

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЯ ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

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
3	3	108	16	32	0		24	0	Э
Итого	3	108	16	32	0	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

Целями дисциплины является ознакомление студентов с основными физико - химическими процессами на разных этапах ядерного топливного цикла. Обучение студентов умениям применять полученные знания в производственной и научной деятельности, приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной литературой, применению современных компьютерных технологий при подготовке домашних заданий.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями дисциплины является ознакомление студентов с основными физико - химическими процессами на разных этапах ядерного топливного цикла. Обучение студентов умениям применять полученные знания в производственной и научной деятельности, приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной литературой, применению современных компьютерных технологий при подготовке домашних заданий.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина посвящена подготовке студентов к решению инженерных задач расчета ядерных энергетических установок на основе строгих научных методов. Знания, полученные студентами при изучении различных дисциплин, применяются к решению задач, характерных для расчета ядерных энергетических установок

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			
• разработка расчетных моделей и программных комплексов для проектирования в области вывода области вывода эксплуатации ОИАЭ; •	Объекты профессиональной деятельности выпускников согласно ОС НИЯУ МИФИ: атомное ядро, элементарные	ПК-3 [1] - Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и	З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического прогресса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания

<p>создание и применение баз данных и систем для проведения экспериментальных исследований, направленных на обеспечение целостности цифровых моделей ядерных установок и их элементов; • разработка методов регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений и методов измерения количественных характеристик ядерных материалов; • создание математических моделей, описывающих процессы в ядерных реакторах; • разработка в области теории автоматического управления реакторами и другими физическими установками; • разработка методов повышения безопасности ядерных и лазерных установок, материалов и технологий; • разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды, новых методов в лучевой диагностике и терапии; • разработка новых теоретических подходов и принципов дизайна материалов с заданными свойствами, разработки новых</p>	<p>частицы и плазма, газообразное конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, наноматериалы и нанотехнологии, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в</p>	<p>передовые технологии в научно-исследовательской деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>к решению практических задач.; В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.</p>
--	---	--	--

<p>высокоэффективных технологий получения современных ядерных, конструкционных материалов и наноматериалов;</p>	<p>области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. Дополнительно, объектами профессиональной деятельности выпускников по магистерской программе «Технологии вывода из эксплуатации ОИАЭ» являются: ядерные реакторы и энергетические установки; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического исследования явлений и закономерностей в области ядерной энергетики; безопасность объектов и установок атомной промышленности и энергетики; экологический мониторинг окружающей среды,</p>		
---	---	--	--

	международные стандарты в области ВЭ ОИАЭ, методы демонтажа и дезактивации.		
	проектный		
<ul style="list-style-type: none"> • формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; • разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта; • использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; • разработка проектной документации по выводу из эксплуатации; • разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий; • комплексное проектирование по принципу CDIO: планирование, проектирование. 	<p>Объекты профессиональной деятельности выпускников согласно ОС НИЯУ МИФИ: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду,</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-6[1] - Знать основные нормативные документы по регулированию рисков возникающих в процессе эксплуатации новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения ;</p> <p>У-ПК-6[1] - Уметь оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения;</p> <p>В-ПК-6[1] - Владеть методами оценки рисков и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально</p>

<p>Производство и применение реальных систем, процессов и продуктов в атомной отрасли и других высокотехнологичных секторах экономики; • разработка ИС по управлению ВЭ (базы данных, ИС контроля и учета производственной деятельности и т.д.);</p>	<p>радиационные технологии в медицине, наноматериалы и нанотехнологии, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. Дополнительно, объектами профессиональной деятельности выпускников по магистерской программе «Технологии вывода из эксплуатации ОИАЭ» являются: ядерные реакторы и энергетические установки; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-</p>		<p>возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p>
--	---	--	---

	<p>аналитического исследования явлений и закономерностей в области ядерной энергетики; безопасность объектов и установок атомной промышленности и энергетики; экологический мониторинг окружающей среды, международные стандарты в области ВЭ ОИАЭ, методы демонтажа и дезактивации.</p>		
	экспертный		
<p>• анализ технических и расчетно-теоретических разработок, учет их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии и безопасности и другим нормативным актам; • оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню;</p>	<p>Объекты профессиональной деятельности выпускников согласно ОС НИЯУ МИФИ: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии</p>	<p>ПК-11 [1] - Способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-11[1] - Знать законодательные и нормативные акты регулирующие деятельность в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности ; У-ПК-11[1] - Уметь проводить анализ технических и расчетно-теоретических разработок с учетом их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам; В-ПК-11[1] - владеть методами анализа технических и расчетно-</p>

	<p>применения приборов и установок для разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, наноматериалы и нанотехнологии, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. Дополнительно, объектами профессиональной деятельности выпускников по магистерской</p>		<p>теоретических разработок, и учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам</p>
--	---	--	--

	<p>программе «Технологии вывода из эксплуатации ОИАЭ» являются: ядерные реакторы и энергетические установки; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического исследования явлений и закономерностей в области ядерной энергетики; безопасность объектов и установок атомной промышленности и энергетики; экологический мониторинг окружающей среды, международные стандарты в области ВЭ ОИАЭ, методы демонтажа и дезактивации.</p>		
--	--	--	--

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>3 Семестр</i>						
1	Ядерные топливные циклы (ЯТЦ).	1-8	8/16/0	СК-8 (25)	25	СК-8	3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11,

								3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
2	Разделка ТВС и ТВЭЛ.		9-15	8/16/0	СК-15 (25)	25	СК-15	3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
	<i>Итого за 3 Семестр</i>			16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр					50	Э	3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-

							ПК-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
СК	Семестровый контроль
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Ядерные топливные циклы (ЯТЦ).	8	16	0
1 - 2	Ядерные топливные циклы (ЯТЦ). Стадии цикла. Замкнутый ядерный цикл в энергетике. Цикл природного урана, пути оптимизации ЯТЦ в реакторах на тепловых нейтронах.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Топливные материалы ядерной энергетики. Характеристики ядерного топлива (ЯТ) энергонапряженность, глубина выгорания, кампания топлива. Виды ЯТ, их теплофизические и ядерные свойства с точки зрения безопасности ядерного реактора (ЯР).	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Добыча природного урана. Гидрометаллургическая переработка. Основные стадии получения и первичного механического обогащения. Получение химических концентратов урана методами сорбции и экстракции. Получение гексафторида урана.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 7	Обогащение урана. Основные методы получения обогащенного урана (электромагнитный, газодиффузионный, центробежный, лазерный и плазменный методы). Показатели эффективности разделительных аппаратов. Понятие единицы работы разделения. Накопление U-236 и его влияние на экономику топливного цикла.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Тепловыделяющие элементы (ТВЭЛ) и сборки (ТВС) ядерных реакторов. Требования к ТВЭЛ и ТВС. Классификация ТВЭЛ. Изготовления и контроль качества ТВЭЛ. Влияние реакторного облучения на характеристики ТВЭЛ. Затраты на изготовление ТВЭЛ.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9	Хранение и транспортировка облученного топлива. Характеристики облученного топлива энергетических реакторов. Выдержка отработавшего топлива в ТВС в бассейнах реакторного зала. Транспортировка отработавших ТВС на радиохимический завод (РХЗ).	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Требования ядерной и радиационной безопасности к транспортным контейнерам. Хранение облученного топлива на РХЗ, устройства хранилищ и меры безопасности.			
9-15	Разделка ТВС и ТВЭЛ.	8	16	0
10	Разделка ТВС и ТВЭЛ Механическая, химическая и электрохимическая, пирометаллургическая разделка ТВЭЛ и ТВС. Меры по защите от радиоактивной пыли и подавлению выделения водорода.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
11 - 12	Водные методы переработки облученного топлива. Волоксияция как метод предварительной обработки топлива перед растворением. Схема водной переработки ЯТ реакторов на тепловых ней-тронах. Экстракционный метод переработки растворов. Характеристики экстракционных процессов. Экстрагенты и разбавители. Технологическая схема "пурекс-процесса". Особенности переработки облученного топлива реакторов на быстрых нейтронах.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
13 - 14	Неводные методы переработки облученного топлива. Газофторидный метод. Пирометаллургические методы (зонная плавка, фракционная кристаллизация, экстракция в системе металл-соль, электрорафинирование).	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
15	Применение радиоизотопов из отработавшего ядерного топлива. Применение Pu-238. Применение изотопов трансплутониевых элементов и изотопов благородных металлов.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
16	Утилизация радиоактивных отходов. Классификация радиоактивных отходов (РАО). Анализ способов захоронения РАО, схема утилизации РАО на РХЗ.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	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
	3 Семестр

1 - 2	<ul style="list-style-type: none"> • Месторождение и первичная переработка природных ядерных материалов • Месторождение и первичная переработка природных ядерных материалов
3 - 4	<ul style="list-style-type: none"> • Методы разделения изотопов • Методы разделения изотопов
5 - 7	<ul style="list-style-type: none"> • Работа разделения, потенциал разделения, сравнение технологий разделения • Работа разделения, потенциал разделения, сравнение технологий разделения
8	<ul style="list-style-type: none"> • Водные методы переработки облученного топлива • Водные методы переработки облученного топлива
9	<ul style="list-style-type: none"> • Неводные методы • Неводные методы
10	<ul style="list-style-type: none"> • Технологии изготовления твэлов и ТВС • Технологии изготовления твэлов и ТВС
11	<ul style="list-style-type: none"> • Характеристики и состав ОЯТ • Характеристики и состав ОЯТ
12 - 13	<ul style="list-style-type: none"> • Хранение и транспортировка ОЯТ • Хранение и транспортировка ОЯТ
14	<ul style="list-style-type: none"> • Обращение с РАО • Обращение с РАО
15	<ul style="list-style-type: none"> • Упаковка РАО • Упаковка РАО

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
1 - 2	<p>Ядерные топливные циклы (ЯТЦ). Стадии цикла. Замкнутый ядерный цикл в энергетике. Цикл природного урана, пути оптимизации ЯТЦ в реакторах на тепловых нейтронах.</p>
3	<p>Топливные материалы ядерной энергетики. Характеристики ядерного топлива (ЯТ) энергонапряженность, глубина выгорания, кампания топлива. Виды ЯТ, их теплофизические и ядерные свойства с точки зрения безопасности ядерного реактора (ЯР).</p>
4 - 5	<p>Добыча природного урана. Гидрометаллургическая переработка. Основные стадии получения и первичного механического обогащения. Получение химических концентратов урана методами сорбции и экстракции. Получение гексафторида урана.</p>
6 - 7	<p>Обогащение урана. Основные методы получения обогащенного урана (электромагнитный, газодиффузионный, центробежный, лазерный и плазменный методы). Показатели эффективности разделительных аппаратов. Понятие единицы работы разделения. Накопление U-236 и его влияние на экономику топливного цикла.</p>
8	<p>Тепловыделяющие элементы (ТВЭЛ) и сборки (ТВС)</p>

	<p>ядерных реакторов. Требования к ТВЭЛ и ТВС. Классификация ТВЭЛ. Изготовление и контроль качества ТВЭЛ. Влияние реакторного облучения на характеристики ТВЭЛ. Затраты на изготовление ТВЭЛ.</p>
9	<p>Хранение и транспортировка облученного топлива. Характеристики облученного топлива энергетических реакторов. Выдержка отработавшего топлива в ТВС в бассейнах реакторного зала. Транспортировка отработавших ТВС на радиохимический завод (РХЗ). Требования ядерной и радиационной безопасности к транспортным контейнерам. Хранение облученного топлива на РХЗ, устройства хранилищ и меры безопасности.</p>
10	<p>Разделка ТВС и ТВЭЛ Механическая, химическая и электрохимическая, пирометаллургическая разделка ТВЭЛ и ТВС. Меры по защите от радиоактивной пыли и подавлению выделения водорода.</p>
11 - 12	<p>Водные методы переработки облученного топлива. Волокисадия как метод предварительной обработки топлива перед растворением. Схема водной переработки ЯТ реакторов на тепловых ней-тронах. Экстракционный метод переработки растворов. Характеристики экстракционных процессов. Экстрагенты и разбавители. Технологическая схема "пурекс-процесса". Особенности переработки облученного топлива реакторов на быстрых нейтронах.</p>
13 - 14	<p>Неводные методы переработки облученного топлива. Газофторидный метод. Пирометаллургические методы (зонная плавка, фракционная кристаллизация, экстракция в системе металл-соль, электрорафинирование).</p>
15	<p>Применение радиоизотопов из отработавшего ядерного топлива. Применение Pu-238. Применение изотопов трансплутониевых элементов и изотопов благородных металлов.</p>
16	<p>Утилизация радиоактивных отходов. Классификация радиоактивных отходов (РАО). Анализ способов захоронения РАО, схема утилизации РАО на РХЗ.</p>

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дисциплина 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) 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-11	З-ПК-11	Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-11	Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-11	Э, СК-8, СК-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-3	Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-3	Э, СК-8, СК-15
ПК-6	З-ПК-6	Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-6	Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-6	Э, СК-8, СК-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 существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	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
60-64			

			изложении программного материала.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	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. ЭИ В 39 Основы процессов инженерной экологии. Теория, примеры, задачи : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2014
2. ЭИ В38 Сборник тестовых заданий по экологии : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ В43 Экологические риски здоровью населения : монография, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
4. 50 В43 Экологические риски здоровью населения : монография, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
5. ЭИ Я34 Ядерные технологии: история, состояние, перспективы : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
6. ЭИ М34 Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики : учебное пособие для вузов, Б. А. Калинин [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
7. 50 Б79 Экология ядерной и возобновляемой энергетики : учебное пособие, В. В. Болятко, А. И. Ксенофонтов, В. В. Харитонов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
8. ЭИ Б79 Экология ядерной и возобновляемой энергетики : учебное пособие для вузов, В. В. Болятко, А. И. Ксенофонтов, В. В. Харитонов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 Р27 Введение в ядерные энерготехнологии : , Москва: Наука, 2015
2. 621.039 Я34 Ядерные технологии : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. 621.039 А77 Основы безопасного обращения с радиоактивными отходами : учеб. пособие для вузов, В. А. Апсэ, А. Н. Шмелев, М.: МИФИ, 2006

4. 621.039 А77 Ядерные технологии : учебное пособие для вузов, В. А. Апсэ, А. Н. Шмелев, Москва: МИФИ, 2008
5. 50 М34 Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики : учебное пособие для вузов, В. И. Польский [и др.], Москва: МЭИ, 2012
6. 621.039 К89 Российская и мировая атомная энергетика : , В. М. Кузнецов, Х. Д. Чеченов, Москва: Московский гуманитарный ун-т, 2008
7. 621.039 К89 Экологическая безопасность объектов использования атомной энергии : учебное пособие для вузов, В. М. Кузнецов, Х. Д. Чеченов, В. С. Никитин, Москва: НИПКЦ Восход-А, 2010
8. 50 В38 Сборник тестовых заданий по экологии : учебное пособие для вузов, Е. Б. Весна, В. М. Демин, А. И. Ксенофонтов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
9. 621.039 К60 Химическая переработка облученного ядерного топлива : учебное пособие, Колбягин Н.П., Сергиевский В.В., Яковлев Г.Н., Москва: МИФИ, 1991
10. 621.039 М25 Атомная энергия и радиационная безопасность : , Маргулис У.Я., М.: Энергоатомиздат, 1988
11. 621.039 О-23 Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами в атомной энергетике : учебное пособие для вузов, Н. Н. Давиденко [и др.], Москва: МИФИ, 2007
12. 621.039 К60 Проблемы утилизации отработавшего ядерного топлива : Учеб. пособие, Н. П. Колбягин, В. П. Соболев, Г. Н. Яковлев, М.: МИФИ, 1990
13. ЭИ Р44 Ресурсы и факторы управления в энергосбережении и экологии : учебное пособие для вузов, ред. В. Г. Лисиенко, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
14. 621.039 С38 Экономика ядерной энергетики: основы технологии и экономики производства, экономика АЭС : Учеб. пособие для вузов, Синев Н.М., М.: Энергоатомиздат, 1987

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. World-nuclear (<http://world-nuclear.org/>)
2. Росатом (www.rosatom.ru)
3. Росэнергоатом (<http://www.rosenergoatom.ru>)
4. Урановый холдинг АРМЗ (<http://www.armz.ru>)
5. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
6. Периодическая система (<http://www.periodictable.ru>)
7. ВЭБ элемент (<http://www.webelements.com>)

<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

Некоторые типичные задачи для семинарских занятий с решением и контрольные вопросы представлены в учебном пособии «Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами в атомной энергетике» Н.Н. Давиденко, К.В. Куценко, Г.В. Тихомиров, А.А. Лаврухин, И.:МИФИ, 2007 г. и в книге «Введение в ядерную энергетику» Дж. Коллиер, Дж. Хьюитт М.: Энергоатомиздат 1989 г.

Для решения некоторых задач необходимо уметь пользоваться прикладным математическим пакетом символьной математики (Mathcad, Mathematica). Для успешного освоения курса студент должен знать основы неорганической химии, ядерной физики и теории тепломассопереноса.

Вывод формулы для потенциала разделения и работы разделения приведен в учебном пособии «Ядерные технологии» В.А. Апсэ, А.Н. Шмелев, И.:МИФИ, 2001.-128 с.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для успешного освоения материала студентами на лекциях и семинарах желательно выдавать раздаточный материал или подготовить презентации по основным технологическим схемам и установкам по переработке, транспортировке и хранению радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива.

НА ЧТО НЕОБХОДИМО ОБРАТИТЬ ВНИМАНИЕ:

ЛЕКЦИИ

Необходимое внимание на лекциях нужно уделить нормативным документам и правилам ядерной и радиационной безопасности ПБЯ-06-00-96, ПБЯ-06-08-77, ПРБ-88, НРБ-99, НП-053-04.

Главное внимание должно быть уделено базовым принципам, заложенным в каждую технологию, описанию используемого оборудования и условиям технологических процессов.

Важно дать анализ значимости и сравнительный анализ каждой технологии для поддержания режима нераспространения ядерных материалов.

СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ

При изучении темы «Методы обогащения урана» необходимо уделить особое внимание физическим принципам разделения изотопов на примере двух основных технологий: газодиффузионной (метод газовой эффузии) и центрифужной технологии.

Некоторые задачи для семинарских занятий и контрольные вопросы представлены в учебном пособии «Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами в атомной энергетике» Н.Н. Давиденко, К.В. Куценко, Г.В. Тихомиров, А.А. Лаврухин, И.:МИФИ, 2007 г. и в книге «Введение в ядерную энергетику» Дж. Коллиер, Дж. Хьюитт М.: Энергоатомиздат 1989 г.

Вывод формулы для потенциала разделения и работы разделения приведен в учебном пособии «Ядерные технологии» В.А. Апсэ, А.Н. Шмелев, И.:МИФИ, 2001.-128 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПЕРПОДАВАТЕЛЯ

Дополнительную информацию по программам развития ядерной энергетики и ядерного топливного цикла также можно получить из следующих интернет-ресурсов:

<http://world-nuclear.org>

<http://www.rosatom.ru>

<http://www.rosenergoatom.ru>

<http://www.armz.ru>

<http://www.tvel.ru>

<http://www.periodictable.ru>

<http://www.webelements.com>

Автор(ы):

Куценко Кирилл Владленович, к.т.н., доцент

Рецензент(ы):

доцент Харитонов В.С., доцент Корсун А.С.