

Министерство образования Российской Федерации

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИРОДЫ, ОБЩЕСТВА И  
ЧЕЛОВЕКА «ДУБНА»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Проректор Ю.С.Сахаров**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2007г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ТЕОРИЯ РАССЕЯНИЯ**

(наименование дисциплины)

**по направлению, специальностям**

510400 — Физика

**(Естественнонаучный блок)**

**Разработана:**

**Кафедрой Ядерной Физики**

(наименование кафедры)

**Заведующий кафедрой**

**проф., д.ф.-м.н., Оганесян Ю.Ц.**

---

(подпись)

1. а) Требования к уровню необходимых исходных знаний.
- б) Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

Целью курса «Теория рассеяния» является освоение студентами основных понятий и методов классического и квантового описания процессов рассеяния волн и частиц на атомарном и ядерном уровне. Процессы упругих и неупругих столкновений частиц являются основным инструментом исследования свойств микромира, т.е. структуры молекул, атомов, атомных ядер и самих нуклонов.

В ходе данного курса студент должен получить представление об экспериментальной методике измерения сечений различных процессов, усвоить такие понятия как S-матрица, амплитуда и фаза рассеяния, познакомиться с нестационарным и стационарным описанием процесса рассеяния, освоить численное решение уравнения Шредингера для состояний рассеяния и использование различных приближенных методов для расчета основных величин. Курс «Теория рассеяния» является необходимой вводной частью последующих курсов «Ядерные реакции с тяжелыми ионами», «Ядерные реакции под действием нейтронов и гамма-квантов» и «Нуклеосинтез», в которых студенты должны интенсивно использовать приобретенные навыки для понимания методов описания и анализа сложных ядерно-физических процессов.

## 2. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):

Вид занятий	Всего часов	Семестры	
		7	8
<b>Общая трудоемкость</b>	60	34	26
<b>Аудиторные занятия:</b>			
Лекции	43	17	26
Практические занятия (ПЗ)	17	17	
Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)			
<b>Самостоятельная работа:</b>			
Курсовой проект (работа)	3	3	
Расчетно-графические работы			
Реферат			
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен)</b>	курсовая, зачет	курсовая работа	зачет

## 3. Содержание дисциплины

### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	ПЗ
1	Столкновения частиц в классической механике	8
2	Квантовое описание процесса рассеяния	6
3	Стационарный формализм теории рассеяния	10
4	Разложение по парциальным волнам	10
5	Рассеяние частиц кулоновским полем	4
6	Приближенные методы теории упругого рассеяния	10
7	Процессы столкновений составных частиц	12

## **3.2. Содержание разделов дисциплины**

### **1. Столкновения частиц в классической механике**

- 1.1 Законы сохранения, переход в систему центра масс, сведение к задаче о рассеянии силовым центром
- 1.2 Траектории частиц в сферическом поле, угол отклонения, сечение рассеяния
- 1.3 Рассеяние кулоновским полем, формула Резерфорда
- 1.4 Радужное рассеяние, закручивание, глория

### **2. Квантовое описание процесса рассеяния**

- 2.1 Гильбертово пространство векторов состояний, волновые пакеты
- 2.2 Эволюция векторов состояния, асимптотические состояния, волновые операторы
- 2.3 Оператор рассеяния, унитарность
- 2.4 Дифференциальное сечение, оптическая теорема

### **3. Стационарный формализм теории рассеяния**

- 3.1 Стационарные состояния рассеяния
- 3.2 Функция Грина и T-оператор, уравнения Липпмана-Швингера
- 3.3 Стационарные волновые функции рассеяния и их асимптотика

### **4. Разложение по парциальным волнам**

- 4.1 Шаровые функции и функции Бесселя
- 4.2 Разложение по парциальным волнам плоской волны, функции Грина и S-матрицы
- 4.3 Парциальные волновые функции, парциальные фазы рассеяния
- 4.4 Численное интегрирование уравнения Шредингера и определение парциальных фаз рассеяния
- 4.5 Фазовое уравнение

### **5. Рассеяние частиц кулоновским полем**

- 5.1 Рассеяние чисто кулоновским потенциалом
- 5.2 Потенциал с кулоновской асимптотикой

### **6. Приближенные методы теории упругого рассеяния**

- 6.1 Низкие энергии и длина рассеяния
- 6.2 Борновский ряд, борновское приближение в методе искаженных волн
- 6.3 Одномерное WKV-приближение для парциальных волн и фазовых сдвигов
- 6.4 Квазиклассическое приближение в трехмерном пространстве, волновые катастрофы и каустические поверхности,
- 6.5 Эйкональное приближение

## **7. Процессы столкновений составных частиц**

- 7.1 Каналы, каналные гамильтонианы и состояния
- 7.2 Эволюция векторов состояния и многоканальный оператор рассеяния
- 7.3 Стационарные состояния и многоканальные уравнения Липпмана-Швингера
- 7.4 Борновское приближение в методе искаженных волн
- 7.5 Упругое рассеяние на составной мишени, неупругое возбуждение мишени
- 7.6 Прямые реакции передач
- 7.7 Разложение по состояниям мишени и оптическая модель

### **3.3. Темы курсовых работ**

1. Классическое рассеяние центральным потенциалом. Поле траекторий
2. Рассеяние центральным потенциалом. Функция угла отклонений и дифференциальное сечение
3. Численное интегрирование радиального уравнения Шредингера
4. Нахождение фаз рассеяния из фазового уравнения

Каждая курсовая работа нацелена на исследование конкретной физической системы (снаряд, мишень, энергия столкновения). Во всех задачах требуется визуализировать и анимировать исследуемый процесс, реализовать интерактивные диалоги ввода начальных данных и сохранения полученных результатов, построить соответствующие графики.

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

### **4.1. Рекомендуемая литература**

1. Дж.Тейлор, Теория рассеяния, М., Мир, 1975.
2. Н.Мотт, Г.Месси, Теория атомных столкновений, М., Мир, 1969.
3. Р.Ньютон, Теория рассеяния волн и частиц, М., Мир, 1969.
4. А.И.Базь и др., Рассеяние, реакции и распады в нерелятивистской квантовой механике, М., Наука, 1971.
5. В.В.Балашов, Квантовая теория столкновений, М., МГУ, 1985.
6. Э.Шмид, Х.Цигельман, Проблема трех тел в квантовой механике, 1979.
7. А.Г.Ситенко, Теория ядерных реакций, М., Энергоатомиздат, 1983.
8. N.K.Glendenning, Direct Nuclear Reactions, Academic Press, 1983.
9. G.R.Satchler, Direct Nuclear Reactions, Clarendon Press, 1983.
10. D.M.Brink, Semi-Classical Methods for Nucleus-Nucleus Scattering, Cambridge University Press, 1985.

### **4.2. Средства обеспечения освоения практической части курса**

1. Персональные компьютерами с выходом в Интернет.
2. Интернет-браузер.
3. Java-плагин для интернет-браузера (Java Runtime Environment -JRE).
4. Компилятор C++ и среда разработчика Borland C++ Builder 5 или выше.

### **4.3. Методические рекомендации для преподавателей**

Курс лекций рассчитан на студентов кафедры экспериментальной ядерной физики. В связи с этим, необходимо сделать упор на изложении материала в приложении к задачам исследования реакций с ядерными частицами. Лекции должны сопровождаться наглядным иллюстративным материалом, в частности, с использованием компьютерных презентаций. Следует уделить особое внимание практическим расчетам, выполняемым самими студентами при работе над текущими заданиями и курсовыми работами. Допускается использование студентами уже существующих вычислительных пакетов для расчета характеристик ядерных реакций, однако в этом случае задание должно быть расширено. Следует поощрять самостоятельное программирование.

В силу ограниченности доступной литературы по данному предмету формулировку практических заданий следует выполнять подробно, а также допускать использование Интернет-ресурсов при работе над заданиями.

Контроль работы студента проводить в виде опроса по выполненному заданию и в виде защиты им курсовой работы.

#### **4.4. Методические указания для студентов.**

Работа студента над практическими заданиями (текущие и курсовые работы) во многом должна быть самостоятельной. Допускается использование рекомендованных преподавателем Интернет-ресурсов.

#### **5. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Специализированные компьютерные классы университета «Дубна».

Программа составлена в соответствии с Государственными требованиями к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению (специальности) подготовки бакалавра (дипломированного специалиста).

Программу составили:

В.И. Загребаев, д.ф.-м.н., профессор кафедры Ядерной физики

А.С. Деникин, к.ф.-м.н., доцент кафедры Ядерной физики