

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« _____ » _____ 2011 г.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Дисциплина: «Теоретическая физика»
Раздел «Квантовая теория»**

Направление 010700.62 «ФИЗИКА»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: *бакалавр*

Курс 3, семестр 6

Курс 4, семестр 7

г. Дубна, 2011 г.

1. Требования ГОС ВПО

Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц. Принцип неопределенностей. Принцип суперпозиции. Наблюдаемые и состояния. Чистые и смешанные состояния. Эволюция состояний и физических величин. Соотношения между классической и квантовой механикой. Теория представлений. Общие свойства одномерного движения гармонического осциллятора. Туннельный эффект. Квазиклассическое движение. Теория возмущений. Теория момента. Движение в центрально-симметричном поле. Спин. Принцип тождественности одинаковых частиц. Релятивистская квантовая механика. Атом. Периодическая система элементов Менделеева. Химическая связь, молекулы. Квантование электромагнитного поля. Общая теория переходов. Вторичное квантование, системы с неопределенным числом частиц. Теория рассеяния.

2. Аннотация

Программа дисциплины «Квантовая теория» составлена в соответствии с разделом **ОПД.Ф.** ГОС ВПО для подготовки бакалавров по направлению: **010700.62** «Физика». Курс «Квантовая теория» является разделом дисциплины «Теоретическая физика», которая входит в федеральный компонент цикла общих профессиональных дисциплин (**ОПД.Ф.**).

Место курса в профессиональной подготовке бакалавров

Изучение дисциплины «Квантовая теория» опирается на курсы математического анализа, линейной алгебры, теории вероятности, методов математической физики, а также на некоторые разделы общей физики. Идеи и методы квантовой механики лежат в основе курсов «Квантовая теория поля», «Физика фундаментальных взаимодействий», спецкурсов «Квантовополевые методы статистической физики», «Теория рассеяния для систем нескольких частиц», «Методы многочастичных систем в ядерной физике» и др.

Полученные знания необходимы студентам при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Формы работы студентов в ходе изучения дисциплины предусмотрены семинарские занятия, выполнение домашних работ. Отдельные темы теоретического курса прорабатываются студентами самостоятельно в соответствии с планом самостоятельной работы и конкретными заданиями преподавателя с учетом индивидуальных особенностей студентов.

Самостоятельная работа студентов: подготовка к семинарским занятиям, выполнение домашних работ.

Виды текущего контроля – проверка домашних заданий, контрольных работ, опросы. Текущий контроль проводится, чтобы установить степень усвоения студентами лекционного материала.

Форма промежуточного контроля
экзамен.

3. Цели и задачи дисциплины.

Цель дисциплины - дать представление об идеях и методах квантовой теории, о соотношении классической и квантовой механики, месте квантовой теории в современной науке. Задачей дисциплины является формирование навыков решения квантовомеханических задач.

4. Требование к уровню усвоения содержания дисциплины (знания, умения, навыки).

Знать основные идеи квантовой механики, круг явлений, описываемых ею, ее отношение к классической механике и квантовой теории поля

Понимать принципы описания реальности волновой функцией и ее вероятностный смысл, логику вывода уравнения Шредингера, принципы постановки задачи при описании микроявлений, физические и математические основы методов описания различных процессов.

Уметь ставить и решать квантовомеханические задачи, связанные с решением уравнения Шредингера: нахождение спектров и их характеристик для различных гамильтонианов, вычисление амплитуд рассеяния, вероятностей перехода между различными состояниями квантовой системы и т.д.

5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		5	6
Общая трудоемкость дисциплины	225	106	119
Аудиторные занятия	144	72	72
Лекции (Л)	72	36	36
Семинары (С)	72	36	36
Самостоятельная работа (СР)	81	34	47
Промежуточная аттестация		экзамен	экзамен

6. Разделы дисциплины

№	Раздел дисциплины (6-й семестр)	Л	С	СР
1.	<i>Дуализм явлений микромира. Наблюдаемые и состояния.</i>	2	2	2
2.	<i>Эволюция состояний и физических величин. Уравнение Шредингера.</i>	2	2	2
3.	<i>Соотношение между классической и квантовой механикой</i>	2	2	2
4.	<i>Теория представлений.</i>	2	2	2
5.	<i>Общие свойства одномерного движения. Гармонический осциллятор</i>	2	2	2
6.	<i>Теория момента</i>	2	2	2
7.	<i>Орбитальный момент и сферические функции. Спин и спиноры.</i>	2	2	2
8.	<i>Сложение моментов. Коэффициенты Клебша-Гордона.</i>	2	2	2
9.	<i>Движение в центрально-симметричном поле.</i>	2	2	2
10.	<i>Потенциал Кулона.</i>	2	2	2
11.	<i>Теория возмущений. Вариационные оценки</i>	2	2	2
12.	<i>Приложения теории возмущений</i>	2	2	2
13.	<i>Общая теория переходов. Соотношение неопределенностей энергия-время.</i>	2	2	2
14.	<i>Взаимодействие с электромагнитным полем.</i>	2	2	2
15.	<i>Квазиклассическое движение.</i>	2	2	2

16.	<i>Атом. Термы. Периодическая система элементов Менделеева.</i>	2	2	2
17.	<i>Химическая связь, молекулы.</i>	2	2	2
18.	<i>Заключительная лекция. Подготовка к экзамену</i>	2	2	
	Всего:	36	36	34
№	Раздел дисциплины (7-й семестр)	Л	С	СР
1.	<i>Теория рассеяния</i>	2	2	3
2.	Рассеяние на Кулоновском потенциале	2	2	3
3.	Амплитуда и S -матрица	2	2	3
4.	Борновское приближение	2	2	3
5.	Амплитуда и фазы рассеяния.	2	2	3
6.	Рассеяние медленных и быстрых частиц	2	2	3
7.	Поведение фаз при $l \rightarrow \infty$.	2	2	3
8.	Рассеяние на прямоугольном потенциале. s -волна, рассеяние при наличии неглубокого уровня.	2	2	3
9.	Эйкональное приближение.	2	2	3
10.	Аналитические свойства S -матрицы.	2	2	3
11.	Резонансное рассеяние.	2	2	3
12.	Квазистационарные (нестабильные) состояния и их распад. Формула Гамова.	2	2	3
13.	<i>Соотношение неопределенностей</i> для ферми систем.	2	2	3
14.	<i>Релятивистская квантовая механика. Вторичное квантование, системы с неопределенным числом частиц. Принцип тождественности одинаковых частиц.</i>	2	2	3
15.	Законы сохранения. P и C четность. Регенерация K -мезонов.	2	2	3
16.	Квантование электромагнитного поля	2	2	2
17.	Проблемы интерпретации волновой функции.	2	2	2
18.	<i>Заключительная лекция. Подготовка к экзамену.</i>	2	2	
	Всего:	36	36	49

Содержание разделов дисциплины

Часть I.

1. Классическая и квантовая механика. *Дуализм явлений микромира, дискретные свойства волн, волновые свойства частиц. Наблюдаемые и состояния.* Описание состояния. Волновая функция. *Принцип неопределенностей. Принцип суперпозиции. Чистые и смешанные состояния.* Атомизм, ансамбль, квантовые числа.
2. Каноническое квантование. *Эволюция состояний и физических величин.* Уравнение Шредингера. Краевые условия. Волновая функция. Собственные значения и собственные функции. Дискретные и непрерывные собственные значения. Нормировка собственных функций. Плотность и ток вероятности. Уравнение непрерывности.
3. *Соотношения между классической и квантовой механикой.* Классический предел. Плоские волны. Уширение волнового пакета. Условие классического движения.

4. *Теория представлений.* Различные представления состояния квантовых систем. Различные представления операторов. Матрицы. Унитарные преобразования.
5. *Общие свойства одномерного движения. Гармонический осциллятор.* Одномерные ямы. Энергетический спектр. Отражение и прохождение сквозь потенциальный барьер. *Туннельный эффект.*
6. *Теория момента.* Угловой момент. Коммутационные соотношения. Сохраняющиеся величины. Собственные значения и собственные функции.
7. Орбитальный момент и сферические функции. *Спин* и спиноры. Осцилляторное представление.
8. Сложение моментов. Коэффициенты Клебша-Гордона.
9. *Движение в центрально-симметричном поле.* Центрально-симметричное поле в R^3 . Задача двух тел. Система центра инерции. Радиальное уравнение и краевые условия. Осциллятор в R^3 . Вырождение.
10. Потенциал Кулона. Спектр и волновые функции. Осцилляторный базис.
11. *Теория возмущений.* Вырожденные состояния. Снятие вырождения. Секулярное уравнение. Ротатор.
12. *Приложения теории возмущений.* Вариационные оценки. Потенциал Юкава. Ангармонический потенциал. Соотношение неопределенностей и спектр.
13. *Общая теория переходов.* Возмущения, зависящие от времени. Баллистический удар. *Соотношение неопределенностей* энергия-время.
14. Взаимодействие с электромагнитным полем. Электрон в магнитном поле. Эффект Зеемана.
15. *Квазиклассическое движение.* Прохождение сквозь барьер. Квантование Бора-Зоммерфельда.
16. *Атом, термы. Периодическая система элементов Менделеева.* Приближение среднего поля. Уравнение Томаса-Ферми.
17. *Химическая связь, молекулы.*

Часть II.

1. *Теория рассеяния.* Рассеяние в классической и в квантовой механике. Амплитуда и сечение рассеяния. Длина свободного пробега.
2. Рассеяние на Кулоновском потенциале
3. Амплитуда и S -матрица. Унитарность. Оптическая теорема. Длина рассеяния.
4. Борновское приближение. Рассеяние частиц со спином.

5. Амплитуда и фазы рассеяния. Аналитические свойства амплитуды рассеяния. Дисперсионное соотношение. Амплитуда рассеяния в импульсном представлении.
6. Рассеяние медленных и быстрых частиц.
7. Поведение фаз при $l \rightarrow \infty$.
8. Рассеяние на прямоугольном потенциале. s -волна, рассеяние при наличии неглубокого уровня.
9. Эйкональное приближение.
10. Аналитические свойства S -матрицы.
11. Резонансное рассеяние.
12. Квазистационарные (нестабильные) состояния и их распад. Формула Гамова.
13. Соотношение неопределенностей для ферми систем.
14. Релятивистская квантовая механика. Вторичное квантование, системы с неопределенным числом частиц. Четность. Принцип тождественности одинаковых частиц. Тождественные частицы: бозоны и фермионы.
15. Законы сохранения. P и C четность. Регенерация K -мезонов.
16. Квантование электромагнитного поля.
17. Проблемы интерпретации волновой функции.

Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
6-ой семестр		
1	1	Принцип неопределенностей. Принцип суперпозиции. Чистые и смешанные состояния
2	2	Уравнение Шредингера. Краевые условия. Волновая функция. Собственные значения и собственные функции.
3	3	Уширение волнового пакета. Условие классического движения
4	4	Различные представления операторов. Матрицы. Унитарные преобразования.
5	5	Одномерные ямы. Энергетический спектр. Отражение и прохождение сквозь потенциальный барьер.
6	6	Коммутационные соотношения. Сохраняющиеся величины. Собственные значения и собственные функции.
7	7	Орбитальный момент и сферические функции.
8	8	Сложение моментов. Коэффициенты Клебша-Гордона
9	9	Радиальное уравнение и краевые условия. Осциллятор в R^3 . Вырождение.
10	10	Потенциал Кулона. Спектр и волновые функции
11	11	Потенциал Юкава. Ангармонический потенциал
12	12	Вырожденные состояния. Снятие вырождения.
13	13	Возмущения, зависящие от времени. Баллистический удар.

14	14	Эффект Зеемана.
15	15	Квантование Бора-Зоммерфельда.
16	16	Приближение среднего поля. Уравнение Томаса-Ферми.
17	17	Химическая связь, молекулы.
18	18	Зачетная неделя
7-ой семестр		
1	1	Амплитуда и сечение рассеяния. Длина свободного пробега
2	2	Рассеяние на Кулоновском потенциале
3	3	Оптическая теорема
4	4	Рассеяние частиц со спином
5	5	Амплитуда и фазы рассеяния
6	6	Рассеяние медленных и быстрых частиц
7	7	Поведение фаз при $l \rightarrow \infty$.
8	8	Рассеяние на прямоугольном потенциале
9	9	Эйкональное приближение
10	10	Аналитические свойства S -матрицы
11	11	Резонансное рассеяние
12	12	Формула Гамова
13	13	Соотношение неопределенностей для ферми систем
14	14	Четность
15	15	Регенерация K -мезонов
16	16	Квантование электромагнитного поля
17	17	Проблемы интерпретации волновой функции
18	18	Зачетная неделя

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература.

1. **Блохинцев Д.И.** Основы квантовой механики: Учебное пособие / Блохинцев Дмитрий Иванович. - 7-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2004. - 672с. - (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. **Ландау Л.Д.** Квантовая механика (нерелятивистская теория): Учебное пособие для вузов / Ландау Лев Давидович, Лифшиц Евгений Михайлович; Под ред. Л.П.Питаевского. - 6-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2004. - 800с.: ил. - (Теоретическая физика в 10 т.; Т.3).
3. **Иродов И.Е.** Задачи по квантовой физике: Учебное пособие для вузов / Иродов Игорь Евгеньевич. - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит; Лаборатория Базовых Знаний, 2002.

Дополнительная литература.

1. **Иродов И.Е.** Квантовая физика: Основные законы: Учебное пособие для вузов / Иродов Игорь Евгеньевич. - М.: Физматлит; : Лаборатория Базовых Знаний; СПб.: Невский Диалект, 2002.
2. **Блохинцев Д.И.** Избранные труды. Т.1,2 / Блохинцев Дмитрий Иванович; Под ред. Б.М.Барбашова, В.В.Нестеренко. - М.: Физматлит, 2009.
3. **Ишханов Б.С.** Частицы и атомные ядра: Учебник для вузов / Ишханов Борис Саркисович, Капитонов Игорь Михайлович, Юдин Николай Прокофьевич. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство ЛКИ, 2007. - 584с.: ил. - (Классический университетский учебник).
4. **Тейлор Дж.** Теория рассеяния. Квантовая теория нерелятивистских столкновений / Тейлор Джон; Пер.с англ. А.С.Жукарева; Под.ред. А.М.Бродского. - М.: Мир, 1975. - 565с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено

9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Вопросы, выносимые на экзамен.

Часть I.

1. Классическая и квантовая механика. Частицы и волны. Описание состояния.
2. Волновая функция. Наблюдаемые. Соотношение неопределенностей.
3. Каноническое квантование. Уравнение Шредингера.
4. Свободное движение. Уширение волнового пакета.
5. Переход к классической механике.
6. Одномерное движение. Одномерные ямы. Прохождение сквозь потенциальный барьер.
7. Одномерное движение. Осциллятор.
8. Центральное симметричное поле. Орбитальный момент.
9. Задача двух тел. Система центра инерции.
10. Радиальное уравнение - два подхода.
11. Осциллятор в \mathbb{R}^3 . Орбитальные возбуждения и пространство $\mathbb{R}^3(d = 3 + 2l)$.
12. Потенциал Кулона. Орбитальные возбуждения и пространство $\mathbb{R}^3(d = 3 + 2l)$.
13. Вариационные оценки. Ангармонический осциллятор.
14. Вариационные оценки. Потенциал Юкавы.
15. Теория возмущений. Вырожденные состояния.
16. Спин. Сложение моментов.
17. Четность. Тожественные частицы: бозоны и фермионы.
18. Введение электро-магнитного взаимодействия. Движение в магнитном поле. Эффект Зеемана.
19. Атом. Термы. Периодическая таблица элементов.

Часть II.

1. Квазиклассика. Квантование Бора-Зоммерфельда.
2. Теория рассеяния. Рассеяние в классической механике. Рассеяние в квантовой механике. Амплитуда рассеяния.
3. Общая теория рассеяния. Амплитуда и S -матрица. Аналитические свойства S -матрицы.
4. Рассеяние в Кулоновском поле. Борновское приближение. Фазы рассеяния.
5. Рассеяние медленных и быстрых частиц. Поведение фаз при $l \rightarrow \infty$.
6. Рассеяние на прямоугольном потенциале. s -волна, рассеяние при наличии неглубокого уровня.
7. Эйкональное приближение.
8. Резонансное рассеяние.
9. Квазистационарные (нестабильные) состояния и их распад.
10. Соотношение неопределенностей для ферми систем.
11. Регенерация K -мезонов.
12. Четность. Тожественные частицы: бозоны и фермионы.