

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

от _____ № _____

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебной дисциплины

Основы детектирования нейтронного и синхротронного излучений

Basics of neutron and synchrotron radiation detection

Язык обучения: русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: _____

Санкт-Петербург

2016

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Передать студентам общее представление о принципах и методах регистрации нейтронного и синхротронного излучений. Ознакомить с основными характеристиками и особенностями различных типов детекторов. Показать современное состояние регистрирующих систем и тенденции их развития. Обучить методикам исследований характеристик газоразрядных детекторов с использованием современного программного обеспечения.

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

Для успешного освоения программы дисциплины «Основы детектирования нейтронного и синхротронного излучений» студентам рекомендуется прослушать курс лекций «Теория взаимодействия синхротронного (рентгеновского) и нейтронного излучения с веществом».

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- Знать принципы и методы регистрации нейтронов и рентгеновского излучения.
- Знать основные характеристики регистрирующих систем, типы детекторов и их характерные особенности
- Иметь навыки работы с компьютерными программами симуляции работы газоразрядных детекторов Garfield и симуляции пробегов заряженных частиц SRIM.

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов) (30 часов).
- Самостоятельная работа в присутствии преподавателя (15 часов).

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.)		
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																

очная форма обучения																	
Семестр 1	30		2					2			15			23		72	2
	1-10		1-10				1-10			1-10			1-10				
ИТОГО	30		2				2			15			23		72	2	

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 1		экзамен	

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): **Семестр 1**

№ п/п	Наименование части	Вид учебных занятий	Количество часов
1	1. Введение 2. Источники нейтронного и синхротронного излучений 3. Механизмы взаимодействия нейтронного и рентгеновского излучения с веществом 4. Типы и основные характеристики детекторов	Лекции	6
2	1. Газоразрядные детекторы. Принцип работы. Режимы работы, газовое усиление, коэффициент Таунсенда и прилипание электронов. Формирование сигнала, методы съема информации. Примеры конструкций. Старение детекторов 2. Газоразрядные детекторы синхротронного излучения. Регистрация фотонов УФ-диапазона 3. Газоразрядные детекторы нейтронов. Конверторы. Регистрация быстрых нейтронов	Лекции	8

3	<p>1. Сцинтилляционные детекторы. Люминесценция: флуоресценция и фосфоресценция. Принцип работы сцинтилляционного детектора. Основные характеристики сцинтилляторов: органические и неорганические сцинтилляторы. Регистрация сцинтилляций.</p> <p>2. Фотодетекторы. Газовые. Вакуумные. Полупроводниковые. Гибридные. Конструкции и характеристики</p> <p>3. Сцинтилляционные детекторы нейтронного и синхротронного излучений. Сцинтилляторы. Конструкции и методы съема оптической информации. Детекторы фотографического и счетного типа. Сцинтилляционные экраны</p>	Лекции	8
4	<p>1. Полупроводниковые детекторы. Материалы. Основные свойства п/п, pn-переход. Характеристики п/п детекторов. Формирование сигнала. Конструкции детекторов. Радиационные повреждения.</p> <p>2. Полупроводниковые детекторы фотонов и гамма-квантов</p> <p>3. П/п детекторы тепловых нейтронов</p>	Лекции	8
5	<p>1. Расчет пробегов заряженных частиц в веществе средствами программы SRIM</p> <p>2. Расчет транспортных характеристик исследуемой газовой смеси, конфигурации электрического поля в газоразрядном детекторе, наведенных сигналов на электродах, коэффициента газового усиления средствами программного пакета Garfield.</p> <p>3. Расчет эффективности регистрации и пространственного разрешения газоразрядного детектора нейтронов с газовой смесью He-3/CF₄.</p> <p>4. Регистрация нейтронного излучения с помощью газонаполненного пропорционального счетчика СНМ-50</p> <p>5. Сцинтилляционный спектрометр</p>	Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	15

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины студенту предоставляется адаптированная программа курса, содержащая разделы 2, 3.1 и 3.4 данной Рабочей программы, а также электронная презентация всех лекций в формате PPT или PDF.

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

- перечнем заданий для самостоятельной работы;
- методическими указаниями для использования программного обеспечения;
- методическими указаниями для выполнения 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.

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 следующая методика оценки:

	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	Превосходно
Балльная система	< 30 31-49	50-59 60-70	71-80	81-90	91-100
Балльная система (5 баллов максимум)	2	3	4	5	5 с отличием

Перечень билетов для проведения промежуточной аттестации студентов.

Билет 1.

1. Генерация синхротронного излучения (СИ). Примеры источников СИ. Фотографический и электронный метод регистрации частиц.
2. Режимы работы газоразрядного детектора. Примеры детекторов, работающих в разных режимах.

Билет 2.

1. Явления флуоресценции и фосфоресценции. Радиолюминесцентный механизм регистрации частиц.
2. Принцип работы ФЭУ, коэффициент усиления ФЭУ и его стабильность, энергетическое разрешение ФЭУ.

Билет 3.

1. Временные характеристики детектора, динамический диапазон в детекторах интегрального и счетного типа.
2. Основные характеристики сцинтилляторов, требования к характеристикам сцинтилляционных материалов для детекторов частиц.

Билет 4.

1. Основные механизмы регистрации фотонов, структуры амплитудных спектров.
2. Прямые и непрямые методы регистрации вторичного излучения сцинтилляторов.

Билет 5.

1. Принцип работы газоразрядного детектора, газовое усиление, эффект прилипания электронов, влияние на характеристики детектора.

2. Дрейф и диффузия зарядов в газах в электрическом и магнитном поле, влияние на пространственное разрешение детектора на примере дрейфовой камеры.

Билет 6.

1. Основные характеристики детекторов частиц.
2. Формирование сигнала в пропорциональном счетчике, методы съема сигналов в многопроволочной пропорциональной камере.

Билет 7.

1. Механизмы регистрации нейтронов. Конверторы нейтронов. Понятие пробега частицы.
2. Прямые и не прямые методы считывания в сцинтилляционных детекторах, примеры.
"Запоминающие" фосфоры (Image Plates) и методика восстановления пространственной информации.

Билет 8.

1. Типы полупроводниковых материалов, применяемых в детекторах частиц. Образование и дрейф зарядов в полупроводниках.
2. Принцип работы микроканальной пластины, примеры использования.

Билет 9.

1. Типы сцинтилляционных материалов, люминесценция неорганических кристаллов, назначение примесных атомов.
2. Сбор и доставка оптической информации в сцинтилляционных детекторах, примеры.

Билет 10.

1. Позиционно-чувствительные полупроводниковые детекторы, принцип работы лавинного фотодиода.
2. n-p-переход: формирование, структура, влияние приложенного напряжения. Принцип работы полупроводникового детектора.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Анкета-отзыв на дисциплину «Основы детектирования нейтронного и синхротронного излучений»

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, а также ведущие специалисты в области детектирования частиц.

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, 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.

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Рабочие места преподавателя и студентов должны быть оснащены оборудованием не ниже: Intel Core i5 / 2Гб / Video 512Мб / HDD 100 Гб / Network 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. Компьютерный класс должны быть обеспечен комплектом программного обеспечения Garfield (OS Linux), SRIM (OS Windows).

3.3.5 Перечень и объемы требуемых расходных материалов

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

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. Клайнкнехт К. Детекторы корпускулярных излучений. – М.: Мир, 1990.

2. Акимов Ю.К., Игнатъев О.В., Калинин А.И., Кушнирук В.Ф. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Калашников В.И., Козодаев М.С. Экспериментальные методы ядерной физики. Детекторы элементарных частиц. – М.: Наука, 1966
4. Knoll G.F. Radiation detection and measurement. 4rd ed., John Wiley & Sons, 2010.
5. Группен К. Детекторы элементарных частиц. Справочное издание. Пер. с англ. – Новосибирск: Сибирский хронограф, 1999.
6. Leo W.R. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments. London: Springer-Verlag, 1987.
7. Grupen C., Buvat I. Handbook of Particle Detection and Imaging. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2012.

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Абрамов А.И., Казанский Ю.А., Матусевич Е.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. 5-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1993.
3. Болоздыня А.И. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения : [Учебное пособие] / А. И. Болоздыня, И. М. Ободовский. - Долгопрудный : Издательский дом "Интеллект", 2012.
4. Bortfeldt J. The Floating Strip Micromegas Detector. Versatile Particle Detectors for High-Rate Applications. Springer International Publishing. 2015
5. Baxter E.J., Trevino J. Neutron Detectors and Helium-3: Alternative Technologies and Sources. Nova Science Pub Inc, 2012.
6. Заневский Ю.В. Проволочные детекторы элементарных частиц. –М.: Атомиздат, 1978.
7. Егоров Ю.А. Экспериментальные исследования полей гамма-излучения и нейтронов. –М.: Атомиздат, 1974.
8. Крамер-Агеев Е.А., Лавренчик В.Н. и др. Экспериментальные методы нейтронных исследований: Учеб. Пособие для вузов. –М.: Энергоатомиздат, 1990.
9. Столярова Е.Л. Нейтронные спектрометры и их применение в прикладных задачах. –М.: Атомиздат, 1969.
10. Convert P., Forsyth J.V. Position-Sensitive Detection of Thermal Neutrons. London: Academic Press, 1983.
11. Вавилов В.С., Ухин Н.А. Радиационные эффекты в полупроводниках и полупроводниковых приборах. –М.: Атомиздат, 1969.
12. Фетисов Г. В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. – М.: Физматлит, 2007.
13. Sauli F. Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers. CERN 77-09, 1977.
14. Spieler H. Semiconductor Detector Systems. Oxford University Press. 2008

3.4.3 Перечень иных информационных источников

1. Biersack J.P., Ziegler J.F. SRIM – The Stopping and Range of Ions in Matter. <http://www.srim.org/>
2. Ziegler J.F., Biersack J.P., Ziegler M.D. SRIM, the stopping and range of ions in matter. Chester: SRIM Co, 2008.
3. Veenhof R. Garfield – simulation of gaseous detectors. <http://garfield.web.cern.ch/garfield/>

4. Biagi S. Magboltz - transport of electrons in gas mixtures.
<http://magboltz.web.cern.ch/magboltz/>

5. Засадыч Ю.Б., Прокудин П.П. Пропорциональный счетчик нейтронов СНМ-50. ПТЭ 5 (1980) 245.

6. Radeka V. Signal, noise and resolution in position-sensitive detectors, IEEE Trans. Nucl. Sci. 21 (1974) 51-64.

7. Толченов Ю.М., Чайковский В.Г. Эффективность нейтронных счетчиков с газовым радиатором. ПТЭ №2 (1972) 47-48.

8. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/> Web-публикация на основе учебного пособия Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Э.И. Кэбин. "Частицы и ядра. Эксперимент", М.: Издательство МАКС Пресс, 2013.

9. The particle adventure. The fundamentals of matter and force.
<http://www.particleadventure.org/>

Раздел 4. Разработчики программы

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Ильин Дмитрий Сергеевич	к.ф.м.н.	-	Ст. преподаватель	digatchi@list.ru