

**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**



УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
2022 г.

Рабочая программа дисциплины
ЯДЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ

**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
7	72			64	6				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 66 часов										
Компетенции ПК-2										

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 бакалаврской 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 лабораторных занятий	5
5. Перечень учебной литературы.	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	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.	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	10

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

Цели дисциплины – дать студентам базовые умения и навыки в области проведения экспериментов по физике высоких энергий и элементарных частиц, а также в области обработки и представления результатов сложных физических экспериментов.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-2 Способность использовать специализированные знания в области физики при решении научных и практических задач в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК -2.3. Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать взаимосвязь процессов при прохождении частиц через вещество с формированием сигналов в детекторе; знать основные приемы и методы регистрации заряженных частиц, гамма-квантов.</p> <p>Уметь объяснять причинно-следственные связи физических процессов при регистрации частиц в детекторах, на практике применять статистический анализ данных, производить оценочные расчеты эффективности регистрации и разрешения детекторов; уметь организовать наблюдение за физическими процессами, используя наиболее оптимальную приборную базу.</p> <p>Владеть навыками самостоятельной работы со специализированной литературой, приемами обработки информации с помощью современного программного обеспечения; владеть методами приближенного качественного описания физических процессов в изучаемых детекторах, экспериментальными навыками для проведения научного исследования в избранной области физики; применять специализированные программы к обработке данных эксперименту по физике элементарных частиц.</p>

2. Место дисциплины в структуре бакалаврской программы

Дисциплина «Ядерный практикум» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки **03.03.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**. Дисциплина «Ядерный практикум» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата. Дисциплина должна предшествовать выполнению бакалаврского диплома т.к. дает студенту необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения исследований в области физики элементарных частиц в рамках подготовки его квалификационной работы. Для освоения материала необходимо предшествующее успешное освоение курса «Экспериментальные методы ядерной физики» для студентов 3-го курса.

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.

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
7	72			64	6				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 66 часов										
Компетенции ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лабораторные занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контроль посещаемости, прием отчетов о выполнении лабораторных работ.

Промежуточная аттестация: дифференциальный зачет

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- Лабораторные занятия – 64 часов;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 6 часов;
- промежуточная аттестация (дифференциальный зачет) – 2 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 66 часов.

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

Дисциплина «Ядерный практикум» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 4-ом курсе бакалавриата физического факультета НГУ в осеннем семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Промежуточная аттестация (в часах)	
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)
				Лабораторные занятия	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вводная лекция. Вопросы ТБ	1-2	4	4			
2	Годоскоп из стримерных трубок	3-5	13	12		1	
3	Гамма-спектрометр на основе сцинтилляционного счетчика	6-8	13	12		1	
4	Метод совпадений	9-11	13	12		1	
5	Газовый цилиндрический счетчик		13	12		1	
6	Гамма-спектрометр с детектором из особо чистого германия	12-14	13	12		1	
7	Самостоятельная подготовка обучающегося к зачету	15-16	1				1
8	Дифференцированный зачет	17	2				2
Итого:			72	64		5	3

Программа лабораторных занятий

- I. Вводная лекция. Вопросы ТБ (4 часа).
- II. Годоскоп из стримерных трубок (12 часов).

Задания:

1. Измерить эффективность срабатывания стримерных трубок при регистрации космических лучей в зависимости от поданного на них электрического напряжения.
2. Определить разрешение стримерных трубок по продольной координате двумя способами и сравнить их между собой.

III. Гамма-спектрометр на основе сцинтилляционного счетчика (12 часов).

Задания:

1. Набрать амплитудные спектры с разными сцинтилляционными материалами (NaI, BGO, пластиковый сцинтиллятор) и радиоактивным источником гамма-квантов Cs-137.
2. Набрать амплитудный спектр импульсов темнового тока.
3. Обработать амплитудные спектры и получить среднее положение пика полного поглощения для кристаллических сцинтилляторов в единицах числа фотоэлектронов, положение края спектра комптоновских электронов, положение пика характеристического излучения Ba-137.
4. По пикам полного поглощения определить энергетическое разрешение кристаллических сцинтилляторов и сравнить с расчетным значением.

IV. Метод совпадений (12 часов)

Блок заданий №1:

1. Собрать схему измерений со схемой совпадений двух сцинтилляционных счётчиков.
2. Снять зависимость скорости счёта совпадений с использованием радиоактивного источника гамма-квантов Co-60 и без него от порога срабатывания дискриминаторов, выбрать рабочие значения порогов.
3. Провести измерения скорости счёта схемы совпадений в зависимости от задержки в обоих каналах, построить кривую задержанных совпадений, определить разрешающее время.
4. По измерениям и расчётным путем найти эффективность регистрации счётчиками гамма-квантов и сравнить их между собой.
5. Измерить скорость счёта истинных и случайных совпадений с радиоактивным источником Co-60, рассчитать активность радиоактивного источника с ошибкой.

Блок заданий II:

1. Собрать схему измерений с ВЦП, подав сигналы от двух счётчиков после дискриминаторов на входы «старт» и «стоп» ВЦП.
2. Набрать временные спектры с двумя разными задержками сигнала на входе «стоп», откалибровать цену канала ВЦП.
3. Измерить ширину спектра разности времен между каналами и определить временное разрешение схемы в наносекундах.

V. Газовый цилиндрический счетчик (12 часов).

Задания:

1. Снять амплитудные спектры с газовым цилиндрическим счётчиком и радиоактивным источником Fe-55 для разных напряжений на анодной проволочке.
2. Построить зависимость средней амплитуды основных пиков в амплитудных спектрах в зависимости от напряжения в единых единицах с учетом ослабления в электронном тракте. Точки пропорционального и стримерного режимов отложить на одном графике.
3. Построить зависимость амплитудного разрешения счётчика с источником Fe-55 от напряжения для двух режимов.
4. Снять амплитудные спектры с радиоактивным бета-источником Sr-90 при двух значениях напряжения.
5. Пронаблюдать изменение формы импульса на осциллографе с разными радиоактивными источниками и при переходе из пропорционального в стримерный режим.

VI. Гамма-спектрометр с детектором из особо чистого германия (12 часов)
Задания:

1. Набрать амплитудные спектр с детектором из особо чистого германия и радиоактивным гамма-источником Co-60.
2. По пикам полного поглощения двух линий Co-60 (1173.2 кэВ, 1332.5 кэВ) сделать калибровку амплитудной шкалы детектора.
3. По числу событий для двух линий Co-60 и линии, соответствующей одновременной регистрации двух гамма-квантов, с вычетом фона определить активность изотопа.
4. Набрать спектр с радиоактивным гамма-источником Cs-137.
5. Определить полную ширину на полувысоте ΔE всех четырех пиков.
6. Построить отклонение измеренной энергии пиков от их известных значений в зависимости от энергии.
7. Построить зависимость $(\Delta E)^2$ от энергии, методом наименьших квадратов приблизить экспериментальную зависимость линейной функцией, из линейного коэффициента определить эффективную энергию, идущую на образование одной электронно-дырочной пары в германии, для данного фактора Фано.

Самостоятельная работа студентов (6 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к лабораторным занятиям (решение задач, разбор теоритических аспектов, ответы на контрольные вопросы)	6

5. Перечень учебной литературы.

Список основной литературы:

1. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : [учебник для физических специальностей вузов] : в 2 т. / К.Н. Мухин. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Энергоатомиздат, 1983. ; 22 см. . Т.1: Физика атомного ядра. 1983. 616 с. : ил.

Список дополнительной литературы:

1. Бузулуцков, Алексей Федорович. Современные экспериментальные методики в физике высоких энергий: учебно-методическое пособие по курсу лекций для магистрантов / А.Ф. Бузулуцков ; Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. физики элементар. частиц. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2009. 29, [1] с. : ил. ; 20 см. .

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

1. Е. Ковалевский, Ядерная электроника. Атомиздат, 1972.
2. В.К. Ляпидевский, Методы детектирования излучений. Москва. Энергоатомиздат, 1987.
3. Г.Д. Алексеев, В.В. Круглов, Д.М. Хазинс, Самогасящийся стримерный (СГС) разряд в проволочной камере.

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

http://kedr.inp.nsk.su/~skononov/nuclab_man.pdf

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.

3. Лаборатории.

4. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

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».

Для успешного выполнения лабораторных работ, практикум оснащен следующим оборудованием:

- Усилитель формирователь (2 шт.)
- Временной экспандер (8 шт.)
- Многоканальный время-цифровой преобразователь (2шт.)
- Годоскоп из стримерных трубок (1 шт.)
- Схема совпадений (2 шт.)
- Генератор калибровочных импульсов (1 шт.)
- Коммутатор высокой частоты (1 шт.)
- Фотоэлектронные умножители (3 шт.)
- Высоковольтный источник В0308 (3 шт.)
- Аттенюатор А0608 (3 шт.)
- Зарядово-цифровой преобразователь ZCP-4 (2 шт.)

- Сцинтилляционные кристаллы (2 шт.)
- Пластиковый сцинтиллятор (1 шт.)
- Сцинтилляционные счетчики (2 шт.)
- Линия задержки B0608 (3 шт.)
- Дискриминатор D0302 (2 шт.)
- Детектор из особо чистого германия ORTEC (1 шт.)
- Механический холодильник X-cooler (1 шт.)
- Вакуумный пост (1 шт.)
- Электронный блок для управления детектором из особо чистого германия SMART-1 (1 шт.)
- Крейт КАМАК (4 шт.)
- Персональный компьютер (5 шт.)
- Принтер
- Радиоактивные источники: Cs-137, Co-60, Fe-55, Sr-90.

Оборудование размещено в аудитории Института ядерной физики СО РАН (главный корпус ком. №501). В аудитории имеются:

- пять рабочих мест, оснащенных соответствующим оборудованием;
- техническая документация и описания приборов;
- дополнительная литература по экспериментальным методам ядерной физики.

Оборудование, обеспечивающее адаптацию электронных и печатных образовательных ресурсов для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья.

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 контроля посещаемости и проверки результатов выполнения лабораторных работ. В ходе проверки работ задаются контрольные вопросы, например,

1. Какие существуют режимы работы газового цилиндрического счётчика, нарисовать зависимость выходного сигнала от входного?
2. Какие существуют способы измерения продольной координаты в газовом цилиндрическом счётчике? Привести математическое обоснование преимуществ тех или иных способов.
3. Почему отличаются формы импульсов при облучении изотопами Fe-55 и Sr-90?

4. Чем определяется энергетическое разрешение полупроводниковых детекторов? Привести профиль

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-2 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачете. Зачет проводится в конце семестра в зачетную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-2.

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
ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать взаимосвязь процессов при прохождении частиц через вещество с формированием сигналов в детекторе; знать основные приемы и методы регистрации заряженных частиц, гамма-квантов.	Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.

<p>ПК -2.3. Использует специализированные знания в области физики при выборе методов расчета, проведении статистического анализа экспериментальных данных в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Уметь объяснять причинно-следственные связи физических процессов при регистрации частиц в детекторах, на практике применять статистический анализ данных, производить оценочные расчеты эффективности регистрации и разрешения детекторов; уметь организовать наблюдение за физическими процессами, используя наиболее оптимальную приборную базу. Владеть навыками самостоятельной работы со специализированной литературой, приемами обработки информации с помощью современного программного обеспечения; владеть методами приближенного качественного описания физических процессов в изучаемых детекторах, экспериментальными навыками для проведения научного исследования в избранной области физики; применять специализированные программы к обработке данных эксперименту по физике элементарных частиц.</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>
--	---	--

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Ядерный практикум».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6

Полнота знаний	ПК 1.1 ПК 2.1	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 ПК 2.2	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 ПК 2.3	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

Список вопросов, выносимых на дифференциальный зачет

1. Опишите устройство детектора из особо чистого германия.
2. Чем определяется энергетическое разрешение полупроводниковых детекторов?
3. Опишите механизм образования, дрейфа и усиления ионизации в газовом цилиндрическом счетчике в разных режимах работы.

1. Какой механизм самогасящегося стримерного разряда и в чем его отличие от режима Гейгера-Мюллера? Какие процессы взаимодействия гамма-квантов со сцинтиллятором дают основной вклад в эффективность регистрации?
2. Объяснить форму кривой задержанных совпадений.
3. Перечислить эффекты, дающие вклад во временное разрешение счётчиков.
4. Придумать эксперимент, чтобы ответить на вопрос, имеется ли угловая корреляция между направлениями вылетов двух гамма-квантов из радиоактивного источника Co-60 , и попытаться реализовать его.
4. Почему отличаются формы импульсов при облучении изотопами Fe-55 и Sr-90 ?
5. Как устроен сцинтилляционный счётчик (его основные составные части)?
6. Каковы механизмы регистрации заряженных частиц и гамма-квантов в сцинтилляционном счётчике?
7. Какие характеристики сцинтилляторов Вы знаете?
8. Для каких физических измерений применяется сцинтилляционный счётчик?
9. Чем определяется энергетическое разрешение сцинтилляционного счётчика?
10. Как определить эффективность регистрации гамма-квантов в сцинтилляционном счётчике?
11. Какие существуют режимы работы газового цилиндрического счётчика?
12. Какие особенности работы газового цилиндрического счётчика в ограниченном стримерном режиме?
13. Какие существуют способы измерения продольной координаты в газовом цилиндрическом счётчике?

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)*

Физический факультет

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____

1.
2.

Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/
(подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

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 «Ядерный практикум»
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