

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

от _____ № _____

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

(Наименование учебной дисциплины, практики и т.п.)

Наименование

Ядерная электроника/Nuclear Electronics

Язык(и) обучения

Русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: _____3_____

Регистрационный номер рабочей программы: _____

Санкт-Петербург

2015

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

1.2. Познакомить студентов с современными электронными методами, применяемыми в физике низких и высоких энергий.

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

Детекторы ядерных излучений и взаимодействие излучений с веществом (3 и 4 курс обучения). Начальные знания по электронике (2 курс).

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- знать типы, назначение и свойства основных модулей ядерной электроники.
- знать основные электронные методы: метод счёта событий, амплитудный анализ, временной анализ.
- уметь правильно выбирать тип модуля для решения физических задач тем или иным методом.

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя) (32 часа).
- 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	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)		
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																	
очная форма обучения																	
Семестр 1	32		2						2				8		28		3
	2-10		2-10						2-10				2-10		2-10		
ИТОГО	32		2						2				8		28		72

Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации			
Период обучения (модуль)	Формы текущего контроля успеваемости	Виды промежуточной аттестации	Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ			
очная форма обучения			
Семестр 9 (1 год магистратуры)		экзамен	

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): **Семестр 9 (1 год магистратуры)**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	<p style="text-align: center;">ВВЕДЕНИЕ</p> <p>1. Детекторы излучений и электроника – основные инструменты в исследованиях ядер и элементарных частиц.</p> <p>2. Основные методики в ядерной физике: а) метод амплитудного анализа, б) метод временного анализа, в) метод счёта событий.</p>	лекции	2
2	<p>1. Структура спектрометра ядерных излучений.</p> <p>1.1. Зарядочувствительный предусилитель (ЗЧП).</p> <p>1.2. Спектрометрический усилитель.</p> <p>1.3. Режектор наложений.</p> <p>1.4. Аналогоцифровой преобразователь (АЦП).</p> <p>2. Импульсные усилители. Передаточная характеристика. Интегральная и дифференциальная нелинейность.</p> <p>3. Обратная связь в усилителях.</p> <p>3.1. Классификация обратных связей (отрицательная (ООС), положительная (ПОС), по входу и по выходу).</p> <p>3.2. Коэффициент усиления усилителя с ОС.</p> <p>3.3. Влияние ООС на линейность усилителя.</p> <p>3.4. Амплитудные и фазовые характеристики 4-х полюсников. Графики Боде. Устойчивость усилителя с ООС.</p> <p>3.5. Влияние ООС на полосу пропускания усилителя</p>		4

	<p>3.6. Переходная характеристика усилителя с CR-RC формирователем.</p> <p>3.7. Каскадирование интегрирующих цепей.</p> <p>4. Инвертирующее включение операционного усилителя (ОУ).</p> <p>4.1. Выражение для коэффициента усиления и входного сопротивления.</p> <p>4.2. Эквивалентная схема.</p> <p>4.3. Понятие динамической емкости.</p>		
3	<p>1. Необходимость использования предусилителей сигналов от детекторов ядерных излучений.</p> <p>2. Зарядовочувствительный предусилитель.</p> <p>2.1. Идеальный чувствительный к заряду предусилитель.</p> <p>2.2. Амплитуда сигнала от ЗЧП. Зарядовая чувствительность.</p> <p>2.3. Форма импульсов на выходе ЗЧП.</p> <p>2.4. Критерий выбора K, R_c, C_{oc}, R_n в ЗЧП.</p> <p>3. Схема простейшего спектрометра: ЗЧП + усилитель с CR-RC формирователем. Форма сигнала на выходе. Выбор постоянной времени τ.</p> <p>4. Методы укорачивания сигналов: а) CR-цепь, б) метод компенсации полюса нулём, в) укорачивание с помощью линии задержки, г) укорачивание на RL-цепи, д) с помощью операционного усилителя.</p>		6
4	<p>1. Шумы как флуктуационная помеха. Принципиальная неустранимость шумов. Цель оптимизации параметров спектрометрического тракта.</p> <p>2. Формула Найквиста. Формула Шотки. Фликкер шумы.</p> <p>3. Эквивалентные шумовые генераторы тока и напряжения.</p> <p>4. Эквивалентная схема входной цепи предусилителя с источниками шумов параллельного и последовательного типа.</p> <p>5. Отношение сигнала к шуму для CR-RC</p>		4

	<p>формирователя.</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Шумовые параметры спектрометрического тракта: Уш, Qш, Еш. 7. Идеальное формирование. Понятие об оптимальной фильтрации сигналов. Случай “белого” шума на входе. Время-инвариантный формирователь. 8. Случай “не белого” шума на входе. Случай параллельных и последовательных шумов на входе ЗЧП. 9. Понятие импульсной характеристики $g(t)$ цепи. Интеграл наложений-свёртки. 10. Процесс оптимизации отношения амплитуды сигнала к шуму во временной области. Сигнал на выходе оптимального фильтра. (CUSP, ограниченный CUSP, влияние времени собирания). 11. Кпш - коэффициент превышения шума. Зависимость от длительности импульса. 12. Дискретное описание шумов. Формулы Кэмпбелла. Шумовые свойства импульса CR-RC формирователя и треугольного импульса. 13. Понятие о весовой функции. Выражение для шума через весовую функцию. 14. Понятие о время-вариантном формирователе. 15. Конструктивные особенности ЗЧП. 16. Загрузочная способность ЗЧП. 17. Построение предусилителей без R_{oc} и R_n. 18. Типовая структура спектрометрического усилителя (универсальные усилительные секции, размещение формирующих цепей, регулировка усиления). 19. Задание полосы пропускания в спектрометрических усилителях с помощью CR-RC цепей, активные фильтры. 20. Примеры спектрометрических формирователей. 21. Стабилизаторы исходного уровня (СИУ). Восстановление постоянной составляющей (ВПС). 		
--	---	--	--

	<p>22. Схемы Робинсона и Чейза-Паоло.</p> <p>23. Обработка сигналов с помощью аналоговых дискриминаторов. Передаточные характеристики.</p> <p>24. Триггер Шмидта как система с положительной обратной связью по току. Гистерезис.</p> <p>24.1. Триггер Шмидта на дифференциальном усилителе. Напряжение гистерезиса.</p> <p>24.2. Триггер Шмидта на операционном усилителе.</p> <p>25. Одновибратор как система с положительной обратной связью по напряжению.</p> <p>26. Схемы интегральных дискриминаторов. Неопределенность порога, температурная стабильность.</p> <p>27. Схемы дифференциальных дискриминаторов</p> <p>27.1. Обеспечение антисовпадений в дифференциальном дискриминаторе.</p> <p>27.2. Метод добавочного импульса.</p> <p>28. Одновибратор с перезапуском (с нулевым мёртвым временем).</p> <p>29. Линейно-пропускающие устройства (ЛПУ). Свойства.</p> <p>30. Блок аналогового запоминания. Структура. Свойства.</p> <p>31. Режекторы наложений. Режекторы на спад импульса. Режекторы наложений на фронт сигнала.</p>		
5	<p style="text-align: center;">АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ</p> <p>1. Метод Вилкинсона.</p> <p>2. Метод последовательного взвешивания.</p> <p>3. Метод поразрядного взвешивания.</p> <p>4. Схема заряда ёмкости памяти. Определитель момента вершины.</p>		4

	<p>5. Цифро-аналоговый преобразователь. Структура. Свойства.</p> <p>6. АЦП параллельного типа.</p> <p>7. Метод улучшения однородности ширины канала АЦП.</p>		
6	<p style="text-align: center;">ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ</p> <p>1. Понятие временного канала. Принципы построения и требования к элементам.</p> <p>1.1. Получение временных сигналов от детекторов ядерных излучений. Временное разрешение детектора и всего временного канала.</p> <p>1.2. Требования к усилительному тракту для временных и амплитудных измерений.</p> <p>1.2.1. Амплитудное гуляние временной отметки.</p> <p>1.2.2. Шумовой джиттер.</p> <p>1.3. Формирователи временной отметки (хронирующие дискриминаторы, схемы временной привязки).</p> <p>1.3.1. Быстрый дискриминатор по переднему фронту.</p> <p>1.3.2. Метод следящего порога.</p> <p>1.3.3. Формирователь по пересечению нуля. Детекторы нуля.</p> <p>1.3.4. Двухпороговый быстрый дискриминатор.</p> <p>2. Метод совпадений и антисовпадений.</p> <p>2.1. Разрешающее время схемы совпадений. Выбор. Оптимальное разрешающее время.</p> <p>2.2. Формулы для скорости счёта случайных и истинных совпадений. Оптимизация опыта в методе совпадений.</p> <p>2.3. Физическое и электрическое разрешающее время.</p> <p>2.4. Элементы отбора совпадений. Логические схемы "И", типы, параметры. Мажоритарные схемы</p>		4

	<p>совпадений.</p> <p>2.5. "Медленные" схемы совпадений. ΔE-E совпадения.</p> <p>2.6. Быстро-медленные схемы совпадений.</p> <p>2.7. Построение схем с помощью время-амплитудного преобразователя.</p> <p>3. Типы время-амплитудных преобразователей, принцип действия, свойства.</p> <p>4. Время-цифровые преобразователи, типы, искажения в спектрах.</p> <p>4.1. Нониусный метод.</p> <p>4.2. Кодирование нескольких интервалов за цикл.</p> <p>4.3. Кодирование временных интервалов с интерполяцией.</p>		
7	<p>МЕТОД СЧЁТА СОБЫТИЙ</p> <p>1. Просчёты. Принципиальная неустранимость.</p> <p>2. Понятие мёртвого времени. Типы мёртвого времени. Примеры.</p> <p>3. Система с постоянным мёртвым временем. Счётная характеристика.</p> <p>4. Система с мёртвым временем продлевающегося типа. Счётная характеристика.</p> <p>5. Сопоставление счётных систем 1-ого и 2-ого рода.</p> <p>6. Счётчики на J-K и D триггерах.</p> <p>7. Метод пересчёта, как метод уменьшения просчётов. Функция распределения временных интервалов.</p> <p>8. Метод предварительного разравнивания. Счётная характеристика. Применение.</p> <p>9. Просчёты в многоканальных амплитудных анализаторах.</p> <p>10. "Живое время", определение, применение.</p>		3

	11. Интенсиметры-измерители средней скорости счёта. 12. Структура многоканального амплитудного анализатора (МАО). 13. Типовые программы МАО. 14. Аналоговый мультиплексор. 15. Регистрация многопараметрической информации, метод “списка”, метод “цифровых окон”.		
8	МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ 1. Идентификатор частиц на основе формулы Бете-Блоха. 2. Телескоп Гоулдинга. 3. Идентификация частиц по времени пролёта. 4. Идентификация частиц по форме импульсов.		3
9	СТАНДАРТЫ NIM, САМАС, VME. 1. Стандарт NIM и его модификации. 2. Стандарт КАМАК, магистраль, сигналы на магистрали. Стандарт VME.		2

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Посещение лекций по рассматриваемой дисциплине, проведение лабораторных работ по ядерной физике на кафедре.

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	F FX	E D	C	B	A
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

А - “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.

В - “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.

С - “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.

Д - “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.

Е - “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.

ФХ - “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.

Ф - “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. Методы съёма информации с детекторов излучений. Представление детектора в виде генератора тока.
2. Принцип действия АЦП по методу Вилкинсона. Свойства.

БИЛЕТ №2

1. АЦП последовательного поразрядного взвешивания.
2. Схема включения полупроводниковых детекторов.

БИЛЕТ № 3

1. Энергетическое разрешение спектрометра с полупроводниковым детектором и его составляющие.
2. Структура ЦАП. Свойства.

БИЛЕТ №4

1. Принцип действия сцинтилляционного детектора. Способы съёма сигнала.
2. АЦП параллельного типа (flash-adc).

БИЛЕТ № 5

1. Метод улучшения однородности ширины канала АЦП.
2. Факторы, влияющие на точность временных измерений в ядерной физике.

БИЛЕТ № 6

1. Режимы работы ФЭУ. Одноэлектронный, импульсный.
2. Получение сигналов для временных исследований от детекторов ядерных излучений.

БИЛЕТ № 7

1. Временное разрешение сцинтилляционного детектора.
2. Противоречивость требований к усилительному тракту для временных и энергетических измерений.

БИЛЕТ № 8

1. Использование отрицательных обратных связей в усилителях импульсных сигналов.
2. Метод следящего порога.

БИЛЕТ № 9

1. Переходная характеристика усилителя с CR-RC формирователем.
2. Метод совпадений и антисовпадений.

БИЛЕТ № 10

1. Предусилители детекторов ядерных излучений. Необходимость, требования.
2. Формулы для скорости счета истинных и случайных совпадений.

БИЛЕТ № 11

1. Структурная схема зарядочувствительного предусилителя. Амплитуда сигнала на выходе.
2. Элементы отбора совпадений.

БИЛЕТ № 12

1. Форма импульса на выходе зарядочувствительного предусилителя.
2. Мажоритарная схема совпадений.

БИЛЕТ № 13

1. Зарядочувствительный предусилитель. Критерии выбора элементов R_{os} , C_{os} , R_n .
2. Быстро-медленная схема совпадений.

БИЛЕТ № 14

1. Схема спектрометра: ЗЧП + (CR-RC) формирователь. Форма сигнала на выходе.
2. Построение схем совпадений с помощью время-амплитудного преобразователя.

БИЛЕТ № 15

1. Методы укорачивания импульсов.
2. Типы ВАП. Принципы действия. Свойства.

БИЛЕТ № 16

1. Шумовые параметры спектрометрического тракта.
2. Линейно-пропускающие устройства. Структура. Свойства.

БИЛЕТ № 17

1. Шумы. Формулы Найквиста, Шоттки. Эквивалентные генераторы шума.
2. Цифровая фильтрация сигналов.

БИЛЕТ № 18

1. Шумовая эквивалентная схема входной цепи усилителя.
2. Режекторы наложений. Режекторы на спад.

БИЛЕТ № 19

1. Отношение сигнала к шуму при использовании (CR-RC) формирователя.
2. Типы ВЦП. Искажения в спектрах.

БИЛЕТ № 20

1. Понятие об импульсной характеристике $g(t)$. Интеграл наложений.
2. Кодирование нескольких временных интервалов за цикл.

БИЛЕТ № 21

1. Дискретное описание шумов. Формулы Кэмпбелла.
2. Просчёты. Принципиальная неустранимость.

БИЛЕТ № 22

1. Понятие о время-вариантном формирователе.
2. Понятие о мертвом времени. Типы мертвого времени. Примеры.

БИЛЕТ № 23

1. Система с постоянным мёртвым временем. Счётная характеристика.
2. Построение предусилителей без $R_{ос}$, $R_{н}$.

БИЛЕТ № 24

1. Стабилизаторы исходного уровня (базовой линии).
2. Система с мёртвым временем продлевающего типа. Счётная характеристика.

БИЛЕТ № 25

1. Типы аналоговых дискриминаторов. Передаточные характеристики.
2. Метод пересчёта. Функция распределения временных интервалов.

БИЛЕТ № 26

1. Триггер Шмидта. Применение.
2. Эквивалентная схема детектора.

БИЛЕТ № 27

1. Дифференциальный дискриминатор. Обеспечение логики антисовпадений.
2. Просчёты в МАА. Набор по “ живому времени”.

БИЛЕТ № 28

1. Типы триггеров. Счётный триггер.
2. Идентификация частиц на основе формулы Бете-Блоха.

БИЛЕТ № 29

1. Идентификация частиц по времени пролёта.
2. Структура многоканального амплитудного анализатора. Типовые программы.

БИЛЕТ № 30

1. Идентификация частиц по форме импульса.
2. Регистрация многопараметрической информации. Метод цифровых окон. Метод списка.

3.1.5 Методические материалы для оценки студентами содержания и качества учебного процесса

Анкета-отзыв на дисциплину «Ядерная электроника»

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

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

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Л.И.Виноградов."Энергетическое разрешение спектрометра с полупроводниковым детектором". Сборник: Практикум по ядерной физике и ядерной электронике. Санкт-Петербургский Государственный Университет, 2004, стр.82.
2. Л.И.Виноградов."Схемы временной привязки,используемые в ядерной электронике". Сборник: Практикум по ядерной физике и ядерной электронике. Санкт-Петербургский Государственный Университет, 2004, стр.117.
3. Л.И.Виноградов. "Сцинтилляционный гамма-спектрометр" . Методические материалы к дистанционным лабораторным работам по ядерной физике. Санкт-Петербург 2009.стр.21.
4. Л.И.Виноградов,В.О.Сергеев. "Полупроводниковый гамма-спектрометр". Методические материалы к дистанционным лабораторным работам по ядерной физике. Санкт-Петербург 2009.стр.53.
5. Х.Шмидт. Измерительная электроника в ядерной физике. Мир.1989.
6. Е.Ковальский. Ядерная электроника. М. Атомиздат. 1972.
7. Ю. К. Акимов и др. Полупроводниковые детекторы ядерных излучений и их применение. М., Атомиздат, 1967.
8. В.А.Григорьев. Электронные методы ядерно-физического эксперимента. М. Энергоатомиздат. 1988.

3.4.3 Перечень иных информационных источников

Периодические издания, которые будут появляться в области ядерной физики по тематике курса.

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.	доцент	доцент	+79119661424 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
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 (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

Внесение изменений в рабочую программу

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

