

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**

**Физический факультет
Кафедра физики элементарных частиц**



Рабочая программа дисциплины
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЯДЕРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

**Направление подготовки: 03.03.02 Физика
направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	72	24	14		32				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 40 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу

д.ф.-м.н., профессор

С.В. Цыбуля

Новосибирск 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре магистерской программы	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	5
Программа лекций	Ошибка! Закладка не определена.
5. Перечень учебной литературы.	7
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	9

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Курс предназначен для обучения студентов-физиков основам теории вероятности, статистики и методов Монте-Карло. Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с методами моделирования и статистической обработки данных, принятых в ведущих центрах физики элементарных частиц. Новизна курса, в основном, состоит в том, что он опирается на современные достижения и потребности экспериментальной физики элементарных частиц. Освоению практических методов моделирования и обработки данных отдается предпочтение против строгих доказательств каких-либо положений теории.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p> <p>ПК 1.3. Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Знать основные методы обработки данных используемые в физике элементарных частиц, их область применения и особенности; знать теоретические основы и базовые представления статистических подходов, используемых в исследованиях в области экспериментальной физики элементарных частиц.</p> <p>Уметь выбрать алгоритм, наиболее подходящий для решения конкретной задачи статистического анализа; находить необходимые справочные материалы в таблицах по статистическому анализу, а также в руководствах пользователя компьютерных пакетов программ, таких как PAW, ROOT, Excel; уметь решать задачи, связанные с обработкой экспериментальных данных;</p> <p>Владеть навыками самостоятельной работы для решения усложненных задач с использованием статистических методов обработки данных; владеть основными методами обработки больших объемов экспериментальных данных.</p>

2. Место дисциплины в структуре магистерской программы

Дисциплина «Статистические методы в ядерном эксперименте» входит в число специальных дисциплин программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика, реализуемых кафедрой физики элементарных частиц.

Дисциплина «Статистические методы в ядерном эксперименте» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата. Дисциплина должна предшествовать выполнению бакалаврской дипломной работы т.к. дает студенту необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения экспериментальных исследований в области физики элементарных частиц в рамках подготовки его квалификационной работы.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	72	24	14		32				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 40 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, самостоятельная работа студента, консультации, дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа:

- занятия лекционного типа – 24 часа;
- занятия семинарского типа – 14 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 32 часа;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, дифференцированный зачет) составляет 40 часов.

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

Дисциплина «Статистические методы в ядерном эксперименте» представляет собой полугодовой курс, читаемый на третьем курсе физического факультета НГУ в осеннем семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Всего	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)
				Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции (кол-во часов)	Практические занятия (кол-во часов)		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение (введение в теорию вероятности)	1	4	4			
2	Дискретные и непрерывные распределения случайных величин	2-4	12	4	2	6	
3	Критерий согласия хи-квадрат	5-7	12	4	2	6	
4	Метод максимального правдоподобия	8-10	12	4	2	6	
5	Метод наименьших квадратов	11-12	12	4	2	6	
6	Моделирование дискретных и непрерывных случайных величин	13-14	6	2	2	2	
7	Моделирование случайных процессов	15	8	2	2	4	
8	Кинематика многочастичных распадов	16	4		2	2	
9	Дифференцированный зачет	17	2				2
	Итого по курсу:		72	24	14	32	2

Программа курса лекций

Раздел 1. Теория вероятностей (10 часов)

1.1 Определение вероятности. Сложение вероятностей. Условная вероятность. Умножение вероятностей. Независимость событий.

- 1.2 Дискретная случайная величина. Дискретные распределения. Биномиальное распределение, распределение Пуассона. Распределение Пуассона как предельная форма биномиального распределения. Свертка распределений.
- 1.3 Непрерывные распределения. Плотность вероятности, функция накопленной вероятности. Равномерное распределение, распределение Гаусса, экспоненциальное распределение.
- 1.4 Характеристики случайной величины: математическое ожидание, дисперсия, асимметрия. Распределение Коши.
- 1.5 Моменты случайной величины. Производящие функции моментов и вероятностей. Гамма-распределение.
- 1.6 Совместные распределения вероятностей. Функции распределения нескольких случайных величин.

Раздел 2. Математическая статистика (18 часов)

- 2.1 Сумма случайных величин. Выборочное среднее. Неравенство Чебышева. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема.
- 2.2 Распределение вероятностей для функции случайной величины. Перенос ошибок. Распределение χ^2 . Выборочная дисперсия. Смешанный второй момент, корреляция. Матрица ошибок.
- 2.3 Проверка гипотез. Критерий согласия χ^2 . Число степеней свободы. Применение критерия Стьюдента. Различие между двумя выборочными средними.
- 2.4 Принцип максимального правдоподобия. Функция правдоподобия. Графический анализ. Доверительные интервалы.
- 2.5 Эффективность регистрации, экспериментальное разрешение.
- 2.6 Метод наименьших квадратов. Аппроксимация полиномами.

Раздел 3. Методы Монте-Карло (8 часов)

- 3.1 Датчики (псевдо)случайных чисел. Моделирование дискретных случайных величин. Моделирование биномиального и Пуассоновского распределений.
- 3.2 Моделирование непрерывных случайных величин. Стандартный метод. Специальные методы: метод браковки (Неймана), метод композиции, метод включения в плотность, метод Метрополиса.
- 3.3 Моделирование нормальной случайной величины. Случайные вектора.
- 3.4 Вычисление интегралов методом Монте-Карло. Методы понижения дисперсии: выделение главной части, существенная выборка, выборка по группам. Адаптивное интегрирование.
- 3.5 Моделирование случайных процессов. Моделирование рождения и распадов частиц. Случайные звезды.
- 3.6 Моделирование процессов переноса. Программы моделирования электромагнитных ливней. Моделирование систем регистрации.

Самостоятельная работа студентов (32 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Выполнение контрольных работ	12
Подготовка к занятиям (решение задач, разбор теоретических аспектов)	20

5. Перечень учебной литературы.

а) Основная литература:

1. Худсон Д. Статистика для физиков. М.: Мир, 1970.

2. Букин, А.Д., Эйдельман С.И., ЭВМ в планировании и обработке эксперимента Учебное пособие / Новосибирск, НГУ, 2002

б) Дополнительная литература:

1. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. М.: Мир, 1985.

2. Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: ИНФРА-М, 1999.

3. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. М.: Наука, 1973.

4. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. М.: Наука, 1976.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими методическими пособиями и книгами:

1. А.Д. Букин, С.И.Эйдельман, ЭВМ в планировании и обработке эксперимента Учебное пособие / Новосибирск, НГУ, 2002.

2. R.J. Barlow, Statistics. A Guide to the use of statistical methods in the physical sciences. Wiley, 1989.

3. Byron P. Roe, Probability and statistics in experimental physics. Springer, 2001.

4. Louis Lyons, Statistics for nuclear and particle physicists. CUP, 1986.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows. Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем проверки решений студентами двух контрольных работ.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит во время итогового зачётного занятия. Зачётное занятие проводится в конце семестра во время зачётной недели по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
------------------	---	---------------------------

<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p>	<p>Знать основные методы обработки данных используемые в физике элементарных частиц, их область применения и особенности; знать теоретические основы и базовые представления статистических подходов, используемых в исследованиях в области экспериментальной физики элементарных частиц.</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>
<p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>	<p>Уметь выбрать алгоритм, наиболее подходящий для решения конкретной задачи статистического анализа; находить необходимые справочные материалы в таблицах по статистическому анализу, а также в руководствах пользователя компьютерных пакетов программ, таких как RAW, ROOT, Excel; уметь решать задачи, связанные с обработкой экспериментальных данных;</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>
<p>ПК 1.3. Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>Владеть навыками самостоятельной работы для решения усложненных задач с использованием статистических методов обработки данных; владеть основными методами обработки больших объемов экспериментальных данных.</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Статистические методы в ядерном эксперименте».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов	Планируемые результаты обучения (показатели достижения)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)

обучения	заданного уровня освоения компетенций)				
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

1. Варианты контрольных работ:

Контрольная работа 1 (пример типовых задач):

- 1) Плотность распределения случайной величины ξ имеет вид: $f_{\xi}(t) = ct^2$ если $3 \leq t \leq 9$ и $f_{\xi}(t) = 0$, иначе. Найти постоянную c , вероятность $P(\xi > E\xi)$ и функцию распределения случайной величины $\eta = (3 - \xi)^3$.

- 2) Пользователь компьютера забыл пароль и перебирает наудачу четыре возможных варианта. После трех неудачных попыток компьютер блокируется. Построить таблицу вероятностей числа сделанных попыток. Каково ожидаемое число попыток?
- 3) Независимые случайные величины ξ и η распределены по нормальному закону: $E\xi = 1$, $D\xi = 4$ и $E\eta = 3$, $D\eta = 9$. Найти математическое ожидание и дисперсию случайной величины $\varphi = 2\xi - \eta$, а так же значение x_m такое, что $\varphi < x_m$ с вероятностью 0.84.
- 4) В эксперименте изучается распад в покое частицы 1 на частицы 2 и 3. Массы частиц m_1 , m_2 и m_3 соответственно, причем известно, что $m_3 = 0$, а масса m_2 измерена в независимом эксперименте с точностью σ_m . По значению энергии E_2 частицы 2, измеренному с точностью σ_E , вычисляется масса частицы 1 из соотношения

$$E_2 = \frac{m_1^2 + m_2^2}{2m_1}$$

Определить точность измерения массы исходной частицы считая относительные ошибки малыми (т.е. $\sigma_m/m \ll 1$ и $\sigma_E/E \ll 1$). Точность какой величины (m_2 или E_2) оказывает большее влияние на точность измерения массы частицы 1?

Контрольная работа 2 (пример типовых задач):

- 1) В результате измерения одной и той же случайной величины в разных экспериментах получены следующие результаты:

$$X_1 = 3.2 \pm 2.0; \quad X_2 = 0.84 \pm 0.94; \quad X_3 = 0.79 \pm 0.42; \quad X_4 = 0.71 \pm 0.15$$

Вычислить среднее значение и среднеквадратичное отклонение этой физической величины по всем экспериментам.

- 2) Имеется выборка X_1, X_2, \dots, X_n из распределения с плотностью

$$f(y) = \begin{cases} 0, & y < 0 \\ \frac{3y^2}{\alpha^3} e^{-\left(\frac{y}{\alpha}\right)^3}, & y \geq 0 \end{cases}$$

Найти:

- а) оценку параметра α методом моментов используя пробную функцию $g(y) = y^k$;
- б) оценку параметра α методом максимального правдоподобия.
- в*) найти смещение оценки максимального правдоподобия.

Примечание: Гамма функция: $\Gamma(y + 1) = \int_0^{\infty} t^y e^{-t} dt$; $\Gamma(n + 1) = n!$

- 3) **Задача об обороне Лондона.** Задача возникла в связи с бомбардировками Лондона во время Второй мировой войны. Для улучшения организации оборонительных мероприятий, необходимо было понять цель противника. Для этого территорию города условно разделили сеткой из 24-х горизонтальных и 24-х вертикальных линий на 576 равных участков. В течение некоторого времени в центре организации обороны города собиралась информация о количестве попаданий снарядов в каждый из участков. В итоге были получены следующие данные:

Число попаданий	0	1	2	3	4	5	6	7
Количество участков	229	211	93	35	7	0	0	1

Используя критерий χ^2 проверить на уровне значимости $\alpha = 0.1$ основную гипотезу H_0 – стрельба случайна (нет "целевых" участков).

2. Индивидуальные задания (примеры семестровых домашних заданий, обязательных для индивидуальной сдачи студентами преподавателю):

- 1) Случайные величины ξ и η независимы, ξ имеет геометрическое распределение с параметром $1/3$, а η – равномерное распределение на отрезке $[1,4]$. Вычислить вероятность $P(\xi < \eta)$.
- 2) Случайные величины ξ и η независимы, ξ имеет показательное распределение с параметром $\alpha = 1$, а η – равномерное распределение на отрезке $[0,1]$. Вычислить функцию распределения случайной величины $\varphi = \min(\xi^2, \eta)$. Вычислить $E\varphi$.
- 3) При составлении статистического отчета надо сложить 10^4 чисел, каждое из которых округлено с точностью до 10^{-m} . Предполагая, что ошибки, возникающие при округлении чисел, взаимно независимы и равномерно распределены в интервале $(-0.5 \cdot 10^{-m}, 0.5 \cdot 10^{-m})$, найти пределы, в которых с вероятностью не менее $0,997$ будет лежать суммарная ошибка. Оценить точность вычисленного значения вероятности.
- 4) Имеется выборка X_1, X_2, \dots, X_n . Методом максимального правдоподобия найти оценку параметра $\theta > 0$, если распределение выборки имеет плотность $f(y, \theta) = \theta e^{-\theta^2/2y} / \sqrt{2\pi y^3}$ при $y \geq 0$.
- 5) В эксперименте найдены значения реальной и мнимой частей некоторой величины $T = a + ib$. Известна ковариационная матрица D_{ij} ($i, j = 1, 2$) для параметров a и b . Найти ошибку величины $R = \frac{1}{|1+T|^2}$ если $a, b \ll 1$.
- 6) В эксперименте по e^+e^- аннигиляции была измерена зависимость сечения рождения некоторого резонанса от энергии; результаты приведены в таблице. Полученная зависимость параметризуется функцией $\sigma(E) = \frac{A}{(E-20)^2+1} + B$, где A и B - параметры. Считая точность измерения энергии много лучше точности измерения сечения, определить величину и точность измерения параметров A и B используя метод наименьших квадратов. Оценить “качество” аппроксимации по критерию χ^2 .

E_i	16.0	18.0	19.0	20.0	20.7	22.0	24.0
$\sigma_i \pm \delta_i$	1.56 ± 0.22	2.10 ± 0.24	4.44 ± 0.33	6.75 ± 0.33	4.85 ± 0.24	2.58 ± 0.17	1.69 ± 0.26

δ_i – среднеквадратичное отклонение.

- 7) Сколько точек следует сгенерировать, чтобы вычислить интеграл $\int_{-2}^2 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx$ с точностью 10^{-3} с помощью метода Неймана. Какова эффективность метода?
- 8) Построить алгоритм генерации случайных чисел, распределенных по закону а) $f(x) \sim \frac{1}{(x-a)^2+b^2}$; $x \in [-\infty, +\infty]$ б) $f(x) \sim \frac{1}{x} + x$; $x \in [0.001, 1]$

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Статистические методы в ядерном эксперименте»**

по направлению подготовки 03.03.02 Физика

Профиль «Общая и фундаментальная физика»

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного

