

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

Кафедра квантовой оптики

УТВЕРЖДАЮ
 Декан ФФ
 академик РАН  А. Е. Бондарь
 « 04 » 09 2020 г.



Рабочая программа дисциплины

КИНЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕЛИНЕЙНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

направление подготовки: **03.03.02 Физика, курс 1, семестр 1**
 направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения

Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Итоговая аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к итоговой 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
1	72	24	8		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётных единицы, из них: - контактная работа 36 часов - в интерактивных формах 8 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Разработчик:
 д.ф.-м.н., академик



А.М. Шалагин

Зав. каф. кв. опт. ФФ НГУ
 д.ф.-м.н., академик



А.М. Шалагин

Руководитель программы
 д.ф.-м.н.



И.Б. Логашенко

Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной 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.	5
1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	6
1. 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 итоговой аттестации по дисциплине.	9

Аннотация

к рабочей программе дисциплины «Кинетические проблемы нелинейной спектроскопии» Направление: 03.04.02 Физика Направленность (профиль): «Общая и фундаментальная физика»

Программа дисциплины «Кинетические проблемы нелинейной спектроскопии» составлена в соответствии с требованиями СУОС к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки магистрантов по направлению подготовки 03.04.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика», а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой квантовой оптики в качестве дисциплины по выбору. Дисциплина изучается магистрантами первого курса физического факультета в осеннем семестре.

Цель курса – дать обучающимся знания о кинетических явлениях в нелинейной лазерной спектроскопии газов, знание основ влияния процессов столкновений на нелинейное взаимодействие лазерного излучения с частицами газа.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих профессиональных компетенций:

ПК-1 способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта) и

ПК-2 способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать

- аппарат матрицы плотности, квантовое кинетическое уравнение для матрицы плотности с интегралом столкновений;
- свойства интеграла столкновений и ядра интеграла столкновений;
- основные закономерности формирования неравновесностей в распределении заселенностей уровней по скоростям и их деформации вследствие упругих столкновений;
- основные идеи применения моделей интеграла столкновений;

Уметь

- решать простейшие задачи с моделями интеграла столкновений по формированию распределений заселенностей по скоростям;
- решать простейшие задачи светоиндуцированной газовой кинетики;
- делать оценки в простейших экспериментальных ситуациях;

Владеть

- аппаратом матрицы плотности, аппаратом функции Грина, кинетическими уравнениями с интегралом столкновений;
- навыками работы с современными литературными источниками в области светоиндуцированной газовой кинетики.

Курс рассчитан на один семестр (1-й). Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзаменов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контрольные работы, задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 72 академических часа / 2 зачетных единицы.

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

Дисциплина (курс) «Кинетические проблемы нелинейной спектроскопии» имеет своей целью дать обучающимся знания о кинетических явлениях в нелинейной лазерной спектроскопии газов, знание основ влияния процессов столкновений на нелинейное взаимодействие лазерного излучения с частицами газа.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих профессиональных компетенций: **ПК-1** (способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта) и **ПК-2** (способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности).

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с результатами современных исследований в области взаимодействия лазерного излучения с веществом. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей профессиональной научной литературе и планах дальнейших работ в институтах, в котором студенты планируют проходить научную практику. Материал курса увязывается с общефизическими и математическими дисциплинами, изучаемыми студентами-физиками и спецкурсами, параллельно изучающимися по смежным специальностям.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

• Знать

- аппарат матрицы плотности, квантовое кинетическое уравнение для матрицы плотности с интегралом столкновений (ПК-2.1);
- свойства интеграла столкновений и ядра интеграла столкновений (ПК-2.1);
- основные закономерности формирования неравновесностей в распределении заселенностей уровней по скоростям и их деформации вследствие упругих столкновений (ПК-1.1).
- основные идеи применения моделей интеграла столкновений (ПК-2.1);

• Уметь

- решать простейшие задачи с моделями интеграла столкновений по формированию распределений заселенностей по скоростям (ПК-2.2),
- решать простейшие задачи светоиндуцированной газовой кинетики (ПК-2.2),
- делать оценки в простейших экспериментальных ситуациях (ПК-1.2).

• Владеть

- аппаратом матрицы плотности, аппаратом функции Грина, кинетическими уравнениями с интегралом столкновений (ПК-1.3),
- навыками работы с современными литературными источниками в области светоиндуцированной газовой кинетики (ПК-2.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Кинетические проблемы нелинейной спектроскопии» реализуется в осеннем семестре 1-го курса для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки **03.04.02 Физика**. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой квантовой оптики.

Изложение материала опирается на знание студентами общей физики, основ электромагнитной теории света и квантовой механики, знание основ газовой кинетики.

Курс предназначен для магистрантов, область будущей профессиональной деятельности которых включает:

- исследования процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;
- научные исследования и метрологию с использованием лазерного излучения и нелинейно-спектроскопических методов;
- разработку, исследование, модификацию и применение лазерных систем, а также устройств для управления лазерным излучением;
- научную, техническую, технологическую и инженерную деятельность в области квантовой и нелинейной оптики.

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)				Итоговая аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к итоговой 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
1	72	24	8		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётных единицы, из них: - контактная работа 36 часов - в интерактивных формах 8 часов										
Компетенции ПК-1, 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.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: контрольные работы, задания для самостоятельного решения;
- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 24 часов;
 - практические занятия – 8 часов;
 - самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
 - итоговая аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа;
- Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 36 часов.
Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 8 часов (практические занятия).

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

Дисциплина представляет собой полугодовой курс, читаемый в первом семестре физического факультета НГУ. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётных единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	Итоговая аттестация (в период сессии) (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время итоговой аттестации		
				Лекции	Практические занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Кинетические уравнения для матрицы плотности с интегралом столкновений.	1,2,3	10	5	2	3			
2	Фазовая память при столкновениях.	4,5,6	10	5	1	4			
3	Модель сильных столкновений. Модель слабых столкновений.	7,8	5	3	1	1			
4	Работа поля в модели сильных столкновений и других специальных случаях..	9	4	1	1	2			
5	Новые способы генерации излучения за счет столкновений..	10,11	6	3	1	2			
6	Светоиндуцированные газокинетические явления.	12,13,14	9	4	1	4			
7	Уравнения переноса в поле лазерного излучения.	15,16	6	3	1	2			
8.	Самостоятельная работа в период подготовки к итоговой		18				18		

	аттестации								
9.	Экзамен		4					2	2
	Всего		72	24	8	18	18	2	2

Программа лекций (24 часа)

Раздел 1. Кинетические уравнения для матрицы плотности с интегралом столкновений. (5 часов)

Частоты столкновений и ядра интегралов столкновений. Общие свойства. Одномерные ядра.

Раздел 2. Фазовая память при столкновениях. (5 часов)

Деформация распределения заселенностей по скоростям вследствие столкновений с изменением скорости. Общие закономерности, «теорема площадей».

Раздел 3. Модель сильных столкновений. Модель слабых столкновений. (3 часа)

Модель разностного ядра и ядра Килсона-Сторера.

Раздел 4. Работа поля в модели сильных столкновений и других специальных случаях. (1 час)

Влияние столкновений на простейшие нелинейные резонансы.

Раздел 5. Новые способы генерации излучения за счет столкновений. (3 часа)

Раздел 6. Светоиндуцированные газокинетические явления. (4 часа)

Эффект светоиндуцированного дрейфа и эффект светоиндуцированного втягивания-выталкивания. Демон Максвелла.

Раздел 7. Уравнения переноса в поле лазерного излучения. (3 часа)

Примеры известных светоиндуцированных газокинетических явлений; главные закономерности.

Программа практических занятий (8 часов)

Занятие 1. Анализ квантовых кинетических уравнений для матрицы плотности с интегралом столкновений. (2 часа)

Занятие 2. Анализ уравнения для Функции Грина и его формального решения. (2 часа)

Занятие 3. Анализ простейших моделей интеграла столкновений. Решение уравнений для матрицы протности в модели сильных столкновений. (1 час)

Занятие 4. Анализ физической сущности эффекта светоиндуцированного дрейфа и других светоиндуцированных газокинетических эффектов. (1 час)

Занятие 5. Анализ Эффекта СИД как реализацию демона Максвелла. (1 час)

Занятие 6. Анализ возможностей столкновительно обусловленной лазерной генерации. (1 час)

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	6
Подготовка к контрольным работам	6
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	6
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

- [1] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М.: Наука, 1974.
- [2] Шалагин А.М. Основы нелинейной спектроскопии. Новосибирск: НГУ, 2006.
- [3] Раутиан С.Г., Смирнов Г.И., Шалагин А.М. Нелинейные резонансы в спектрах атомов и молекул. Новосибирск: Наука, 1979.

5.2. Дополнительная литература

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

- [1] Шалагин А.М. Светоиндуцированный дрейф. Физическая энциклопедия. В 5-ти томах. — М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1988.
- [2] Хохлова В.Л. Химически пекулярные звезды. Физическая энциклопедия. В 5-ти томах. — М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1988.
- [3] Rautian S.G., Shalagin A.M. Rinetic Problems of Non-Linear Spectroscopy. North-Holland. 1991.

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 и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

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

Для реализации дисциплины «Кинетические проблемы нелинейной спектроскопии» используются специальные помещения:

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

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 итоговой аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и итоговой аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости студента проводится путем проведения коротких самостоятельных работ в начале каждого практического занятия с решением типовых задач, разобранных на предыдущем занятии. Студентам необходимо успешно выполнить 1 контрольную работу.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области нелинейной лазерной спектроскопии в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенций ПК-1 и 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 итоговой аттестации.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Кинетические проблемы нелинейной спектроскопии».

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.	Минимально допустимый уровень знаний. 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.

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

Примеры задания для самостоятельного решения и контрольных работ

1. Вычислить спектр поглощения при наличии фазовой памяти в модели сильных столкновений (эффект Дике).
2. Вычислить заселенности уровни в трехуровневой V-схеме в условиях, когда сильное монохроматическое излучение резонансно более коротковолновому переходу и существует интенсивный столкновительный обмен между верхними уровнями.
3. Найти критерий возникновения инверсии заселенностей в двухуровневой системе при поглощении интенсивного излучения в крыле спектральной линии.
4. Вывести выражение для плотности силы внутреннего трения через поток частиц и транспортную частоту столкновений.
5. Вывести формулу для скорости светоиндуцированного дрейфа в модели сильных столкновений при большом доплеровском уширении.
6. Вывести формулу для изменения концентрации в эффекте светоиндуцированного втягивания (выталкивания) при большом однородном уширении.

7. Доказать, что ядро Килсона-Сторера удовлетворяет необходимым требованиям к ядрам интегралов столкновений.
8. На примере ядра Килсона-Сторера выявить условия применимости модели разностного ядра интеграла столкновений.
9. Вывести выражение, связывающее одномерные ядра интеграла столкновений с трехмерными.

Вопросы, выносимые на экзамен

1. Частоты столкновений и ядра интегралов столкновений. Общие свойства. Одномерные ядра и частоты столкновений.
2. Особенности взаимодействия частиц газа с излучением в крыле спектральной линии. Возникновение инверсии заселенностей.
3. Деформация распределения по скоростям вследствие столкновений с изменением скорости. Функция Грина. Представление в виде ряда, сходимость, теорема «площадей».
4. Эффект светоиндуцированного дрейфа. Физическая основа и проявления.
5. Модель сильных столкновений. Функция Грина для нее.
6. Лазерная генерация в трехуровневой системе с двумя близко расположенными возбужденными состояниями, между которыми происходит интенсивное столкновительное перемешивание.
7. Работа поля для бегущей монохроматической волны при произвольной заданной функции Грина (селективное по скоростям взаимодействие).
8. Эффект втягивания (выталкивания) частиц световым пучком.
9. Вычисление работы поля бегущей монохроматической волны в модели сильных столкновений.
10. Функция Грина для экспоненциального и произвольного разностного ядра.
11. Уравнения переноса в поле лазерного излучения (уравнения непрерывности и уравнения Эйлера). Условия, при которых эти уравнения становятся замкнутыми.
12. Светоиндуцированная анизотропия давления.
13. Возникновение неравновесностей в газовой системе в поле лазерного излучения. Общий случай. Демон Максвелла.
14. «Стеночный» светоиндуцированный дрейф.
15. Общее кинетическое уравнение с интегралом столкновений. Последовательные упрощения.
16. Светоиндуцированное вязкое течение.
17. Ядро Килсона-Сторера для интеграла столкновений. Его свойства. Ядра k -го порядка для этой модели.
18. Получение из уравнений переноса общего выражения для потока поглощающих частиц, включающего в себя эффект светоиндуцированного дрейфа и эффект втягивания (выталкивания).

Пример экзаменационного билета

1. Уравнения переноса в поле лазерного излучения (уравнения непрерывности и уравнения Эйлера). Условия, при которых эти уравнения становятся замкнутыми.
2. Светоиндуцированная анизотропия давления.

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.

Форма экзаменационного билета

Оценочные материалы по итоговой 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 «Кинетические проблемы нелинейной спектроскопии»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

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