

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ЗАМКНУТОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

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, экз./зач./КР/КП
1	6	216	50	90	0		40	0	Э
Итого	6	216	50	90	0	64	40	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Радиохимия» посвящена ознакомлению студентов с особенностями поведения радиоактивных изотопов в ультрамалых концентрациях в растворе, газе и твердой фазе, распределение их между фазами в процессах соосаждения, адсорбции, ионного и изотопного обмена, электрохимии, что связано с технологией переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), радиоактивных отходов (РАО) и анализа качества теплоносителя на АЭС.

Курс базируется на знаниях, полученных студентами при изучении физики, высшей математики, физической химии, ядерной физики и дозиметрии. В свою очередь, он является базой для изучения последующих специальных курсов.

Дисциплина посвящена ознакомлению студентов особенностям применения и условиям эксплуатации различных теплоносителей для охлаждения современных, а также перспективных ядерных реакторов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «РАДИОХИМИЯ» является изучение особенностей поведения радиоактивных изотопов в ультрамалых концентрациях в растворе, газе и твердой фазе, распределение их между фазами в процессах соосаждения, адсорбции, ионного и изотопного обмена, электрохимии, а также вопросы синтеза меченных соединений и применение радиоактивных изотопов в науке и промышленности.

Курс базируется на знаниях, полученных студентами при изучении физики, высшей математики, физической химии, ядерной физики и дозиметрии. В свою очередь, он является базой для изучения последующих специальных курсов.

Основными задачами курса являются освоение студентами теоретических знаний в области общей и прикладной радиохимии и привитие им навыков работы с радиоактивными веществами.

Целью дисциплины «ТЕПЛОНОСИТЕЛИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ» является ознакомление студентов и передача им знаний в области применения и условий эксплуатации различных теплоносителей (вода, газы, жидкие металлы, органические соединения) для охлаждения современных, а также перспективных ядерных реакторов, включая инновационные ЯЭУ с жидкометаллическими реакторами на быстрых нейтронах, высокотемпературными реакторами, реакторами с водой сверхкритического давления и т.д..

ОСНОВНЫМИ ЗАДАЧАМИ КУРСА ЯВЛЯЮТСЯ:

Ознакомление студентов и передача им знаний в области применения и условий эксплуатации таких теплоносителей как вода, газы, жидкие металлы, органические соединения и т.д.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная программа соответствует требованиям образовательного стандарта высшего образования национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению 14.04.02 - Ядерные физика и технологии.

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] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий

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			
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС,	ПК-6.1 [1] - Способен применять полученные знания для разработки новой технологической платформы атомной энергетики с вовлечением в топливный цикл урана-238 и продуктов переработки отработавшего ядерного топлива. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-6.1[1] - Знать промышленно-реализованные и перспективные технологии переработки отработавшего ядерного топлива реакторов на быстрых нейтронах, требования к конечным продуктам переработки отработавшего ядерного топлива, основные методы обращения с

	объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.		радиоактивными отходами.; У-ПК-6.1[1] - Уметь применять полученные знания в производственной и научной деятельности.; В-ПК-6.1[1] - Владеть методами обеспечения ядерной безопасности и взрыво- и пожаробезопасности применительно к технологиям переработки отработавшего ядерного топлива.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	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.	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. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	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 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.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные	ПК-6.4 [1] - Способен освоить специальные знания и практические навыки в области регулирования и	З-ПК-6.4[1] - Знать основы государственной политики Российской Федерации в области

платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	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.	обоснования безопасности объектов использования атомной энергии и ядерного наследия. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	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 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.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования,	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические	ПК-13 [1] - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике <i>Основание:</i>	З-ПК-13[1] - Знать математические методы и компьютерные технологии, необходимые для проектирования и разработки программного обеспечения для

обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	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.	Профессиональный стандарт: 24.078	инженерного анализа инновационных продуктов. ; У-ПК-13[1] - Уметь разрабатывать и тестировать программное обеспечение для инженерного анализа инновационных продуктов.; В-ПК-13[1] - владеть навыками разработки и тестирования программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов.
---	---	-----------------------------------	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (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	Часть 1	1-8	25/45/0	КИ-8 (25)	25	КИ-8	3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, 3-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4
2	Часть 2	9-16	25/45/0	КИ-16 (25)	25	КИ-16	3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-6.2, У-ПК-6.2,

							В-ПК-6.2, 3-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		50/90/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, 3-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1

* – сокращенное наименование формы контроля

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

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	50	90	0
1-8	Часть 1	25	45	0
1 - 8	Часть 1 Тема 1. Введение. Особенности радиохимии. Основные закономерности сокристаллизации. Историческая справка. Что такое радиохимия. Основные разделы радиохимии. Поведения радионуклидов в растворах больших разведений. Классификация процессов соосаждения. Изотопные, специфические и неспецифические носители и области их применения.	Всего аудиторных часов		
		25	45	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Изоморфная и изодиморфная сокристаллизация. Основные закономерности сокристаллизации. Распределение микрокомпонента между фазами. Константа Хлопина. Коэффициент кристаллизации D. Линейный и логарифмический законы распределения, условия сокристаллизации. Факторы, влияющие на коэффициент кристаллизации. Образование смешанных кристаллов Гримма. Понятие об аномально смешанных кристаллах. Тема 2. Адсорбционные процессы и коллоидообразование в радиохимии. Роль изотопного обмена. Электрохимические особенности в радиохимии. Адсорбция на ионных кристаллах. Первичная обменная адсорбция. Первичная потенциалообразующая адсорбция и вторичная обменная адсорбция. Их закономерности. Уравнение Ратнера и следствия из него. Адсорбция на стекле и бумажных фильтрах. Значение адсорбционных явлений в радиохимии. Применение неспецифических носителей. Экспериментальные методы разграничения различных механизмов соосаждения. Истинные и псевдоколлоиды. Условия их образования, свойства и методы исследования: диализ, ультрафильтрация, центрифугирование, диффузия, радиография и др. Изотопный обмен. Механизм и кинетика изотопного обмена. Идеальный изотопный обмен и его закономерности. Электрохимические методы выделения радионуклидов. Критический потенциал выделения и методы его определения. Применимость уравнения Нернста в растворах больших разведений. Теория Гайсинского. Использование электрохимических методов в радиохимии. Тема 1. Свойства теплоносителей. Взаимодействие с конструкционными материалами. Теплоносители ядерных энергетических установок – общие сведения: требования, предъявляемые к теплоносителям действующих и перспективных ядерных реакторов; классификация теплоносителей; основные теплофизические и ядерно-физические характеристики теплоносителей; мощность, затрачиваемая на перекачивание теплоносителя по теплообменному контуру. Водные теплоносители: теплофизические, ядерно-физические и физико-химические свойства; радиолиз воды; водно-химический режим реакторов ВВЭР; водно-химический режим кипящих реакторов; водные теплоносители при околокритических параметрах состояния. Жидкометаллические теплоносители: ядерно-физические свойства; теплофизические и физико-химические свойства; термодинамика жидкометаллических теплоносителей; натриевый теплоноситель; теплоноситель			
--	--	--	--	--

	свинец-висмут; свинцовый теплоноситель; литиевый теплоноситель; методы и средства технологии жидкометаллических теплоносителей. Газовые теплоносители: свойства газовых теплоносителей; гелий как теплоноситель ВТГР. Взаимодействие теплоносителей с конструкционными материалами. Классификация коррозионных процессов. Виды коррозионных повреждений и показатели скорости коррозии. Механизм химической коррозии. Оксидные пленки на конструкционных металлах и их защитные свойства. Механизм электрохимической коррозии. Влияние свойств и состава теплоносителя на скорость электрохимической коррозии. Характеристика коррозионных повреждений в водной среде. Коррозионное воздействие жидкометаллических теплоносителей на конструкционные материалы. Коррозия конструкционных материалов ЯЭУ с газовым охлаждением.			
9-16	Часть 2	25	45	0
9 - 16	Часть 2 Тема 3. Хроматография и экстракция в радиохимии. Применение радионуклидов в исследованиях. Классификация хроматографических процессов по механизмам. Адсорбционная хроматография радиоактивных веществ. Ионообменная хроматография. Классификация ионитов и их основные физико-химические свойства: обменная емкость, механическая прочность, химическая и радиационная устойчивость, набухаемость и др. Кинетика ионного обмена. Определение полной обменной емкости радиохимическим методом. Равновесие при ионном обмене. Селективность ионитов. Изотермы сорбции и хроматографические зоны. Элюентный метод ионообменной хроматографии, его закономерности. Вытеснительный метод. Применение ионообменной хроматографии в радиохимии. Экстракция, основные понятия и определения. Изотерма экстракции и закон Бертелло-Нернста. «Физическое» распределение. Классификация систем с химическим взаимодействием. Экстракция нейтральными органическими веществами. Образование координационных соединений (сольватов). Константа экстрагирования. Определение состава экстрагируемых соединений: метод насыщения, метод сдвига равновесия, метод анализа органической фазы, криоскопический метод. Гидратно-сольватный механизм. Экстракция органическими основаниями и их солями. Константы экстрагирования: извлечение кислот, анионный обмен, экстракция металлов. Влияние высаливателей. Экстракция органическими кислотами и их солями. Типы экстрагентов. Реакция экстрагирования, рН полувыделения. Применение экстракции в радиохимии.	Всего аудиторных часов		
		25	45	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Распределительная хроматография. Методы закрепления фазы. Достоинства и недостатки. Общие положения метода «меченых» атомов. Применение радионуклидов в качестве «меченых» атомов. Выбор изотопов, их радиохимическая чистота, расчет необходимой активности. Синтез меченых соединений. Радиоаналитические методы: радиоактивационный анализ, изотопное разведение, радиометрическая корректировка, радиометрическое титрование. Их достоинства и недостатки. Применение субстехиометрического выделения. Применение радионуклидов в различных областях науки: в физической химии, в органической химии, в биологии и физической биологии, в геологии, в медицине и др. Тема 2. Радиационная стойкость и радиоактивность теплоносителей. Методы очистки и контроля качества теплоносителей. Радиоактивность теплоносителя: система теплоносителя как источник излучения; собственная радиоактивность теплоносителя; активация примесей; активность продуктов деления. Методы очистки теплоносителей от примесей: значение чистоты теплоносителя при эксплуатации ЯЭУ; поступление примесей в контур с теплоносителем; очистка воды на ЯЭУ; примеси и продукты деления в жидкометаллических теплоносителях и методы очистки жидких металлов; очистка газовых теплоносителей. Реакторы с расплавносолевым теплоносителем: расплавы фторидных и хлоридных солей в качестве теплоносителя, топливной композиции и среды для фракционирования продуктов деления и топливных нуклидов.			
--	---	--	--	--

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	Темы 1

	1. Теплофизические свойства теплоносителей ЯЭУ. 2. Основные понятия термодинамики жидкометаллических теплоносителей. 3. Затраты мощности на прокачивание теплоносителей. 4. Методы защиты конструкционных материалов от коррозии.
9 - 16	Темы 2 5. Methods for cleaning coolants from impurities. 6. Effect of oxide films on the heat transfer. 7. Methods of liquid metal technology.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы курса используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в интерактивных классах. Особое внимание студентов обращается на интернет ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала, а также подготовку к коллаквиума.

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-13	З-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6.1	З-ПК-6.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6.1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6.2	З-ПК-6.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6.2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6.4	З-ПК-6.4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6.4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6.4	Э, КИ-8, КИ-16
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-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»	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 изложении программного материала.
60-64			
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 Ш 32 Водоподготовка и химия воды : учебное пособие, Шачнева Е. Ю., Санкт-Петербург: Лань, 2021
2. ЭИ М 61 Общая химия. Для инженерно-технических направлений подготовки и специальностей : учебное пособие, Щеголихина Н. А., Минаевская Л. В., Санкт-Петербург: Лань, 2020
3. ЭИ П 90 Ядерная химия. Избранные главы : учебное пособие, Пучкова Е. В., Санкт-Петербург: Лань, 2021

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 8(Англ) Р93 Англо-русский политехнический словарь по энергетике и ядерной безопасности Т.1 А - М, Рыбкин В.М, Москва: Издательский дом МЭИ, 2015
2. 8(Англ) Р93 Англо-русский политехнический словарь по энергетике и ядерной безопасности Т.2 N - Z, Рыбкин В.М, Москва: Издательский дом МЭИ, 2015
3. Т 64 Беседы о ядерной энергетике. Физика реакторов и технологии модульных быстрых реакторов с теплоносителем свинец-висмут (для начинающих и не только) : монография, Тошинский Г.И., Москва: Проспект, 2019
4. 001 И66 Инновации Росатома : новые достижения в науке и технике за 2014 год, , Москва: Издательский дом МЭИ, 2015
5. 621.039 Г 68 Радиохимический комплекс: создание, становление, развитие : , Гордеев Я.Н., Кузнецов Р.А., Топоров Ю.Г., Дмитровград: ГНЦ НИИАР, 2018
6. 620 М15 Системные исследования развития энергетики : курс лекций, Макаров А.А., Москва: Издательский дом МЭИ, 2015

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Espacenet (<http://www.espacenet.com/>)
2. ФИПС (<http://www1.fips.ru/>)
3. Industrial Property Digital Library (IPDL) (http://www.ipdl.inpit.go.jp/homepg_e.ipdl)
4. The United States Patent and Trademark Office (<http://patft.uspto.gov/>)
5. KIPRIS (<http://www.kipris.or.kr/enghome/main.jsp>)
6. ВОИС (<http://www.wipo.int/pctdb/>)
7. Сайт "Инновации Росатом" ()

<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

С целью приобретения и развития навыков самостоятельной работы при решении различных задач студентам предлагается в течение семестра выполнить задания для сдачи промежуточного контроля.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В процессе преподавания рекомендуется широко использовать презентации, а сами занятия проводить в интерактивных классах.

Результатом изучения дисциплины должно стать развитие способности студентов к решению инженерных задач на основе строгих научных методов.

Автор(ы):

Першуков Вячеслав Александрович, д.т.н.,
профессор

Рецензент(ы):

Лаврухин А.А.