

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:

Методы обработки экспериментальных данных ядерной физики

---

### Уровень высшего образования:

Магистратура

---

### Направление подготовки:

03.04.02 Физика

---

### Направленность (профиль) ОПОП:

Физика элементарных частиц

---

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. Сумников Сергей Викторович, 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 «Методы обработки экспериментальных данных ядерной физики»**

Содержанием курса являются основной математический формализм и современные методы анализа экспериментальных данных физики - спектров физических реакций, сечений взаимодействий – для решения основных задач в этой области: пиковый анализ, Rietveld анализ, Powder match, индексация порошка, Фурье синтез. Практические занятия состоят в освоении программы VMRIA, которая позволяет осуществить достаточно полную иллюстрацию тех методов, которые студенты изучают в ходе занятий, и которая может быть использована ими в дальнейшем.

### **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 «Методы обработки экспериментальных данных ядерной физики» реализуется на 2-ом курсе в 3-ем семестре магистратуры и входит в состав вариативной 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 используемые методы для обработки экспериментов ядерной физики <b>У-1</b> Уметь: применять методы обработки экспериментальных данных ядерной физики <b>В-1</b> Владеть: способностью анализировать результаты экспериментов ядерной физики, в том числе делать вывод об их значимости

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

4. **Содержание дисциплины**

*Тема 1. Функции распределения случайных величин и их свойства.*

Основные функции распределения случайных величин. Центральные моменты наиболее часто употребляемых распределений в физике: равномерного, нормального, Пуассона, экспоненциального, хи-квадрат.

Оценивание параметров функций распределения. Среднее, смещение и дисперсия оценок. Несмещенные оценки. Оценки среднего и дисперсии. Средне-квадратичное отклонение. Оценка максимального правдоподобия (ОМП). Эффективность оценок максимального правдоподобия ОМП для типичных функций распределения.

Проверка статистических гипотез. Статистические гипотезы. Ошибки первого и второго рода. Гипотезы о значениях числовых характеристик. Сравнение средних. Сравнение дисперсий. Критерии согласия.

## Тема 2. Корреляционный и регрессионный анализ. Погрешности измерений.

Функциональная, статистическая и корреляционная зависимости. Корреляционный анализ. Оценивание коэффициента корреляции опытным путем. Проверка гипотезы о значимости выборочного коэффициента корреляции. Регрессионный анализ.

Погрешность средств измерений и погрешность результата измерения. Инструментальные и методические погрешности. Основная и дополнительная погрешности СИ. Абсолютная, относительная и приведенная погрешности.

Грубые ошибки измерений или промахи. Выбор критерия проверки результата на наличие промаха. Критерий  $3\sigma$ . Критерий Романовского. Критерий Шовине. Вариационный критерий Диксона. Критерий Груббса-Смирнова.

Нормирования погрешностей средств измерений. Нормирование метрологических характеристик средств измерения. Класс точности средств измерений. Правила округления значений погрешности и результата измерений.

## Тема 3. Оценка точности обработки экспериментальных данных на примере порошковой дифракции.

Обработка результатов измерения. Обработка прямых измерений. Прямые однократные измерения. Прямые многократные измерения. Обработка косвенных измерений.

Методы нелинейной минимизации. Геометрическая иллюстрация. Методы минимизации: Ньютона, Гаусса-Ньютона, градиентно-подобные, стохастические. Шаг, демпфер. Проблема обрыва процесса.

## Тема 4. Освоение программных пакетов для обработки экспериментальных данных.

Метод Ритвельда. Модель структуры. Уточняемые параметры модели. Профильные функции. Метод наименьших квадратов. Статистические параметры подгонки.

Программный пакет VMRIA. Обработка спектра стандартного образца. Определение параметров установки. Полнопрофильный Ритвельд анализ спектров реальных образцов.

Программный пакет FullProf. Обработка экспериментальных данных нейтронного и рентгеновского эксперимента. Симуляция экспериментальных данных. Программа Vesta для отображения структурной модели.

Программы UPEAK, SPEVA, Fityk. Профильный анализ отдельных пиков. Анализ микроструктурных эффектов.

## 7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах					Самостоятельная работа студентов
		Общая трудоемкость	в том числе ауд.занятий			Учебно-практические занятия	
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров		
Методы обработки экспериментальных данных ядерной физики	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 «Методы обработки экспериментальных данных ядерной физики» 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 трудоемкость, часы					Са мо ст оя тель 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-практические занятия (лабораторные или практические занятия)			
1	Функции распределения случайных величин и их свойства	25	4	9		12	Оп	
2	Корреляционный и регрессионный анализ. Погрешности измерений	25	4	9		12	КР	
3	Оценка точности обработки экспериментальных данных на примере порошковой дифракции	25	4	9		12	КР	
4	Освоение программных пакетов для обработки экспериментальных данных	27	6	9		12	Оп	
	Промежуточная аттестация	6				6	Зачет	
<b>ИТОГО:</b>		<b>108</b>	<b>18</b>	<b>36</b>		<b>54</b>		

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

**9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.**

Текущий контроль по дисциплине «Методы обработки экспериментальных данных ядерной физики» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке

активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Методы обработки экспериментальных данных ядерной физики» проводится в третьем 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
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	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/	3/	4/	5/

<b>обучения</b>	<b>не зачтено</b>	<b>зачтено</b>	<b>зачтено</b>	<b>зачтено</b>
<b>ЗНАТЬ:</b> основные используемые методы для обработки экспериментов ядерной физики ИМПК-3.2	Отсутствие знаний основных используемых методов для обработки экспериментов ядерной физики	В целом успешные, но не систематические знания основных используемых методов для обработки экспериментов ядерной физики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных используемых методов для обработки экспериментов ядерной физики	Успешные и систематические знания основных используемых методов для обработки экспериментов ядерной физики
<b>УМЕТЬ:</b> применять методы обработки экспериментальных данных ядерной физики ИМПК-3.2	Отсутствие умения применять методы обработки экспериментальных данных ядерной физики	В целом успешное, но не систематическое умение применять методы обработки экспериментальных данных ядерной физики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять методы обработки экспериментальных данных ядерной физики	Успешное и систематическое умение применять методы обработки экспериментальных данных ядерной физики
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> способностью анализировать результаты экспериментов ядерной физики, в том числе делать вывод об их значимости ИМПК-3.2	Отсутствие/фрагментарное владение способностью анализировать результаты экспериментов ядерной физики, в том числе делать вывод об их значимости	В целом успешное, но не систематическое владение способностью анализировать результаты экспериментов ядерной физики, в том числе делать вывод об их значимости	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью анализировать результаты экспериментов ядерной физики, в том числе делать вывод об их значимости	Успешное и систематическое владение способностью анализировать результаты экспериментов ядерной физики, в том числе делать вывод об их значимости

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

### *Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся*

#### **Пример:**

##### Вопросы по теории:

1. Какие измерительные приборы используются для измерения изменения магнитного потока?
2. Описать алгоритм получения измерительной информации для определения величины максимального энергетического произведения магнитотвердого материала с помощью объекта исследования кубической формы.
3. Объяснить возможные причины магнитного старения постоянного магнита, используемого в магнитной системе с рабочей точкой в районе максимального энергетического произведения (ВН)max.
4. Сформировать схему для измерения проницаемости возрастания и убывания объекта исследования из магнитомягкого ферромагнитного материала.



### **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. Перекрестная классификация материалов и методов их исследования. Альтернативные подходы.
2. Температура и методы ее измерения. Реперные точки. Методы получения и регулирования низких и сверхнизких температур.
3. Методы получения и измерения магнитного поля. Сверхпроводящие соленоиды. Импульсные поля.
4. Методы получения высоких давлений и сильных деформаций при низких температурах.
5. Элементы вакуумной техники.
6. Основные параметры, характеризующие полупроводниковые материалы.
7. Методы исследования металлов, полупроводников.
8. Методы измерения времен жизни носителей заряда.
9. Типы детекторов.
10. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики. Характеристики и свойства. Поляризованность и диэлектрическая проницаемость.
11. Основные методы исследования магнитных свойств веществ.
12. Основные методы нейтронографии в исследовании конденсированного состояния.
13. Сверхпроводники. Характеристика, теории, объясняющие сверхпроводимость.

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

#### Основная литература

1. Суровцев Н. В. Спектроскопия конденсированных сред: учеб. пособие / Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск, 2010. 237 с. Дополнительная литература
2. З.Ю.Беккер. Спектроскопия. М.: Техносфера, 2009.
3. Е.В.Чупрунов, А.Ф.Хохлов, М.А.Фаддеев. Основы кристаллографии. М.: Физматлит, 2006.
4. Ю.П.Солнцев. Нанотехнологии и специальные материалы. СПб.: Химиздат, 2007.
5. Е.В. Кучис. Гальваномагнитные эффекты и методы их исследования. Москва, Радио и связь, 1990.
6. П. Блад. Дж.В. Ортон. Методы измерений электрических свойств полупроводников. "Зарубежная радиоэлектроника", 1981 (N1,2).
7. Н.Б. Брандт, С.М. Чудинов. Экспериментальные методы исследования энергетических спектров электронов и фононов в металлах (физические основы). Москва, МГУ, 1983.
8. В.И. Чечерников. Магнитные измерения. Москва, МГУ, 1969.
9. А. Бароне, Дж. Патерно. Эффект Джозефсона. Физика и применения (пер. с англ. под ред. Л.Г. Асламазова и др.). Москва, Мир, 1984.
10. А.П. Сенченков. Техника физического эксперимента. Москва, Энергия, 1983.

#### Дополнительная литература

1. Ю.П.Солнцев. Нанотехнологии и специальные материалы. СПб.: Химиздат, 2007.

2. Физика твердого тела. Спецпрактикум. Под ред. Б.А. Струкова. Москва, МГУ, 1983. Под ред. А.А. Кацнельсона. Москва, МГУ, 1982.
3. Д. Шенберг. Магнитные осцилляции в металлах. Москва, Мир, 1986.
4. Д. Монтомери. Получение сильных магнитных полей с помощью соленоидов. Москва, Мир, 1971.
5. Г. Виглеб. Датчики. Устройство и применение. Москва, Мир, 1989.
6. Р.Ф. Баррон. Криогенные системы. Москва, Энергоатомиздат, 1989.
7. М.П. Орлова. Низкотемпературная термометрия. Москва, Издательство стандартов, 1975; Энергоатомиздат, 1987.
8. Н.Б. Брандт и др. УФН, т.104, с.459, 1971. Справочник "Методы получения и измерения низких и сверхнизких температур". Киев, Наукова думка, 1987.
9. Ф. Мейзда. Электронные измерительные приборы и методы измерений (пер. с англ.). Москва, Мир, 1990.
10. Е.С. Левшина, П.В. Новицкий. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. Ленинград, Энергоатомиздат, 1983.

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

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

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

2. База данных РИНЦ (российский индекс научного цитирования) <http://www.elibrary.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.