

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Статистические методы в экспериментальной физике
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау Физтех-кластер академической и научной карьеры
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет
2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.
семинары: 0 час.
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.А. Нозик, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании Физтех-кластера академической и научной карьеры 30.04.2021

Аннотация

Курс представляет собой набор теорий и практических аспектов применения математической статистики и статистических методов для планирования и обработки данных физических экспериментов. Фокус сделан не на теоретических доказательствах теорем, а на практических методах и аспектах их применения. Большое внимание уделено реализации статистических методов в виде программ на языке Python.

Уникальной особенностью курса является разбор ряда тем, важных именно для обработки данных эксперимента (модели статистических и систематических ошибок, сложение результатов разных экспериментов, байесовская статистика). Курс может быть полезен не только физикам, но и всем, кто так или иначе работает с данными.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Дать студентам знания и инструменты для работы с экспериментальными данными. А также понимание того, как разрабатывать новые инструменты.

Задачи дисциплины

Знания будут формироваться на практических задачах с учетом большого практического опыта авторов курса.

В курсе предусмотрен ряд приглашенных лекций ведущих мировых специалистов в области обработки данных.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны
знать:

Основные методы обработки экспериментальных данных и обоснование этих методов.

уметь:

Использовать язык Python и среду Jupyter notebook для обработки данных и визуализации.

владеть:

Инструментами и техниками для анализа данных. Профессиональной терминологией.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в теорию вероятностей	6			3
2	Непрерывные и дискретные распределения	6			3
3	Теория принятия статистических решений	6			3
4	Теория оценок	6			3
5	Теория проверки гипотез	6			3
6	Статистические и систематические ошибки	6			6
7	Использование языка Python для анализа данных	6			6
8	Методы многомерной оптимизации для построения оценок	6			6
9	Байесовские методы	6			6
10	Методы Монте-Карло для анализа данных	6			6
Итого часов		60			45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение в теорию вероятностей

2. Непрерывные и дискретные распределения

3. Теория принятия статистических решений

4. Теория оценок

5. Теория проверки гипотез

Семестр: 2 (Весенний)

6. Статистические и систематические ошибки

7. Использование языка Python для анализа данных

8. Методы многомерной оптимизации для построения оценок

9. Байесовские методы

10. Методы Монте-Карло для анализа данных

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Аудитория с проектором

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Введение в математическую статистику [Текст] : [учебник для вузов] / Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев .— М. : ЛКИ, 2010, 2014, 2015 .— 600 с.

Дополнительная литература

1. Прикладная статистика. Принципы и примеры [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Д. Кокс, Э. Снелл ; пер. с англ. Е. В. Чепурина ; под ред. Ю. К. Беляева .— М. : Мир, 1984 .— 200 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://npm.mipt.ru/ru/pages/stat-methods/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

Литература для самостоятельного изучения:

- 1.В. Идье, Д. Драйард, Ф. Джеймс, М. Рус, Б. Садуле. Статистические методы в экспериментальной физике. М.: Атомиздат, 1976.
2. Particle Data Group (PDG): <http://pdg.lbl.gov/2014/reviews/rpp2014-rev-probability.pdf>;
<http://pdg.lbl.gov/2014/reviews/rpp2014-rev-statistics.pdf>.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау Физтех-кластер академической и научной карьеры (Разработка и применение программного обеспечения в физических исследованиях)
курс:	1
квалификация:	магистр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
2 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	А.А. Нозик, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Статистические методы в экспериментальной физике» обучающийся должен:

знать:

Основные методы обработки экспериментальных данных и обоснование этих методов.

уметь:

Использовать язык Python и среду Jupyter notebook для обработки данных и визуализации.

владеть:

Инструментами и техниками для анализа данных. Профессиональной терминологией.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Домашнее задание, предлагаемое для самостоятельного решения обучающимся:

Придумать и описать практическую задачу, в которой могут быть использованы методы теории принятия решений. Задать функцию риска (с аргументацией, почему выбрана именно такая функция). Провести расчет и оценить пользу (выигрыш) лица, принимающего решения в результате правильного использования математического аппарата.

Придумать способ для оценки погрешностей эксперимента, результаты которого следуют распределению Коши. Рассмотреть возможность сложения полученного результата с результатами других измерений и написать распределение полученной величины.

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается доступностью литературы в облачном хранилище, доступ к которому имеют студенты. Для примеров и самостоятельной работы используется программное обеспечение с открытым исходным кодом. Материалы для самостоятельной работы также доступны в облачном хранилище.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Дайте определение вероятности (можно два).

Вы сдали 3 теста по коронавирусу, 2 отрицательных, 1 положительный, какая вероятность, что вы действительно больны? Процент ложноположительных результатов - 2%, ложноотрицательных - 8%. Число заболевших в России - 1 миллион.

Выполняется ли ЦПТ для распределения Коши? Как это можно проверить?

Что можно сказать, если интервальные оценки величин пересекаются?

Приведите условия использования критерия Стьюдента.

В чем заключается метод наименьших квадратов?

В каких случаях эффективность оценки хи-квадрат и оценки методом максимума правдоподобия будут отличаться? В какую сторону?

Могут ли быть случаи, когда можно сделать интервальную оценку, но нельзя точечную?

Что такое уровень достоверности доверительного интервала?

Опишите процедуру пояса достоверности Неймана.

Какие отличия между статистическими и систематическими погрешностями?

Всегда ли приборные погрешности являются систематическими?

Как можно улучшить статические погрешности?

Как можно улучшить систематические погрешности?

Каким образом складываются зависимые друг от друга погрешности?

Дайте определение информации Фишера и приведите пример ее использования.

Является ли критерий Пирсона всегда наилучшим?

Приведите как минимум один метод оптимизации функции и расскажи о его особенностях.

Когда целесообразно использовать методы Монте Карло, какие у них недостатки?

Как определяется точно численного интегрирования? Как улучшить эту точность?

Что такое период псевдослучайного генератора случайных чисел?

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

1 семестр: дифференциальный зачет в письменном виде. В качестве задания будет представлен ряд задач по математическому моделированию вероятностных процессов, а также ряд вопросов по теории.

2 семестр: экзамен в виде защиты проекта. На защиту проекта дается 15 минут.