

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И ЯДЕРНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.04.01 Приборостроение

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
2	3	108	0	30	0		78	0	3 КП
Итого	3	108	0	30	0	0	78	0	

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина знакомит студентов с методами анализа состава вещества, основанными на использовании достижений ядерной физики, которые могут, в силу своей универсальности, применяться в самых различных областях науки и техники. Основное внимание в курсе уделено рассмотрению физических и методических основ таких методов, как активационный анализ, аналитическая автордиография, рентгенорадиометрический анализ, радиоизотопные методы изучения диффузии, нашедших широкое применение в области химии, металлофизики, физики твердого тела, металлургии, геологии и т.д. Теоретическое и методическое рассмотрение материала подкрепляется примерами использования этих методов для решения различных практических задач науки и техники.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса. Ознакомить студентов с физическими основами методов активационного анализа, аналитической автордиографии, рентгенорадиометрического анализа и исследования диффузии методом снятия слоев. Основная задача курса - дать студентам знания физических и методических основ ядерно-физических и радиоизотопных методов исследования свойств и состава материалов. После изучения курса студенты должны знать теоретические основы методов, технику их осуществления, приборы и электронно-физическую аппаратуру, необходимую для реализации методов. На основе приобретенных знаний студенты должны уметь свободно ориентироваться в ядерно-физических методах анализа состава вещества, уметь выбрать методы и оптимальные условия их реализации для решения поставленной перед ними задачи.

Для лучшего усвоения теоретического материала предусматриваются упражнения по основным разделам курса.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения физико-математических дисциплин. Дисциплина является предшествующей для успешного прохождения производственных практик и написания ВКР.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УКЦ-2 [1] – Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	З-УКЦ-2 [1] – Знать основные цифровые платформы, технологии и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 [1] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [1] – Владеть навыками самообучения,

самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Разработка планов и методических программ проведения экспериментальных исследований и разработок по определенной тематике, выбор оптимальных технических средств и обработки результатов измерений	Методы и программы экспериментальных исследований, средства обработки результатов измерений	ПК-2 [1] - Способен к выбору оптимального метода и разработке программ экспериментальных исследований, проведение измерений с выбором технических средств и обработкой результатов  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-2[1] - Знать: методологию выбора оптимального метода и разработки программ экспериментальных исследований, проведения измерений с выбором технических средств и обработки результатов ; У-ПК-2[1] - Уметь: аргументированно выбирать оптимальные методы и разрабатывать программы экспериментальных исследований, проведения измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; В-ПК-2[1] - Владеть: навыками выбора оптимального метода и разработки программ экспериментальных исследований, проведение измерений с выбором технических средств и обработкой результатов
Проводить анализ	Физические явления	ПК-3.1 [1] - Способен	З-ПК-3.1[1] - Знать

научно-технической информации в области взаимодействия ионизирующих излучений с веществом	и процессы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, а также механизмы взаимодействия микрочастиц с электрическим, магнитным и электромагнитным полями в различных средах и вакууме	к общему физическому анализу процессов взаимодействия ионизирующих излучений с веществом  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	основные принципы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, а также нормы и правила производственной, радиационной безопасности и электробезопасности ; У-ПК-3.1[1] - Уметь анализировать научно-техническую информацию по теме исследований, извлекать информацию и проводить расчеты по взаимодействию излучения с веществом; В-ПК-3.1[1] - Владеть методиками измерения и получения информации от ядерно-физических приборов и устройств
---	---	--	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
<i>2 Семестр</i>							
1	Часть 1	1-8	0/15/0		25	УО-8	3-ПК-2, У-ПК-2, 3-ПК-3.1, 3-УКЦ-2
2	Часть 2	9-15	0/15/0		25	УО-15	В-ПК-2,

							У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, У-УКЦ-2
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		0/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	30, КП	У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2, 3-ПК-2, У-ПК-2,

							В- ПК-2, 3-ПК- 3.1
--	--	--	--	--	--	--	-----------------------------

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
УО	Устный опрос
З	Зачет
КП	Курсовой проект

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	0	30	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	0	15	0
1 - 2	<b>Введение</b> Основные направления применения радиоактивных изотопов и ядерных излучений для анализа состава вещества. Достижения в этой области советских ученых. Метод изотопных индикаторов. Физические основы метода, его основные характеристики.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 5	<b>Активационный анализ</b> Физические основы активационного анализа. Уравнение активации. Количественные методы определения концентрации (абсолютный и эталонный). Особенности нейтронно-активационного анализа на тепловых, резонансных и быстрых нейтронах. Особенности гамма-активационного метода. Анализ по мгновенному излучению ядерных реакций. Техника осуществления активационного анализа: радиохимический и инструментальный варианты активационного анализа (подготовка образцов, облучения, обработка образцов после облучения, способы идентификации радиоизотопов и дискриминация их излучений, количественный расчет). Оборудование для активационного анализа (источники излучения, регистрирующая аппаратура, применение гамма-спектрометра, транспортирующие образцы устройства). Чувствительность, точность и избирательность активационного анализа. Перспективы развития методов активационного анализа	Всего аудиторных часов		
		0	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	<b>Метод аналитической автордиографии</b> Физические основы метода. Теоретические основы метода.	Всего аудиторных часов		
		0	6	0

	Характеристики метода - контраст изображения, разрешающая способность, чувствительность. Их зависимость от энергии излучения, геометрии системы, свойств фотоэмульсий. Техника проведения автордиографического исследования (приготовление образца, экспозиция, фотохимическая обработка, анализ автордиограмм). Частные методы автордиографии (метод жидкой и съемной эмульсии, электронно-микроскопическая автордиография, активационная, нейтронная и трековая автордиография). Количественная автордиография (метод эталонов, метод средней концентрации). Приемы практического применения метода автордиографии и различных областях науки и техники.	Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Часть 2</b>	0	15	0
9 - 11	<b>Рентгенорадиометрические методы анализа состава вещества</b> Рентгенорадиометрический флуоресцентный анализ. Физические основы метода. Способы учета мешающего излучения (метод Долби, селективные и дифференциальные фильтры). Методы учета вещественного состава проб (метод тонкого слоя, насыщенного слоя, метод внутреннего стандарта, метод добавок, использование рассеянного бета-излучения, метод спектральных отношений, метод двойного слоя, метод подложки). Техника анализа (геометрия измерений, источники излучения, приготовление проб, измерительная аппаратура, получение количественных результатов). Точность и чувствительность анализа. Рентгенорадиометрические промышленные установки. Абсорбционный рентгенорадиометрический анализ. Физические основы метода. Геометрия метода. Учет мешающего излучения и влияния вещественного состава проб (эквивалентные пробы). Техника анализа (выбор источников излучения, приготовление селективных фильтров и проб, измерительная аппаратура). Точность и чувствительность анализа. Сравнительный анализ рентгенорадиометрических методов. Перспективы развития методов.	Всего аудиторных часов		
		0	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	<b>Радиоизотопные методы анализа в химии</b> Основные направления использования радиоактивных изотопов в химии. Индикаторный метод. Метод изотопного разбавления. Метод радиометрического титрования	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	<b>Радиоизотопные методы изучения процесса диффузии в телах</b> Методы снятия слоев. Методы снятия слоев и измерения интегральной активности остатка образца, метод отпечатка. Абсорбционные методы: метод отношений метод тонкой пластинки, метод ядер отдачи; автордиографические методы; специальные методы изучения диффузии и других характеристик твердого тела	Всего аудиторных часов		
		0	6	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
	<p><b>Расчет оптимальных параметров проведения активационного анализа</b>            Анализ по мгновенному излучению ядерных реакций.            Техника осуществления активационного анализа: радиохимический и инструментальный варианты активационного анализа (подготовка образцов, облучения, обработка образцов после облучения, способы идентификации радиоизотопов и дискриминация их излучений, количественный расчет).</p>
	<p><b>Расчет параметров проведения рентгенорадиометрического анализа</b>            Методы учета вещественного состава проб (метод тонкого слоя, насыщенного слоя, метод внутреннего стандарта, метод добавок, использование рассеянного бета-излучения, метод спектральных отношений, метод двойного слоя, метод подложки). Техника анализа (геометрия измерений, источники излучения, приготовление проб, измерительная аппаратура, получение количественных результатов).</p>
	<p><b>Расчет активности, времени экспозиции и разрешающей способности при получении автордиограмм</b>            Техника анализа (выбор источников излучения, приготовление селективных фильтров и проб, измерительная аппаратура). Точность и чувствительность анализа.            Сравнительный анализ рентгенорадиометрических методов. Перспективы развития методов.</p>
	<p><b>Расчет параметров объемной и граничной диффузии в твердых телах</b>            Методы снятия слоев. Методы снятия слоев и измерения интегральной активности остатка образца, метод отпечатка. Абсорбционные методы: метод отношений метод тонкой пластинки, метод ядер отдачи;</p>



автордиографические методы; специальные методы изучения диффузии и других характеристик твердого тела
---

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Использование в обучении активных и интерактивных форм обучения с применением электронных ресурсов и информационно-коммуникационных технологий на практических занятиях и в самостоятельной работе студентов.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2	З-ПК-2	ЗО, КП, УО-8
	У-ПК-2	ЗО, КП, УО-8
	В-ПК-2	ЗО, КП, УО-15
ПК-3.1	З-ПК-3.1	ЗО, КП, УО-8
	У-ПК-3.1	ЗО, КП, УО-15
	В-ПК-3.1	ЗО, КП, УО-15
УКЦ-2	З-УКЦ-2	ЗО, КП, УО-8
	У-УКЦ-2	ЗО, КП, УО-15
	В-УКЦ-2	ЗО, КП

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 620 К20 Методы математического моделирования наноматериалов : учебно-методический комплекс дисциплины, Москва: МИСИС, 2011
2. 620 М54 Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур : лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие, Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2017
3. ЭИ Н 46 Нейтронные методы элементного анализа : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2018
4. ЭИ А77 Ядерные технологии : учебное пособие для вузов, В. А. Апсэ, А. Н. Шмелев, Москва: МИФИ, 2008
5. 620 Э98 Конструкционные материалы. Полный курс : , М. Эшби, Д. Джонс, Долгопрудный: Интеллект, 2010
6. 539.1 Б26 Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : , О. А. Барсуков, Москва: Физматлит, 2011

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

### **1. Общие положения**

1.1. Цель методических рекомендаций - обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

1.2. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме практических занятий и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

1.3. Приступая к изучению дисциплины студенту необходимо ознакомиться с целями и задачами дисциплины, содержанием рабочей программы дисциплины, рекомендуемыми литературными источниками, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале и сайте кафедры.

1.4. Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Поэтому студентам, пропустившим занятия, необходимо самостоятельно проработать тему.

### **2. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.**

2.1. Практические занятия служат для закрепления изученного теоретического материала. Подготовка к практическому занятию включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы.

2.2. При подготовке к практическим занятиям следует проработать теоретический материал по рекомендованным литературным источникам, относящийся к данному практическому занятию.

2.3. В ходе практических занятий давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов, доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

### **3. Самостоятельная работа обучающихся**

3.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

3.2. Качество освоения учебной дисциплины находится в прямой зависимости от способности студента самостоятельно и творчески учиться.

3.3. Обучающимся следует руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным рабочим планом дисциплины и выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельной работы, и представлять их в установленный срок.

4. Рекомендации по подготовке и сдаче аттестации по дисциплине.

4.1. Аттестация по дисциплине основана на балльно-рейтинговой системе, которая включает текущий контроль успеваемости, рубежный контроль в семестре и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины.

4.2. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к занятиям, для чего могут быть использованы различные проверочные задания. Прохождение контрольных рубежей проводится в середине и в конце семестра и может осуществляться в виде контрольных работ, письменных опросов и т.д. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает сдачу зачета и самостоятельную подготовку к нему, а также курсового проекта. При подготовке к промежуточной аттестации необходимо по рекомендованным литературным источникам проработать и внимательно изучить теоретический материал, соответствующий вопросам, выносимым на аттестацию.

4.3. Темы курсового проекта выдает преподаватель. Курсовой проект выполняется студентами самостоятельно и сдается в конце курса.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

### **1. Общие положения**

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме практических занятий и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

1.2. На первом занятии преподаватель:

- знакомит студентов с целями и задачами преподаваемой дисциплины, определяет ее место в образовательной программе, обозначает междисциплинарные связи;
- уточняет планы практических (семинарских) занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины, с учетом контингента и уровня подготовки студентов;
- рекомендует основную и дополнительную литературу для успешного освоения дисциплины;
- доводит до сведения студентов систему оценки знаний.

### **2. Рекомендации по подготовке и преподаванию дисциплины**

2.1. Рекомендации по подготовке и проведению практических (семинарских) занятий:

2.1.1. Цель практических (семинарских) занятий - предоставление возможностей для углубленного изучения теории, овладения практическими навыками и выработки самостоятельного творческого мышления у студентов. На каждом таком занятии обучающиеся решают практические задачи и демонстрируют результаты выполнения домашнего задания, выданного на предыдущем занятии.

2.1.2. Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется выполнение расчетно-графических работ студентов по материалам лекций и практических работ. Подборка заданий осуществляется на основе изученного теоретического материала.

2.2. Рекомендации по организации руководства самостоятельной работой студентов

2.2.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных

государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

2.2.2. В ходе руководства самостоятельной работой студентов преподаватель приобщает их к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

2.3. Рекомендации по осуществлению контроля знаний обучающихся

2.3.1. По дисциплине действует балльно-рейтинговая система, которая включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины.

2.3.2. По дисциплине предусмотрены следующие виды аттестации: текущий контроль, рубежный контроль и промежуточная аттестация.

2.3.3. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к семинарским и практическим занятиям, могут быть использованы различные проверочные задания.

2.3.4. Прохождение контрольных рубежей по итогам освоения дисциплины проводится в середине и в конце семестра.

2.3.5. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает приём зачета и самостоятельную подготовку к нему.

2.3.6. Темы курсового проекта выдает преподаватель. Курсовой проект выполняется студентами самостоятельно, и преподаватель принимает сдачу курсового проекта в конце семестра.

Автор(ы):

Бойко Надежда Владимировна, к.ф.-м.н.