

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Димитровградский инженерно-технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физико-технического
факультета

« ____ » _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ОД.2.9 Спектрометрия ионизирующих излучений

Направление подготовки _____ *14.04.02 Ядерные физика и технологии*

Квалификация выпускника _____ *Магистр*

Профиль _____ *Реакторное материаловедение*

Форма обучения _____ *очная*

Выпускающая кафедра _____ *Ядерных реакторов и материалов*

Кафедра-разработчик рабочей программы _____ *Ядерных реакторов и материалов*

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз., час./зачет)
2	144 (4)	18	18	18	63	экзамен, 27
Итого	144 (4)	18	18	18	63	экзамен, 27

Димитровград
2023

СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО.....	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	8
6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ).....	8
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
Приложение 1.....	14
Приложение 2.....	15
Приложение 4.....	16
Приложение 5.....	17

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является исследование технической и методической составляющей спектрометрических измерений ионизирующих излучений всех видов.

Задачи изучения дисциплины:

- знание основных областей применения спектрометрических измерений всех видов ионизирующих излучений;
- ознакомление энергетическими спектрами ионизирующих излучений различных видов и их источниками;
- изучение общих характеристик ионизирующих излучений и их классификации спектрометров;
- изучение технических средств спектрометрии потоков заряженных частиц и методов их регистрации;
- изучение технических средств спектрометрии гамма-излучения и их методов;
- изучение существующих спектрометрических методов нейтронного излучения и способов их реализации, в том числе методы: активационного анализа, времяпролетный метод, рассеяния нейтронов на веществе, содержащим водород, измеряя энергию протонов отдачи.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Спектрометрия ионизирующих излучений» относится к вариативной части Блока 1. Дисциплина «Спектрометрия ионизирующих излучений» изучается во 2-м семестре.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении учебной дисциплины «Спектрометрия ионизирующих излучений», применяются при выполнении квалификационной работы; в профессиональной деятельности выпускников и научно-исследовательской работе.

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

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код компетенции	Содержание компетенции
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу.
ОПК-1	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОСПК-1	Способность оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
ПК-5	Способность оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах
ПК-16	Способность на практике применять знание основных понятий в области интеллектуальной собственности, прав авторов, предприятия-работодателя, патентообладателя, основных положений патентного законодательства и авторского права РФ

ПК-17	Способность проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, официальной регистрации компьютерных программ и баз данных
-------	--

В результате изучения дисциплины студент должен:

1) Знать:

3.1 физические явления, лежащие в основе принципа действия детекторов ионизирующих излучений;

3.2 устройство детекторов;

3.3 основные характеристики и параметры детекторов;

3.4 базовые схемы включения детекторов.

2) Уметь:

У.1 выбирать типы детекторов для решения различных задач;

У.2 определять требования к их характеристикам и параметрам;

У.3 рассчитывать параметры компонентов и режимов работы детекторов в базовых схемах включения;

3) Владеть:

В.1 навыками применения основных алгоритмов и методов вычисления и обработки выходных сигналов детекторов, регистрирующих ионизирующее излучение различных видов, чтобы построить их энергетические спектры согласно непосредственно измеряемых данных, а также владеть навыками применения методов поиска и анализа научно-технической информации в области ядерного приборостроения.

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетные единицы (ЗЕТ), 144 академических часа.

Таблица 4.1

Объем дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Всего, ч зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		2
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Контактная работа с преподавателем:		
занятия лекционного типа	18	18
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	18	18
практикумы		
лабораторные работы	18	18
другие виды контактной работы		
в том числе: курсовое проектирование		
групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иные виды внеаудиторной контактной работы		

Самостоятельная работа обучающихся: □	□	□
изучение теоретического курса □	63□	63□
расчетно-графические задания, задачи □	□	□
реферат, эссе □	□	□
курсовое проектирование □	□	□
Вид промежуточной аттестации - экзамен □	27□	27□

Таблица 4.2

Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ модуля образовательной	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы					Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов	
	1	Спектры ионизирующих излучений. Методы измерения спектров.	4	4	0	18	30	ОК-1 ОПК-1 ОПК-2 ОСПК-1 ПК-5 ПК-16 ПК-17
	2	Спектрометрия заряженных частиц.	4	4	6	13	22	ОК-1 ОПК-1 ОПК-2 ОСПК-1 ПК-5 ПК-16 ПК-17
	3	Спектрометрия гамма-излучения.	5	5	6	19	34	ОК-1 ОПК-1 ОПК-2 ОСПК-1 ПК-5 ПК-16 ПК-17
	4	Спектрометрия нейтронного излучения.	5	5	6	13	22	ОК-1 ОПК-1 ОПК-2 ОСПК-1 ПК-5 ПК-16 ПК-17
ИТОГО:			18	18	18	63	117	

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4.2

Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Спектры ионизирующих излучений. Рассмотрение различных видов ядерного излучения, их энергетических спектров, включая основные виды ядерного излучения, соответствующие виды энергетических спектров для каждого ядерного излучения, конфигурации их выражения, энергетические спектры ядерного излучения (в т.ч. тяжёлые заряженные частицы, бета-излучение, гамма-излучение, нейтронное излучение).	2	
2	1	Методы измерения спектров. Принцип действия спектрометрических приборов, регистрирующих ионизирующее излучение и методы спектрометрических измерений. Классификация спектрометрических приборов. Общие характеристики спектрометрических приборов.	2	
3	2	Спектрометрия заряженных частиц. Спектрометры для измерения потоков заряженных частиц: метод анализа амплитуд импульсов для измерения спектров, альфа-спектрометрия или с-я тяжёлых заряженных частиц, бетта-спектрометрия или с-я бета-излучения.	4	
4	3	Спектрометрия γ-излучения. Спектрометрия гамма-излучения: спектрометры на магнитном принципе действия, на ионизационном принципе действия, на сцинтилляционном принципе действия и гамма-спектрометры на полупроводниковом принципе действия.	3	
5	3	Спектральные характеристики при гамма-спектрометрии. Общий отклик детектора при спектрометрии гамма-квантов. Пик полного поглощения.	2	
6	4	Спектрометрия n-ого излучения. Измерение энергетических спектров нейтронного излучения: времяпролётный и гравиметрический методы спектрометрии нейтронного излучения, метод активационной регистрации нейтронов и посредством измерения энергии протонов	5	

		отдачи.		
			Итого:	18

Таблица 4.4

Практические занятия

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Источники ионизирующего излучения различных видов и их энергетические спектры.	1	
2	1	Физические основы и принципы действия спектрометров заряженных и незаряженных частиц.	1	2
3	1	Методы и технические средства измерений, применяемые для спектрометрии ионизирующих излучений.	1	
4	1	Классификация спектрометров ионизирующих излучений. Основные технические характеристики спектрометров.	1	
5	2	Спектрометрия тяжёлых заряженных частиц.	2	
6	2	Спектрометрия бета-излучения.	1	
7	3	Магнитные гамма-спектрометры. Ионизационные гамма-спектрометры.	1	
8	3	Сцинтилляционные гамма-спектрометры.	1	
9	3	Полупроводниковые гамма-спектрометры.	1	
10	3	Спектральные характеристики при гамма-спектрометрии.	2	
11	4	Сцинтилляционные спектрометры нейтронов.	3	
12	4	Спектрометры нейтронов по времени пролета. Активационный метод спектрометрии нейтронов.	2	
Итого:			18	2

Таблица 4.5

Лабораторные работы

№ занятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	2	Измерение спектра электронов бета-распада с помощью спектрометра на жидком сцинтилляторе.	6	2
2	3	Измерение энергетического спектра альфа-излучающего радионуклида.	6	1
3	4	Сцинтилляционный спектрометр нейтронов. Изучение аппаратурной функции, энергетическая калибровка.	6	1

Итого:	18	4
--------	----	---

Таблица 4.6

Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Перечень дидактических единиц и вид самостоятельных работ студента (СРС)	Трудоемкость, часов
1	1.1	Изучение теоретического курса.	30
2	2.1	Изучение теоретического курса.	11
	2.2	Подготовка к лабораторной работе №1. Оформление отчета о лабораторной работе.	11
3	3.1	Изучение теоретического курса.	22
	3.2	Подготовка к лабораторной работе №2. Оформление отчета о лабораторной работе.	12
4	4.1	Изучение теоретического курса.	11
	4.2	Подготовка к лабораторной работе №3. Оформление отчета о лабораторной работе.	11
ИТОГО:			63

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении лекционных занятий по дисциплине используются:

- мультимедийные презентации, отображаемые с помощью видеопроектора на специальном экране;
- проблемная лекция;
- лекция-визуализация.

При проведении практических занятий используются следующие методы:

- мозговой штурм;
- тренинги.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- устные опросы;
- выполнение и защита лабораторных работ;
- дискуссии.

Промежуточный контроль студентов производится в следующих формах:

- тестирование.

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме письменного экзамена, включающего в себя ответы на теоретические вопросы.

6.1.1 В результате изучения дисциплины студент должен:

1) Знать:

3.1 физические явления, лежащие в основе принципа действия детекторов ионизирующих излучений;

3.2 устройство детекторов;

3.3 основные характеристики и параметры детекторов;

3.4 базовые схемы включения детекторов.

2) Уметь:

У.1 выбирать типы детекторов для решения различных задач;

У.2 определять требования к их характеристикам и параметрам;

У.3 рассчитывать параметры компонентов и режимов работы детекторов в базовых схемах включения;

3) Владеть:

В.1 навыками применения основных алгоритмов и методов вычисления и обработки выходных сигналов детекторов, регистрирующих ионизирующее излучение различных видов, чтобы построить их энергетические спектры согласно непосредственно измеряемым данным, а также владеть навыками применения методов поиска и анализа научно-технической информации в области ядерного приборостроения.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 7.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой.

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
Основная литература						
1	Нефедов Ю. Я., Пунин В. Т.	Методы диагностики параметров высокоинтенсивных импульсных источников ионизирующих излучений	Саров	РФЯЦ-ВНИИЭФ	2010	1 (ЭБС)
2	Николаев В.А.	Твердотельные трековые детекторы в радиационных исследованиях	Санкт-Петербург	СПБПУ	2012	1 (ЭБС)
3	Машкович В.П.	Защита от ионизирующих излучений	Москва	Энергоатомиздат	1995	1 (ЭБС)
Дополнительная литература						
1	Волков Н.Г., Христофоров В.А., Ушакова Н.П.	Методы ядерной спектроскопии: Учеб. пособие для вузов	Москва	Энергоатомиздат	1990	1 (ЭБС)
2	Столярова Е.Л.	Прикладная спектрометрия ионизирующих излучений	Москва	Атомиздат	1964	1 (ЭБС)
3	Григорьев В.А., Колубин А.А., Логинов В.А.	Электронные методы ядерно-физического эксперимента: Учеб. пособие для вузов	Москва	Энергоатомиздат	1988	1 (ЭБС)
4	Под рук. К. Зигбана.	Альфа-, бета и гамма-спектроскопия	Москва	Атомиздат	1969	1 (ЭБС)

7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Журнал «Приборы и техника эксперимента», издательство «Наука» (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7954).

2. Журнал «Radiation Measurements», издательство «Elsevier Science» (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=904).

Методические указания для студентов по освоению дисциплины представлены в Приложении 3.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов;
- аудитория 207 корп.3, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер);
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

2. Практические занятия:

- аудитория 207 корп.3, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер);
- пакеты ПО общего назначения.

3. Лабораторные работы:

Физическая лаборатория, оснащенная:

- спектрометром на жидком сцинтилляторе для регистрации альфа- и бета-излучения (спектрометрический комплекс СКС-07П-Б11);
- альфа-спектрометром МКС-01А «Мультирад-АС»;
- сцинтилляционным спектрометром нейтронов.

9 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

вид занятий	Организация обучающей деятельности
Лекция	<p>Как правило, для успешного усвоения информации, полученной визуально и на слух, не достаточно одного присутствия на лекции. Так же как невозможно запомнить полностью однократно просмотренный фильм. Лучше всего запоминается:</p> <ol style="list-style-type: none">1) постоянно перечитываемое и пересматриваемое;2) информация, полученная в стрессовом состоянии. <p>Второй способ является наиболее энергозатратным и допустим лишь при подготовке к контрольным или экзаменам.</p> <p>Реализация же первого способа состоит в следующем. В течение лекции производится конспектирование полученной информации в тетрадь.</p> <p>Обязательны для фиксирования: основные понятия, определения физических явлений и величин, вводимые для них единицы измерения, вербальная формулировка законов и теорем (записи закона в виде формулы недостаточно, т.к. буквенные обозначения для формул в различных источниках различаются).</p> <p>После лекции в тот же день следует проработать конспект посредством сравнения его с рекомендованными литературными источниками. Однотипные сведения желательно сворачивать в таблицы или представлять в виде графиков. Составление графиков и таблиц по изученному позволяет наилучшим образом структурировать полученные сведения.</p> <p>Согласно традициям крупнейших вузов возможность задавать вопросы предоставляется студентам только в конце лекции, после изложения всего запланированного материала. Это связано с тем, что в таких учебных заведениях лекции обычно читаются потоку, объединенному из нескольких групп студентов (50-100 человек).</p> <p>При условии малого количества студентов в аудитории (5-15 человек) возможен</p>

	<p>визуальный контакт лектора с каждым, поэтому в небольших вузах, включая наш, есть уникальная возможность задавать уточняющие вопросы по мере их возникновения. Это способствует повышению интерактивности обучения и вовлеченности студента в учебный процесс.</p>
Практические занятия	<p>Стать инженером или физиком невозможно без постоянной практики решения инженерных задач и регулярного отслеживания новых достижений в выбранной области знания. Поэтому в качестве основных форм проведения практических занятий практикуют:</p> <ul style="list-style-type: none"> - семинары по решению задач по алгоритму или коллективно методом мозгового штурма; - поиск ответов на заранее заданные контрольные вопросы; - заслушивание докладов студентов по теме реферата с последующим обсуждением.
Контрольная работа	<p>Контрольная работа является одной из форм промежуточного контроля успеваемости студентов. Проводится на аттестационной неделе 2-3 раза в семестр. Виды контрольных работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - решение задач по вариантам; - тестирование с взаимопроверкой результатов; - ответы на контрольные вопросы, проработанные в течение семестра по вариантам.
Лабораторная работа	<p>Подготовка допуска к лабораторной работе. Указать название работы, цель, задачи, оборудование для эксперимента. Оформить теоретическое введение. Нарисовать схему экспериментальной установки и схему измерений. Вывести все расчетные формулы.</p> <p>После сдачи допуска преподавателю можно приступить к выполнению эксперимента. Данные измерений заносятся в заранее подготовленные таблицы. Обработать результаты измерений, оценить погрешности, изобразить их на графике. После грамотного округления результатов работы сделать выводы об их научной и практической ценности.</p> <p>Защитить готовый отчет на следующем занятии.</p>
Подготовка к экзамену	<p>Обязательно следует заново проработать составленные за семестр конспекты лекций, прорешать все аудиторные и домашние задачи, перечитать теоретические введения к лабораторным работам.</p> <p>Недопустимо пытаться готовиться к зачету или экзамену по чужому конспекту лекций. Каждый человек привыкает к собственному списку обычно используемых обозначений, сокращений, стенографических значков и др. Поэтому чужой конспект столь же нечитаем, как текст на неизвестном иностранном языке.</p> <p>Если студент пропустил некоторые лекции, то конспект к ним следует составить самостоятельно, используя рекомендованные учебные пособия.</p>