

Рабочая программа дисциплины

1. Как устроен микромир: основания, парадоксы и интерпретации квантовой физики

2. Лекторы

2.1. к.ф.-м.н., доцент Никитин Николай Викторович, кафедра физики атомного ядра и квантовой теории столкновений физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, e-mail: 679nik@mail.ru; телефон: (495) 939-50-32.

2.2 к.ф.-м.н., доцент Фотина Ольга Владиленовна, кафедра физики элементарных частиц физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, e-mail: fotina@srd.sinp.msu.ru; телефон: (495) 939-38-19.

3. Аннотация дисциплины

В последнее время в СМИ и интернете стало появляться огромное число сообщений, связанных с различными аспектами применения и объяснения фундаментальных принципов квантовой физики. Например, обсуждаются запутанность, квантовые компьютеры, многомировая интерпретация, кот Шредингера. Некоторые из этих сообщений правильные и интересные. Но большинство – ошибочны и основаны на неправильном понимании законов микромира.

В предлагаемом курсе мы хотим научить студентов азам квантовой теории и тому, как применять полученные знания к анализу и интерпретации фундаментальных принципов, лежащих в основании квантовой физики.

Вопреки сложившемуся мнению о трудностях (в том числе и математических), стоящих на пути понимания квантовой механики, изучить квантовую теорию на концептуальном уровне не так сложно. Оказывается, что умения работать с векторами и комплексными числами вполне достаточно для понимания сути многих квантовомеханических эффектов.

4. Цели освоения дисциплины.

Обучение студентов простейшим приемам проведения вычислений в квантовой теории и применению этих приемов к объяснению результатов фундаментальных экспериментов квантовой физики.

5. Задачи дисциплины

Приоритетной задачей курса является формирование у студентов научных представлений относительно физических оснований квантовой теории, ее основных интерпретаций и разрешении популярных квантовомеханических «парадоксов».

6. Требования к результатам освоения содержания дисциплины.

В результате освоения дисциплины студенты должны знать основные аксиомы квантовой теории, иметь представление о четырех интерпретациях квантовой механики (копенгагенской, статистической, многомировой, интерпретации совместных историй), запутанных состояниях, неравенствах Белла, проблеме

декогеренции и редукиции волновой функции, парадоксе кота Шредингера и друга Вигнера, квантовом эффекте Зенона и квантовом Чеширском коте.

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр			Всего
	5			
Общая трудоёмкость, академических часов	24			24
Аудиторная работа:	24			24
Лекции, академических часов	24			24
Семинары, академических часов				
Лабораторные работы, академических часов				
Самостоятельная работа, академических часов	24			24
Вид итогового контроля (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)	Зачет			Зачет

N	Тема	К-во часов	лекции
1	Комплексные числа. Описание явлений интерференции и дифракции при помощи комплексной экспоненты.	2	1
2	Вектора и операторы в многомерных пространствах. Как все это работает?	2	1
3	Формирование квантовых понятий о свете. Спектр излучения абсолютно черного тела, фотоэффект, эффект Комптона. Опыты Аспе, Гренджера, Роджера.	2	1
4	Формирование квантовых понятий о веществе. Модель атома Томсона, опыты Э.Резерфорда, модель Н.Бора для атома водорода, соотношение неопределенностей Гейзенберга.	2	1
5	Принцип корпускулярно-волнового дуализма Л. де Бройля и его экспериментальное подтверждение.	2	1
6	Постулаты квантовой механики – I. Символы измерения Швингера.	2	1
7	Постулаты квантовой механики – II. Принцип суперпозиции.	2	1
8	Постулаты квантовой механики – III. Операторы физических величин.	2	1

9	Следствия принципа суперпозиции: невозможность клонирования неизвестного чистого состояния и квантовая криптография. Невозможность уничтожения одной из копий произвольного чистого состояния. Квантовая бомба. Принцип суперотбора.	2	1
10	Нестационарное уравнение Шредингера. Квантовый парадокс Зенона.	2	1
11	Запутанные состояния и парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Квантовый Чеширский кот.	2	1
12	Копенгагенская, статистическая и многомировая интерпретации квантовой теории.	2	1
	ИТОГО:	24	

11. Оценочные средства для контроля успеваемости и аттестации.

1. Примеры контрольных и экзаменационных вопросов
 1. Основные операции с комплексными числами: сложение, умножение, комплексное сопряжение, скалярное произведение и модуль.
 2. Представление комплексных чисел в экспоненциальной форме. Операции с комплексными числами в экспоненциальной форме.
 3. Интерференционная картина от двух щелей.
 4. Дифракция Фраунгофера.
 5. Излучение абсолютно черного тела и квант энергии.
 6. Фотоэффект. Противоречия с классической физикой.
 7. Эффект Комптона. Свет как частица.
 8. Опыты А.Аспе с коллегами: квант света как физическая реальность.
 9. Модели атома по Томсону и Резерфорду. Противоречия с классической физикой.
 10. Постулаты Н.Бора. Критика постулатов Бора.
 11. Принцип корпускулярно-волнового дуализма Л. де Бройля.
 12. Опыты по интерференции электронов, атомов и молекул.
 13. Эксперименты по дифракции электронов (пучков и одиночных частиц).
 14. Символы измерения Швингера и операции над ними.
 15. Математическая природа символов измерения.
 16. Принцип суперпозиции и его экспериментальная проверка.
 17. Теорема о невозможности клонирования произвольного чистого состояния.
 18. Теорема о невозможности удаления одной из копий произвольного чистого состояния.
 19. Задача о квантовой бомбе.
 20. Правила суперотбора.

21. Нестационарное уравнение Шредингера.
22. Решение нестационарного уравнения Шредингера для свободной частицы.
23. Квантовый парадокс Зенона.
24. Запутанные состояния. Их особая роль в квантовой теории.
25. Парадокс Эйнштейна – Подольского – Розена.
26. В чем состоит парадокс кота Шредингера?
27. В чем состоит Копенгагенская интерпретация квантовой механики?
28. Сущность статистической интерпретации квантовой механики.
29. Концепция скрытых параметров.
30. Критика копенгагенской и статистической интерпретаций.
31. Многомировая интерпретация Х.Эверетта.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Н.В.Никитин, О.В.Фотина, Е.С.Томс, «Аксиомы квантовой механики», М. «КДУ», 2015.
2. Дж. Гринштейн, А. Зайонц, «Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики», Долгопрудный, «Издательский дом ИНТЕЛЛЕКТ», 2008.
3. Л.Сасскинд, А.Фридман, «Квантовая механика. Теоретический минимум», СПб «Питер», 2015.
4. Л.Аккарди, «Диалоги о квантовой механике», Москва-Ижевск, «РХД», 2004.
5. Н.Жизан, «Квантовая случайность. Нелокальность, телепортация и другие квантовые чудеса», М., «Альпина нон-фикшн», 2016.
6. Y.Aharonov, D.Rohrlich, «Quantum Paradoxes», «WILEY-VCH», 2005.
7. G.Auletta, M.Fortunato, G.Parisi, «Quantum Mechanics», Cambridge, CUP, 2009.
8. G.Auletta, «Foundations and Interpretations of Quantum Mechanics», «World Scientific», 2001.
9. В.И. Емельянов, Ю.В.Владимирова, «Квантовая физика. Биты и кубиты», Москва, Физфак МГУ, 2012.
10. М.Г.Иванов, «Как понимать квантовую механику», Москва, РХД, 2012.
(официальная авторская версия книги в свободном доступе по адресу: <http://mipt.ru/students/organization/mezhpr/biblio/q-ivanov.php>).

13. Материально-техническое обеспечение

- 13.1. Помещения – аудитория с экраном.
- 13.2. Оборудование – компьютер, проектор.