

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ
КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 03/3-21

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

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
1	2	72	16	16	0		40	0	3
Итого	2	72	16	16	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов со спецификой основных стадий и главных процессов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ): добычи и обогащения урана, производства ТВЭЛов и тепловыделяющих сборок, эксплуатации ядерного реактора и его систем, переработки отработавшего ядерного топлива и обращения с радиоактивными отходами. Особое внимание уделено вопросам безопасности, экономическим, техническим и экологическим аспектам ядерных технологий.

Рассмотрены теоретические и инженерные основы атомно-молекулярных технологий разделения стабильных изотопов неурановых элементов, включая диффузионные (центрифугирование, термодиффузия, масс-диффузия) и физико-химические (ректификация, химический изотопный обмен) методы.

Показаны современные тенденции международной интеграции в области ядерной энерготехнологии.

В ходе обучения студенты получают знания о состоянии и перспективах развития наукоемких технологий, способных решать сложные социально-экономические задачи.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов со спецификой основных стадий и главных процессов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ): добычи и обогащения урана, производства ТВЭЛов и тепловыделяющих сборок, эксплуатации ядерного реактора и его систем, переработки отработавшего ядерного топлива и обращения с радиоактивными отходами. Особое внимание уделено вопросам безопасности, экономическим, техническим и экологическим аспектам ядерных технологий.

Рассмотрены теоретические и инженерные основы атомно-молекулярных технологий разделения стабильных изотопов неурановых элементов, включая диффузионные (центрифугирование, термодиффузия, масс-диффузия) и физико-химические (ректификация, химический изотопный обмен) методы.

Показаны современные тенденции международной интеграции в области ядерной энерготехнологии.

В ходе обучения студенты получают знания о состоянии и перспективах развития наукоемких технологий, способных решать сложные социально-экономические задачи.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Изучение данной дисциплины сопутствует научно-исследовательской практике студентов. Целью которой является проработка теоретических вопросов в рамках выбранного профиля подготовки, участие в научных исследованиях, школах, семинарах и конференциях, овладение производственными навыками и передовыми методами по специальности, приобретение практического опыта и навыков научной и производственной работы. Успешное освоение дисциплины возможно только после освоения студентами таких дисциплин как математический анализ, общая физика, атомная физика, гидродинамика, газодинамика, экономика.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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			
Участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий	Природные и социальные явления и процессы	ПК-3 [1] - Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3[1] - Знать основные методы исследований, принципы работы приборов и установок в избранной предметной области ; У-ПК-3[1] - Уметь выбирать необходимые технические средства для проведения экспериментальных исследований в избранной предметной области, обрабатывать полученные экспериментальные результаты; В-ПК-3[1] - Владеть навыками работы с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области
инновационный;			
Участие в модернизации существующих, разработке и внедрении новых методов контроля качества материалов,	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики,	ПК-4 [1] - Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности	З-ПК-4[1] - Знать основные методы и принципы нахождения оптимальных решений при создании продукции с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения,

<p>производственно-технологических процессов и готовой продукции в сфере высоких и наукоемких технологий</p>	<p>физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса</p>	<p>и безопасности жизнедеятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>конкурентоспособности и безопасности жизнедеятельности. ; У-ПК-4[1] - Уметь находить оптимальные решения при создании и освоении новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности и безопасности жизнедеятельности. ; В-ПК-4[1] - Владеть навыками нахождения оптимальных решений для создания и освоения новой продукции с учетом требований качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности и безопасности жизнедеятельности</p>
<p>Проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач</p>	<p>Природные и социальные явления и процессы</p>	<p>ПК-5 [1] - Способен применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования, принципы экспертизы продукции для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий ; У-ПК-5[1] - Уметь применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по</p>

			развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий; В-ПК-5[1] - Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования, математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий
--	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/8/0		25	УО-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Второй раздел	9-16	8/8/0		25	УО-16	3-ПК-3, У-ПК-3,

							В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	3	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

* – 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
УО	Устный опрос
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Первый раздел	8	8	0

1 - 8	Физико-технические основы ядерной энерготехнологии. Ядерные реакторы Деление атомных ядер – источник атомной энергии. Ядерные силы. Энергия нуклонов в ядре. Структура атомных ядер. Капельная модель ядра. Вычисление энергии связи нуклонов в ядре. Устойчивость ядер. Радиоактивность атомных ядер. Скорость радиоактивного распада. Период полураспада. Взаимодействие нейтронов с атомными ядрами. Рассеяние и замедление. Радиационный захват нейтронов. Процессы размножения нейтронов. Механизм деления атомных ядер под действием нейтронов. Деление на тепловых и быстрых нейтронах. Самоподдерживающаяся цепная реакция. Коэффициент размножения нейтронов. Формула четырех сомножителей. Гетерогенные реакторные системы. Критические размеры реактора. Основные принципы работы и структура реактора. Ядерное топливо, замедлители и отражатели. Управление реактором. Теплоносители и способы теплоотвода. ЯР на тепловых и быстрых нейтронах. Расширенное воспроизводство ядерного топлива. Физические характеристики ЯР (мощность, удельная энерговыработка, глубина выгорания, коэффициент воспроизводства). Конструкции ЯР. Реактор ВВЭР-1000. Развитие реакторов типа ВВЭР (PWR) в мире. Кипящие реакторы BWR. Канальные реакторы. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы. Реакторы-размножители на быстрых нейтронах. Время удвоения как мера эффективности реакторов на быстрых нейтронах в наработке делящихся материалов.	Всего аудиторных часов		
		8	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	8	8	0
9 - 13	Ядерный топливный цикл (ЯТЦ). Технологии основных стадий ЯТЦ. Безопасность ядерных энергетических установок. Основные стадии ЯТЦ. Типы ЯТЦ. Добыча, первичная обработка урановой руды и производство топливных материалов. Конверсия оксидов урана в гексафторид урана. Технологии обогащения урана изотопом U-235. Технологии изготовления ТВЭЛов и ТВС. Технологии использования топлива в ядерных реакторах. Технологии переработки облученного ядерного топлива (ОЯТ). Технологии переработки радиоактивных отходов (РАО). Современное состояние ядерной энергетики. Опыт эксплуатации АЭС и проблемы безопасности. Концепция внутренней безопасности ЯР. Внешний топливный цикл и его безопасность.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

14 - 16	Атомно-молекулярные (разделительные) технологии получения высокообогащенных изотопов неурановых элементов Области применения стабильных изотопов. Элементарные основы общей теории разделения бинарных и многокомпонентных смесей (элемент, ступень, каскад, разделительная противоточная колонна). Молекулярно-кинетические методы разделения стабильных изотопов (центрифугирование, термодиффузия, масс-диффузия). Физические основы разделения молекулярно-кинетическими методами. Практическое применение молекулярно-кинетических методов. Физико-химические методы разделения стабильных изотопов (дистилляция, химический изотопный обмен). Физические основы разделения физико-химическими методами. Практическое применение физико-химических методов.	Всего аудиторных часов		
		4	4	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>1 Семестр</i>
1 - 8	Физико-технические основы ядерной энерготехнологии. Ядерные реакторы Решение задач по теме "Физико-технические основы ядерной энерготехнологии. Ядерные реакторы". Умение делать физические оценки в этой области.
9 - 13	Ядерный топливный цикл (ЯТЦ). Технологии основных стадий ЯТЦ. Безопасность ядерных энергетических установок. Решение практических задач.
14 - 16	Подготовка и защита рефератов Подготовка и защита рефератов по заданным индивидуальным темам, связанным с современными проблемами ядерной энергетики

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков 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-3	З-ПК-3	3, УО-8, УО-16
	У-ПК-3	3, УО-8, УО-16
	В-ПК-3	3, УО-8, УО-16
ПК-4	З-ПК-4	3, УО-8, УО-16
	У-ПК-4	3, УО-8, УО-16
	В-ПК-4	3, УО-8, УО-16
ПК-5	З-ПК-5	3, УО-8, УО-16
	У-ПК-5	3, УО-8, УО-16
	В-ПК-5	3, УО-8, УО-16

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. 621.039 О-75 Основы безопасного обращения и обезвреживания радиоактивных отходов : Учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2019
2. 621.039 Ф 50 Физика ядерных реакторов. Потенциал гибридных наработчиков топлива. : учеб. пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2020
3. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Долгопрудный: Интеллект, 2014
4. 621.039 ЯЗ4 Ядерные технологии : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 623 ЯЗ4 Ядерное нераспространение : учеб. пособие для вузов, Г. М. Пшакин [и др.], М.: МИФИ, 2004

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

В результате изучения курса необходимо проанализировать основные направления развития мировой энергетики, представлять, как используется ядерное топливо в атомной энергетике.

Нужно иметь четкое представление о структуре и экономике ядерного топливного цикла. Для освоения курса рекомендуются следующие основные учебные материалы:

1. Апсэ В.А., Куликов Г.Г., Куликов Е.Г. и др. Ядерные технологии: Учебное пособие М.: МИФИ, 2013.
2. Технические аспекты ядерного нераспространения: учебное пособие для ВУЗов / Под ред. Э.Ф. Крючкова, М.: НИЯУ МИФИ, 2013.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В результате изучения курса необходимо проанализировать основные направления развития мировой энергетики, представлять, как используется ядерное топливо в атомной энергетике.

Нужно иметь четкое представление о структуре и экономике ядерного топливного цикла. Для освоения курса рекомендуются следующие основные учебные материалы:

1. Апсэ В.А., Куликов Г.Г., Куликов Е.Г. и др. Ядерные технологии: Учебное пособие М.: МИФИ, 2013.
2. Технические аспекты ядерного нераспространения: учебное пособие для ВУЗов / Под ред. Э.Ф. Крючкова, М.: НИЯУ МИФИ, 2013.

Автор(ы):

Сулаберидзе Георгий Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент

Смирнов Андрей Юрьевич

Рецензент(ы):

Борисевич В.Д., профессор