

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет  
Кафедра квантовой электроники**



ТВЕРЖДАЮ  
Декаан ФФ, д.ф.-м.н  
В.Е.Блинов  
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ 1**

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	36	16	16		2			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 34 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу  
профессор, д.ф.-м.н.

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 образовательной программы: .....	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем .....	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. ....	5
5. Перечень учебной литературы. ....	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ...	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....	8

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

Курс «Экспериментальные методы квантовой электроники 1» является базовой дисциплиной в образовательной бакалаврской программе по оптике.

Целью курса является овладение студентами базовыми знаниями методов и приборов, используемых при проведении экспериментальных исследований в области квантовой электроники, ознакомление с методами измерения и методами управления параметрами излучения лазеров, их использования при проведении физических экспериментов.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>ПК-1</b> 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><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p><b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p><b>Знать</b> основные принципы работы лазеров, методы селекции мод лазерных резонаторов, методы анализа спектрального состава излучения лазера, типы и принципы работы фотоприемных устройств, основные характеристики непрерывного и импульсного режимов работы лазеров, методы анализа и управления поляризацией лазерного излучения, основные типы и параметры современных лазеров, основные закономерности формирования результатов эксперимента в области квантовой электроники.</p> <p><b>Уметь</b> оптимизировать параметры лазерного резонатора для оптимизации параметров излучения и селекции мод, рассчитывать прохождение гауссовского пучка через сложные оптические системы, рассчитывать поляризацию излучения при прохождении набора анизотропных оптических элементов, выбирать приемники излучения и схемы их включения в зависимости от реальной экспериментальной задачи, правильно выбирать спектральные приборы для анализа спектра лазерного излучения, выбрать наиболее подходящий источник лазерного излучения в зависимости от поставленной задачи;</p> <p><b>Владеть</b> методами проведения измерений и исследований, обработки полученных результатов, методами работы в различных операционных системах, с базами данных, доступными по сети Internet, способами создания моделей для</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		описания и прогнозирования экспериментов в области квантовой электроники, осуществления их качественного и количественного анализа; компьютерными методами сбора, обработки и хранения информации проводимых экспериментов; культурой мышления, умением в письменной и устной форме оформить результаты научных исследований в области квантовой электроники.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы:

Курс «Экспериментальные методы квантовой электроники 1» реализуется в 7 семестре 4-го курса бакалавриата. Преподавание дисциплины опирается на знание студентами классической электродинамики, квантовой механики, статистической физики, физической оптики, начала векторного анализа; обеспечена логическая связь курса «Экспериментальные методы квантовой электроники 1, 2» с курсами «Прикладная оптика», «Современные проблемы лазерной физики» и «Статистическая оптика».

## 3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем

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	36	16	16		2			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 34 часа										
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, практические занятия, домашние задания, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателем с помощью заданий, зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: домашние задания, расчетно-графическая работа, задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетных единицы:

- занятия лекционного типа – 16 часов;
- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестров, не включая период сессии – 2 часа;
- промежуточная аттестация (зачет) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, зачет) составляет 34 часов.

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

№ 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)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Принципы работы лазеров, их основные элементы	1-5	10	5	5		
2	Измерение спектральных характеристик лазерного излучения	6-9	8	4	4		
3	Введение в лазерную метрологию	10-11	4	2	2		
4	Измерение энергетических и временных характеристик лазерного излучения <i>Расчетно-графическая работа</i>	12-15	9	4	4	1	
5	Особенности и основные режимы импульсных лазеров	16	3	1	1	1	
6	Зачет	17	2				2
<b>Всего за семестр</b>			<b>36</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

#### Программа и основное содержание лекций (16 часов)

##### 1. Принципы работы лазеров, их основные элементы.

Основные физические принципы, лежащие в основе работы лазеров: вынужденное излучение (усиление), насыщение, положительная обратная связь, порог генерации и условие стационарной генерации, открытые оптические резонаторы, методы расчета резонаторов и основы оптики

гауссовых пучков, модовая структура лазерного излучения и резонатор лазера, селекции продольных и поперечных типов колебаний в открытых резонаторах, многослойные диэлектрические покрытия, полоса усиления активной среды, однородное и неоднородное уширения линий усиления лазеров, предельная ширина линии излучения лазера.

## **2. Измерение спектральных характеристик лазерного излучения.**

Монохроматичность лазерного излучения. Ширина и контур спектральной линии. Связь спектра светового импульса с его длительностью; Основные типы спектральных приборов: призменные, дифракционные, интерференционные. Разрешающая способность и область свободной дисперсии спектральных приборов. Измерение длины волны лазерного излучения. Временная и пространственная когерентность лазерного излучения.

## **3. Введение в лазерную метрологию.**

Стандарты длины на основе лазерного излучения; Первичный стандарт частоты на основе Cs, H-мазер. Измерение частоты лазерного излучения. Стандарты частоты, на основе лазеров

## **4. Измерение энергетических и временных характеристик лазерного излучения.**

Типы фото-приемных устройств: тепловые, фотоэлектрические и др. Шумы фотоприемников; Основные характеристики фотоприемников: квантовый выход, чувствительность, обнаружительная способность, спектральный диапазон, быстродействие; Фотоэлектронные умножители, их спектральные характеристики, обнаружительная способность. Работа ФЭУ в режиме измерения среднего тока и режиме счета фотонов. Электронно-оптические преобразователи(ЭОПы); Методы регистрации: прямой и гетеродинный.

## **5. Особенности и основные режимы импульсных лазеров.**

Характеристики импульсов для основных режимов работы лазеров: свободная генерация, модуляция добротности, синхронизация мод; Методы получения сверхкоротких импульсов (СКИ) света. Способы измерения параметров СКИ.

### **Программа практических занятий (16 часов)**

На практических занятиях студенты применяют полученные на лекциях теоретические знания для решения конкретных задач, требующих аналитических вычислений, рассматривают конкретные оптические и электронные схемы. Решение задач – важная составная часть курса.

Темы практических занятий
1. Расчет резонаторов лазеров методом матричной оптики (2 час)
2. Согласование гауссовых пучков (2 час)
3. Расчет мощности лазера при однородном и неоднородном уширении линии. Определение оптимального коэффициента пропускания зеркала (4 часа)
4. Многослойные оптические покрытия для лазерной техники (4 часа)
5. Расчет предельной разрешающей способности и области свободной дисперсии для спектрального прибора (2 часа)
6. Шумы фотоприемников, схемы включения фотодиода в гальваническом и фотодиодном режиме. (2 часа)

### **Самостоятельная работа студентов (2 часа)**

Перечень занятий на СРС	Объем, час
В самостоятельном изучении материалов теоретических занятий, подготовке к практическим занятиям (решение задач)	2

## **5. Перечень учебной литературы.**

### **5.1. Основная литература:**

1. В. Демтрёдер, Современная лазерная спектроскопия, Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2014.
2. Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения : [учебное пособие : в 2 т.] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В.Л. Дербова Долгопрудный : Интеллект, 2012 25 см. Пер. изд.: *Fundamentals of Photonics* / Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich. - 2nd ed. - John Wiley & Sons, 2007 Салех, Бахаа Е. А. Тейх, Малвин Карл Дербов, В. Л. Ред.

### **5.2. Дополнительная литература:**

3. Ахманов С.А., Никитин С.Ю., Физическая оптика, Учебник. 2-е изд. М.:Изд-во МГУ Наука, 2004 (есть электронная версия)
4. Звелто О. Физика лазеров. М.: Мир, 1979.
5. Ярив А. Квантовая электроника. М.: Советское радио, 1980.
6. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1988.
7. Зайдель А. Н. Техника и практика спектроскопии. М.: Наука, 1972, 1976
8. Кунце Х.-И. Методы физических измерений. М.: Мир, 1989.
9. Бетеров И. М. Физика лазеров. Учебное пособие НГУ, Новосибирск, 1980.
10. Справочник по лазерам Т.1-2, под редакцией А.М. Прохорова. М.: Советское радио, 1978.
11. Аш Ж. Датчики измерительных систем, Т. 1. М.: Мир, 1992.

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

Дополнительные учебно-методические материалы не требуются.

## **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 MSOffice.

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

Для реализации дисциплины «Экспериментальные методы квантовой электроники 1» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, 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.

Реализация дисциплины осуществляется с применением электронного обучения (платформа ZOOM), где обучение проводится на виртуальных аналогах, позволяющим достигать запланированных результатов по дисциплине.

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

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины (используется PowerPoint);

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***

Оценочным средством для текущего контроля успеваемости в части самостоятельной работы является регулярная сдача-приемка домашних заданий и расчетно-графических работ. Успешная сдача домашних заданий и РГР учитывается при прохождении промежуточной аттестации.

#### ***Промежуточная аттестация***

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка – «зачтено» по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области экспериментальных методов квантовой электроники в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра в устной форме.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем.

### **Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины**

**Таблица 10.1**

<b>Индикатор</b>	<b>Результат обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>
------------------	---	---------------------------



<p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p>	<p><b>Знать</b> основные принципы работы лазеров, методы селекции мод лазерных резонаторов, методы анализа спектрального состава излучения лазера, типы и принципы работы фотоприемных устройств, основные характеристики непрерывного и импульсного режимов работы лазеров, методы анализа и управления поляризацией лазерного излучения, основные типы и параметры современных лазеров, основные закономерности формирования результатов эксперимента в области квантовой электроники.</p>	<p>Проведение контрольных работ, зачет.</p>
<p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>	<p><b>Уметь</b> оптимизировать параметры лазерного резонатора для оптимизации параметров излучения и селекции мод, рассчитывать прохождение гауссовского пучка через сложные оптические системы, рассчитывать поляризацию излучения при прохождении набора анизотропных оптических элементов, выбирать приемники излучения и схемы их включения в зависимости от реальной экспериментальной задачи, правильно выбирать спектральные приборы для анализа спектра лазерного излучения, выбрать наиболее подходящий источник лазерного излучения в зависимости от поставленной задачи.</p>	<p>Проведение контрольных работ, зачет.</p>
<p><b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p><b>Владеть</b> методами проведения измерений и исследований, обработки полученных результатов, методами работы в различных операционных системах, с базами данных, доступными по сети Internet, способами создания моделей для описания и прогнозирования экспериментов в области квантовой электроники, осуществления их качественного и количественного анализа; компьютерными методами сбора, обработки и хранения информации проводимых экспериментов; культурой мышления, умением в письменной и устной форме оформить результаты научных исследований в области квантовой электроники.</p>	<p>Проведение контрольных работ, зачет.</p>

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Экспериментальные методы квантовой электроники 1».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
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

### Расчетно-графические работы (6 часов)

1. Анализ и конструирование резонатора гелий-неонового, аргонового лазера.

### Темы индивидуальных домашних заданий (6 часов)

1. Расчет оптимального пропускания зеркала резонатора и выходной мощности лазера.
2. Расчет диафрагмы для получения ТЕМ<sub>00</sub> моды в резонаторе.
3. Расчет согласования перетяжек гауссовского пучка.

### Задачи для индивидуальных домашних заданий по курсу "ЭМКЭ" (26 часов)

1. Рассчитать (предложить) геометрию 2-х зеркального резонатора гелий-неонового лазера с разрядной трубкой длиной 50 см и диаметром 1 мм для получения генерации в TEM<sub>00</sub> моде
2. Рассчитать (предложить) геометрию согласования излучения этого лазера с осевой модой конфокального интерферометра Фабри-Перо с радиусами кривизны зеркал 50 см
3. Рассчитать максимально возможную выходную мощность излучения лазера из задания 1, если известно, что коэффициент ненасыщенного усиления трубки равен 5 процентам, насыщающая плотность мощности равна 0.5 Вт/см<sup>2</sup>.
4. Рассчитать оптимальный коэффициент пропускания выходного зеркала этого лазера при потерях на элементах лазера, равных 1 проценту. Чему будет равна выходная мощность этого лазера.

### **Контрольные билеты к зачету (7 семестр).**

#### **Билет 1**

1. Трех и четырех уровневые схемы лазеров. Скоростные уравнения для лазера.
2. Методы создания и измерения параметров СКИ, влияние дисперсии и её компенсация.

#### **Билет 2**

1. Моды открытого резонатора. Влияние резонатора на спектр выходного излучения лазера.
2. Работа ФЭУ в режиме счета фотонов.

#### **Билет 3**

1. Способы селекции модового состава лазерного излучения.
2. Стандарты частоты их стабильность и воспроизводимость, функция Аллана.

#### **Билет 4**

1. Свободная генерация, модуляция добротности. Причина пикового режима работы лазера.
2. Стандарты частоты и длины на основе лазерного излучения.

#### **Билет 5**

1. Область свободной дисперсии и разрешающая способность спектральных приборов на основе интерферометра Фабри-Перо и дифракционной решетки.
2. Инверсная заселенность и сечение вынужденного излучения  $\sigma$

#### **Билет 6**

1. Устройство, принцип действия, особенности применения ЭОПов, ФЭУ.
2. Естественные и технические флуктуации параметров лазерного излучения. Предельная ширина линии излучения лазера.

#### **Билет 7**

1. Коэффициенты Эйнштейна для спонтанных и вынужденных переходов, их связь.
2. Лазеры на самоограниченных переходах, механизмы создания инверсной заселенности на фронтах импульса накачки.

#### **Билет 10**

1. Однородное и неоднородное уширение линий усиления лазеров.
2. Определение временной и пространственной когерентности. Связь временной когерентности с шириной линии генерации лазера.

#### **Билет 11**

1. Оптимизация коэффициента пропускания выходного зеркала лазера. Мощность излучения в оптимальном режиме.

2. Преобразование Фурье, связь длительности и спектральной ширины импульса излучения.

#### **Билет 12**

1. Пороговое условие генерации и условие стационарной генерации.
2. Распространение Гауссова пучка в свободном пространстве. Конфокальный параметр пучка

#### **Билет 13**

1. Насыщение в лазерах с однородной и неоднородной линиями усиления
2. Тепловые приемники излучения, быстродействие и чувствительность.

#### **Билет 14**

1. Насыщающая мощность ( $I_{нас}$ ) для оптического перехода. С чем связано насыщение усиления (поглощения).
2. Шумы фотоприемных устройств. Предельная мощность регистрации.

#### **Билет 15**

1. Условие устойчивости открытых оптических резонаторов. Расчеты оптических схем матричным методом.
2. Методы детектирования излучения – прямой и гетеродинный.

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 «Экспериментальные методы квантовой электроники 1»  
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