

Северский технологический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(СТИ НИЯУ МИФИ)

Кафедра «Химии и технологии материалов современной энергетики»

ОДОБРЕНО
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ
протокол № 5 от 28.06.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОГО
ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

14.04.02 Ядерные физика и технологии

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Ядерные энерготехнологии нового поколения

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
1	3	108	8	40	0	40	60	Зач.
2	5	180	16	32	0	28	132	Экз.
3	2	72	0	16	0	0	56	Зач., КП
Итого	10	360	24	88	0	68	248	

Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Технологии и оборудование предприятий ядерного топливного цикла» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», образовательной программы «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

1) **знать:**

- 3.1 названия минералов, содержащих уран и редкие элементы и их состав;
- 3.2 химические свойства урана и редких элементов и их соединений;
- 3.3 физико-химические основы процессов, применяемых при выделении и очистке соединений урана и редких элементов;
- 3.4 технологии получения соединений урана и редких элементов, металлов и сплавов на их основе и их применение в атомной промышленности;
- 3.5 оборудование, применяемое на предприятиях ЯТЦ; конструкции, основы их расчета, конструирования и проектирования.

2) **уметь:**

- У.1 составлять технологические схемы переработки урансодержащего сырья, и сырья, содержащего редкие элементы, применяемые на предприятиях ЯТЦ;
- У.2 самостоятельно делать расчет, конструирование, а также выбор оборудования для осуществления технологических операций;
- У.3 понимать, объяснять и проводить физико-химические обоснования основных процессов, используемых при переработке различного вида сырья до получения готовой продукции.

3) **владеть или быть в состоянии продемонстрировать:**

- В.1 технологическими приемами проведения основных операций по переработке уран- и материалов, содержащих редкие элементы, с получением чистых соединений, металлов и сплавов;
- В.2 основами расчета и конструирования оборудования, используемого на предприятиях ЯТЦ.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Технологии и оборудование предприятий ядерного топливного цикла» являются:

- формирование научно-методической базы магистра в области химии урана и редких элементов;
- ознакомление будущих магистров с основами процессов химической и атомной технологий, основными конструкциями аппаратов и машин спецпроизводств, а также с методами их расчета и конструирования;
- получение будущими магистрами знаний, позволяющими выявлять особенности химического поведения актиноидов и редких элементов, проводить физико-химическое обоснование технологических процессов, рассмотреть наиболее типичные и эффективные схемы переработки урансодержащих руд и перспективные способы переработки с получением готовых продуктов.

Основными задачами дисциплины являются:

формирование у будущих магистров современного мировоззрения в области химии, технологий и оборудования предприятий ЯТЦ, предполагающего не только знание основ химической технологии в области переработки материалов, используемых на этих предприятиях, аппаратного оформления того или иного процесса, но и понимание необходимости усовершенствования этих процессов и оборудования

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Технологии и оборудование предприятий ядерного топливного цикла» (Б1.Б.1.8) - Общенаучный модуль образовательной программы.

3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	З-ОПК-1 знать: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов У-ОПК-1 уметь: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты В-ОПК-1 владеть: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме.
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	З-ОПК-2 Знать: современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; У-ОПК-2 Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы В-ОПК-2 Владеть: навыками применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы

4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Формирование воспитательного потенциала по данным образовательным программам не предусмотрено рабочей программой воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

5 Структура и содержание учебной дисциплины

5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по направлению 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», образовательной программе «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в зачетных единицах – 10, 360 час., обучение по дисциплине проходит в семестре 1, 2, 3.

Дисциплина (модуль) содержит разделы:

- **раздел 1** – «Особенности переработки ядерного горючего. Руды, их подготовка и выщелачивание»
- **раздел 2** – «Аффинаж в технологии урана и производство оксидов урана»
- **раздел 3** – «Получение гексафторида урана. Новое конверсионное производство АО СХК»
- **раздел 4** – «Металлургия урана. Технологии фтороводорода и фтора»
- **раздел 5** – «Технологии редких элементов»
- **раздел 6** – «Технологии и аппаратура завода по фабрикации СНУП топлива»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час				Аттестационные мероприятия		Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа	Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	
1 семестр (18 недель)								
1	Особенности переработки ядерного горючего. Руды, их подготовка и выщелачивание	4	14		22.5	1/Зд1, 3/Зд2, 5/Зд3	5/Т1	30
2	Аффинаж в технологии урана и производство оксидов урана	4	26		37.5	10/Зд4, 12/Зд5, 14/Зд6	17/Т2	30
	Зачет							40
Итого за 1 семестр:		8	40		60			100
2 семестр (16 недель)								
3	Получение гексафторида урана. Новое конверсионное производство АО СХК	6	12		26	2/Зд7, 4/Зд8, 6/Зд9	6/Т3	19
4	Металлургия урана. Технологии фтороводорода и фтора	6	10		17	7/Зд10, 9/Зд11, 11/Зд12	11/Т4	20
5	Технологии редких элементов	4	10		53	13/Зд13, 15/Зд14, 15/Зд15	15/Т5	21
	Экзамен				36			40
Итого за 2 семестр:		16	32		132			100

3 семестр (18 недель)								
6	Технологии и аппаратура завода по фабрикации СНУП топлива		16		14	1/Зд16, 3/Зд17, 5/Зд18, 9/Зд19, 15/Зд20	16/Т6	60
	Курсовой проект				42			
	Зачет							40
Итого за 3 семестр:			16		56			100

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Номера разделов	Аттестационные мероприятия
– знать: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов (З-ОПК-1)	1, 2, 6	Т1, Т2, Зачет (1 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
– уметь: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты (У-ОПК-1)	1, 2, 6	Зд1, Зд2, Зд3, Т1, Зд4, Зд5, Зд6, Т2, Зачет (1 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
– владеть: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме. (В-ОПК-1)	1, 2, 6	Зд1, Зд2, Зд3, Т1, Зд4, Зд5, Зд6, Т2, Зачет (1 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
– Знать: современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; (З-ОПК-2)	3, 4, 5, 6	Т3, Т4, Т5, Экзамен (2 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
– Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (У-ОПК-2)	3, 4, 5, 6	Зд7, Зд8, Зд9, Т3, Зд10, Зд11, Зд12, Т4, Зд13, Зд14, Зд15, Т5, Экзамен (2 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект

– Владеть: навыками применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (В-ОПК-2)	3, 4, 5, 6	Зд7, Зд8, Зд9, Т3, Зд10, Зд11, Зд12, Т4, Зд13, Зд14, Зд15, Т5, Экзамен (2 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
--	------------	--

5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Особенности переработки ядерного горючего. Руды, их подготовка и выщелачивание	
1.1 Предмет и задачи дисциплины. Геохимия, месторождения, руды и минералы урана. Методы разработки урановых месторождений. Химическое выщелачивание урана из руд. Роль дисциплины в подготовке магистров. Связь изучаемой дисциплины с другими специальными дисциплинами. Литература. Краткая история развития урановой промышленности и создания СХК. Области применения урана. Распространенность урана в природе. Образование месторождений и их классификация. Основные урановые руды и минералы. Технологическая характеристика урана из различных его месторождений. Доисторические природные ядерные реакторы. Феномен «Окло». Классификация методов. Разработка месторождений подземным способом. Камерно-столбовая система. Разработка месторождений открытым (карьерным) способом. Тенденции развития промышленности добычи урана. Механическая переработка и обогащение урановых руд. Дробление, измельчение, классификация. Методы обогащения урановых руд, радиометрическое обогащение. Аппаратурное оформление процессов. Физико-химические основы процесса. Зависимость скорости выщелачивания от различных факторов. Кислотное выщелачивание. Выщелачивание три- и диоксида урана. Карбонатное выщелачивание. Аппаратурное оформление процесса выщелачивания. Методы выщелачивания: перколяционное, кучное, агитационное, подземное.	2
1.2 Ионообменная сорбция урана из рудных растворов и пульп. Осаждение урана из растворов (производство химических концентратов). Физико-химические основы процесса. Характеристика и классификация ионитов. Статика и динамика сорбции. Аппаратурное оформление сорбции. Сорбция из осветленных растворов. Сорбция из пульп. Новые типы сорбционных аппаратов. Теоретические основы процесса. Осаждение из растворов после выщелачивания. Осаждение из десорбатов и резкстрактов. Аппаратура для осаждения и сушки концентратов урана.	2

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<i>Итого по разделу 1:</i>	4
Раздел 2 Аффинаж в технологии урана и производство оксидов урана	
2.1 Экстракция урана из рудных растворов. Получение чистых солей урана из концентратов (аффинаж). Физико-химические основы процесса. Характеристика и классификация экстрагентов. Статика экстракции. Аппаратурное оформление экстракции. Экстракционный аффинаж с использованием ТБФ. Осадительный аффинаж урана.	2
2.2 Технологии и аппаратурное оформление получения оксидов урана. Характеристика оксидов и области их применения. Получение триоксида из уранилнитрата (химическая и термическая денитрации). Получение оксидов из оксалатов и из аммонийуранилтрикарбоната. Восстановление высших оксидов до диоксида урана. Аппаратурное оформление этих процессов.	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	4
Раздел 3 Получение гексафторида урана. Новое конверсионное производство АО СХК	
3.1 Анализ классических технологий производства ядерных материалов. Технологии НКП. Основные определения. Производство фторидов урана. Гидрометаллургические методы. Пирометаллургические (термические) методы. Физико-химические свойства тетрафторида урана. Термодинамика и кинетика процесса гидрофторирования. Способы получения тетрафторида урана. Аппаратурное оформление процесса гидрофторирования. Сравнение достоинств и недостатков гидрометаллургических и термических методов получения тетрафторида урана.	2
3.2 Технологии и аппаратурное оформление получения фторидов урана. Общая характеристика и физико-химические свойства. Термодинамика и кинетика процесса. Способы получения ГФУ. Чистота гексафторида урана и поведение примесей при фторировании. Конструкции аппаратов и технологические схемы получения гексафторида урана.. Выделение гексафторида урана из газовой фазы после фторирования. Очистка отходящих газов. Требования к гексафториду урана. Методы отделения гексафторида урана от легколетучих фторидов. Сорбционные методы. Сорбция на фторидах натрия и кальция.	2
3.3 Методы разделения изотопов урана. Электромагнитный, газодиффузионный, центробежный, лазерный и др. методы. Аппаратурное оформление процесса. Способы интенсификации процесса разделения изотопов элементов.	2
<i>Итого по разделу 3:</i>	6
Раздел 4 Metallургия урана. Технологии фтороводорода и фтора	
4.1 Metallургия урана. Фторирующие реагенты. Способы получения металлического урана. Физико-химические основы процесса. Рафинирование металлического урана. Аппаратурное оформление процессов получения металлического урана и его рафинирования. Сырьевые источники для получения фторирующих реагентов. Фторсодержащие руды и минералы. Выбор фторсодержащих руд и минералов. Безводный фтороводород и фтороводородная кислота. Физико-химические свойства.	2

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
4.2 Производство безводного фтороводорода. Способы получения. Производство безводного фтороводорода из флюорита. Очистка HF от примесей. Аппаратурное оформление процесса получения HF.	2
4.3 Производство фтора. Состав электролита. Анодные материалы. Промышленные электролизеры. Очистка фтора. Получение сжатого фтора. Улавливание фтора из сбросных газов. Абсорбционные способы улавливания. Конструкционные материалы, применяемые во фторидных технологиях.	2
<i>Итого по разделу 4:</i>	6
Раздел 5 Технологии редких элементов	
5.1 Введение. Методы переработки рудных материалов. Редкие элементы и их роль в науке и технике. Минералы и руды редких металлов и методы их обогащения. Методы добычи, обогащения и выщелачивания. Аппаратурное оформление этих процессов.	2
5.2 Металлургия редких металлов. Применение РМ в атомной промышленности. Способы получения металлов: металлотермические и электролитические. Аппаратурное оформление этих процессов. Применение РМ в атомной промышленности. Изготовление различных изделий.	2
<i>Итого по разделу 5:</i>	4
Всего по теоретическому разделу дисциплины:	24

5.3 Содержание лабораторного практикума

Лабораторный практикум в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрен.

5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
Раздел 1 Особенности переработки ядерного горючего. Руды, их подготовка и выщелачивание	
1.1 Расчет процесса и оборудования для обогащения урановой руды.	2
1.2 Расчет процессов и оборудования для измельчения и классификации урановых руд.	6
1.3 Расчет процесса и оборудования для сернокислотного выщелачивания урана. Составление шламовых схем. Определение расходных коэффициентов.	6
<i>Итого по разделу 1:</i>	14
Раздел 2 Аффинаж в технологии урана и производство оксидов урана	
2.1 Расчет физико-химических основ процессов осаждения урана, сорбционной и экстракционной очистки растворов урана.	14

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
2.2 Расчет процесса и оборудования для сорбционной очистки и экстракционного аффинажа растворов урана.	8
2.3 Расчет процесса и оборудования для получения оксидов урана.	4
<i>Итого по разделу 2:</i>	26
Раздел 3 Получение гексафторида урана. Новое конверсионное производство АО СХК	
3.1 Расчет процесса и оборудования для получения тетрафторида урана.	4
3.2 Расчет процесса и оборудования для получения гексафторида урана.	4
3.3 Расчет процесса и оборудования для разделения изотопов.	4
<i>Итого по разделу 3:</i>	12
Раздел 4 Металлургия урана. Технологии фтороводорода и фтора	
4.1 Расчет процесса и оборудования для получения металлического урана и его рафинирования.	2
4.2 Расчет процесса и оборудования для получения HF и его очистки.	4
4.3 Расчет процесса и оборудования для получения элементного фтора.	4
<i>Итого по разделу 4:</i>	10
Раздел 5 Технологии редких элементов	
5.1 Расчет процессов и оборудования для выщелачивания руд редких элементов.	4
5.2 Расчет процессов и оборудования для аффинажа растворов, содержащих редкие элементы.	4
5.3 Расчет процессов и оборудования для получения металлических редких элементов.	2
<i>Итого по разделу 5:</i>	10
Раздел 6 Технологии и аппаратура завода по фабрикации СНУП топлива	
6.1 Технологии и аппаратура участка синтеза СНУП.	2
6.2 Технологии и аппаратура участка получения таблеток СНУПТ.	2
6.3 Технологии и аппаратура участка сборки ТВЭЛ и ТВС.	2
6.4 Технологии и аппаратура участка переработки некондиционных СНУП и таблеток СНУПТ.	4
6.5 Производство плотного топлива в рамках проекта "Прорыв".	6
<i>Итого по разделу 6:</i>	16
Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:	88

5.5 Курсовое проектирование

В соответствии с рабочим учебным планом предусмотрено выполнить: Курсовой проект (3 семестр).

Курсовой проект включает в себя следующие этапы:

- 1) Ознакомление с заданием курсового проекта, подбор литературы.
- 2) Выполнение аналитического обзора по теме проекта.
- 3) Разработка аппаратурно-технологической схемы.
- 4) Расчет и конструирование основного аппарата производства.
- 5) Технико-экономическое обоснование проекта.
- 6) Безопасность жизнедеятельности.
- 7) Заключение, литература.

- 8) Выполнение графических материалов.
- 9) Подготовка доклада и презентации.
- 10) Защита курсового проекта.

6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Обучение на основе опыта.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Опережающая самостоятельная работа, Проектный метод, Поисковый метод.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Опережающая самостоятельная работа, Проектный метод, Поисковый метод.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 68 час.

7 Аннотация фонда 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:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ОПК-1	З-ОПК-1	Т1, Т2, Зачет (1 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
ОПК-1	У-ОПК-1	Зд1, Зд2, Зд3, Т1, Зд4, Зд5, Зд6, Т2, Зачет (1 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
ОПК-1	В-ОПК-1	Зд1, Зд2, Зд3, Т1, Зд4, Зд5, Зд6, Т2, Зачет (1 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
ОПК-2	З-ОПК-2	Т3, Т4, Т5, Экзамен (2 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
ОПК-2	У-ОПК-2	Зд7, Зд8, Зд9, Т3, Зд10, Зд11, Зд12, Т4, Зд13, Зд14, Зд15, Т5, Экзамен (2 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект
ОПК-2	В-ОПК-2	Зд7, Зд8, Зд9, Т3, Зд10, Зд11, Зд12, Т4, Зд13, Зд14, Зд15, Т5, Экзамен (2 сем.), Зд16, Зд17, Зд18, Зд19, Зд20, Т6, Зачет (3 сем.), Курсовой проект

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 (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Экзамена.

Аттестация в 1 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
Текущая аттестация			
Зд1	Задание (задача)	5	3
Зд2	Задание (задача)	5	3
Зд3	Задание (задача)	5	3
T1	Тестирование	15	9
Зд4	Задание (задача)	5	3
Зд5	Задание (задача)	5	3
Зд6	Задание (задача)	5	3
T2	Тестирование	15	9
Сумма:		60	36
Промежуточная аттестация			
Зачет		40	24
Итого:		100	60

Аттестация в 2 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
Текущая аттестация			
Зд7	Задание (задача)	3	1.8
Зд8	Задание (задача)	3	1.8
Зд9	Задание (задача)	3	1.8
T3	Тестирование	10	6
Зд10	Задание (задача)	3	1.8
Зд11	Задание (задача)	3	1.8
Зд12	Задание (задача)	4	2.4
T4	Тестирование	10	6
Зд13	Задание (задача)	4	2.4
Зд14	Задание (задача)	4	2.4
Зд15	Задание (задача)	3	1.8
T5	Тестирование	10	6
Сумма:		60	36
Промежуточная аттестация			
Экзамен		40	24
Итого:		100	60

Аттестация в 3 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
Текущая аттестация			
Зд16	Задание (задача)	8	4.8
Зд17	Задание (задача)	8	4.8
Зд18	Задание (задача)	8	4.8
Зд19	Задание (задача)	8	4.8

Зд20	Задание (задача)	8	4.8
Т6	Тестирование	20	12
Сумма:		60	36
Промежуточная аттестация			
Зачет		40	24
Итого:		100	60

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D		E	F
Оценка по 4-х бальной шкале	отлично (отл.)	хорошо (хор.)		удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)	
Зачет	Зачтено						Не зачтено

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.

Оценка «*хорошо*» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

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.

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.

Вопросы для Зачета (1 семестр):

- 1 Ядерная безопасность. Радиационная и химическая безопасность
- 2 Руды урана. Методы обогащения руд урана. Радиометрическое обогащение
- 3 Измельчение и классификация руд уран
- 4 Физико-химические основы выщелачивания урановых руд
- 5 Сернокислотное выщелачивание урановых руд
- 6 Содовое выщелачивание урановых руд
- 7 Аппаратурное оформление процесса выщелачивания урановых руд
- 8 Подземное выщелачивание урановых руд
- 9 Методы аффинажа. Пероксидная очистка. Карбонатная очистка
- 10 Экстракционный аффинаж
- 11 Методы получения оксидов урана
- 12 Получение оксидов урана из уранилнитрата - термическая денитрация
- 13 Восстановление высших оксидов урана до диоксида
- 14 Аппаратурное оформление процессов получения оксидов урана
- 15 Фториды урана
- 16 Производство фторидов урана
- 17 Аппаратурное оформление и технологические схемы получения фторидов урана
- 18 Разделение изотопов

Вопросы для Экзамена (2 семестр):

- 1 Сырьевые источники для производства фтороводорода

- 2 Производство фтороводорода
- 3 Очистка фтороводорода от примесей
- 4 Аппаратурное оформление производства фтороводорода
- 5 Физико-химические основы производства фтора
- 6 Свойства фтора
- 7 Производство фтора
- 8 Аппаратурное оформление производства фтора
- 9 Металлический уран и его свойства
- 10 Восстановительная плавка
- 11 Рафинировочная плавка
- 12 Получение сплавов урана
- 13 Руды редких металлов
- 14 Методы обогащения руд редких металлов
- 15 Методы выщелачивания руд редких металлов
- 16 Методы аффинажа растворов редких металлов
- 17 Методы разделения редких металлов
- 18 Металлургия редких металлов
- 19 Применение редких металлов в атомной промышленности

Вопросы для Зачета (3 семестр):

- 1 Технологии НКП, их преимущества
- 2 Технологии и аппаратура участка синтеза СНУП.
- 3 Технологии и аппаратура участка получения таблеток СНУПТ.
- 4 Технологии и аппаратура участка сборки ТВЭЛ и ТВС.
- 5 Технологии и аппаратура участка переработки некондиционных СНУП и таблеток СНУПТ.
- 6 Производство плотного топлива в рамках проекта "Прорыв"

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

8.1 Основная литература

Л1.1 Бекман И. Н. Ядерные технологии [Текст]: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман - Москва: Юрайт, 2017 - 404 с.

Л1.2 Русаков И. Ю. Основы конструирования и расчёта оборудования химических и атомных производств: учебное пособие / И. Ю. Русаков, В. Л. Софронов; Министерство науки и высшего образования РФ. ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, Кафедра химии и технологий материалов современной энергетики (ХиТМСЭ), Кафедра машин и аппаратов химических и атомных производств (МАХАП) - Северск: Издательство СТИ НИЯУ МИФИ, 2021 - 272 с.

Л1.3 Ташлыков О. Л. Ядерные технологии [Текст]: учебное пособие для вузов / О. Л. Ташлыков; под ред. С. Е. Шеклеина - Москва: Юрайт, 2017 - 198 с.

Л1.4 Тураев Н. С. Химия и технология урана [Текст] / Н. С. Тураев, И. И. Жерин; Федеральное агентство по образованию; Томский политехнический университет; под ред. А. М. Чекмарева - М.: Руда и металлы, 2006 - 396, [2] с.

8.2 Дополнительная литература

Л2.1 Алексеев С. В. Нитридное топливо для ядерной энергетики [Текст] / С. В. Алексеев, В. А. Зайцев - Москва: Техносфера, 2013 - 240 с.

Л2.2 Борисевич В.Д. Физические основы разделения изотопов в газовой центрифуге: учебное пособие / Борисевич В.Д.; Борман В.Д.; Сулаберидзе Г.А.; Тихомиров А.В.; Токманцев В.И. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2011 - 275 с.

Л2.3 Жданов В. М. Тайны разделения изотопов [Электронный ресурс] / Жданов В. М. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2011 - 224 с.

Л2.4 Мархоцкий Я. Л. Основы радиационной безопасности населения / Я. Л. Мархоцкий - Минск: Вышэйшая школа, 2014 - 224 с.

Л2.5 Неводные методы переработки оксидных тепловыделяющих элементов / Министерство образования и науки РФ ; Томский государственный университет, Сибирский физико-технический институт им. В. Д. Кузнецова ; Северский технологический институт Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ" - Томск: Изд-во ТУСУР, 2012Ч. 1: Фторирование оксидов урана и десублимация гексафторида урана: Ч. 1: Фторирование оксидов урана и десублимация гексафторида урана / Е. П. Мариненко, В. И. Сачков, В. А. Хохлов - 122, [2] с.

Л2.6 Неводные методы переработки оксидных тепловыделяющих элементов / Министерство образования и науки РФ ; Томский государственный университет, Сибирский физико-технический институт им. В. Д. Кузнецова ; Северский технологический институт Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ" - Томск: Изд-во ТУСУР, 2012Ч. 2: Теория и практика ректификационной и сорбционно-термической очистки гексафторида урана от примесей: Ч. 2: Теория и практика ректификационной и сорбционно-термической очистки гексафторида урана от примесей [Текст] / А. С. Буйновский [и др.] - 169, [1] с.

Л2.7 Сваровский А. Я. Обращение с отработавшим ядерным топливом АЭС в России [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Я. Сваровский; Федеральное агентство по образованию, Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ ; под ред. В. П. Пищулина - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2011 - 115, [1] с.

8.3 Информационно-образовательные ресурсы

Э1 Журнал «American Chemical Society (ACS)». Режим доступа: www.library.mephi.ru.

Э2 Журнал «The Royal Society of Chemistry (RSC)». Режим доступа: www.library.mephi.ru.

Э3 Журнал «Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология». Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.

Э4 Журнал «Экология промышленного производства». Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.

Э5 Журнал «Атомная энергия». Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.

Э6 Журнал «Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика». Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.

Э7 «Росатом» – госкорпорация по атомной энергии. Режим доступа: <http://www.rosatom.ru/>.

9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

10 Учебно-методические рекомендации для студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

Лекции. Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: помечать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

Практические занятия. Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из существа данной задачи.

При обсуждении основных положений и выводов, объяснении явлений и фактов, ответа на поставленные вопросы:

1) вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода профессиональной деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного. При этом студент может обращаться к записям конспекта и лекций, непосредственно к первоисточникам, использовать факты и наблюдения современной жизни и т. д.

Промежуточная аттестация. Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей

На лекционных, практических, занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса
- Подготовка к практическим занятиям, семинарам
- Выполнение домашних заданий
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (1 семестр)

В течение 1 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Зачету по дисциплине. Студент на Зачете должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (2 семестр)

В течение 2 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Экзамену по дисциплине. Студент на Экзамене должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (3 семестр), Курсовой проект (3 семестр)

В течение 3 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Зачету, защите КП по дисциплине. Студент на Зачете, защите КП должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

Автор(ы): В.Л. Софронов