

ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ НИЯУ МИФИ (ТФ НИЯУ МИФИ)

ОДОБРЕНО

УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 1 от 04.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЭКОЛОГИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии
[2] 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика
[3] 22.04.01 Материаловедение и технологии
материалов

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, эз./зач./КР/КП
2	2	72	0	30	0		42	0	3
Итого	2	72	0	30	0	0	42	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
УК-1 [1, 2] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [1, 2] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1, 2] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1, 2] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий
УК-2 [1] – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	З-УК-2 [1] – Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами У-УК-2 [1] – Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ;

	<p>объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</p> <p>В-УК-2 [1] – Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта</p>
<p>УК-4 [1] – Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</p>	<p>З-УК-4 [1] – Знать: правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации; современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках; существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия</p> <p>У-УК-4 [1] – Уметь: применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия</p> <p>В-УК-4 [1] – Владеть: методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий</p>

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
инновационный			
<p>Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.</p>	<p>Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и</p>	<p>ПК-6.2 [1] - Способен выбирать критерии безопасной работы и применять методы обоснования безопасности для количественных оценок эффективности функционирования и обоснования безопасности объектов использования атомной энергии.</p> <p><i>Основание:</i></p>	<p>З-ПК-6.2[1] - Знать основные теплогидравлические и нейтронно-физические процессы, протекающие в быстрых реакторах; основные принципы и критерии обеспечения безопасности ядерных энергетических установок и объектов замкнутого</p>

	<p>ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.</p>	<p>Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>ядерного топливного цикла.; У-ПК-6.2[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач связанных с проектированием и эксплуатацией быстрых реакторов и объектов замкнутого ядерного топливного цикла.; В-ПК-6.2[1] - Владеть методами инженерных расчетов обоснования радиационной безопасности.</p>
<p>Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.</p>	<p>Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.</p>	<p>ПК-6.4 [1] - Способен освоить специальные знания и практические навыки в области регулирования и обоснования безопасности объектов использования атомной энергии и ядерного наследия.</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-6.4[1] - Знать основы государственной политики Российской Федерации в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности.; У-ПК-6.4[1] - Уметь делать анализ объектов использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.; В-ПК-6.4[1] - Владеть компетенциями связанными с содействием в реализации</p>

			международных обязательств Российской Федерации по формированию инфраструктуры регулирования безопасности в странах, выступающих заказчиками сооружения АЭС по российским проектам, в части формирования и развития компетенций персоналом национальных органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии и их организаций научно-технической поддержки.
производственно-технологический			
исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, 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	ПК-2.4 [2] - Способен делать оценку радиационной безопасности при эксплуатации АЭС и разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-2.4[2] - Знать нормы радиационной безопасности; У-ПК-2.4[2] - Уметь разрабатывать способы снижения радиационных нагрузок; В-ПК-2.4[2] - Владеть методами оценки радиационной обстановки при эксплуатации АЭС

<p>установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.</p>	<p>установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, 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.</p>		
---	--	--	--

<p>применение ядерно-физических методик в решении технологических проблем; использование результатов проводимых исследований и разработок в технологических и производственных целях; реализация цепочки: исследование, развитие, технология, производство</p>	<p>современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для проведения исследований</p>	<p>ПК-9 [1] - Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.032, 24.078, 24.090, 40.008, 40.011</p>	<p>З-ПК-9[1] - Знать регламент эксплуатации и ремонта современных физических установок ; У-ПК-9[1] - Уметь эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок; В-ПК-9[1] - Владеть навыками эксплуатации, проведения испытаний и ремонта современных физических установок</p>
<p>организационно-управленческий</p>			
<p>исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и</p>	<p>атомное ядро, элементарные частицы и плазма, 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-</p>	<p>ПК-1 [2] - способен разрабатывать планы работы и инновационной деятельности производственных подразделений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>З-ПК-1[2] - знать культуру безопасности, организацию производства, труда и управления, ; У-ПК-1[2] - уметь планировать виды деятельности, распределять обязанности персонала и разрабатывать планы работ.; В-ПК-1[2] - владеть методами разработки планов работ и контроля их выполнение</p>

<p>физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.</p>	<p>физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, 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.</p>		
<p>научно-исследовательский</p>			
<p>проведении исследований и разработок новых материалов и композиций, научных и</p>	<p>методы и средства испытаний и диагностики,</p>	<p>ПК-2 [3] - Способен понимать</p>	<p>3-ПК-2[3] - Знать основные физические и</p>

<p>прикладных экспериментов по созданию новых процессов получения и обработки материалов, а также изделий</p>	<p>исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик</p>	<p>физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, ; У-ПК-2[3] - Уметь использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов;; В-ПК-2[3] - Владеть навыками проведения комплексных исследований, применяя стандартные и сертификационные испытания.</p>
<p>Анализ эволюции структуры и прогнозирование свойств материалов, находящихся под действием внешних физических полей, а также их диагностика с помощью современных и перспективных методов исследований.</p>	<p>Основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов; композитов и гибридных материалов; сверхтвердых материалов; интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.078, 40.008, 40.011</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического прогресса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач ; В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.</p>
<p>проведение научных исследований поставленных проблем; формулировка новых</p>	<p>атомное ядро, элементарные частицы и</p>	<p>ПК-4 [1] - Способен самостоятельно</p>	<p>З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых</p>

<p>задач, возникающих в ходе научных исследований; работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий, слежение за научной периодикой; разработка методов и приборов для регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений; выбор технических средств, подготовка оборудования, работа на экспериментальных физических установках; выбор необходимых методов исследования; анализ получаемой физической информации с использованием современной вычислительной техники</p>	<p>космические лучи, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, космических лучей</p>	<p>выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.078, 40.008, 40.011</p>	<p>исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач</p>
<p>исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропотекающих процессов, радиационной</p>	<p>атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности,</p>	<p>ПК-7 [2] - способен использовать и оценивать современные достижения науки и техники для решения профессиональных задач в научно-исследовательской деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный</p>	<p>З-ПК-7[2] - знать новые методы совершенствования действующих технологических процессов; ; У-ПК-7[2] - уметь анализировать информационные документы с результатами научных исследований;; В-ПК-7[2] -</p>

<p>медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.</p>	<p>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 анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг</p>	<p>й стандарт: 24.028</p>	<p>владеть современными пакетами прикладных компьютерных программ</p>
--	--	---------------------------	---

	окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
проектный			
Участие в модернизации существующих, разработке и внедрении новых методов контроля качества материалов, производственнотехнологических процессов и готовой продукции в сфере высоких и наукоемких технологий; квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и характеристик наукоемких технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок	ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.078, 24.097, 24.103, 40.008, 40.011	З-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок
4 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,	4 Математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных проектов по исследованию явлений и закономерностей в области физики	ПК-6 [1] - Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии	З-ПК-6[1] - Знать основные нормативные документы по регулированию рисков возникающих в процессе эксплуатации новых установок и

<p>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 проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий</p>	<p>ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, включая экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности гражданских объектов</p>	<p>потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.078, 24.103, 40.008, 40.011</p>	<p>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 возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p>
экспертный			
<p>7 Анализ технических и расчетно-теоретических разработок, учет их соответствия требованиям законов в наукоемком производстве, экологии и безопасности и другим нормативным актам; оценка соответствия предлагаемого</p>	<p>7 Научные исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию данных, сбор и обработку научной информации;</p>	<p>ПК-11 [1] - Способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям</p>	<p>З-ПК-11[1] - Знать законодательные и нормативные акты регулирующие деятельность в области промышленности, экологии, технической,</p>

<p>решения достигнутому мировому уровню; рецензирование проектов, заявок, технических заданий, рефератов и отчетов</p>	<p>создание и применение экспериментальных методов, установок и систем в области физики ядра, частиц, космических лучей и астрофизики</p>	<p>законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 40.011</p>	<p>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-теоретических разработок, и учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам</p>
<p>совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, связанных с разработкой, созданием и эксплуатацией установок, вырабатывающих и преобразующих и использующих ядерную энергию</p>	<p>ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые</p>	<p>ПК-12 [1] - Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню,</p>	<p>З-ПК-12[1] - Знать основные критерии оценки предлагаемого решения или проекта по отношению к современному мировому уровню ; У-ПК-12[1] -</p>

	<p>измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии.</p>	<p>подготовить экспертное заключение</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 40.011</p>	<p>Уметь оценивать предлагаемые решения на соответствие современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение; В-ПК-12[1] - Владеть навыками подготовки экспертных заключений по предлагаемым проектам</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>2 Семестр</i>						
1	Ядерные топливные циклы (ЯТЦ).	1-8	0/15/0		25	СК-8	З-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, З-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4, З-ПК-2.4,

								У-ПК-2.4, В-ПК-2.4, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, З-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, З-УК-4, У-УК-4, В-УК-4, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1
2	Разделка ТВС и ТВЭЛ.		9-15	0/15/0		25	СК-15	З-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, З-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4, З-ПК-2.4, У-ПК-2.4, В-ПК-2.4, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1

							В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 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, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		0/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	3	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4

* – 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
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	0	30	0
1-8	Ядерные топливные циклы (ЯТЦ).	0	15	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		
		0	4	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		
		0	4	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		
		0	2	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		
		0	2	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		
		0	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). Требования ядерной и радиационной безопасности к транспортным контейнерам. Хранение облученного	Всего аудиторных часов		
		0	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	топлива на РХЗ, устройства хранилищ и меры безопасности.			
9-15	Разделка ТВС и ТВЭЛ.	0	15	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		
		0	2	0
		Онлайн		
		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		
		0	4	0
		Онлайн		
		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		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Применение радиоизотопов из отработавшего ядерного топлива. Применение Pu-238. Применение изотопов трансплутониевых элементов и изотопов благородных металлов.	Всего аудиторных часов		
		0	5	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>
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

	<ul style="list-style-type: none"> • 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>2 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) ядерных реакторов. Требования к ТВЭЛ и ТВС. Классификация ТВЭЛ. Изготовления 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. Волокисация как метод предварительной обработки топлива перед растворением. Схема водной переработки ЯТ реакторов на тепловых нейтронах. Экстракционный метод переработки растворов. Характеристики экстракционных процессов.</p>

	Экстрагенты и разбавители. Технологическая схема "пурекс-процесса". Особенности переработки облученного топлива реакторов на быстрых нейтронах.
13 - 14	Неводные методы переработки облученного топлива. Газофторидный метод. Пирометаллургические методы (зонная плавка, фракционная кристаллизация, экстракция в системе металл-соль, электрорафинирование).
15	Применение радиоизотопов из отработавшего ядерного топлива. Применение Pu-238. Применение изотопов трансплутониевых элементов и изотопов благородных металлов.
16	Утилизация радиоактивных отходов. Классификация радиоактивных отходов (РАО). Анализ способов захоронения РАО, схема утилизации РАО на РХЗ.

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 (ЖП 1)
ПК-11	З-ПК-11	СК-8, СК-15
	У-ПК-11	СК-8, СК-15
	В-ПК-11	СК-8, СК-15
ПК-12	З-ПК-12	СК-8, СК-15
	У-ПК-12	СК-8, СК-15
	В-ПК-12	СК-8, СК-15
ПК-3	З-ПК-3	З, СК-8, СК-15
	У-ПК-3	З, СК-8, СК-15
	В-ПК-3	З, СК-8, СК-15
ПК-4	З-ПК-4	СК-8, СК-15
	У-ПК-4	СК-8, СК-15
	В-ПК-4	СК-8, СК-15
ПК-5	З-ПК-5	СК-8, СК-15
	У-ПК-5	СК-8, СК-15
	В-ПК-5	СК-8, СК-15
ПК-6	З-ПК-6	З, СК-8, СК-15
	У-ПК-6	З, СК-8, СК-15
	В-ПК-6	З, СК-8, СК-15
ПК-6.2	З-ПК-6.2	СК-8, СК-15

	У-ПК-6.2	СК-8, СК-15
	В-ПК-6.2	СК-8, СК-15
ПК-6.4	З-ПК-6.4	СК-8, СК-15
	У-ПК-6.4	СК-8, СК-15
	В-ПК-6.4	СК-8, СК-15
ПК-9	З-ПК-9	СК-8, СК-15
	У-ПК-9	СК-8, СК-15
	В-ПК-9	СК-8, СК-15
УК-1	З-УК-1	3, СК-8, СК-15
	У-УК-1	3, СК-8, СК-15
	В-УК-1	3, СК-8, СК-15
УК-2	З-УК-2	СК-8, СК-15
	У-УК-2	СК-8, СК-15
	В-УК-2	СК-8, СК-15
УК-4	З-УК-4	3, СК-8, СК-15
	У-УК-4	3, СК-8, СК-15
	В-УК-4	3, СК-8, СК-15
ПК-2	З-ПК-2	СК-8, СК-15
	У-ПК-2	СК-8, СК-15
	В-ПК-2	СК-8, СК-15
ПК-1	З-ПК-1	СК-8, СК-15
	У-ПК-1	СК-8, СК-15
	В-ПК-1	СК-8, СК-15
ПК-2.4	З-ПК-2.4	СК-8, СК-15
	У-ПК-2.4	СК-8, СК-15
	В-ПК-2.4	СК-8, СК-15
ПК-7	З-ПК-7	СК-8, СК-15
	У-ПК-7	СК-8, СК-15
	В-ПК-7	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-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64		F	
ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«не зачтено»	

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М34 Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики : учебное пособие для вузов, Якушин В.Л. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
2. ЭИ В 39 Основы процессов инженерной экологии. Теория, примеры, задачи : учебное пособие, Ветошкин А. Г., Санкт-Петербург: Лань, 2014
3. ЭИ В38 Сборник тестовых заданий по экологии : учебное пособие для вузов, Весна Е.Б., Ксенофонтов А.И., Демин В.М., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. ЭИ В43 Экологические риски здоровью населения : монография, Морозова Е.Е., Викторов А.А., Ксенофонтов А.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
5. 50 В43 Экологические риски здоровью населения : монография, Морозова Е.Е., Викторов А.А., Ксенофонтов А.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
6. 50 Б79 Экология ядерной и возобновляемой энергетики : учебное пособие, Харитонов В.В., Болятко В.В., Ксенофонтов А.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
7. ЭИ Б79 Экология ядерной и возобновляемой энергетики : учебное пособие для вузов, Харитонов В.В., Болятко В.В., Ксенофонтов А.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

8. ЭИ Я34 Ядерные технологии: история, состояние, перспективы : учебное пособие для вузов, Андрианов А.А. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 М25 Атомная энергия и радиационная безопасность : , Маргулис У.Я., М.: Энергоатомиздат, 1988
2. 621.039 Р27 Введение в ядерные энерготехнологии : , Рачков М.В., Иванов Б.В., Лебедев Л.А., Москва: Наука, 2015
3. 50 М34 Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики : учебное пособие для вузов, Якушин В.Л. [и др.], Москва: МЭИ, 2012
4. 621.039 О-23 Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами в атомной энергетике : учебное пособие для вузов, Куценко К.В. [и др.], Москва: МИФИ, 2007
5. 621.039 А77 Основы безопасного обращения с радиоактивными отходами : учеб. пособие для вузов, Шмелев А.Н., Апсэ В.А., М.: МИФИ, 2006
6. 621.039 К60 Проблемы утилизации отработавшего ядерного топлива : Учеб. пособие, Колбязгин Н.П., Яковлев Г.Н., Соболев В.П., М.: МИФИ, 1990
7. ЭИ Р44 Ресурсы и факторы управления в энергосбережении и экологии : учебное пособие для вузов, Лаптева А.В. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
8. 621.039 К89 Российская и мировая атомная энергетика : , Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д., Москва: Московский гуманитарный ун-т, 2008
9. 50 В38 Сборник тестовых заданий по экологии : учебное пособие для вузов, Весна Е.Б., Ксенофонтов А.И., Демин В.М., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
10. 621.039 К60 Химическая переработка облученного ядерного топлива : учебное пособие, Колбязгин Н.П., Яковлев Г.Н., Сергиевский В.В., Москва: МИФИ, 1991
11. 621.039 К89 Экологическая безопасность объектов использования атомной энергии : учебное пособие для вузов, Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д., Никитин В.С., Москва: НИПКЦ Восход-А, 2010
12. 621.039 С38 Экономика ядерной энергетики: основы технологии и экономики производства, экономика АЭС : Учеб. пособие для вузов, Синев Н.М., М.: Энергоатомиздат, 1987
13. 621.039 Я34 Ядерные технологии : учебное пособие, Куликов Е.Г. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
14. 621.039 А77 Ядерные технологии : учебное пособие для вузов, Шмелев А.Н., Апсэ В.А., Москва: МИФИ, 2008

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 энергетiku» 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.

