

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:**

Рассеяние нейтронов на ядрах

---

**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. кандидат физ.-мат. наук, Ской Вадим Рудольфович, 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

В курсе рассматриваются теоретические основы нейтронной спектроскопии ядер, методы изучения ядерных реакций и практические приложения нейтронной ядерной физики. Целью курса является освоение студентами теоретических основ и методов, используемых для анализа ядерных реакций с участием нейтронов, ознакомление с областями применения ядерной физики в энергетике и промышленности.

### 1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется на 2-ом курсе в 3-ем семестре магистратуры и входит в состав профессионального блока вариативной части и является обязательной.

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

Курсы дифференциальных уравнений, термодинамика, электродинамика и квантовая механика из курса теоретической физики, атомная и ядерная физика.

### 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-2       | <p><u>Знать</u> порядок организации научного исследования в области фундаментальной и прикладной ядерной физики</p> <p><u>Уметь</u> проводить работу с источниками информации для подготовки плана научного исследования в области фундаментальной и прикладной ядерной физики</p> <p><u>Владеть</u> методами научного исследования в области фундаментальной и прикладной ядерной физики</p> |

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 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             | Нейтрон и источники нейтронов, динамика замедлителей нейтронов | 15  | 4         | 4         |   | 7                      | опрос   |
| 2             | Методы регистрации нейтронов. Поляризованные нейтроны и ядра   | 15  | 4         | 4         |   | 7                      | опрос   |
| 3             | $\beta$ -распад нейтрона и метод времени пролета               | 14  | 4         | 4         |   | 6                      | опрос   |
| 4             | Ядерные модели и фундаментальные симметрии                     | 15  | 4         | 4         |   | 7                      | опрос   |
| 5             | Деление ядер и ядерные реакторы                                | 9   | 2         | 2         |   | 5                      | опрос   |
|               | Промежуточная аттестация                                       | 4   |           |           |   | 4                      | зачет   |
| <b>ИТОГО:</b> |  | <b>72</b>                                     | <b>18</b> | <b>18</b> |   | <b>36</b>              |   |

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

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

1. Методы детектирования нейтронов Природа взаимодействия медленных нейтронов с веществом.
2. Нейтронно-оптические явления. Когерентные и некогерентные амплитуды рассеяния.
3. Формула Брейта-Вигнера.
4. Модель составного ядра.
5. Метод времени пролета.
6. Цепная реакция деления

**Вопросы к зачету:**

1. Свойства нейтрона. Спин, магнитный момент, электрический заряд, нейтрон в гравитационном поле.
2. Природа взаимодействия медленных нейтронов с веществом.
3. Нейтронно-оптические явления. Когерентные и некогерентные амплитуды рассеяния.
4. Формула Брейта-Вигнера.
5. Модель составного ядра.
6. Амплитуды рассеяния нейтронов на ядрах.
7. Получение медленных нейтронов. Монохроматизация.
8. Метод времени пролета.
9. Методы получения поляризованных медленных нейтронов.
10. Методы детектирования нейтронов
11. Несохранение пространственной четности в нейтрон-ядерных взаимодействиях.
12. Ультрахолодные нейтроны.
13. Дипольный момент нейтрона.
14. Распад нейтрона.
15. Ядерный реакторы как источник энергии

## **6.2. Шкала и критерии оценивания**

| Результат освоения дисциплины | Критерии оценивания знаний, умений и навыков                      |   |  |  |
|-------------------------------|---|---|--|--|
|                               | 2/<br>не зачтено  | 3/<br>зачтено   | 4/<br>зачтено  | 5/<br>зачтено                                      |
| Знания                        | Отсутствие знаний   | В целом успешные, но не систематические знания                  | В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания                  | Успешные и систематические 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                        | Успешные и систематические навыки в решении задач  |

|  |  |  |                         |   |  |
|--|--|--|-------------------------|---|--|
|  |  |  | навыки<br>решении задач | в |  |
|--|--|--|-------------------------|---|--|

## 7. Ресурсное обеспечение

### Основная литература

1. О.А. Барсуков, "Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии", М. Физматлит, 2011.
2. А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич, "Основы экспериментальных методов ядерной физики", изд. 3, М. Атомиздат 1985.
3. К.Н. Мухин, "Экспериментальная ядерная физика", книга 1, М. Энергоатомиздат, 1993.
4. Ю.А. Александров, "Фундаментальные свойства нейтрона", М. Атомиздат, 1976.

### Дополнительная литература

1. Ю.М. Широков, Н.П. Юдин, "Ядерная физика", М. Наука, 1980.
2. В.И. Гольданский, А.В. Куценко, М.И. Подгорецкий, "Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц", М. Физматлит, 1959.
3. Ю.Г. Абов, А. Д. Гулько, П. А. Крупчицкий, "Поляризованные медленные нейтроны", М. Атомиздат, 1966.
4. Л.В. Матвеев, А.П. Рудик, "Почти все о ядерном реакторе", М. Энергоатомиздат, 1990.
5. И.А. Науменко, "Атомные силовые установки", М. Воениздат. 1959.
6. Ю.Г. Демянко и др. "Ядерные ракетные двигатели", М. Норма-Информ, 2001.
7. Л.Б. Пикельнер, Ю.П. Попов, Э.И. Шарапов, УФН, т.137, вып.1, 1982, с.39.
8. Ф.Л. Шапиро, УФН, т.95, вып.1, 1968, с. 145.
9. В.П. Алфименков, УФН, т.144, вып.3, 1984, с. 361.
10. И.М. Франк, УФН, т.161, №1, 1991, с. 109.
11. В.К. Игнатович, УФН, т.166, №3, 1996, с. 303.
12. А.В. Стрелков, УФН, т.174, №5, 2004, с.565.
13. В.В. Несвижевский, УФН, т.180, №7, 2010, с.673.
14. А.П. Серебров, УФН, т.179, №9, 2005, с.904.
15. В.Л. Аксенов, УФН, т.179, №4, 2009, с.434.
16. Ю.Я. Стависский, УФН, т.177, №11, 2007, с.1241.
17. A.L. Varabanov, et al., Phys. Rev. Lett. 70(9), 1993, p.1216.
18. R. Golub, S.K. Lamoreaux, Phys. Rev. D 50, 1994, p.5632.
19. V.R. Skoy, Phys. Rev. D 53, 1996, 4070.
20. T.E. Chupp, et al, Phys. Rev. C 36, 1987, p. 2244.
21. Н.Н. Колачевский, и др., "Квантовая электроника", 33, №1, 2003, с.18.
22. T.Ino, et al., Physica B, 356, 2005, p.109

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 VisioProfessional 2013 академическая лицензия
6. Программный продукт Microsoft VisualStudioProfessional 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 «Физика», курс может быть прочитан в обычной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.

**8. Язык преподавания:** русский