

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:

Физика взаимодействия ядер с ядрами

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Физика элементарных частиц

Форма обучения:

Очная

Дубна 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению 03.04.02 «Физика», утвержденным приказом МГУ от 30.12.2020 г. № 1366.

Год (годы) приема на обучение_____

Авторы–составители:

1. доктор физико-математических наук, Карпов Александр Владимирович, почасовик МГУ

Руководитель магистерской программы:

Доктор физ.-мат. наук, профессор академик РАН В.А. Матвеев, заведующий кафедрой физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Курс направлен на изучение основных процессов, происходящих при взаимодействии (столкновении) атомных ядер при низких энергиях, изучение экзотических состояний ядер и ядерной материи, синтез новых элементов и изотопов.

Дисциплина реализуется на 1 курсе в 1 семестре и входит в состав вариативной части.

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 36 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часа, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – экзамен во 1 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

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

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

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Компетенции	Результаты обучения
ОПК-1	<p><u>Знать</u> основные законы, научные концепции и методы исследований в области современной ядерной физики</p> <p><u>Уметь</u> применять на практике результаты актуальных научных исследований в области современной ядерной физики</p> <p><u>Владеть</u> навыками применения современных научных принципов и методов исследования в области ядерной физики для решения профессиональных задач</p>
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> особенности реакций с тяжелыми ионами.</p> <p><u>Уметь</u> в общем описывать процессы и реакции с участием тяжелых ионов.</p> <p><u>Владеть</u> математическим и физическим аппаратом, необходимым для описания взаимодействий с тяжелыми ионами.</p>
МПК-2	<p><u>Знать</u> порядок организации научного исследования в области ядерной физики</p>

	<p><u>Уметь</u> проводить работу с источниками информации для подготовки плана научного исследования в области ядерной физики</p> <p><u>Владеть</u> методами научного исследования в области 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	практические занятия (лабораторные или практические)	Самостоятельная работа	
1	Введение	8	2	2		4	
2	Взаимодействие ядер и общие закономерности ядерных реакций	8	2	2		4	
3	Упругое рассеяние нуклонов и тяжелых ионов	8	2	2		4	КР
4	Квазиупругое рассеяние и реакции малонуклонных передач	8	2	2		4	
5	Глубоко неупругое рассеяние ядер	8	2	2		4	
6	Реакции слияния атомных ядер	10	3	3		4	
7	Фрагментация ядер	8	2	2		4	

8	Реакции с участием радиоактивных ядер	10	3	3		4	КР
	Промежуточная аттестация	4				4	экзамен
ИТОГО:		72	18	18		36	

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

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

Список вопросов для коллоквиума

1. Общие свойства ядер: энергия связи, размеры, деформация
2. Нуклон-нуклонное и нуклон-ядерное взаимодействие, среднее поле ядра
3. Ядро-ядерное взаимодействие: фолдинг-потенциал, потенциал протоксимити, феноменологические потенциалы
4. Ядерные реакции. Классификация по энергиям и основным механизмам.
5. Постановка эксперимента по изучению ядерных реакций
6. Законы сохранения и кинематика ядерных реакций
7. Дифференциальные сечения ядерных реакций
8. Упругое рассеяние протонов и нейтронов атомными ядрами
9. Оптическая модель
10. Упругое рассеяние легких ионов
11. Применимость классической механики и траекторный анализ
12. Кулоновская и ядерная радуга, дифракционное рассеяние
13. Упругое рассеяние тяжелых ионов
14. Прямые реакции малонуклонных передач
15. Метод искаженных волн для описания прямых процессов
16. Одночастичные и кластерные состояния в ядрах, спектроскопические факторы
17. Квазиупругое рассеяние нуклонов и тяжелых ионов
18. Изучение вибрационных и ротационных состояний ядер
19. Экспериментальные закономерности глубоко неупругого рассеяния ядер
20. Описание процессов глубоко неупругого рассеяния ядер
21. Слияние ядер при надбарьерных энергиях
22. Слияние легких нейтронно-избыточных ядер
23. Синтез сверхтяжелых ядер в реакциях слияния
24. Процессы развала легких ионов
25. Экзотические свойства слабосвязанных ядер, нейтронное гало
26. Упругое рассеяние и спектроскопия экзотических ядер
27. Фрагментация слабосвязанных ядер

Вопросы к экзамену:

1. Нуклон-нуклонное и нуклон-ядерное взаимодействие, среднее поле ядра
2. Ядро-ядерное взаимодействие: фолдинг-потенциал, потенциал протон-нейтрон, феноменологические потенциалы
3. Ядерные реакции. Классификация по энергиям и основным механизмам.
4. Постановка эксперимента по изучению ядерных реакций
5. Законы сохранения и кинематика ядерных реакций
6. Дифференциальные сечения ядерных реакций
7. Упругое рассеяние протонов и нейтронов атомными ядрами
8. Оптическая модель
9. Упругое рассеяние легких ионов
10. Применимость классической механики и траекторный анализ
11. Кулоновская и ядерная дуга, дифракционное рассеяние
12. Упругое рассеяние тяжелых ионов
13. Прямые реакции малонуклонных передач
14. Метод искаженных волн для описания прямых процессов
15. Одночастичные и кластерные состояния в ядрах, спектроскопические факторы
16. Квазиупругое рассеяние нуклонов и тяжелых ионов
17. Изучение вибрационных и ротационных состояний ядер
18. Экспериментальные закономерности глубоко неупругого рассеяния ядер
19. Описание процессов глубоко неупругого рассеяния ядер
20. Многомерная поверхность потенциальной энергии тяжелой ядерной системы
21. Диабатический и адиабатический дрейвинг-потенциал

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 пробелы знания	Успешные и систематические знания
Умения	Отсутствие умения применять знания 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	В целом успешные, но	Успешные и систематические навыки в

		систематическое навыки в решении задач	содержащее отдельные пробелы навыки в решении задач	решении задач
--	--	--	---	---------------

7. Ресурсное обеспечение

Основная литература

1. 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.
2. Деникин А.С. Квантовая теория рассеяния атомных ядер / Деникин А.С. - Дубна: Государственный университет "Дубна", 2017. - 196с.

Дополнительная литература

1. Загребав В.И. Ядерные реакции с тяжелыми ионами: Учебное пособие / Загребав Валерий Иванович, уч. изд. Издательство ОИЯИ, 2015. - 184с.
2. Легар Ф. Феноменология и анализ данных по рассеянию нуклонов / Легар Франтишек, Строковский Евгений Афанасьевич; МГУ им. М.В. Ломоносова; Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельницына. - М.: Университетская книга, 2010. - 210с.
3. Строковский Е.А. Лекции по основам кинематики элементарных процессов / Строковский Евгений Афанасьевич; МГУ им. М.В. Ломоносова; Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельницына. - М.: Университетская книга, 2010. - 298с.

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

Электронно-библиотечные системы и базы данных

- ЭБС Университетская библиотека онлайн
- ЭБС Znanium.com
- Национальная электронная библиотека
- Электронная библиотека диссертаций РГБ
- Elibrary.ru. Научная электронная библиотека (РУНЭБ)

Научные поисковые системы

- Google Scholar
- ArXiv.org
- Math-Net.Ru

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

- <http://jinr.ru> –Объединенный институт ядерных исследований

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