

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора
филиала МГУ в г.Дубне
/ Э.Э. Боос /
«01» сентября 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Основы физики ядерных реакций

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Фундаментальная и прикладная ядерная физика

Форма обучения: Очная форма обучения

Дубна 2024 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки программы магистратуры 03.04.02 «Физика».

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

1. Шнейдман Т.М., кандидат физ.мат. наук, почасовик МГУ

Руководитель магистерской программы:

Доктор физ.-мат. наук, академик РАН Г.В. Трубников, по совместительству заведующий кафедрой физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Задачами данного курса являются: формирование базовых знаний в области теоретической ядерной физики; обучение студентов современным методам теоретического описания различных процессов сильного взаимодействия и навыкам решения сопутствующих задач; формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической ядерной физики в рамках итоговой аттестации. Рассматриваются физические основы теории, механизмы и модели описания ядерных реакций при низких и средних энергиях в рамках нерелятивистской квантовой механики. Целью курса является освоение студентами теоретических подходов и методов, применяемых для описания процессов упругого и неупругого рассеяния и реакций с перестройкой при нуклон-ядерном и ядро-ядерном взаимодействии

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется на 1-ом курсе во 2-ом семестре и входит в состав вариативной части, является обязательной дисциплиной.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Курсы математического анализа, линейной алгебры и дифференциальных уравнений, методов математической физики, разделы оптика и атомная физика из курса общей физики, электродинамика, термодинамика и статистическая физика, квантовая механика из курса теоретической физики, физика атомного ядра и частиц, молекулярная физика в объеме классических университетских курсов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции	Результаты обучения
ПК-1	<p><u>Знать</u> разделы ядерной физики, необходимыми для решения поставленной научной задачи</p> <p><u>Уметь</u> применять экспериментальные и теоретические знания при решении поставленной научной задачи</p> <p><u>Владеть</u> экспериментальными и теоретическими методами исследования при решении научных задач в области современной ядерной физики</p>
МПК-1	<p><u>Знать</u> различные модели математического описания состояния и свойств ядер и ядерных реакций.</p> <p><u>Уметь</u> проводить модельные расчеты свойств атомных ядер и сечений ядерных реакций.</p> <p><u>Владеть</u> способностью оценивать характеристики явлений</p>

и качественно анализировать результаты.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе: 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 74 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

№ темы		Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Семинары	Учебно-практические занятия (лабораторные или практические занятия)	Самостоятельная работа	
1	Введение и основы теории ядерных реакций	26	4	4		18	Оп
2	Модель составного ядра. Статистическая модель.	24	4	4		16	КР
3	Потенциальный подход и описание упругого рассеяния.	24	4	4		16	КР
4	Методы описания прямых процессов. Предравновесные процессы.	30	5	5		20	Оп
	Промежуточная аттестация	4				4	экзамен
ИТОГО:		108	17	17		74	

6

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

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Задачи:

- 1) С помощью оператора граничных условий найти решение уравнения Шредингера во внутренней области и построить матрицу столкновений для потенциала прямоугольной ямы.
- 2) Получить выражение для интегрального сечения упругого рассеяния с учетом спинов в окрестности изолированного резонанса.
- 3) Найти среднее значение полного сечения для нейтронов, проходящих через фильтр из того же вещества что и рассеиватель.
- 4) Вычислить дифракционное сечение неупругого рассеяния поглощающим ядром с возбуждением колебательного состояния ядра.

Вопросы к экзамену:

1. Кинематика ядерных реакций и законы сохранения. Каналы реакции и пороги.
2. Матрица столкновений (S-матрица). Свойства S-матрицы.
3. Дифференциальные, интегральные и полные сечения реакции. Оптическая теорема, теорема взаимности и детальное равновесие.
4. Учет спинов и поляризационные явления в ядерных реакциях.
5. R-матричная теория. Резонансы, однорезонансное приближение, формула Брейта-Вигнера.
6. Физические основы модели составного ядра.
7. Распадающиеся состояния составного ядра. Резонансные процессы (упругое рассеяние и реакции). Резонансное взаимодействие нейтронов с ядрами.
8. Среднее сечение и флуктуации сечений.
9. Ядерные реакции с образованием составного ядра в непрерывном спектре. Сечение образования и вероятность распада. Вторичные ядерные реакции.
10. Статистическая модель.
11. Предравновесные процессы.
12. Прямые ядерные реакции (упругое и неупругое рассеяние, перезарядка и прямая передача нуклонов и кластеров).
13. Концепция эффективного потенциала. Свойства эффективного потенциала (нелокальность, зависимость от энергии, дисперсионные соотношения). Феноменологические, микроскопические и полумикроскопические модели эффективного потенциала.
14. Оптическая модель упругого рассеяния. Проблема неоднозначности параметров и пути ее решения.
15. Дифракционное рассеяние и рефракция. Радужные эффекты и их использование.
16. Метод искаженных волн (Борновское приближение с искаженными волнами) для ядерных реакций.
17. Метод связанных каналов для ядерных реакций.

6.2. Шкала и критерии оценивания

Результат освоения дисциплины	Критерии оценивания знаний, умений и навыков			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
Знания	Отсутствие знаний	В целом успешные, но не систематические знания	В целом успешно, но содержащее отдельные	Успешные и систематические знания

			пробелы знания	
Умения	Отсутствие умения применять фундаментальных и актуальных проблем.	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания	Успешное и систематическое умение применять знания
Навыки	Отсутствие/фрагментарные навыки в решении задач	В целом успешные, но не систематические навыки в решении задач	В целом успешные, но содержащее отдельные пробелы навыки в решении задач	Успешные и систематические навыки в решении задач

7. Ресурсное обеспечение

Основная литература

1. Satchler G.R. // Direct Nuclear Reactions. Clarendon Press, Oxford, 1983.
2. А.Г. Ситенко, Теория ядерных реакций. М., Энергоатомиздат, 1983.

Дополнительная литература

1. В.В. Балашов, Квантовая теория столкновений, М., НИИЯФ МГУ, «Макспресс» - 2012
2. Austern N. // Direct Nuclear Reaction Theories. J.Wiley and Sons Inc., N.Y., 1970
3. Hodgson P.E. // The Optical Model of Elastic Scattering. Oxford Univ. Press, 1963; Перев. с англ.: Ходгсон П.Е. // Оптическая модель упругого рассеяния. Атомиздат, М., 1966.

Периодическая литература

1. Feshbach H. // Unified Theory of Nuclear Reactions. Ann. Phys., 1958, v.5, pp.357-390
2. Mahaux C., Ngo H., Satchler G.R. // Causality and the Threshold Anomaly of the Nucleus-Nucleus Potential. Nucl. Phys., 1986, v.A449, pp.354-394
3. Hodgson P.E. // The Neutron Optical Potential. Rep. Progr. Phys., 1984, v.47, pp.613-654
4. Ситенко А.Г. // Диффракционное рассеяние нуклонов ядрами и структура ядер. ЭЧАЯ, 1973, т.4, в.2, стр.546-584
5. Dem'yanova A.S., Ogloblin A.A., Ershov S.N., Gareev F.A., Kurmanov R.S., Svinareva E.F., Goncharov S.A., Adodin V.V., Burtebaev N., Bang J., Vaagen J.S. // Rainbows in Nuclear Reactions and the Optical Potential. Phys. Scr., 1990, v.T32, pp.89-106
6. Ogloblin A.A., Goncharov S.A., Glukhov Yu.A., Dem'yanova A.S., Rozhkov M.V., Rudakov V.P., Trzaska W.H. // Nuclear Rainbow in Scattering and Reactions and Nucleus-Nucleus Interaction at Small Distances. ЯФ, 2003, т.66, стр.1523-1533
7. Гончаров С.А., Изадпанах А.. Ядро-ядерный потенциал в рамках дисперсионной полумикроскопической модели на основе скорректированного потенциала свертки. «Ядерная Физика» (Phys. of At. Nuclei), 2007, т.70, №1, стр.21–31

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Java 8 (64-bit) Oracle Corporation
2. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
3. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
4. Программный продукт Microsoft Project Professional 2013 академическая лицензия
5. Программный продукт Microsoft Visio Professional 2013 академическая лицензия
6. Программный продукт Microsoft Visual Studio Professional 2013 – RUS [Русский(Россия)] академическая лицензия

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

Материально-техническое обеспечение:

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», курс может быть прочитан в обычной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.

8. Язык преподавания: русский