

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 /  
14 09 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины:**

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

---

**Уровень высшего образования:**

Магистратура

---

**Направление подготовки:**

03.04.02 Физика

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Физика элементарных частиц, Фундаментальная и прикладная ядерная физика

---

**Форма обучения:** Очная форма обучения

---

Дубна 2022 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 Климочкина Анна Александровна, старший преподаватель кафедры физического факультета МГУ

**Руководители магистерских программ**

1. Доктор физ.-мат. наук, профессор академик РАН В.А. Матвеев, заведующий кафедрой физического факультета МГУ
2. Доктор физ.-мат. наук, академик РАН Г.В. Трубников, по совместительству заведующий кафедрой физического факультета МГУ

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Научно-исследовательский семинар»**

В курсе обсуждается ряд теоретических исследований и экспериментов в физике ионов высоких и промежуточных энергий, в физике, исследуемой путем детектирования нейтрино, в физике нейтрона, а также прикладных задач, связанных с детектированием нейтронов. Курс нацелен на формирование представлений студентов о текущих и перспективных исследованиях по научным направлениям Объединенного института ядерных исследований, на ознакомление студентов с научными коллективами, ведущими эти исследования.

### **Разделы рабочей программы**

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Формат обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Научно-исследовательский семинар» реализуется на 1-ом курсе в 1-ом семестре магистратуры и входит в состав вариативной (обязательной?) части.

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

Базовые знания в области общей и теоретической физики в объеме классических университетских курсов

## 3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<b>МПК-3</b> Способен самостоятельно (или) в составе научного коллектива применять математические методы для исследования физических явлений и процессов в области физики элементарных частиц при решении задач профессиональной деятельности	<b>ИМПК-3.2</b> Способен использовать численные методы при анализе экспериментальных данных, при моделировании работы экспериментальных установок физики элементарных частиц	<b>З-1</b> Знать: основные методы и инструменты, используемые для моделирования процессов физики элементарных частиц. <b>У-1</b> Уметь: использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц. <b>В-1</b> Владеть: навыками программирования на C, C++, Python, достаточными для создания программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц.

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

4. **Содержание дисциплины**

### РАЗДЕЛ 1: ФИЗИКА ИОНОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Тема 1.1 Столкновения золото-золото в энергетическом диапазоне комплекса MPD/NICA.

Ускорительный комплекс NICA: фундаментальные цели и задачи. Исследуемая область фазовой диаграммы КХД на ускорительном комплексе NICA. Устройство детектора Multi-Purpose Detector (MPD). Результаты столкновения золото-золото. Анализ полученных частиц.

#### *Тема 1.2 Структура нуклона и коллайдер NICA*

История изучения внутренней структуры протона. Кварк-партоновая модель: становление и развитие, а также современное состояние дел. Спин-зависимая структура протона, её изучение на установке Spin Physics Detector (SPD) коллайдера NICA.

#### *Тема 1.3 Эксперимент $BM@N$ на ускорительном комплексе NICA*

Коллайдер NICA: обзор экспериментов, которые как планируются к запуску, так и тем, которые уже проводятся в рамках существующей инфраструктуры комплекса. Эксперимент  $BM@N$  (барионная материя на Нуклотроне): физическая программа эксперимента. Восстановление (реконструкция) экспериментальных данных в детекторных подсистемах эксперимента  $BM@N$ .

#### *Тема 1.4 Применение машинного обучения к анализу процессов рождения бозона Хиггса в ассоциации с топ-кварком*

Бозон Хиггса. Теория процессов рождения и распада бозона Хиггса. Эксперимент ATLAS на LHC. Использование машинного обучения для анализа экспериментальных данных

#### *Тема 1.5 Физика очарованных частиц в эксперименте BESIII*

Очарованные частицы. Эксперимент BESIII: физическая программа эксперимента, открытия, сделанные на нем. Актуальная программа исследований  $J/\psi$  мезона.

### *РАЗДЕЛ 2: ФИЗИКА ИОНОВ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ*

#### *Тема 2.1: Физика деления тяжелых ионов.*

Основы физики деления тяжелых ионов. Исследование свойств сверхтяжелых продуктов реакций слияния тяжелых ионов. Актуальные экспериментальные исследования в ЛЯР Г.Н. Флерова

#### *Тема 2.2 Плотность нейтронно-избыточных ядер.*

Распределения плотности ядер с гало, с «пузырьковой» структурой. Экспериментальные данные и теоретические подходы к описанию экзотических распределений плотности ядер. Использование дисперсионной оптической модели для описания структуры нейтронно-избыточных ядер.

#### *Тема 2.3 Особенности сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и*

*энергодисперсионного микроанализа при астробиологических исследованиях метеоритов*

Научные исследования сектора астробиологии в Лаборатории радиационной биологии ОИЯИ. Устройство сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Основы энергодисперсионного микроанализа. Проблемы, возникающие при получении изображений и микроанализе, методы их устранения.

### *РАЗДЕЛ 3: НЕЙТРИННАЯ ФИЗИКА*

#### *Тема 3.1: Электронные антинейтрино от реактора: от открытия до будущих экспериментов*

Способы получения реакторных антинейтрино. Физические задачи, решаемые при помощи электронных антинейтрино от реактора. Обзор текущих и строящихся реакторных антинейтринных экспериментов.

*Тема 3.2: Нейтрино, которые создает человек.*

Обзор современных ускорительных нейтринных экспериментов. Создание нейтринного пучка. Регистрация нейтрино в детектирующих системах. Эксперимент NOvA: определение осцилляционных параметров нейтрино.

*Тема 3.3: Нейтринный телескоп Baikal GVD*

Астрофизические нейтрино: происхождение, особенности, основные принципы их детектирования. Нейтринный телескоп Baikal GVD: технические характеристики, состояние эксперимента на сегодняшний день. Перспектива и место Байкальского телескопа среди других нейтринных телескопов мира.

*Тема 3.4: Гео-нейтрино и исследования строения Земли*

Гео-нейтрино: происхождение, аспекты наблюдения. Анализ данных регистрации гео-нейтрино детекторами BOREXINO и KamLAND. Обзор проблем, которые могут быть решены с помощью данных о гео-нейтрино. Перспективы исследований.

*Тема 3.5 Регистрация атмосферных нейтрино в эксперименте NOvA*

Атмосферные и солнечные нейтрино. Современные методы детектирования и обработки больших объемов данных. Эксперимент NOvA: потенциальная возможность регистрации событий атмосферных нейтрино.

*Тема 3.6 Эксперименты по поиску темной материи. Изучение редких процессов*

Темная материя: свидетельства существования. Эксперименты по прямому поиску частиц темной материи. Изучение редких процессов в рамках данных экспериментов. Эксперимент DarkSide, оценка чувствительности к двойному К-захвату на Ar-36

#### **РАЗДЕЛ 4: ЗАДАЧИ ФИЗИКИ НЕЙТРОНОВ**

*Тема 4.1: Исследование магнитных низкоразмерных гетероструктур методом рефлектометрии поляризованных нейтронов.*

Источники поляризованных нейтронов. Метод рефлектометрии поляризованных нейтронов. Ферромагнетизм и сверхпроводимость в слоистых структурах.

*Тема 4.2: Везикулярные нанолечения.*

Нанообъект везикула. Исследования малоугловым рассеянием нейтронов различных везикулярных систем (однокомпонентные везикулы из синтетических фосфолипидов, двухкомпонентные везикулы фосфолипид/детергент, многокомпонентные везикулы из натуральных фосфолипидов). Сравнение возможности нейтронного и синхротронного излучения для исследования везикулярных систем.

### **7. Объем дисциплины**

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетны	объем учебной нагрузки в ак. часах		
		Общая	в том числе ауд.занятий	Самост

	х единица х	трудое мкость	Общая аудио руная нагруз ка	Ле кц ий	Се ми нар ов	Учебн о- практи ческие заняти я	оательн ая работа студент ов
Научно-исследовательский семинар	2	72	36	18	18		36

**8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий**

Изучение курса «Научно-исследовательский семинар» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ тем ы		Виды учебной нагрузки и их трудоёмкость, часы					Са мо ст оя те ль на я ра бо та	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Вс его ча со в	Л е к ц и и	С е м и н а р ы	Учебно- практичес кие занятия (лаборато рные или практичес кие занятия)			
1	1.1 Физика ионов высоких энергий. Столкновения золото-золото в энергетическом диапазоне комплекса MPD/NICA	4	1	1		2	Оп	
2	1.2 Физика ионов высоких энергий. Структура нуклона и коллайдер NICA	4	1	1		2	Оп	
3	1.3 Физика ионов высоких энергий. Эксперимент BM@N на ускорительном комплексе NICA	4	1	1		2	Оп	

4	1.4 Физика ионов высоких энергий. Применение машинного обучения к анализу процессов рождения бозона Хиггса в ассоциации с топ-кварком	4	1	1		2	Оп
5	1.5 Физика ионов высоких энергий. Физика очарованных частиц в эксперименте BESIII	4	1	1		2	Т
6	2.1 Физика ионов низких энергий. Физика деления тяжелых ионов.	4	1	1		1	Оп
7	2.2 Физика ионов низких энергий. Плотность нейтронно-избыточных ядер.	4	1	1		2	Оп
8	2.3 Физика ионов низких энергий. Особенности сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодисперсионного микроанализа при астробиологических исследованиях метеоритов	4	1	1		2	Т
9	3.1 Нейтринная физика. Электронные антинейтрино от реактора: от открытия до будущих экспериментов	4	1	1		1	Оп
10	3.2 Нейтринная физика. Нейтрино, которые создает человек.	4	1	1		2	Оп
11	3.3 Нейтринная физика. Нейтринный телескоп Baikal GVD	4	1	1		2	Оп
12	3.4 Нейтринная физика. Гео-нейтрино и исследования строения Земли	4	1	1		2	Оп
13	3.5 Нейтринная физика. Регистрация атмосферных нейтрино в эксперименте NOvA	4	1	1		2	Оп
14	3.6 Нейтринная физика. Эксперименты по поиску темной материи. Изучение редких процессов	4	1	1		2	Т
15	4.1 Задачи физики нейтронов. Исследование магнитных низкоразмерных гетероструктур методом рефлектометрии поляризованных нейтронов.	4	2	2		2	Оп
16	4.2 Задачи физики нейтронов. Везикулярные нанолечения.	8	2	2		2	Оп
	Промежуточная аттестация	4				4	зачет
<b>ИТОГО:</b>		72	1 8	1 8		36	



ДЗ- домашнее задание, Оп- опрос, КР- контрольная работа, Т- тестирование, Реф - реферат

## 9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Научно-исследовательский семинар» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и беседах по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Научно-исследовательский семинар» проводится во втором семестре в форме зачета в виде письменной работы.

## 10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<b>Оценочные средства текущего контроля</b>		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов
<b>Оценочные средства промежуточной аттестации</b>		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к зачету
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования

## 11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
<b>ЗНАТЬ:</b> основные методы и инструменты, используемые для моделирования процессов физики элементарных частиц ИМПК-3.2	Отсутствие знаний основных методов и инструментов, используемых для моделирования процессов физики элементарных частиц	В целом успешные, но не систематические знания основных методов и инструментов, используемых для моделирования процессов физики элементарных частиц	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания основных методов и инструментов, используемых для моделирования процессов физики элементарных частиц	Успешные и систематические знания основных методов и инструментов, используемых для моделирования процессов физики элементарных частиц
<b>УМЕТЬ:</b> использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц ИМПК-3.2	Отсутствие умения использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц	В целом успешное, но не систематическое умение использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц	Успешное и систематическое умение использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками программирования на С, С++, Python, достаточными для создания программ по заданным	Отсутствие/фрагментарное владение навыками программирования на С, С++, Python, достаточными для создания	В целом успешное, но не систематическое владение навыками программирования на С, С++, Python,	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение навыками программирования	Успешное и систематическое владение навыками программирования на С, С++, Python, достаточными для создания

инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц ИМПК-3.2	программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц	достаточными для создания программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц	ния на C, C++, Python, достаточными для создания программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц	программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием и процессов физики элементарных частиц
--	---	---	--	---

## 12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

### *Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся*

#### **Пример:**

#### Вопросы по теории:

1. Основы стандартной модели. Диаграмма КХД. Изучение кварк-глюонной плазмы. Эксперименты на коллайдерах RHIC, LHC. Современное состояние дел.
2. Спин протона. Теоретические модели. Эксперименты по определению спина протона на установках RHIC, NICA.
3. Детектор ATLAS LHC: регистрация бозона Хиггса. Теоретические предсказания для сечений образования бозона Хиггса с разными значениями масс и с разными механизмами рождения. Каналы распада, в которых можно зарегистрировать бозон Хиггса.
4. Нейтринные осцилляции  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e, \nu_\tau$ : в вакууме, в веществе с постоянной плотностью, в веществе с переменной плотностью.
5. Экспериментальное изучение нейтринных осцилляций  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e, \nu_\tau$ . Эксперименты при низких энергиях (реакторные), при высоких энергиях (ускорительные). Осцилляции дальних нейтрино. Осцилляции солнечных нейтрино. Осцилляции атмосферных нейтрино.
6. Проблема масс нейтрино: теоретические модели (калибровочные теории, космология). Экспериментальное определение массы нейтрино: слабые распады, безнейтринный двойной бета-распад, распады тяжелых нейтрино, нейтрино от сверхновых.
7. Синтез сверхтяжелых ядер. Какие реакции следует использовать для синтеза сверхтяжелых ядер, типы бомбардирующих ядер, ожидаемые величины сечений, ожидаемые энергии возбуждения составного ядра и каналы снятия возбуждения образующихся ядер?

8. Остров стабильности. Теоретические модели, предсказывающие существование острова стабильности  $Z = 114$ ,  $N \sim 184$ . Экспериментальные успехи в поисках долгоживущих сверхтяжелых элементов. «Фабрика» сверхтяжелых элементов в ЛЯР ОИЯИ.
9. Нейтронная физика. Источники нейтронов. Нейтронная радиография и томография. Производство изотопов для медицины. Комплементарность рассеяния нейтронов, рентгеновского и синхротронного излучения.

### 13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Зачет проводится в форме письменной работы.

#### *Материалы промежуточной аттестации обучающихся*

##### Вопросы к зачету:

1. Какие характеристики одинаковые у кварка и антикварка и какие характеристики различные?
2. Возможен ли распад  $n \rightarrow p + \pi^-$ ? Объясните ответ.
3. В коллайдере TEVATRON сталкиваются протоны и антипротоны с энергиями 1 ТэВ. Чему равно число актов их взаимодействия в 1 сек, если сечение полного взаимодействия протона и антипротона при этих энергиях  $\sigma = 75$  мб, а светимость коллайдера  $L = 5 \cdot 10^{31} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$
4. Определите длину  $L$  и время  $t$  пробега реакторного антинейтрино в воде. Сечение взаимодействия  $\sigma \approx 10^{-43} \text{ см}^2$ .
5. Рассмотрите взаимодействие реакторного антинейтрино с веществом. Нарисуйте простейшие диаграммы Фейнмана такого взаимодействия.
6. Почему большинство атомных ядер устойчиво по отношению к спонтанному делению?

### 14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

#### Основная литература

1. Л.В.Окунь. Введение в физику элементарных частиц. -М.: Наука, 1988.
2. А.Л.Любимов, Д.Киш. Введение в экспериментальную физику частиц. Дубна, 1999.
3. Н.В.Красников, В.А.Матвеев. Новая физика на Большом адронном коллайдере, М.: КРАСАНД, 2011
4. И.П. Лохтин, Л.И.Сарычева. Изучение кварк-глюонной материи в соударениях ядер высоких энергий, 2011.
5. Дж. Бакал Нейтронная астрофизика, Москва, Изд-во «Мир», 1993
6. Ю.А. Мостовой, К.Н. Мухин, О.О. Патаракин. Нейтрон вчера, сегодня, завтра. УФН, т. 166, №3 (1996)

#### Дополнительная литература

1. R.Vogt. «Ultrarelativistic Heavy-Ion Collisions», Elsevier Science, 2007.
2. D. Ackermann and Ch Theisen, “Nuclear structure features of very heavy and superheavy nuclei—tracing quantum mechanics towards the ‘island of stability’”, Phys. Scr. 92 (2017) 083002 (83pp), doi 10.1088/1402-4896/aa7921

**Перечень ресурсов Интернет необходимых для освоения дисциплины:**

1. <https://nica.jinr.ru/ru/>
2. <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/AtlasPublic>
3. <https://cms.cern/>
4. <http://map.gsfc.nasa.gov>.
5. <http://bes3.ihep.ac.cn/>
6. <http://juno.ihep.cas.cn/>
7. <https://borex.lngs.infn.it/>
8. <https://novaexperiment.fnal.gov/>
9. <https://baikalgvd.jinr.ru/>

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Операционная система Astra Linux ( <https://astralinux.ru/> ) или аналог, с офисным пакетом.

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov>)
2. Центр данных фотоядерных экспериментов (CDFE) НИИЯФ МГУ(<http://cdfe.sinp.msu.ru/>)

**Материально-техническое обеспечение**

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