

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

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

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. Сумников Сергей Викторович, 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 «Методы обработки экспериментальных данных»

Содержанием курса являются основы математического формализма и современных методов анализа экспериментальных данных нейтронной физики 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 лекционных 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» реализуется на 1-ом курсе в 1-ом 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
МПК-1 Способен решать практические задачи профессиональной деятельности в области фундаментальной и прикладной ядерной физики на основе фундаментальных знаний	ИМПК-1.3 Умеет выполнять следующие операции в рамках решения задач профессиональной деятельности: модельные расчеты свойств атомных ядер и сечений ядерных реакций, моделирование экспериментальных установок, проведение измерений и анализ экспериментальных данных.	Знать: основные используемые функции распределения, их свойства, а также математические методы, используемые при обработке экспериментальных данных. Уметь: применять корреляционный и регрессионный анализ Владеть: методами оценки точности экспериментальных данных, методами их обработки, в том числе с использованием программных ресурсов.

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 3σ. 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	3	108	54	18	36	54	

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» 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 на 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	
ИТОГО:		108	18	36		54		

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

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Методы обработки экспериментальных данных» 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» проводится в первом 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
Оценочные средства текущего контроля		
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
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену
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	Критерии оценивания результатов обучения
-------------	--

результаты обучения	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
ЗНАТЬ: основные используемые функции распределения, их свойства, а также математические методы, используемые при обработке экспериментальных данных	Отсутствие знаний основных используемых функций распределения, их свойств, а также математических методов, используемых при обработке экспериментальных данных	В целом успешные, но не систематические знания основных используемых функций распределения, их свойств, а также математических методов, используемых при обработке экспериментальных данных	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания основных используемых функций распределения, их свойств, а также математических методов, используемых при обработке экспериментальных данных	Успешные и систематические знания основных используемых функций распределения, их свойств, а также математических методов, используемых при обработке экспериментальных данных
УМЕТЬ: применять корреляционный и регрессионный анализ	Отсутствие умения применять корреляционный и регрессионный анализ	В целом успешное, но не систематическое умение применять корреляционный и регрессионный анализ	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение применять корреляционный и регрессионный анализ	Успешное и систематическое умение применять корреляционный и регрессионный анализ
ВЛАДЕТЬ: методами оценки точности экспериментальных данных, методами их обработки, в том числе с использованием программных ресурсов	Отсутствие/фрагментарное владение методами оценки точности экспериментальных данных, методами их обработки, в том числе с использованием программных ресурсов	В целом успешное, но не систематическое владение методами оценки точности экспериментальных данных, методами их обработки, в том числе с использованием программных ресурсов	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы владение методами оценки точности экспериментальных данных, методами их обработки, в том числе с использованием программных ресурсов	Успешное и систематическое владение методами оценки точности экспериментальных данных, методами их обработки, в том числе с использованием программных ресурсов

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

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Пример:

Вопросы по теории:

1. Случайные величины их свойства и параметры.
2. Основные виды функций распределений и их свойства.
3. Элементы математической статистики, совокупность. Оценивание параметров выборки.
4. Проверка гипотез о сравнении среднего и дисперсии.
5. Метод наименьших квадратов. Не линейные методы минимизации функционалов. Метод Гаусса-Ньютона.

Задачи:

1. Проверить гипотезу о равенстве средних, при заданных значениях параметров.
2. Проверить гипотезу о равенстве дисперсий, при заданных значениях параметров.
3. Проверить нулевую гипотезу о равенстве нулю генерального коэффициента корреляции, при заданных значениях параметров.
4. Обработать дифракционный спектр отдельными рефлексам.
5. Обработать дифракционный спектр методом Ритвельда.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Методы обработки экспериментальных данных» проводится в первом семестре в форме зачета в виде письменной работы.

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к зачету

1. Какие требования предъявляют к оценкам? Поясните понятия: точечная оценка; генеральное и выборочное среднее; генеральная и выборочная дисперсия.
2. В чем заключается метод максимального правдоподобия? В чем заключается метод моментов? Что такое интервальное оценивание, доверительный интервал, доверительная вероятность?
3. Что такое статистическая гипотеза? Приведите примеры нулевой и конкурирующей гипотез. Что означают ошибки 1 и 2 рода при проверке статистических гипотез. Приведите порядок проверки гипотезы.
4. Как проверить гипотезы о сравнении средних при различных условиях? Как проверить гипотезы о сравнении дисперсий? Критерий Фишера. Что такое непараметрические и параметрические гипотезы?
5. Чем различаются корреляционный анализ и регрессионный анализ? Что такое линия регрессии? Какой порядок выполнения регрессионного анализа? Особенности регрессионного анализа при полиномиальной зависимости?
6. Когда применима линеаризация функциональной зависимости? Какие её недостатки? Метод Гаусса-Ньютона. Когда применим и основные положения?
7. Шаг λ и демпфер α ? Как они выбираются? По каким критериям останавливается процесс минимизации? Что такое Робастные оценки?
8. Априорная информация и как она учитывается в программах обработки данных?

9. Уравнение Вульфа-Бреггов?
10. Какие группы параметров используются при задании модели в методе Ритвельда? Каким множителем в формуле Ритвельда задается структурная информация? Какие факторы определяют качество обработки спектров?

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

Основная литература

1. З. Брандт. Анализ данных. Мир. 2003, Москва. (S.Brandt. Data analysis. Springer.)
2. Ватугин В. А., Ивченко Г.И., Медведев Ю. И., Чистяков В. П., Теория вероятностей и математическая статистика. Агар, М. 2003.
3. Г.В. Вавилова. Математическая обработка результатов измерения. Томский политехнический университет. 2013

Дополнительная литература

1. Злоказов В. Б. Математические методы для анализа экспериментальных спектров и спектро-подобных распределений. ФЭЧАЯ, 1985, т. 16-5, с.1126-1163.
2. Гришин В. К., Живописцев Ф. А., Иванов В. А., Математический анализ и интерпретация физического эксперимента. М., МГУ, 1988.
3. Pecharsky V.K., Zavalij P.Y. Fundamentals of powder diffraction and structural characterization of materials. - Springer, 2005.
4. Громилов С.А. Введение в рентгенографию поликристаллов. Учеб.-метод. пособие. – Новосибирск: НГУ, 2009.

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

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

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

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 поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.