



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

_____ А.И. Александров
(подпись)

28 августа 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Анализ экспериментальных данных

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»
Направленность (профиль) образовательной программы:	Материалы микро- и наносистемной техники



1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению «Физика» и начинает готовить студентов-к организационно-административной, проектной и исследовательско-аналитической видам деятельности. Конкретно подготовка заключается в следующем:

- организационно-административная – в рациональной организации и планировании своей деятельности в соответствии с требованиями работодателя и умении грамотно применять полученные знания,
- проектная – в умении по месту работы распознать перспективное начинание или область деятельности и включиться в реализацию проекта под руководством опытного специалиста, а также в готовности работать рядовым исполнителем проекта,
- исследовательски-аналитическая – в ведении первичной аналитической работы с использованием материалов на иностранных языках и применении полученных навыков владения основами международно-политического анализа для ответов на семинарских занятиях, выполнения индивидуальных заданий и написания курсовой работы.
- многофакторная цель дисциплины – сформировать у студентов системные знания об общепринятых методах обработки и представления экспериментальных данных, закрепить на практике в рамках практических работ получаемые теоретические знания.
- Для достижения этой цели преподавание дисциплины призвано решить следующие задачи:
- сформировать у студентов системное представление о научной культуре работы с экспериментальными результатами;
- дать специалистам прочные фактические знания по обработке данных с помощью пакетов программ;
- обучить критическому анализу научного материала, представляемого в литературных источниках,
- обучить оформительским и вычислительным навыкам, необходимым для оформления лабораторных, курсовых и дипломных работ.

Курс имеет задачу по возможности более раннего ознакомления студентов физического факультета с общей методологией экспериментальных исследований (дисциплина специально разработана для студентов второго курса). Этим обусловлен достаточно широкий круг вопросов, охватываемых курсом. В связи с этим появляется вынужденная необходимость введение ряда понятий теории вероятностей и математической статистики в недостаточно строгой форме. Однако это делается лишь в той мере, которая необходима для решения практических задач обработки экспериментальных данных.

В итоге изучения предлагаемого курса студент должен получить широкий взгляд на общие проблемы, связанные с постановкой и обработкой результатов эксперимента. Студент знакомится с существующими подходами к обеспечению достоверности экспериментальных данных, к их представлению в корректной форме. Формируется первичное представление о математической модели объекта и степени ее адекватности.

Настоящий курс создает основы для более глубокого освоения последующих курсов общефизического цикла, таких как «программирование», «математическое моделирование», «теория вероятностей и математическая статистика» и др. При раннем введение студентов в круг перечисленных проблем появляется возможность активного внедрения методов обработки данных в лабораторные практикумы на 2-5 курсах, а также при выполнении курсовых и дипломных работ. Курс с его методическим обеспечением может оказаться полезным и для работников научных направлений: научных сотрудников, аспирантов, стажеров.



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Важной компонентой курса является компьютерный практикум, позволяющий быстро и корректно решать типичные задачи обработки и представления данных. Это служит цели более тесного и самостоятельного использования студентами компьютерной техники при решении ими учебных и научных задач. В лабораторных занятиях на компьютере при генерации, обработке и представлении результатов использован принцип «безбумажной информатики», который высвобождает студента от длительной и обременительной работы по оформлению письменного отчета, и дает ему возможность посвятить больше времени содержательной работе. Отчет по отдельным заданиям практикума производится в виде «слайд-шоу», который студент подготавливает в процессе выполнения работы. Студент комментирует результаты и отвечает на вопросы преподавателя. Курс снабжен оригинальным учебно-методическим материалом, включающим компактное учебное пособие «Введение в анализ экспериментальных данных» и методическими указаниями к лабораторным работам. Полезной особенностью данного практикума является использование англоязычного программного продукта. Поскольку в методических указаниях даны переводы необходимой терминологии, студент имеет возможность получить навыки работы в англоязычной компьютерной среде, что является важным для подготовки специалиста-физика.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина имеет практическую направленность: обеспечить выпускнику знания и навыки для работы с получаемым в эксперименте материалом. Она связана, с одной стороны с курсами математического цикла Б1.Б.8.2. «Аналитическая геометрия»; Б1.Б.8.8. «Теория вероятностей и математическая статистика»; Б1.Б.9.2 «Численные методы и математическое моделирование», с другой, — с лабораторными работами и теоретическими курсами практически всех дисциплин физического и физико-технического направления, например, Б1.В.ОД.4. «Технологии современного физического эксперимента»; Б1.В.ДВ.1.2. «Основы прикладных физических исследований»; Б1.В.ДВ.6.2. «Метрология» и др.

Поскольку данную дисциплину планируется преподавать в самом начале обучения (1-й семестр) то базовыми знаниями для ее изучения могут быть только сведения, по математике, физике, информатике, полученные ими в средней школе.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1. Компетенции, формированию которых способствует

При реализации дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

- а) универсальные (УК): нет;
- б) общепрофессиональные (ОПК): нет;
- в) профессиональные (ПК):

ПК-3. Способен выбирать и применять на практике методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

- природу и типы различных погрешностей измерений в физическом эксперименте;
- основы статистических методов обработки экспериментальных данных при наличии случайных погрешностей измерения

Уметь:

- использовать простейшие физические и стохастические модели для описания процессов и объектов
- представлять экспериментальные данные в аналитической табличной или графической форме
- оценивать адекватность математических моделей

Иметь практический опыт/ иметь навыки:

- применения электронных таблиц и графических пакетов для статистической обработки и представления результатов измерения,
- интерпретации результатов эксперимента на основании графического представления данных.

4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часа).

4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной/заочной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по очной/заочной форме обучения) Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекцион- ного типа	Занятия семинар- ского типа	
1.	Основные этапы и содержание экспериментального научного исследования	1	2	2 Практ. занятие	Входная диагностика: выборочный опрос по выявлению остаточных знаний после школы
2.	Погрешности измерения	1	2	4 Практ. занятие	Опрос по теме предыдущего занятия
3.	Статистический анализ случайных погрешностей	1	2	4 Практ. занятие	Отчет по результатам предыдущего занятия
4.	Распределение Гаусса .	1	2	4 Практ. занятие	Отчет по результатам предыдущего практ. занятия
5.	Сравнение результатов двух серий повторных измерений	1	2	4 Практ. занятие	Отчет по результатам предыдущего практ. занятия
6.	Обработка данных при	1	2	4	Отчет по результатам



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

	однофакторном эксперименте			Практ. занятие	предыдущего практ. занятия
7.	Метод наименьших квадратов (МНК). Стохастическая связь и корреляция.	1	2	4 Практ. занятие	Отчет по результатам предыдущего практ. занятия
8	Основные понятия и методы планирования многофакторного эксперимента.	1	2	4 Практ. занятие	Отчет по результатам предыдущего практ. занятия
9.	Оптимизационные многофакторные эксперименты. Понятие об экстремальном эксперименте. Шаговые процедуры достижения оптимума. Движение по градиенту. Симплекс-методы.	1	2	2 Практ. занятие	Отчет по результатам предыдущего практ. занятия
					Экзамен
ИТОГО:			18	32	

4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

1. Основные этапы и содержание экспериментального научного исследования

Сбор априорных данных. Постановка задачи исследования. Создание экспериментальной установки. Планирование эксперимента. Выполнение измерений. Обработка результатов. Представление результатов. Автоматизированный эксперимент. Вычислительный («машинный») эксперимент. Численное моделирование и вычислительный эксперимент в физике.

2. Погрешности измерения

Измерения и их классификация. Виды погрешностей измерения. Систематические и случайные погрешности. Промахи. Абсолютная и относительная погрешности. Точность измерения. Округление и приведение погрешностей. Относительная погрешность и число значащих цифр результата. Погрешности в косвенных измерениях. Расчет погрешностей сумм и разностей, произведений и частных; величин, умноженных на точное число. Погрешности при возведении в степень. Операции с независимыми погрешностями. Погрешности в случае произвольной функции одной переменной.

3. Статистический анализ случайных погрешностей

Понятие статистической выборки. Среднее, медиана и стандартное отклонение выборки. Квартилы. Стандартная погрешность. Вариация. Закон распределения случайных погрешностей. Гистограммы, их типы. Диаграммы типа «box and whisker». Понятие предельного распределения. Различные формы распределений. Функция плотности распределения. Условие её нормирования.

4. Распределение Гаусса

Математическое выражение закона Гаусса. Интеграл вероятностей. Коэффициент Стьюдента. Стандартное отклонение как мера точности распределения. Вероятная ошибка. Правило «трёх сигм». Проверка выборки на её соответствие нормальному закону. Условия практического применения нормального закона. Проверка «нормальности» по параметрам асимметрии и эксцесса. Проверка по критерию Пирсона (хи-квадрат). Проверка с помощью среднего абсолютного отклонения. Коэффициент доверия. Расчет доверительных интервалов. Необходимое число измерений. Доверительная оценка стандартного отклонения. Промахи и методы их исключения (метод «трёх сигм», метод Шовене).

5. Сравнение результатов двух серий повторных измерений



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Статистические гипотезы, используемые при сравнении выборок. Оценка однородности выборок. Сравнение средних значений выборок. Непараметрические методы сравнения выборок.

6. Обработка данных при однофакторном эксперименте

Особенности эксперимента по определению однофакторной функциональной зависимости. Типичное изображение графика экспериментальной функции. Выбор вида математической модели. Содержательность и компактность модели. Понятие об адекватности модели. Подбор простейших аппроксимирующих функций: степенных, показательных, дробно-рациональных. «Выпрямление» графиков путем преобразования координат. «Лестница преобразований».

7. Метод наименьших квадратов (МНК). Стохастическая связь и корреляция.

Система уравнений для отыскания параметров зависимости. Аналитические методы отыскания параметров модели. Формулировка МНК. Цель метода. Система нормальных уравнений МНК, их свойства. Нелинейная регрессия. Понятие о функциональной и стохастической связи. Коэффициент линейной корреляции.

8. Основные понятия и методы планирования многофакторного эксперимента.

Модель «черного ящика». Факторы и отклики. Полный факторный эксперимент (ПФЭ). Полиномиальная модель ПФЭ. Планирование полного и дробного факторных экспериментов. Дробные реплики. Вычисление коэффициентов регрессии. Проверка значимости коэффициентов регрессии. Оценка адекватности модели по Фишеру.

9. Оптимизационные многофакторные эксперименты. Понятие об экстремальном эксперименте. Шаговые процедуры достижения оптимума. Движение по градиенту. Симплекс-методы.

5. Образовательные технологии

Лекции с использованием презентационного материала. Практические занятия с использованием компьютерной техники и специализированного ПО. Включенная дискуссия на лекционных занятиях. Освоение в процессе занятий специальной англоязычной лексики. Технология проблемного обучения, информационно-компьютерная технология, технология использования мультимедийных средств в образовательном процессе. Индивидуальное выполнение практических заданий при взаимодействии студента и преподавателя.

Интерактивные лабораторные работы, индивидуальные и групповые задания на практических занятиях. В течение семестра контрольные работы и тестирование по всем темам курса.

В процессе изучения тем курса на лабораторных занятиях каждый студент получает индивидуальное задание, которое должен выполнить как под руководством преподавателя, так и самостоятельно. Полученные при компьютерном моделировании результаты выполняются в виде графических слайдов.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По курсу подготовлено специальное учебное пособие «Введение в анализ экспериментальных данных» и цикл методических разработок к практическим занятиям в компьютерном классе. (см. раздел «МУ» в приложении к настоящей программе). Особенностью данного курса является самостоятельная работа в объеме 60 часов. Виды самостоятельной работы включают в себя:

- работа с литературой (включая Интернет);
- работа с методическими указаниями и пособиями к лабораторным работам, самостоятельное изучение программного обеспечения;
- работа над домашними контрольными работами;
- оформление отчетов по практическим работам;



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

- подготовка к тестированию;
- изучение отдельных тем, вынесенных на самостоятельное рассмотрение.

7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные средства для проведения входного, текущего и итогового контроля: контрольные работы, текущий опрос, проверка и защита отчётов о выполнении работ компьютерного практикума.

Контрольные работы проводятся в письменной форме по завершении изучения каждого раздела курса. Студентам предлагается в течение двух академических часов решить несколько учебных задач, ответить на контрольные вопросы. Правильное выполнение каждого задания оценивается в один балл. Контрольная работа считается зачтённой в случае, если магистрант набрал более половины от максимально возможного количества баллов, предусмотренного при выполнении данной контрольной работы.

Экзамен проводится в смешанной письменно-устной форме с возможностью выполнения заданий на компьютере. Студенту на экзамене предлагается три вопроса: два теоретических вопроса и одна практическая задача. Задачи выполняются письменно или на компьютере.

Студент получает отметку «удовлетворительно», если владеет понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины. Студент получает отметку «хорошо», если владеет понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, применяет знания при решении знакомых учебных задач (ответы на теоретические вопросы и решение задачи, рассматривавшейся ранее на практических занятиях). Студент получает отметку «отлично», если владеет понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, применяет знания при решении любых учебных задач (ответы на теоретические вопросы и решение предложенных задач).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная учебная литература:

1. Шпаков, П. С. Математическая обработка результатов измерений: учеб. пособие [Электронный ресурс] / П. С. Шпаков. Ю. Л. Юнаков. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т. 2014. -410 с. ISBN 978-5-7638-3077-4

Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=435837

2. Медведев П. В., Федотов В. А. Математическое планирование эксперимента: учебное пособие. [Электронный ресурс]. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481785> (02.04.2019).

3. Годлевский, Владимир Александрович. Введение в анализ экспериментальных данных: учебное пособие / В. А. Годлевский; Иван. гос. ун-т. — Иваново : ИвГУ, 1993. — 167 с. — ISBN 5-230-02231-0. 2. Лабораторный практикум по численным методам обработки экспериментальных данных : лабораторная работа № 4 / Иван. гос. ун-т ; сост. В. А. Годлевский [и др.] .— Иваново : ИвГУ, 1999. — 22 с.

4. Лабораторный практикум по численным методам обработки экспериментальных данных : лабораторные работы № 2, 3 / Иван. гос. ун-т ; сост. В. А. Годлевский [и др.] .— Иваново : ИвГУ, 1999. — 31 с.

5. Лабораторный практикум по численным методам обработки экспериментальных данных : лабораторная работа № 5 / Иван. гос. ун-т ; сост. В. А. Годлевский [и др.] .— Иваново : ИвГУ, 1999. — 20 с.

Дополнительная учебная литература:

1. Степанова. Е. А. Основы обработки результатов измерений : [учеб. пособие] [Электронный ресурс] / Е. А. Степанова. Н. А. Скулкина. А. С. Валетов: [подобщ. ред. Е. А. Степановой];



Основная профессиональная образовательная программа
20.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

М-во образования и науки Рос. Федерации. Урал, федер. ун-т - Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та. 2014.-95 с. ISBN 978-5-7996-1331-0 Режим доступа:

https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=276538

2. Измерение физических величин. Лабораторный практикум по физике: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Кол. авторов. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012.-60 с. Режим доступа:

https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=228845

3. Моисеев, Н.Г. Теория планирования и обработки эксперимента: учебное пособие / Н.Г. Моисеев, Ю.В. Захаров; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2018. - 124 с. : ил. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494313> (02.04.2019).

4. Щурин, К.В. Методика и практика планирования и организации эксперимента: практикум: учебное пособие / К.В. Щурин, Д.А. Косых ; Минобрнауки РФ Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : Оренбургский гос. ун-т, 2012. - 185 с. : ил. - Библиогр.: с. 177-178 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260761> (02.04.2019).

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru;

<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории:

— для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;

— для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, выполнения курсовых работ (проектов) с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Лаборатории, оснащенные лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: персональный компьютер, проектор, экран.



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Автор(ы)-составитель(и): профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий, доктор технических наук, профессор Годлевский В.А.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий 28 августа 2024 г., протокол № 1

Приложение 1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приложение 2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.