва, Ижевск, 2001.

### **3.4.2 Список дополнительной литературы**

[3] Д.Л. Ландау, Е.М. Лифшиц, «Квантовая механика. Нерелятивистская теория», Москва, Наука, 1989.

[4] В.В. Мултановский, А.С. Василевский, «Квантовая механика», Москва, Дрофа, 2007.

[5] Д.В. Гальцов, «Теоретическая физика для студентов--математиков», Издательство МГУ, 2003.

[6] И.В. Абаренков, «Квантовая механика», Краткий конспект лекций, СПбГУ, физический факультет, 2005.

[7] Ф.А. Березин, М.А. Шубин, «Уравнение Шредингера», Издательство МГУ, 1983.

[8] В.П. Маслов, М.В. Федорюк, «Квазиклассическое приближение для уравнений квантовой механики», Наука, 1976.

[9] F. Strocchi, «Mathematical Structure of Quantum Mechanics», World Scientific, 2005.

### **3.4.3 Перечень иных информационных источников**

## **Раздел 4. Разработчики программы**

Шилкин Тимофей Николаевич, доцент Факультета математики и компьютерных наук  
СПбГУ, shilkin@pdmi.ras.ru