

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Механико-математический факультет

Кафедра газовой и волновой динамики



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

/Нигматулин Р.И./

« 10 » июня 2019г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Основы квантовой механики и статистической физики

наименование дисциплины (модуля)

Уровень высшего образования:

специалитет

Направление подготовки (специальность):

01.05.01 Фундаментальные математика и механика

(код и название направления/специальности)

Направленность (профиль) ОПОП: В-ЕН

Фундаментальная механика

(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)

Форма обучения:

очная

очная, очно-заочная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании кафедры газовой и волновой динамики
(протокол № 15, « 10 » июня 2019 года)

Москва 2019

На обратной стороне титула:

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности «Фундаментальные математика и механика» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки; программы специалитета; программы магистратуры) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение _____ 2015 _____

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО, курс относится к базовой части ОПОП.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть): _____:
освоение дисциплины «Курс общей физики»
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соответствующие компетенциям
УК-!	Уметь формулировать научно обоснованные гипотезы о необходимости использования квантового и (или) статистического подхода для конкретных объектов и процессов
УК-6	Знать: основные понятия и принципы квантовой механики и методы изучения динамики нерелятивистских квантовых систем
ОПК-2	Уметь решать стандартные задачи о нахождении функции состояния микрочастиц в простейших потенциальных полях
ОПК-4	Владеть алгоритмами заполнения электронных оболочек, в соответствии с принципом Паули
ПК-4	Уметь самостоятельно анализировать с точки зрения квантового подхода физические аспекты классических постановок математических задач для реальных сред при конкретных температурах и энергиях

4. Формат обучения: параллельное сопровождение лекционного курса_его оцифрованной версией с углубленной подачей материала.
5. Объем дисциплины (модуля) составляет _4_ з.е., в том числе _72_ академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, __72__ академических часов на самостоятельную работу обучающихся.
6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы			Самостоятельная работа обучающегося, часы <i>(виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)</i>
		Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*	Всего	
Тема _1. Экспериментальные и теоретические предпосылки квантовой теории 1.1. Модель атома Э. Резерфорда. 1.2. Излучение абсолютно черного тела. Постоянная Планка. 1.3. Фотоэлектрический эффект 1.4. Модель атома по Н Бору (1913), на примере атома водорода. 1.5. Волна де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм	8	4	3	7	Домашнее задание, пример Найти длину волны де Бройля свободной частицы : 1 час
Тема _2. 2. Основные понятия квантовой механики 2.1. Принцип неопределенности Гейзенберга. 2.2. Волновая функция, принцип суперпозиции. 2.3. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера 2.4. Плотность вероятности, плотность потока вероятности 2.5. Свободная частица в ограниченном объеме пространства 2.6. Волновой пакет	8	4	3	7	Домашнее задание, пример: Получить закон сохранения среднего числа микрочастиц, находящихся в одинаковом квантовом состоянии, как следствие уравнения «неразрывности» для плотности вероятности 1 час
Тема...3. Одномерные простейшие задачи квантовой механики 3.1. Финитное и нефинитное движения	12	6 4	5	11	Домашнее задание, пример: стоячие волны в случае частицы между двумя непроницаемыми стенками

3.2. Частица в потенциальном «яме» 3.3. Прямоугольный потенциальный барьер (ступенчатый потенциал) 3.4. Гармонический осциллятор					1 час
Тема 4. Операторное представление квантовой механики 4.1. Математика квантовой механики 4.2. Простейшие операторы квантовой механики, перестановочные соотношения 4.3. Инвариантность гамильтониана относительно преобразований переноса и поворота; преобразование инверсии и четность состояния 4.4. Собственные значения и собственные функции операторов физических величин 4.4.1. Собственные значения и собственные функции операторов проекций импульса $\hat{p}_k$, ($k = 1, 2, 3$). 4.4.2. Собственные значения и собственные функции оператора проекции углового момента 4.4.3. Собственные значения и собственные функции оператора квадрата углового момента	12	6	5	11	<i>Домашнее задание, пример: доказать, что собственные функции операторов физических величин взаимно ортогональны</i> 1 час
Тема 5. Движение частицы в поле сферической симметрии 5.1. Общие особенности движения в сферически симметричном поле 5.2. Движение электрона в кулоновском поле 5.2.1. Асимптотические решения радиального уравнения 5.2.2. Общее решение радиального уравнения	12	6	5	11	<i>Домашнее задание, пример найти наиболее вероятное и среднее расстояние от ядра для электрона в невозбужденном атоме водорода</i> 1 час

5.3. Пространственная структура атома водорода 5.3.1. Простейшие функции состояния атома водорода 5.3.2. Пространственная структура 5.3.2.1. Радиальное распределение электронного облака 5.3.2.2. Угловое распределение					
Тема 6. Магнитный момент электрона. 6.1. Классическое рассмотрение 6.2. Квантово-механический подход 6.3. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона	4	2	2	4	0
Контрольная работа в аудитории		0	2		
Тема 7. Системы, состоящие из одинаковых частиц 7.1. Функция состояния системы одинаковых частиц, оператор парных перестановок. 7.2. Симметричные и антисимметричные волновые функции, принцип Паули 7.3. Элементарная теория основного состояния атомов с двумя электронами 7.4. Электронные оболочки, периодическая система элементов Д.И. Менделеева 7.4.1. Заполнение атомных оболочек 7.4.2. Таблица Менделеева.	4	2	1	3	Домашнее задание, пример: какой химический элемент имеет полностью заполненную К-оболочку и наполовину заполненную 2s оболочку? 1 час
Тема 8. Спин микрочастицы 8.1. Постулаты нерелятивистской теории спина Паули 8.2. Теоретическое описание спина электрона, матрицы Паули	4	2	0	2	2

8.3. Полный механический и магнитный момент электрона 8.4. Уравнение Дирака, релятивистская теория свободного электрона 8.4.1. Преобразования Лоренца 8.4.2. Уравнение Дирака. Матрицы Дирака 8.4.3. Стационарное уравнение «Шредингера», решение с плоской волной.					
Тема 9. Основные понятия и распределения статистической физики. 9.1. Равновесные и неравновесные состояния макроскопических систем 9.2. Микроскопические состояния системы и гипотеза о молекулярном хаосе 9.3. Спектр квантовой макроскопической системы. Плотность состояний 9.4. Статистическое распределение 9.4.1. Основные понятия статистической физики – замкнутая макроскопическая система и подсистема. 9.4.2. Описание квантового состояния подсистемы. 9.4.3. Статистический ансамбль 9.4.4. Статистическая независимость. Свойства статистической функции распределения 9.5. Микроканоническое распределение 9.6. Энтропия и плотность состояний 9.6.1. Сумма по квантовым состояниям 9.6.2. Оценка расстояния между стационарными уровнями энергии макросистемы 9.7. Основные распределения статистической	8	2	2	4	<i>Рефераты по темам:</i> 1. Квазиклассическое приближение, метод ВКБ 2. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. 3. Электронный газ в периодическом поле кристаллической решетки. 4. Идеальный Ферми-газ и идеальный Бозе-газ при низких температурах. 4 часа

физики					
9.7.1. Каноническое распределение Гиббса					
9.7.2. Распределение Ферми-Дирака					
9.7.3. Распределение Бозе-Эйнштейна					
<i>Итого 144 часа.</i>					
<i>Промежуточный контроль зачет+экзамен</i>					

**Внимание! В таблице должно быть зафиксировано проведение текущего контроля успеваемости, который может быть реализован, например, в рамках занятий семинарского типа.*

*** Часы, отводимые на проведение промежуточной аттестации, выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося*

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Примеры:

1. Найти длину волны де Бройля свободной частицы
2. Получить закон сохранения среднего числа микрочастиц, находящихся в одинаковом квантовом состоянии, как следствие уравнения «неразрывности» для плотности вероятности
3. Стоячие волны в случае частицы между двумя непроницаемыми стенками
4. Доказать, что собственные функции операторов физических величин взаимно ортогональны
5. Найти наиболее вероятное и среднее расстояние от ядра для электрона в невозбужденном атоме водорода
6. Какой химический элемент имеет полностью заполненную K-оболочку и наполовину заполненную 2s оболочку?

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Рефераты по темам:

1. Квазиклассическое приближение, метод ВКБ
2. Теорема о равнораспределении энергии по степеням свободы.
3. Электронный газ в периодическом поле кристаллической решетки.
- 4.

Идеальный Ферми-газ и идеальный Бозе-газ при низких температурах

Примеры вопросов:

1. Показать, что оператор физической величины является самосопряженным.
2. Показать, что квадрат углового момента и его проекция одновременно измеримы.
3. Условия квантования углового момента?
4. Финитное и нефинитное движения.
5. Радиальное распределение электронного облака.
6. Плотность состояний квантовой макросистемы

и т.д.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5
РО и соответствующие виды оценочных				

средств				
Знания: экзамен (виды оценочных средств: устные и письменные опросы и контрольные работы, тесты, и т.п.)	Отсутствие знаний принципов и основных понятий квантовой механики и стат.физики, Например, смысла квантовых чисел и их взаимосвязи	Фрагментарные знания принципов и основных понятий квантовой механики и стат.физики, Например, смысла квантовых чисел и их взаимосвязи	Общие, но не структурированные знания принципов и основных понятий квантовой механики и стат.физики, решения простейших одномерных задач для нерелятивистских микрочастиц	Сформированные систематические знания принципов и основных понятий квантовой механики и стат.физики, решения простейших одномерных задач для нерелятивистских микрочастиц; основных распределений квантовых и классических ансамблей.
Умения: домашние задания, контрольные работы, зачет : практические контрольные задания, написание и защита рефератов на заданную тему	Отсутствие умений Находить энергетический спектр, определять средние значения физических величин квантовой системы в произвольном состоянии, вычислять значения коммутаторов операторов различных физических величин	В целом успешное, но не систематическое умение Находить энергетический спектр, определять средние значения физических величин квантовой системы в произвольном состоянии, вычислять значения коммутаторов операторов различных физических величин	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера) Находить энергетический спектр, определять средние значения физических величин квантовой системы в произвольном состоянии, вычислять значения коммутаторов операторов различных физических величин	Успешное и систематическое умение Находить энергетический спектр, определять средние значения физических величин квантовой системы в произвольном состоянии, вычислять значения коммутаторов операторов различных физических величин
Навыки: зачет, экзамен (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: выполнение и	Отсутствие умения оценить предельные значения параметров, при которых допустим квантовый подход	Слабое умение оценить предельные значения параметров, при которых допустим квантовый подход	Не активное умение оценить предельные значения параметров, при которых допустим квантовый подход	Умение оценить предельные значения параметров, при которых допустим квантовый подход

защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)				
---	--	--	--	--

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной литературы
- Список литературы.
- 1. Э.Вихман «Квантовая физика», Берклеевский курс физики, т.4
- 2. А.С.Давыдов «Квантовая механика»
- 3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц «Квантовая механика»
- 4 Л.Л.Гольдин, Г.И.Новикова «Введение в атомную физику»
- 5. И.Е.Иродов «Квантовая физика. Основные законы».
- :6. З.Флюгге «Задачник по квантовой механике».т.1
- 7. А.В.Дмитриев «Основы статистической физики материалов»
- 8. А.Ф.Никифоров, В.Б.Уваров «Специальные функции математической физики»

- Перечень лицензионного программного обеспечения (при необходимости)
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технического обеспечения.

9. Язык преподавания.

Русский

10. Преподаватель (преподаватели).

Е.А.Ильюшина, А.А.Малашин, Е.И.Могилевский

11. Автор (авторы) программы.

Е.А.Ильюшина.