

*Приложение к приказу первого проректора  
по учебной и научной работе*

от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

**Правительство Российской Федерации  
Санкт-Петербургский государственный университет**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**учебная дисциплина**

*Детекторы ядерного излучения*

*Detectors of nuclear radiation*

**Язык(и) обучения**

Русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: 543.1

Санкт-Петербург

2016

## Раздел 1. Характеристики учебных занятий

### 1.1. Цели и задачи учебных занятий

Познакомить с основными типами детекторов ядерных излучений, применяемыми в физике низких и высоких энергий. Дать знания о свойствах детекторов. Научить правильному выбору детектора для решения задач бакалаврской работы и магистерской диссертации.

### 1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Начальные знания о взаимодействии излучений с веществом. Начальные знания по электронике (2 курс).

### 1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- знать основные типы детекторов ядерных излучений.
- знать области применения детекторов ядерных излучений.
- уметь правильно выбирать тип детектора для решения физических задач.

### 1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя) (30 часов).
- Практические занятия (28 часов).
- Консультации - (2 часа).

## Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

### 2.1. Организация учебных занятий

#### 2.1.1 Основной курс

| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся |  |          |              |                      |                     |                    |             |                  |                          |                     |                                |                             |   |   |              |
|---|--|----------|--------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------------|------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|---|---|--------------|
| Период обучения (модуль)  | Контактная работа обучающихся с преподавателем |          |              |                      |                     |                    |             |                  |                          |                     | Самостоятельная работа         |                             |   | Объём активных и интерактивных форм учебных занятий | Трудоёмкость |
|   | лекции   | семинары | консультации | практические занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии преподавателя | сам.раб. с использованием методических материалов |   |              |
| <b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>  |  |          |              |                      |                     |                    |             |                  |                          |                     |                                |                             |   |   |              |

| очная форма обучения                |           |  |          |           |  |  |  |          |   |  |  |           |    |           |    |            |          |   |
|-------------------------------------|-----------|--|----------|-----------|--|--|--|----------|---|--|--|-----------|----|-----------|----|------------|----------|---|
| Семестр 6<br>(Весна,<br>бак.,3курс) | 30        |  | 2        | 28        |  |  |  |          | 2 |  |  |           | 17 |           | 29 |            | 108      | 2 |
|                                     | 2-10      |  | 2-10     | 2-10      |  |  |  | 2-10     |   |  |  | 2-10      |    | 2-10      |    |            |          |   |
| <b>ИТОГО</b>                        | <b>30</b> |  | <b>2</b> | <b>28</b> |  |  |  | <b>2</b> |   |  |  | <b>17</b> |    | <b>29</b> |    | <b>108</b> | <b>2</b> |   |

| Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации |                                      |                               |   |
|--|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| Период обучения (модуль)   | Формы текущего контроля успеваемости | Виды промежуточной аттестации | Виды итоговой аттестации<br>(только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) |
| <b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>   |                                      |                               |   |
| <b>очная форма обучения</b>  |                                      |                               |   |
| Семестр 6, (Весна, бак.,3курс)   |                                      | экзамен                       |   |

## 2.2. Структура и содержание учебных занятий

**Основной курс    Основная траектория    Очная форма обучения**

Период обучения (модуль): **Семестр 6**

| № п/п | Наименование темы (раздела, части)   | Вид учебных занятий             | Количество часов |
|-------|--|---------------------------------|------------------|
| 1     | <b>ВВЕДЕНИЕ</b>  |                                 |                  |
|       | 1. Детекторы излучений и электроника – основные инструменты в исследованиях ядер и элементарных частиц.  | Лекции,<br>практические занятия | 2                |
|       | 2. Основные методики в ядерной физике: а) метод амплитудного анализа, б) метод временного анализа, в) метод счёта событий.                                       |                                 | 0                |
|       | 3. Принципиальная неустранимость погрешностей измерений в ядерной физике.  |                                 |                  |
|       | 4. Пуассоновский поток. Закон Пуассона, его свойства. Нормальное (Гауссово) распределение. Функция распределения временных интервалов для Пуассоновского потока. |                                 |                  |

|   |   |   |                |
|---|---|---|----------------|
| 2 | <p style="text-align: center;"><b>ДЕТЕКТОРЫ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация детекторов по принципу действия.</li> <li>2. Общие свойства детекторов: эффективность, энергетическое разрешение, временное разрешение, быстродействие, ресурс или срок работы.</li> <li>3. Представление детектора в виде генератора тока. Эквивалентная схема.</li> <li>4. Ионизационные детекторы (газонаполненные).       <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1. Общие замечания.</li> <li>4.2. Статистика носителей заряда в первичной ионизации в газах.</li> <li>4.3. Статистика полного числа носителей заряда</li> <li>4.4. Средняя энергия, необходимая для создания пары ионов. Эффект Пеннинга.</li> <li>4.5. Процессы в газе: дрейф в электрическом поле, диффузия, перезарядка, рекомбинация.</li> <li>4.6. Понятие подвижности ионов.</li> <li>4.7. Схемы включения, переход к эквивалентной схеме.</li> <li>4.8. Режимы работы газонаполненного детектора.</li> </ol> </li> <li>5. Ионизационная камера.       <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1. Режимы работы ионизационной камеры.</li> <li>5.2. Форма импульса тока и напряжения ионизационной камеры с плоскими электродами. Индукционные токи. Амплитуда сигнала.</li> <li>5.3. Ионизационная камера с сеткой Фриша.</li> <li>5.4. Предельное энергетическое разрешение ионизационной камеры.</li> <li>5.5. Теорема Рамо-Шокли.</li> </ol> </li> </ol> | <p>лекции,<br/>практические занятия</p> | <p>8<br/>8</p> |
|---|---|---|----------------|

|   |   |   |                |
|---|---|---|----------------|
|   | <p>6. Пропорциональный счётчик.</p> <p>6.1. Газовое усиление, лавина Таунсенда.</p> <p>6.2. Роль объёмных зарядов и фотонов в работе пропорционального счётчика.</p> <p>6.3. Газы используемые в пропорциональных счётчиках.</p> <p>6.4. Зависимость амплитуды от параметров счётчика.</p> <p>6.5. Предельное энергетическое разрешение счётчика. Временное разрешение.</p> <p>6.6. Форма импульса пропорционального счётчика.</p> <p>6.7. Эффективность счётчика для разного сорта частиц. Счётная характеристика.</p> <p>6.8. Применение в рентгеновских спектрометрах. Детектирование нейтронов.</p> <p>6.9. Позиционно чувствительные детекторы на основе пропорционального детектора. Многопроволочные пропорциональные камеры. Время-проекционные камеры.</p> <p>7. Счетчик Гейгера-Мюллера.</p> <p>7.1. Роль электрон-фотонных лавин.</p> <p>7.2. Используемые газы. Гашение разряда.</p> <p>7.3. Форма импульса. Мёртвое время, время восстановления.</p> <p>7.4. Счётная характеристика. Эффективность счётчика Гейгера-Мюллера.</p> <p>7.5. Амплитудное и временное разрешение.</p> <p>7.6. Применение счётчиков Гейгера-Мюллера.</p> |   |                |
| 3 | <p>8. Полупроводниковые детекторы (ППД).</p> <p>8.1. Требования к рабочему веществу твердотельной ионизационной</p>   | <p>лекции,<br/>практические занятия</p> | <p>8<br/>8</p> |

|   |   |   |                |
|---|---|---|----------------|
|   | <p>камеры.</p> <p>8.2. Свойства кристаллов кремния и германия.</p> <p>8.3. Плоская модель кристалла и зонная теория полупроводников. Симметричные и несимметричные p-n переходы с резким краем.</p> <p>8.4. Получение кремния с заданными свойствами в ядерных реакторах.(Neutron Transmutation Doping).</p> <p>8.5. Основные технологические методы изготовления полупроводниковых детекторов.<br/>Конструктивные особенности п/п детекторов для гамма-спектроскопии.</p> <p>8.6. Энергетическое разрешение гамма-спектрометра с ППД и его составляющие. Эффективность регистрации детекторов. Временное разрешение.</p> <p>8.7. Полупроводниковые детекторы с широкой запрещенной зоной и их применение для регистрации рентгеновского излучения.</p> <p>8.8. Кремниевые дрейфовые детекторы, применение.</p> <p>8.9. Конструктивные особенности п/п детекторов для регистрации заряженных частиц.</p> <p>8.10. Применение полупроводниковых детекторов (пиксельных, дрейфовых, стриповых) в трековых системах физики высоких энергий на примере мегадетектора ALICE в ЦЕРНе.</p> |   |                |
| 4 | <p>9. Сцинтилляционные счетчики.</p> <p>9.1. Принцип действия сцинтилляционного детектора.</p> <p>9.2. Типы и свойства сцинтилляторов.</p> <p>9.3. Органические и неорганические, физические свойства.</p> <p>9.4. Механизм образования вспышек в органических и неорганических</p>   | <p>лекции,<br/>практические занятия</p> | <p>8<br/>8</p> |

|   |   |  |                   |
|---|---|--|-------------------|
|   | <p>сцинтилляторах.</p> <p>9.5. Форма световой вспышки. Основной и медленные компоненты вспышки.</p> <p>9.6. Зависимость формы световой вспышки от скорости и заряда заряженной частицы. Применение.</p> <p>9.7. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ).</p> <p>9.8. Принцип действия ФЭУ.</p> <p>9.9. Фотокатод, спектральная чувствительность, квантовая эффективность, темновой ток.</p> <p>9.10. Динодная система.</p> <p>9.11. ФЭУ для амплитудных и временных измерений.</p> <p>9.12. Схема питания ФЭУ, коэффициент усиления, нестабильности.</p> <p>9.13. "Шумы" ФЭУ.</p> <p>9.14. Способы съема сигналов с ФЭУ.</p> <p>9.15. Форма импульса тока и напряжения на выходе ФЭУ.</p> <p>9.16. Режим работы ФЭУ: одноэлектронный, импульсный (<math>RC &gt; \tau</math>, <math>RC &lt; \tau</math>).</p> <p>9.17. Амплитудное разрешение сцинтилляционного счетчика.</p> <p>9.18. Временное разрешение сцинтилляционного счётчика.</p> <p>9.19. Полупроводниковые сенсоры света.</p> <p>9.20. Детекторы на микроканальных пластинах.</p> <p>9.21. Черенковские счётчики и их применение.</p> |  |                   |
| 5 | <p>10. Формализм преобразования Лапласа для исследования процессов в электрических цепях.</p> <p>10.1. Анализ эквивалентной схемы детектора. Разные формы сигнального тока детектора</p> <p>10.2. Индукционный эффект,</p>  | <p>лекции,</p> <p>практические занятия</p> | <p>2</p> <p>2</p> |

|   |  |                                 |        |
|---|--|---------------------------------|--------|
|   | баллистическая ошибка.   |                                 |        |
| 6 | 11. Структура спектрометра ядерных излучений.<br>11.1. Зарядочувствительный предусилитель (ЗЧП).<br>11.2. Спектрометрический усилитель.<br>11.3. Режектор наложений.<br>11.4. Аналогоцифровой преобразователь (АЦП). | лекции,<br>практические занятия | 2<br>2 |

### Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

#### 3.1. Методическое обеспечение

##### 3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Посещение лекций по рассматриваемой дисциплине, проведение работ по ядерной физике во 2-ой физической лаборатории и в лабораториях кафедры

##### 3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Для самостоятельной работы студенты должны обеспечиваться:

- подробным планом курса лекций и рекомендуемой литературой;
- перечнем задач для самостоятельной работы.

##### 3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Проведение промежуточной аттестации будет осуществляться в виде устного экзамена и оцениваться на основании балльно-рейтинговой системы. Целями введения балльно-рейтинговой системы являются стимулирование систематической учебной работы студентов в течение всего периода обучения, повышение объективности оценки знаний студентов и мотивация их к систематической самостоятельной работе по изучению дисциплины в течение семестра.

Общее максимальное количество баллов – 100, из них за посещение и работу на лекциях – 10 баллов, за работу, выполняемую под руководством преподавателя – 20 баллов, за ответ на вопросы во время промежуточной аттестации – 70 баллов.

Экзаменационный билет содержит два вопроса, на каждый из которых студент должен привести развернутый конспект с планом ответа, необходимыми определениями, иллюстрациями, формулами и зависимостями. В устной форме студент, пользуясь конспектом, должен связно и исчерпывающе изложить содержание ответа.

В ходе ответа преподавателем могут быть заданы студенту уточняющие вопросы по билету. На подготовку конспекта ответа по билету отводится не более 1 часа, на обдумывание ответа на дополнительные вопросы не более 10 минут на каждый. В общей сложности ответ студента не должен превышать 40 минут без учета времени на обдумывание дополнительных вопросов.

##### 3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Предполагается одна из следующих методик оценки:



|  | Неудовлетворительно | Удовлетворительно | Хорошо   | Отлично  | Превосходно  |
|--|---------------------|-------------------|----------|----------|--------------|
| Буквенная система                      | <b>F    FX</b>      | <b>E    D</b>     | <b>C</b> | <b>B</b> | <b>A</b>     |
| Балльная система (100 баллов максимум) | < 30    31-49       | 50-59    60-70    | 71-80    | 81-90    | 91-100       |
| Болонская система                      | 1    2              | 3    4            | 5-7      | 8-9      | 10           |
| Балльная система (5 баллов максимум)   | 2                   | 3                 | 4        | 5        | 5 с отличием |

**A - “Превосходно”** – теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

**B - “Отлично”** – теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному, однако есть несколько незначительных ошибок.

**C - “Хорошо”** – теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**D - “Удовлетворительно”** – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**E - “Посредственно”** – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.

**FX - “Условно неудовлетворительно”** – теоретическое содержание дисциплины освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом дисциплины возможно повышение качества выполнения учебных заданий.

**F - “Безусловно неудовлетворительно”** – теоретическое содержание дисциплины не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом дисциплины не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий.

### **Перечень билетов для проведения промежуточной аттестации студентов.**

Билет 1.

1. Классификация детекторов по принципу действия. Общие свойства детекторов: эффективность, энергетическое разрешение, временное разрешение, быстродействие, ресурс или срок работы.
2. Счётчик Гейгера-Мюллера, свойства, применение.

Билет 2.

3. Статистика носителей заряда в первичной ионизации в газах. Статистика полного числа носителей заряда. Средняя энергия, необходимая для создания пары ионов. Эффект Пеннинга.
4. Полупроводниковые детекторы для регистрации гамма-излучения.

Билет 3.

5. Форма импульса тока и напряжения ионизационной камеры с плоскими электродами. Индукционные токи. Амплитуда сигнала.
6. Типы сцинтилляторов и их свойства.

Билет 4.

7. Ионизационная камера с сеткой Фриша. Предельное энергетическое разрешение ионизационной камеры.
8. Кремниевые дрейфовые детекторы, свойства и их применение.

Билет 5.

9. Получение кремния с заданными свойствами в ядерных реакторах.(Neutron Transmutation Doping).
10. Особенности амплитудных спектров от гамма-источников.

Билет 6.

11. Энергетическое разрешение гамма-спектрометра с ППД и его составляющие. Эффективность регистрации детекторов. Временное разрешение.
12. Зависимость формы световой вспышки от скорости и заряда заряженной частицы. Практическое применение этого явления.

Билет 7.

13. Механизм образования вспышек в органических и неорганических сцинтилляторах.
14. Режимы работы газонаполненного детектора.

Билет 8.

15. Счётчики Вавилова-Черенкова и их применение.
16. Использование детекторов для регистрации рентгеновского излучения.

Билет 9.

17. Кремниевые детекторы заряженных частиц, свойства и применение.
18. Многопроволочные пропорциональные камеры. Время проекционная камера.

Билет 10.

19. Общая схема спектрометра ядерных излучений.
20. Временное разрешение сцинтилляционного детектора.

Билет 11.

1. Типичная схема включения детектора.
2. Выбор газа для газонаполненного детектора.

Билет 12.

1. Детекторы на основе полупроводников с широкой запрещенной зоной.
2. Детекторы нейтронного излучения.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

**Анкета-отзыв** на дисциплину «Метаматериалы и методики малоугловой дифракции в исследовании их функциональных свойств»

Просим Вас заполнить анкету-отзыв по прочитанной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (**обведите** выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий \_\_\_\_\_

2. Насколько Вы удовлетворены общим стилем преподавания?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий \_\_\_\_\_

3. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных методических материалов?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий \_\_\_\_\_

4. Какой из модулей (разделов) дисциплины Вы считаете наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?

Комментарий \_\_\_\_\_

5. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

Комментарий \_\_\_\_\_

СПАСИБО!

### 3.2. Кадровое обеспечение

### 3.2.1 Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень и/или ученое звание, имеющие опыт планирования и организации учебного процесса, а также главные и ведущие специалисты в этой области.

### 3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Требования не предъявляются

## 3.3. Материально-техническое обеспечение

### 3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, интерактивная доска др. оборудование или компьютерный класс.

### 3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Для проведения занятия необходимы: видеопроектор, ноутбук, переносной экран. В компьютерном классе должны быть установлены средства MS Office 2007: Word, Excel, PowerPoint и др. (допустима версия MS Office 2003).

### 3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Рабочие места преподавателя и студентов должны быть оснащены оборудованием не ниже: Pentium III-800/ОЗУ-256 Мб / Video-32 Мб / Sound card – 16bit / HDD 80 Гб / CD-ROM – 48x / Network adapter – 10/100/ Мбс / SVGA – 19”

### 3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

Каждый обучающийся во время занятий и самостоятельной подготовки должен быть обеспечен рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет и корпоративную сеть факультета.

### 3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски, флеш-накопители и др. в объёме, необходимом для организации и проведения занятий, по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки.

## 3.4. Информационное обеспечение

### 3.4.1 Список обязательной литературы

### 3.4.2 Список дополнительной литературы

1. В.К.Ляпидевский. Методы детектирования излучений. М. Энергоатомиздат. 1987.
2. Ю.А.Акимов и др. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. М. Энергоатомиздат. 1989.
3. G. F. Knoll. Radiation Detection and Measurement. 3rd edition (2000) .
4. G.Lutz. Semiconductor Radiation Detectors. 1999.
5. Л.И.Виноградов. "Сцинтилляционный гамма-спектрометр" . Методические материалы к дистанционным лабораторным работам по ядерной физике. Санкт-Петербург 2009.стр.21.

6. Л.И.Виноградов. "Статистика в ядерной физике". Методические материалы к дистанционным лабораторным работам по ядерной физике. Санкт-Петербург 2009.стр.3.
7. Л.И.Виноградов,В.О.Сергеев. "Полупроводниковый гамма-спектрометр". Методические материалы к дистанционным лабораторным работам по ядерной физике. Санкт-Петербург 2009.стр.53
8. Х.Шмидт. Измерительная электроника в ядерной физике. Мир. 1989.

### 3.4.3 Перечень иных информационных источников.

1. Ядерная физика в интернете. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>.
2. Элементы большой науки (портал). <http://elementy.ru/lhc/news>
3. Методические материалы к дистанционным лабораторным работам по ядерной физике. Санкт-Петербург 2009 <http://nuclab1.phys.spbu.ru>

## Раздел 4. Разработчики программы

| Фамилия, имя, отчество     | Учёная степень | Учёное звание | Должность | Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон) |
|----------------------------|----------------|---------------|-----------|--|
| Виноградов Леонид Иванович | к.ф. м.н.      | снс           | доцент    | 4284385, +79119661424<br>l.vinogradov@spbu.ru                                |
|                            |                |               |           |  |
|                            |                |               |           |  |

В соответствии с порядком организации внутренней и внешней экспертизы образовательных программ проведена двухуровневая экспертиза:

| первый уровень (оценка качества содержания рабочей программы и применяемых педагогических технологий) |                       |                  |
|---|-----------------------|------------------|
| Наименование кафедры  | Дата заседания        | № протокола      |
| Кафедра ядерно-физических методов исследований  |                       |                  |
|   |                       |                  |
| второй уровень (соответствие целям подготовки и учебному плану образовательной программы)             |                       |                  |
| Экспертиза второго уровня выполнена в порядке, установленном приказом                                 |                       |                  |
| <i>должностное лицо</i>   | <i>дата приказа</i>   | <i>№ приказа</i> |
| Уполномоченный орган (должностное лицо)   | Дата принятия решения | № документа      |
|   |                       |                  |

### Иные документы об оценке качества рабочей программы

| Документ об оценке качества | Дата документа | № документа |
|-----------------------------|----------------|-------------|
|                             |                |             |
|                             |                |             |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |

## Утверждение рабочей программы

| Уполномоченный орган<br>(должностное лицо) | Дата принятия решения | № документа |
|--|-----------------------|-------------|
|  |                       |             |

## Внесение изменений в рабочую программу

| Уполномоченный орган<br>(должностное лицо) | Дата принятия решения | № документа |
|--|-----------------------|-------------|
|  |                       |             |
|  |                       |             |
|  |                       |             |
|  |                       |             |