

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Линник Оксана Владимировна
Должность: Руководитель
Дата подписания: 13.10.2023 14:19
Уникальный программный ключ:
d85fa2f259a0913da9b08809985891736430181f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Снежинский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СФТИ НИЯУ МИФИ)»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. руководителя по учебной
и научно-методической работе

« _____ » _____ 2022 г.

_____ П.О.Румянцев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Детекторы нейтронов и гамма-квантов в импульсных экспериментах

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность) 14.04.02 «Экспериментальная ядерная физика»

Профиль подготовки «Экспериментальная ядерная физика»

Квалификация (степень) выпускника Магистр

Форма обучения очная

г. Снежинск, 2022 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины Детекторы нейтронов и гамма-квантов в импульсных экспериментах является ознакомление студентов со способами регистрации нейтронов и гамма-квантов в быстропротекающих процессах длительностью суб-миллисекундного и суб-микросекундного диапазонов, с устройством принципом действия детекторов излучения, образующегося в перечисленных процессах.

Задача изучения дисциплины «Детекторы нейтронов и гамма-квантов в импульсных экспериментах» состоит в том, чтобы дать необходимые для понимания работы ОКГ сведения по физике твердого тела и волновой оптике, оптике резонаторов, природе взаимодействия электромагнитного излучения с веществом.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.02 «Детекторы нейтронов и гамма-квантов в импульсных экспериментах» относится к вариативной части Блока Б1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП ВО по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии». Курс «Детекторы нейтронов и гамма-квантов в импульсных экспериментах» посвящен одному из важных разделов современной физики, без изучения которого невозможна качественная подготовка инженеров-физиков. «Детекторы нейтронов и гамма-квантов в импульсных экспериментах» изучается на втором курсе в четвертом семестре обучения.

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение следующих дисциплин (практик) учебного плана: Методология научного познания (Б1.О.03), Ядерная физика (Б1.О.05), Теория прохождения заряженных частиц и гамма-квантов в веществе (Б1.О.06), Экспериментальные методы ядерной физики (Б1.В.05), Электроника в экспериментальной физике (Б1.В.06), Современные источники и детекторы нейтронов (Б1.В.08).

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии».

В результате изучения дисциплины обучающимися должны быть освоены следующие компетенции:

ПК-3 – способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности:

Знать: достижения научно-технического прогресса

Уметь: применять полученные знания к решению практических задач

Владеть: методами моделирования физических процессов

ПК-4 – способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач.

Знать: цели и задачи проводимых исследований, основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных

Уметь: применять методы проведения экспериментов, использовать математические методы обработки результатов обработки результатов исследований и их обобщения, оформить результаты научно-исследовательских работ

Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследований для решения научных и производственных задач

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр	Трудоем- кость, ЗЕТ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	КСР, час.	СРС, час.	Форма контроля, экз./зачет
4	2	72	0	32	0	40	зачет

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 ЗЕТ, 72 часа.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости и (неделя, форма)	Аттеста- ция раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раз- дел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
4 семестр								
1	Понятие импульсного эксперимента	1		2		контрольные вопросы	КВ1 – 1	3
2	Регистрация излучений. Физические основы и общие принципы	1		2		Конспект		1
3	Регистрация излучений. Физические основы и общие принципы (продолжение)	2		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ2 - 3	4
4	Преобразование энергии излучения в веществе и эффекты, приводящие к образованию сигнала	2		2		Конспект		1
5	Преобразование энергии излучения в веществе (продолжение)	3		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ3 - 5	4
6	Характеристики детекторов в аспекте импульсного эксперимента и регистрации быстропротекающих процессов	3		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ4 - 6	4
7	Ионизационные камеры, работающие в токовом режиме	4		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ5 – 7	4

8	Вакуумные детекторы излучений	4		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ6 – 8	4
9	Сцинтилляторы со смешанной чувствительностью к нейтронному и гамма-излучению	5		2		Конспект		1
10	Сцинтилляторы со смешанной чувствительностью к нейтронному и гамма-излучению (продолжение)	5		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ7 – 10	4
11	Сцинтилляторы с избирательной чувствительностью к нейтронному излучению	6		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ8 – 11	4
12	Быстродействующие фотоприемники для сцинтилляционных детекторов	6		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ9 – 12	4
13	Быстродействующие полупроводниковые детекторы	7		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ10 – 13	4
14	Нейтронно-активационные детекторы	7		2		Конспект, контрольные вопросы	КВ11 - 14	4
15	Детекторы с накоплением для регистрации характеристик импульсных излучений	8		2		Конспект		1
16	Детекторы с накоплением для регистрации характеристик импульсных излучений (продолжение)	8		2		контрольные вопросы	КВ12 - 16	3
Всего				32				50
	Зачет							50
	Итого за 4 семестр:							100

Раскрытие лекционных тем и тем практических занятий

Тема 1. Понятие импульсного эксперимента.

Импульсные излучения и сопровождающие их процессы. Ядерный взрыв. Импульсные ядерные реакторы и ускорители частиц. Вспышки деления ядер и реакций термоядерного синтеза. Мгновенное и запаздывающее излучение. Рентгенографирование. Статистические методы. Методы импульсного зондирования

Тема 2. Регистрация излучений. Физические основы и общие принципы.

Эффекты взаимодействия нейтронов и гамма-излучения с веществом. Ядерные реакции. Сечение реакции, энергетическая зависимость сечения реакции от энергии нейтрона. Эффект Комптона. Эффект образования электрон-позитронных пар. Фотоэффект.

Тема 3. Преобразование энергии излучения в веществе и эффекты, приводящие к образованию сигнала

Виды трансформации энергии. Ионизация и радиация. «Горячие» носители заряда. Термализация носителей заряда. Диффузия носителей заряда. Роль ионного, электронного

и дырочного токов. Роль радиации в трансформации энергии. Переходное излучение и люминесценция. Рекомбинация и ее роль.

Тема 4. Характеристики детекторов в аспекте импульсного эксперимента и регистрации быстропротекающих процессов.

Онлайн-детекторы и детекторы с накоплением. Области применения. Эффективность, динамический диапазон, быстродействие, мертвое время. Характеристики схем измерений. Оценки флуктуаций. Виды детекторов и их классификация.

Тема 5. Ионизационные камеры, работающие в токовом режиме.

Устройство, принцип действия. Схемы включения. Особенности регистрации нейтронов и гамма-квантов. Время разрешения и доступный динамический диапазон. Камеры деления

Тема 6. Вакуумные детекторы излучений.

Детекторы прямого заряда. Фотокатоды. Вакуумные ионизационные детекторы. Вакуумные камеры деления. Физические принципы переноса заряда. Формирование электрического тока. Устройство, принцип действия, схемы включения. Требования к схемам измерений. Быстродействие, эффективность и динамический диапазон.

Тема 7. Сцинтилляторы со смешанной чувствительностью к нейтронному и гамма-излучению.

Щелочно-галлоидные и органические сцинтилляторы. Основы физики люминесценции. Роль примесей и шифтеров. Особенности высвечивания для нейтронного и гамма-излучения. Разделение излучения по характеристикам световой вспышки. Временные, амплитудные и спектральные характеристики.

Тема 8. Сцинтилляторы с избирательной чувствительностью к нейтронному излучению.

Слоеные сцинтилляторы. Защита сцинтилляторов от гамма-излучения в смешанных полях излучений. Гетерогенные детекторы импульсного излучения. Временные, амплитудные и спектральные характеристики

Тема 9. Быстродействующие фотоприемники для сцинтилляционных детекторов.

Фотозлектронные умножители микросекундного и наносекундного быстродействия. Матрицы лавинных фотодиодов. Временные, амплитудные характеристики. Способы защиты фотоприемников. Спектросмещающие оптоволоконные для регистрации световых вспышек.

Тема 10. Быстродействующие полупроводниковые детекторы.

Основы физики полупроводниковых детекторов ядерных излучений. Германий и кремний как основа для полупроводниковых детекторов. Быстродействие, динамический диапазон и энергетическое разрешение германиевых и кремниевых детекторов. Чувствительность полупроводниковых детекторов к нейтронному и гамма-излучению. Границы применимости полупроводниковых детекторов на основе германия и кремния в импульсных экспериментах. Полупроводниковые детекторы нейтронов и гамма-квантов с широкой запрещенной зоной (алмаз). Роль рекомбинации и объемного заряда при регистрации быстропротекающих процессов.

Тема 11. Нейтронно-активационные детекторы.

Физические основы нейтронно-активационного метода. Преимущества и недостатки, особенности применения при регистрации быстропротекающих процессов. Применение

нейтронно-активационных детекторов для спектрометрии импульсных нейтронного и гамма-излучений.

Тема 12. Детекторы с накоплением для регистрации характеристик импульсных излучений.

Физические основы твердотельных трековых детекторов (ТТДН). Особенности работы с ТТДН в импульсных экспериментах. Пределы измерений.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

1. Лекции проводятся с применением мультимедийных средств обучения в виде презентации PowerPoint, с целью в наиболее сжатом концентрированном виде сделать обзор пройденного материала с указанием взаимосвязи между разделами дисциплины, освещением основных изученных подразделов, а также для формирования у студентов общего представления о месте дисциплины в общем перечне дисциплин ООП ВО [14.04.02 «Ядерная физика и технологии»](#) и о формируемых этой дисциплиной компетенциях.

2. Разбор задач и поиск их решения проводится в рамках практических занятий на каждой учебной неделе и в часы, отведённые на контролируруемую самостоятельную работу. Занятия проводятся в интерактивной форме общения студентов между собой при поиске метода решения поставленной задачи и оформлении решения. Преподаватель обеспечивает консультационное сопровождение процесса поиска решения.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Разделы, выводимые на самостоятельное изучение в рамках лекционных и практических разделов, устанавливаются преподавателем на каждой неделе, в зависимости от скорости усвоения материала студентами. Темы для самостоятельного изучения оглашаются преподавателем в конце каждого занятия и заносятся студентами в график самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация проводится в виде контрольного письменного тестирования.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

7.1 Басиладзе, С.Г. Электронные методы съема, отбора и регистрации данных ядерно-физического эксперимента [Текст] : учебно-метод. пособие / С. Г. Басиладзе ; МГУ им. М. В. Ломоносова, НИИ ядер. физики им. Д. В. Скобельцына. - Москва : КДУ : Университетская книга, 2016. - 334. - ISBN 978-5-91304-618-5. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.2 Альбикив, З.А. Детекторы импульсного ионизирующего излучения [Текст] : монография / З. А. Альбикив, В. М. Немчинов. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2016. - 215 с. - ISBN 978-5-7262-2236-3. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.3 Практическая спектрометрия ядерных излучений [Текст] : учебное пособие / А. В. Бушуев [и др.]. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2016. - 258 с. - ISBN 978-5-7262-2265-3. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.4 Климанов, В.А. Дозиметрия ионизирующих излучений [Текст] : учебное пособие / В. А. Климанов, Е. А. Крамер-Агеев, В. В. Смирнов ; ред. В. А. Климанов. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2015. - 737 с. - (Библиотека ядерного университета). - ISBN 978-5-7262-2096-3. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.5 Болоздыня, А.И. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения [Текст] / А. И. Болоздыня, И. М. Ободовский. - Долгопрудный : ИНТЕЛЛЕКТ, 2012. - 204 с. - ISBN 978-5-91559-105-8. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.6 Барсуков, О.А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии [Текст] / О. А. Барсуков. - Москва : Физматлит, 2011. - 559 с. - (Фундаментальная и прикладная физика). - ISBN 978-5-9221-1306-9. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.7 Нефедов, Ю.Я. Методы диагностики параметров высокоинтенсивных импульсных источников ионизирующих излучений [Текст] : курс лекций / Ю. Я. Нефедов, В. Т. Пунин. - Саров : РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2010. - 124 с. - ISBN 978-5-9515-0138-7. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

б) дополнительная литература:

7.8 Экспериментальная ядерная физика [Текст] : учеб. для студ. вузов. В 3 т. / Мухин К. Н. - [Б. м.] : [б. и.]. Т. 1 : Физика атомного ядра / Мухин К. Н. - 7-е изд, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 384 с.). - ISBN 978-5-8114-0739-2. (ЭБС Лань)

7.9 Экспериментальная ядерная физика [Текст] : [в 3 томах] : учебник / Мухин К. Н. - [Б. м.] : [б. и.]. Т. 2 : Физика ядерных реакций / Мухин К. Н. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 326 с.). - ISBN 978-5-8114-0740-8. (ЭБС Лань)

7.10 Экспериментальная ядерная физика [Текст] : учеб. для студ. вузов. В 3 т. / Мухин К. Н. - [Б. м.] : [б. и.]. Т. 3 : Физика элементарных частиц / Мухин К. Н. - 6-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2008. - 432 с.). - ISBN 978-5-8114-0741-5. (ЭБС Лань)

7.11 Климов, А.Н. Основы ядерной и нейтронной физики [Текст] : учеб. пособие / А.Н. Климов. - Москва : МИФИ, 2004. - 240 с. - ISBN 5-7262-0545-6. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.12 Шапиро, Ф.Л. Собрание трудов: Физика нейтронов [Текст] / Ф. Л. Шапиро. - 2-е изд., репр. и доп. - Москва : Наука, 2015. - 414 с. - ISBN 978-5-02-039085-0. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.13 Севастьянов, В.Д. Характеристики полей нейтронов. Источники мгновенных нейтронов деления, генераторы 14 МэВ нейтронов, исследовательские и энергетические реакторы, устройства, конвертирующие нейтронное излучение [Текст] : справочник в 2-х т. / В. Д. Севастьянов, А. С. Кошелев, Г. Н. Маслов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Менделеево : ФГУП "ВНИИФТРИ".Т.1. - [Б. м.], 2014. - 337 с. - ISBN 978-5-903232-37-6. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.14 Севастьянов, В.Д. Характеристики полей нейтронов. Источники мгновенных нейтронов деления, генераторы 14 МэВ нейтронов, исследовательские и энергетические реакторы, устройства, конвертирующие нейтронное излучение [Текст] : справочник в 2-х т. / В. Д. Севастьянов, А. С. Кошелев, Г. Н. Маслов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Менделеево : ФГУП "ВНИИФТРИ".Т.2. - [Б. м.], 2014. - 355 с. - ISBN 978-5-903232-38-3. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.15 Давыдов, А. В. Исследования по физике гамма-лучей [Электронный ресурс] [Текст] : учебное пособие / Давыдов А. В. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 200 с. - ISBN 978-5-9221-1525-4. (ЭБС Лань)

7.16 Кадилин, В.В. Прикладная нейтронная физика [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. В. Кадилин, Е. В. Рябева, В. Т. Самосадный. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. - ISBN 978-5-7262-1515-0. (ЭБС НИЯУ МИФИ)

7.17 В.И. Калашникова, М.С. Козодаев. Детекторы элементарных частиц. Учебное пособие для физических и инженерно-физических факультетов высших учебных заведений, М., Наука, 1966.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:
не предусматривается.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Учебная аудитория для проведения занятий практического типа (л212), укомплектованная специализированной мебелью и средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории:

- Ноутбук HP;
- Проектор ACER X1260

б) Помещение для самостоятельной работы обучающихся (л318), оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду:

- Персональный компьютер на базе Core Dual 2,4 МГц (2009 г.) – 15 шт.
- Принтер HP LJ P3005 DN (2009 г.) – 1 шт.
- Сканер HP SJ 4370 – 1 шт.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», утвержденного Ученым советом НИЯУ МИФИ 27.07.2021 г., протокол № 21/11

Автор: _____ канд. физ.- мат. наук С.А. Андреев _____

Рецензент _____

Программа одобрена на заседании кафедры «Ядерной физики и спецтехнологий»
_____ г., протокол № ____.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Выпускающая кафедра, курирующая специальность, для которой читается данная дисциплина	Ф.И.О. заведующего данной выпускающей кафедрой	Решение заведующего выпускающей кафедрой по согласованию данной рабочей программы	Подпись заведующего выпускающей кафедрой и дата
1	2	3	4

--	--	--	--

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

на 20__/20__ учебный год

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой направления подготовки
(специальности)

“ _____ ” _____ 2022 г. _____

Утверждаю

Зам. руководителя по учебной и научно-методической работе

_____ П.О. Румянцев