

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО  
УМС ИЯФИТ Протокол №01/423-573.1 от 20.04.2023 г.  
НТС ЛАПЛАЗ Протокол №1/04-577 от 27.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки  
(специальность)

- [1] 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
- [2] 03.03.01 Прикладные математика и физика
- [3] 16.03.02 Высокотехнологические плазменные и энергетические установки
- [4] 01.03.02 Прикладная математика и информатика
- [5] 14.03.02 Ядерные физика и технологии
- [6] 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
- [7] 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика
- [8] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

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, экз./зач./КР/КП
6	4	144	15	30	0	48	15	Э
Итого	4	144	15	30	0	48	15	

## АННОТАЦИЯ

Основной целью данного курса является т.н. «неэнергетическое» применение ядерных технологий в промышленности, транспорте, ядерной медицине, сельском хозяйстве и науке. Особое внимание будет уделено производству стабильных и радиоактивных изотопов для широкого их применения.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Студенты также ознакомятся с историей открытия и изучения свойств изотопов, со становлением ядерной физики как науки и созданием ядерных технологий в середине прошлого и конце века.

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

Для лучшего освоения материала в рамках данного курса студентам также рекомендуется ознакомиться со следующими учебными курсами: «Общая физика», «Атомная физика» и «История атомной науки и техники».

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	3-УК-1 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
УК-3 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	3-УК-3 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Знать: основные приемы и нормы социального взаимодействия; основные понятия и методы конфликтологии, технологии межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии У-УК-3 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Уметь: устанавливать и поддерживать контакты, обеспечивающие успешную работу в коллективе; применять основные методы и нормы социального взаимодействия для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды

	В-УК-3 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Владеть: простейшими методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде
УК-6 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	<p>З-УК-6 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни</p> <p>У-УК-6 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения</p> <p>В-УК-6 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] – Владеть: методами управления собственным временем; технологиями приобретения, использования и обновления социокультурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни</p>

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Духовно-нравственное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование этического мышления и профессиональной ответственности ученого (В2)	1. Использование воспитательного потенциала базовых гуманитарных дисциплин. 2. Разработка новых инновационных курсов гуманитарной и междисциплинарной направленности.
Духовно-нравственное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование личностно-центрированного подхода в профессиональной коммуникации, когнитивно-поведенческих и практико-ориентированных навыков, основанных на общероссийских традиционных ценностях (В3)	1. Использование воспитательного потенциала базовых гуманитарных дисциплин. 2. Разработка новых инновационных курсов гуманитарной и междисциплинарной направленности.
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам

	<p>деятельности, труду (B14)</p>	<p>профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</li> </ul>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в</p>

		<p>специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</li> </ul>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов</p>

## 5. 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>6 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/16/0		25	КИ-8	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3
2	Второй раздел	9-15	14/14/0		25	КИ-15	3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>				50	Э	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-6, У-

							УК-6, В- УК-6
--	--	--	--	--	--	--	---------------------

\* – 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
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	30	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	16	16	0
1 - 2	<b>Введение. Радиоактивность и изотопы: история открытия.</b> Лекция посвящена истории открытия и исследования явления радиоактивности и изотопии химических элементов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	<b>Становление ядерной физики.</b> Открытие нейтрона Дж. Чедвиком (1935) и протон-нейтронная модель ядра (Дмитрий Иваненко и Вернер Гейзенберг).	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Создание атомной промышленности в 1939-1945.</b> Создание промышленных технологий разделения изотопов урана электромагнитным и газодиффузионным методами. Первый атомный котел (реактор)	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	<b>Исследовательские реакторы.</b> Контролируемая цепная реакция и ядерный реактор. Первый исследовательский реактор TRIGA (Training, Research, Isotopes, General Atomics). Типы исследовательских реакторов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Исследовательский реактор ИРТ МИФИ.</b> Атомный центр МИФИ. Основные характеристики бассейнового водо-водяного реактора ИРТ МИФИ. Исследования, проводимые на реакторе ИРТ МИФИ.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 7	<b>Реакторные методы производство радиоактивных изотопов (на нейтронах).</b> Ядерные реакции с нейтронами. Классификация реакторных радионуклидов. Стратегия получения целевого радиоизотопа путем облучения нейтронами: - выбор стартового материала (ядра-мишени): материал,	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	его радиационная стойкость, геометрия, изотопный состав; -выбор спектра нейтронов в месте размещения мишени и оптимизации времени ее облучения. Получение изотопов трансурановых элементов.			
7 - 8	<b>Производство радиоактивных изотопов путем извлечения из ОЯТ.</b> Основные представления о ядерном топливном цикле. Состав отработанного ядерного топлива ОЯТ. Основные этапы переработка ОЯТ.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8 - 9	<b>Производство радиоактивных изотопов на циклотронах и ускорителях.</b> Ускорители заряженных частиц для наработки протонно-избыточных ядер. Линейные ускорители. Циклические ускорители: - электронов (бетатрон, микротрон, синхротрон); - тяжелых заряженных частиц (циклотрон, фазотрон, протонный синхротрон); Ускорители как источники вторичных частиц (тормозного $\gamma$ -излучения, нейтронов, синхротронного излучения).	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Второй раздел</b>	14	14	0
9 - 10	<b>Получение стабильных и долгоживущих изотопов: Физические и химические методы разделения изотопов.</b> Молекулярно-кинетические методы Электромагнитный метод. Плазменные методы	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 11	<b>Получение стабильных и долгоживущих изотопов: Физические и химические методы разделения изотопов.</b> Химический изотопный обмен Ректификация. Электрохимический метод. Лазерное разделение	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<b>Ядерные технологии в промышленности</b> Центры радиационной обработки/стерилизации медицинских, пищевых и технических изделий на основе радиоактивных источников $^{60}\text{Co}$ ( $^{137}\text{Cs}$ ) и ускорителей электронов. Радиационная обработка материалов: радиационная полимеризация; радиационное модифицирование материалов; радиационная деструкция. Неразрушающие методы контроля на основе гамма-источников, рентгеновских установок и электронных ускорителей (радиография).	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	<b>Применение ЯТ в промышленности (продолжение).</b> Термоэлектрические генераторы (источники тепла и энергии) на основе долгоживущих изотопов ( $^{238}\text{Pu}$ , $^{90}\text{Sr}$ ...). Бета-гальванические (бетавольтаические) батареи - компактные радиоизотопные термоэлектрические генераторы на основе долгоживущих бета-изотопов $^3\text{H}$ ,	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	63Ni и др.). Ядерные двигатели для ледоколов и атомных подводных лодок. Ядерные двигатели для спутников.			
13 - 14	<b>Применение в сельском хозяйстве.</b> Радиационная обработка продуктов питания (ингибирование прорастания при хранении, подавления гниения, поражение патогенного микробиологического загрязнения и т.д.). Технология облучения: гамма-облучение с использованием радиоизотопов (Co-60, Cs-137); использование ускорителей электронов. Стерилизация насекомых (борьба с насекомыми и болезнями, которые они переносят). Радиационная селекция и генетика растений. Радиационная экология.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	<b>Применение в ядерной медицине.</b> Радиоизотопная диагностика в ядерной медицине: ПЭТ (Позитронно-эмиссионная томография) ОФЭТ (Однофотонная эмиссионная томография). Генераторы радионуклидов. Радиационная терапия в ядерной медицине	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Применение изотопов в науке.</b> Метод изотопных индикаторов (изотопная маркировка) Радиоактивные индикаторы в археологии (радиоуглеродное датирование) Изотопы для поиска безнейтринного двойного бета распада ( $0\nu 2\beta$ распада). Эталон веса (определение число Авогадро) на основе изотопа Si-28. Нейтронно-активационный анализ.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозна чение	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

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Основной темой данного курса является т.н. «неэнергетическое» применение ядерных технологий в промышленности, транспорте, ядерной медицине, сельском хозяйстве и науке. Особое внимание будет уделено производству стабильных и радиоактивных изотопов. Студенты также ознакомятся с историей открытия и изучения свойств изотопов, со становлением ядерной физики как науки и созданием ядерных технологий в середине прошлого века.

## 7. 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)
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8
	У-УК-1	Э, КИ-8
	В-УК-1	Э, КИ-8
УК-3	З-УК-3	Э, КИ-8
	У-УК-3	Э, КИ-8
	В-УК-3	Э, КИ-8
УК-6	З-УК-6	Э, КИ-15
	У-УК-6	Э, КИ-15
	В-УК-6	Э, КИ-15

## 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»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская
75-84		C	
70-74		D	

			существенных неточностей в ответе на вопрос.
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.

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

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

Внимательное отношение к посещению занятий (лекций и семинаров), активное поведение на занятиях (участие в дискуссиях и выступлениях по темам).

При возникновении вопросов - обращаться к преподавателю.

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

Контролировать посещение занятий и активность студентов.

Проводить консультации при обсуждении тем.

Проводить регулярный опрос студентов по пройденным материалам и выявлять степень их усвояемости.

Автор(ы):

Корноухов Василий Николаевич