

Документ подписан простой электронной подписью

Инициатор вл.р.с.:

ФИО: Линник Оксана Владимировна

Должность: Руководитель ФТИ НИЯУ МИФИ

Дата подписания: 15.10.2025 14:19:27

Уникальный программный ключ:

d85fa2f259a0913da9b082999838917504201811

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**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

\_\_\_\_\_ П.О.Румянцев

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ НА СТЕНДАХ КРИТИЧЕСКИХ СБОРОК И ИМПУЛЬСНЫХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРАХ

наименование дисциплины

Направление подготовки

**14.04.02 – ЯДЕРНЫЕ ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИИ**

Профиль подготовки (при его наличии)

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА**

Квалификация (степень) выпускника

**магистр**

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

**очная**

(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

г. Снежинск, 2022 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Методы и средства измерений на стендах критических сборок и импульсных ядерных реакторах» является ознакомление студентов с методами измерений реакторных (квазистатических и динамических) характеристик и технологических параметров ядерных установок – стендов критических сборок и импульсных ядерных реакторов.

Задача изучения дисциплины состоит в том, чтобы дать сведения о методологии измерения реакторных характеристик компактных размножающих систем и импульсных ядерных реакторов, используемых для этого средствах измерения и порядке их применения.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.01 «Методы и средства измерений на стендах критических сборок и импульсных ядерных реакторах» относится к вариативной части Блока Б1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП ВО по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии». Дисциплина изучается на втором курсе в четвертом семестре обучения.

Курс «Методы и средства измерений на стендах критических сборок и импульсных ядерных реакторах» посвящен одному из важных разделов современной физики, без изучения которого невозможна качественная подготовка инженеров-физиков.

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение следующих дисциплин (практик) учебного плана: 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

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 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

Общая трудоемкость дисциплины составляет  2  ЗЕТ,  72  часа.

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

##### 4 семестр

№ п/ п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости ( <i>неделя, форма</i> )	Аттестация раздела ( <i>неделя, форма</i> )	Макс балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
1	Стенды критических сборок и импульсные ядерные реакторы в историческом аспекте	1	-	2	-	практическое занятие №1, конспект	контроль ные вопросы (КВ1) конспект	4
2	Стенды критических сборок и импульсные ядерные реакторы как инструмент и объект исследования	1	-	2	-	конспект	конспект	1
3	Стенды критических сборок и импульсные ядерные реакторы как инструмент и объект исследования (продолжение)	2	-	2	-	практическое занятие №2, конспект	контроль ные вопросы (КВ2) конспект	4
4	Применение метода обратного умножения на стендах критических сборок	2	-	2	-	конспект	конспект	1

5	Применение метода обратного умножения на стендах критических сборок (продолжение)	3	-	2	-	практическое занятие №3, конспект	контроль ные вопросы (КВ3)	4
							конспект	
6	Применение метода измерения периода разгона для определения реактивности на стендах критических сборок	3	-	2	-	практическое занятие №4, конспект	контроль ные вопросы (КВ4)	4
							конспект	
7	Методы и средства определения критических параметров размножающих систем на стендах критических сборок	4	-	2	-	практическое занятие №5, конспект	контроль ные вопросы (КВ5)	4
							конспект	
8	Методы и средства измерений пространственно-энергетических характеристик поля нейтронов на стендах критических сборок	4	-	2	-	практическое занятие №6, конспект	контроль ные вопросы (КВ6)	4
							конспект	
9	Измерение постоянных спада мгновенных нейтронов корреляционным методом на стендах критических сборок	5	-	2	-	конспект	конспект	1
10	Измерение постоянных спада мгновенных нейтронов корреляционным методом на стендах критических сборок (продолжение)	5	-	2	-	практическое занятие №7, конспект	контроль ные вопросы (КВ7)	4
							конспект	
11	Измерение мощности и регистрация формы вспышки нейтронного излучения на импульсных ядерных реакторах	6	-	2	-	практическое занятие №8, конспект	контроль ные вопросы (КВ8)	4
							конспект	
12	Методы и средства контроля реактивности на импульсных ядерных реакторах	6	-	2	-	практическое занятие №9, конспект	контроль ные вопросы (КВ9)	4
							конспект	
13	Специальные методы и средства контроля реактивности на импульсных ядерных реакторах	7	-	2	-	практическое занятие №10, конспект	контроль ные вопросы (КВ10)	4
							конспект	
14	Определение характеристик переходных процессов на мгновенных нейтронах	7	-	2	-	практическое занятие №11	контроль ные вопросы (КВ11)	3
15	Детекторы с накоплением для регистрации характеристик импульсных излучений	8	-	2	-	конспект	конспект	1

16	Детекторы с накоплением для регистрации характеристик импульсных излучений (продолжение)	8	-	2	-	практическое занятие №12	контроль ные вопросы (КВ12)	3	
Всего:				32				50	
								Зачет	50
								Итого за 4 семестр:	100

## **ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Тема 1. Стенды критических сборок и импульсные ядерные реакторы в историческом аспекте.**

Цели создания стендов для критическихборок. Первые импульсные ядерные реакторы и их характеристики. Развитие направления компактных ядерных установок – стендов критическихборок и импульсных ядерных реакторов.

**Тема 2. Стенды критическихборок и импульсные ядерные реакторы как инструмент и объект исследования.**

Размножающая система. Условие критичности и баланс нейтронов в системе. Компактные размножающие системы из урана и плутония. Параметры критичности. Понятие об интегральном критическом эксперименте. Обоснование ядерной безопасности. Типы импульсных ядерных реакторов. Реакторы с несколькими активными зонами.

**Тема 3. Применение метода обратного умножения на стендах критическихборок.**

Метод обратного умножения. Физическая основа метода и его ограничения. Порядок проведения измерений. Аппаратура метода, требования к ней. Детекторы нейтронов. Счетчики Мак-Киббена. Погрешность метода и обработка результатов измерений.

**Тема 4. Применение метода измерения периода разгона для определения реактивности на стендах критическихборок.**

Физическая основа метода. Уравнение Нордхейма («обратных» часов). Ограничения метода. Аппаратура, требования к ней. Токовые и импульсные детекторы нейтронов. Ионизационные камеры, пропорциональные счетчики, сцинтилляционные детекторы. Оценка погрешности измерений.

**Тема 5. Методы и средства определения критических параметров размножающих систем на стендах критическихборок.**

Состояние критичности на мгновенных и запаздывающих нейтронах. Способы определения критических параметров размножающих систем. Понятие критического зазора между частями размножающей системы. Определение критического зазора на запаздывающих нейтронах методом обратного умножения. Погрешность метода.

## **Тема 6. Методы и средства измерений пространственно-энергетических характеристик поля нейтронов на стендах критических сборок.**

Спектральные индексы. Нейтронно-активационный метод. Физическая основа, постановка и порядок измерений. Подбор нейтронно-активационных детекторов. Спектрометрия нейтронно-активационных детекторов. Погрешность метода и обработка результатов измерений. Вывод размножающей системы на мощность, контроль и удержание мощности. Детекторы и порядок оценки погрешности.

## **Тема 7. Измерение постоянных спада мгновенных нейтронов корреляционным методом на стендах критических сборок.**

Физические основы корреляционного метода. Постановка измерений. Оценка погрешностей. Определение времени жизни по показателю наклона зависимости постоянной спада от зазора между частями размножающей системы.

## **Тема 8. Измерение мощности и регистрация формы вспышки нейтронного излучения на импульсных ядерных реакторах.**

Вакуумированные и классические ионизационные камеры, сцинтилляционные детекторы импульсных и квазистационарных излучений. Токовые и импульсные детекторы. Схемы включения. Коэффициенты перехода к мощности.

## **Тема 9. Методы и средства контроля реактивности на импульсных ядерных реакторах.**

Метод «обращенных» уравнений кинетики. Применение метода для квазистационарных и импульсных процессов. Ограничения и погрешность метода. Контроль подкритичности методом умножения.

## **Тема 10. Специальные методы и средства контроля реактивности на импульсных ядерных реакторах.**

Методы контроля реактивности на основе зондирующего источника. Метод Попова. Метод Бабала и Фейнмана. Ограничения методов. Аппаратура и требования к ней. Оценки погрешностей.

## **Тема 11. Определение характеристик переходных процессов на мгновенных нейтронах.**

Понятие о времени жизни мгновенных нейтронов. Постоянная спада. Метод Бабала и Фейнмана применительно к задачам определения постоянных спада. Ограничения методов. Аппаратура, детекторы излучений. Погрешности измерений.

## **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. Изложение теоретического материала осуществляется 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 контролирующую самостоятельную работу. Занятия проводятся в интерактивной форме (16 час.) 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

Вид контроля	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Рубежный контроль	Контрольные вопросы (КВ1-КВ12)	Опрос по контрольным вопросам оценивает уровень усвоения студентами некоторых важных теоретических вопросов, служащих опорными при изучении нового материала.	Комплект контрольных вопросов
Текущий контроль	Конспект (К)	Написание конспекта представляет собой вид работы студента по созданию обзора информации, содержащейся в объекте конспектирования, в более краткой форме. В конспекте должны быть отражены основные принципиальные положения изученной темы.	Критерии оценивания

Итого-вый контроль (промеж. аттест.)	Контрольный тест (КТ) (зачет)	Преследует цель оценить работу студента в семестре, полученные теоретические знания, их прочность, развитие творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умение систематизировать полученные знания и применять их к решению практических задач.	Комплект контрольных вопросов с выбором вариантов ответа
--------------------------------------	-------------------------------	--	--

Самостоятельная работа студентов, предусмотренных рабочим учебным планом направления подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», составляет 40 часов.

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Разделы, выводимые на самостоятельное изучение, 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.

Рубежный контроль успеваемости проводится посредством ответов на контрольные вопросы.

Зачет проводится в виде контрольного тестирования.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### Основная литература:

1. Колесов, В.Ф. Аperiodические импульсные реакторы [Текст] : монография в 2 т. / В. Ф. Колесов. - изд. 2-е, перераб. и доп. - Саров : РФЯЦ-ВНИИЭФ. Т. 2. - [Б. м.], 2007. – 556 с. - ISBN 978-5-9515-0091-5 (ЭБС НИЯУ «МИФИ»)
2. Импульсные ядерные реакторы РФЯЦ-ВНИИТФ [Текст]/Леваков Б.Г., Лукин А.В., Магда Э.П. и др. - Снежинск : РФЯЦ-ВНИИТФ, 2002. - 608 с. - ISBN 5-85165-436-8 (ЭБС НИЯУ «МИФИ»)
3. Лукин А.В. Физика импульсных ядерных реакторов. Снежинск: Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, 2005.
4. Гулевич, А.В. Кинетика нейтронов в реакторно-лазерных системах [Текст] : учебное пособие по курсу "Импульсные реакторы и их применение в связанных реакторно-лазерных системах" / А. В. Гулевич, О. Ф. Кухарчук. - Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2014. - 75 с. (ЭБС НИЯУ «МИФИ»)



### Дополнительная литература

1. Колесов В.Ф., Леппик П.А., Павлов С.П. и др. Динамика ядерных реакторов. Под ред. Я.В.Шевелева. – М.: Энергоатомиздат, 1990, 518 с.
2. Ободовский И.М. Сборник задач по экспериментальным методам ядерной физики: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.: ил.
3. Кулаков Г.В. и др. Вакуумные детекторы излучения / Г.В.Кулаков, Е.К.Мальшев, О.И.Щетинин. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 88 с.
4. Дж. Дирнли, Д. Нортроп. Полупроводниковые счетчики ядерных излучений. Пер. с англ. под ред. В.С. Вавилова. – М.: Издательство «Мир», 1966.
5. С.В. Скачков и др. Сборник задач по ядерной физике. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963
6. Люк К. Л. Юан, Ву Цзянь-Сюн. Методы измерения основных величин ядерной физики. М.: Издательство «Мир», 1964.
7. Ю.А. Цирлин, М.Е. Глобус, Е.П. Сысоева. Оптимизация детектирования гамма-излучения сцинтилляционными кристаллами. М.: Энергоатомиздат, 1991.
8. М.Е. Глобус, Б.В. Гринев. Неорганические сцинтилляторы. Новые и традиционные материалы. – Х.: Акта, 2000.

## **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.

Рабочая программа составлена с учетом требований ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.04.02 – «Ядерная физика и технологии», рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_.

Автор: \_\_\_\_\_ канд. физ.- мат. наук С.А. Андреев \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании кафедры «Ядерная физика и спецтехнологии».

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