

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ИЯТШ
 _____ О.Ю. Долматов
 « ___ » _____ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
 НА УЧЕБНЫЙ ГОД**

Оборудование предприятий ядерного топливного цикла

Направление (специальность) ООП	14.04.02 – Ядерные физика и технологии		
Номер кластера			
Профиль (-и) подготовки (специализация, программа)	Изотопные технологии и материалы		
Квалификация	магистр		
Базовый учебный план приема (год)	2018		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
	по очной форме обучения		
Лекции, ч	8		
Практические занятия, ч	16		
Лабораторные занятия, ч	24		
Контактная (аудиторная) работа (ВСЕГО), ч	48		
Самостоятельная работа, ч	60		
ИТОГО, ч	108		

Вид промежуточной аттестации	экзамен, диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ ИЯТШ
------------------------------	---------------------------	---------------------------------	--------------

Руководитель ОЯТЦ ИЯТШ	А.Г. Горюнов
Руководитель ООП	Л.И. Дорофеева
Преподаватель	А.А. Орлов

2018 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного состава компетенций (результатов освоения) для подготовки к профессиональной деятельности (в соответствии с п. 3).

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Оборудование предприятий ядерного топливного цикла» Б.М.2 относится к разделу (блоку) учебного плана ООП: Вариативная часть. Модуль специализации "Изотопные технологии и материалы"

Корреквизиты:

1. Перспективные технологии ядерного топливного цикла
2. Автоматизация на разделительных предприятиях ядерного топливного цикла

Постреквизиты:

1. Изотопно-модифицированные материалы
2. Лазерные изотопные технологии и лазерные методы диагностики
3. Моделирование и оптимизация физико-химических процессов
4. Газофазные методы разделения изотопов
5. Изотопная селективность в физико-химических процессах
6. Разделение многокомпонентных изотопных смесей
7. Электрохимические технологии разделения изотопов
8. Мембранные процессы и технологии

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов освоения ООП), в т.ч. в соответствии с ФГОС 3++ ВО и профессиональными стандартами (табл.1):

Таблица 1

Составляющие результатов освоения ООП

Результаты освоения ООП	Компетенции по ФГОС, СУОС	Составляющие результатов освоения					
		Код	Владение опытом	Код	Умения	Код	Знания
Р7	ОК-4 ПК-4 ПК-14	В.7.1	математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	У.7.1	использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	3.7.1	основных законов естественнонаучных дисциплин
Р10		В.10.1	эксплуатации современного физического оборудования и приборов	У10.1	осваивать технологические процессы в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем	310.1	способов монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей
Р12		В.12.1	сбора и анализа информационных исходных данных для проектирования приборов и установок	У.12.1.	использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов	3.12.1	методов математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований

В результате освоения дисциплины студентом должны быть достигнуты следующие результаты (табл. 2):

Таблица 2

Планируемые результаты обучения по дисциплине

№ п/п	Результат
РД1	Студент должен: знать основные способы и установки для экспериментального исследования физико-химических свойств разделительных систем и способы обработки полученной информации; терминологию, используемую для описания методов разделения изотопов; уметь находить и использовать научно-техническую информацию в исследуемой области из различных ресурсов, включая интернет; владеть опытом работы и использования в ходе проведения исследований научно-технической информации, Интернет-ресурсов, баз данных, поисковых систем и др. в области изотопного разделения, в том числе, на иностранном языке
РД2	Студент должен: знать специальные разделы математики, физики и химии, лежащие в основе способов, применяемых для организации процессов изотопного разделения; уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин при описании обменных процессов; владеть устойчивыми навыками проведения теоретических расчетов и моделирования процессов изотопного обмена с использованием компьютерной техники, обработки, систематизации и анализа полученных результатов
РД3	Студент должен: уметь подбирать способы решения поставленной задачи по заданным условиям работы разделительной установки; определять последовательность и проводить расчет основных параметров установки для разделения изотопов; оптимизировать каскады с целью обеспечения максимального КПД их работы
РД4	Студент должен: знать подходы к математическому моделированию гидравлических и разделительных процессов в наиболее часто используемых системах; уметь определять физико-химические характеристики разделительного процесса и критически их оценивать; использовать прикладные программы для моделирования и расчета разделительных установок с использованием ЭВМ; владеть опытом подготовки данных и составления отчета по проделанной работе в соответствии с требованиями нормативной документации
РД13	Студент должен владеть опытом использования научно-технической информации отечественных и зарубежных авторов по тематике исследования, современных компьютерных технологий и базы данных в своей предметной области
РД5	Студент должен знать устройства основных элементов разделительного каскада; владеть приемами синтеза элементов и методиками расчета некоторых схем разделительных каскадов
РД6	Студент должен знать способы компоновки технологического оборудования каскадов

4. Структура и содержание дисциплины

Раздел 1. Газодиффузионное оборудование

В разделе рассмотрено устройство, принцип действия, назначение, компоновка и маркировка газодиффузионных машин.

Темы лекций:

1. Газодиффузионные делители.

Темы практических занятий:

1. Методика расчета газодиффузионных каскадов.
2. Оптимизация работы газодиффузионного каскада.

Названия лабораторных работ:

1. Газодиффузионное оборудование разделительных предприятий.
2. Компоновка и маркировка газодиффузионного оборудования. Подготовка его к эксплуатации.

Раздел 2. Оборудование для разделения изотопов в газовых центрифугах

В разделе рассмотрено основное технологическое, вспомогательное технологическое и механическое оборудование. Их устройство, принцип действия, назначение, компоновка и маркировка.

Темы лекций:

2. Основное технологическое оборудование.
3. Вспомогательное технологическое и механическое оборудование.

Темы практических занятий:

3. Принцип компоновки основного технологического оборудования в технологической схеме.
4. Контроль режимов работы технологического оборудования.
5. Организация структуры разделительного производства.
6. Обеспечение надежной работы оборудования.

Названия лабораторных работ:

3. Компоновка основного технологического оборудования.
4. Маркировка основного технологического, вспомогательного технологического и механического оборудования.

Раздел 3. Оборудование для сорбции и амальгамного обмена

В разделе рассмотрено оборудование ионообменного и амальгамно-обменного методов, а также оборудование для получения металлического лития. Их устройство, принцип действия, назначение.

Темы лекций:

4. Оборудование амальгамно-обменного и ионообменного методов.

Темы практических занятий:

7. Принципы формирования амальгамно-обменных каскадов.
8. Подбор ионообменной смолы для извлечения ценных компонентов.

Названия лабораторных работ:

5. Электролизное получение амальгамы лития.
6. Определение основных характеристик ионообменных смол.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в видах и формах, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

Основные виды и формы самостоятельной работы

Виды самостоятельной работы	Объем времени, ч
<i>Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса</i>	5
<i>Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку</i>	5
<i>Поиск, анализ, структурирование и презентация информации</i>	5
<i>Перевод текстов с иностранных языков</i>	2
<i>Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям</i>	10
<i>Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом</i>	20
<i>Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах</i>	5
<i>Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме</i>	3
<i>Подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, диф. зачету, экзамену</i>	5

6. Оценка качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации студентов Томского политехнического университета».

Максимальное количество баллов по дисциплине в семестре – 100 баллов, в т.ч.:

- в рамках текущего контроля – 80 баллов,
- за промежуточную аттестацию (экзамен) – 20 баллов.

Максимальное количество баллов за выполнение курсового проекта в семестре – 100 баллов, в т.ч.:

- в рамках текущего контроля – 40 баллов,
- за промежуточную аттестацию (защиту) – 60 баллов.

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам оценочных мероприятий.

Оценочные мероприятия текущего контроля по разделам и видам учебной деятельности приведены в Приложении «Календарный рейтинг-план изучения дисциплины», «Календарный рейтинг-план выполнения курсового проекта».

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Методическое обеспечение

Основная литература:

1. *Изотопы: свойства, получение, применение. В 2 т. Т.1/Под ред. В.Ю. Баранова. М., ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 728 с.*
2. *Теория каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей: Учебное пособие / Г.А. Сулаберидзе, В.А. Палкин, В.Д. Борисевич, В.Д. Борман, А.В. Тихомиров; под ред. проф. В.Д. Бормана. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 368 с.*
3. *Разделение изотопов урана [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / А.А. Орлов, А.В. Абрамов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 1.9 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m274.pdf>*
4. *A. Yu. Smirnov, G. A. Sulaberidze. Comparison of methods of enriching intermediate components in cascades with the same number of separative elements. Atomic Energy, Vol. 117, No. 5, March, 2015 (Russian Original Vol. 117, No. 5, November, 2014). DOI 10.1007/s10512-015-9931-7.*
5. *G. Sulaberidze, Shi Zeng, A. Smirnov, A. Bonarev, V. Borisevich, Dongjun Jiang. Efficiency criteria for optimization of separation cascades for uranium enrichment. Nuclear Engineering and Technology November 2017, <https://doi.org/10.1016/j.net.2017.10.008>.*

Дополнительная литература:

1. *Ионообменная технология разделения и очистки веществ [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.П. Вергун, В.Ф. Мышкин, А.В. Власов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 2.4 МВ). – Томск: 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Доступ из сети НТБ ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader.*
2. *Гидрогазодинамика разделительных процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д. Г. Видяев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 683 KB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader.*
3. *Розен А.М. Теория разделения изотопов в колоннах. – М.: Атомиздат, 1960. – 436 с.*
4. *Оптическое и лазерно-химическое разделение изотопов в атомарных парах / П.А. Бохан [и др.]. – М.: Физматлит, 2010. – 224 с.: ил. – Библиогр.: с. 214-224. – ISBN 978-5-9221-1151-5.*
5. *Физические основы разделения изотопов в газовой центрифуге: учебное пособие / В.Д. Борисевич [и др.]. – Москва: Изд-во МЭИ, 2011. – 277 с.: ил. – Библиогр.: с. 266-270. – ISBN 978-5-383-00588-0.*

7.2 Информационное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. www.lib.tpu.ru/
2. www.lib.tsu.ru/
3. www.elibrary.ru/
4. www.scopus.com/
5. www.wokinfo.com/russian/
6. <http://www.rosatom.ru>
7. <http://window.edu.ru/>

Используемое лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Office (Excel, Word, PowerPoint);
2. Mathcad;
3. Mathlab.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Основное материально-техническое обеспечение дисциплины представлено в табл. 4.

Таблица 4

Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, компьютерных классов, учебных лабораторий, объектов для проведения практических занятий с перечнем основного оборудования	Адрес (местоположение), с указанием корпуса и номера аудитории
1.	Компьютерный класс кафедры ТФ, 11 компьютеров	10 уч. корпус, ауд. 242
2	Учебные лаборатории	10 к.: ауд. 316, ауд. 239, ауд. 244, ауд. 246, ауд. 247, ауд. 019, ауд. 001. 11 к.: ауд. 302, ауд. 303.
3.	Компьютерный класс, 31 компьютер	10 уч. корпус, ауд. 319
4.	Оборудование: Масс-спектрометр УМТ-3, 1 шт. Масс-спектрометр ЭМГ-20-9, 1 шт. Спектрометр MSDD1000, 1 шт. Перестраиваемый лазер LF-117, 1 шт. Плазмохимический стенд на базе ВЧГ-4/27, 1 шт.	10 уч. к., ауд. 001 10 уч. к., ауд. 239 10 уч. к., ауд. 316 10 уч. к., ауд. 316 10 уч. к., ауд. 001

9. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются следующие образовательные технологии:

Таблица 5

Методы и формы организации обучения

Формы организации	Лекц.	Лаб.	Пр. зан./	Тр.*,	СРС	К. пр.***
-------------------	-------	------	-----------	-------	-----	-----------

обучения		раб.	сем.,	Мк**		
Методы						
IT-методы		+	+			+
Работа в команде		+				
Case-study						
Игра						
Методы проблемного обучения			+		+	
Обучение на основе опыта	+		+			
Опережающая самостоятельная работа		+			+	
Проектный метод	+					
Поисковый метод					+	
Исследовательский метод		+				
Другие методы	**	***	*	+		*

* – Тренинг, ** – мастер-класс, ***– командный проект

IT-методы – использование Internet-ресурсов для расширения информационного поля и получения информации, в том числе и профессиональной.

Работа в команде – это работа или тренинг небольшой группы студентов, занятых выполнением определенной задачи. При этом, участники группы имеют личную заинтересованность в успехе всей группы. Один из участников группы выполняет роль лидера.

Методы проблемного обучения: исследовательский, эвристический и метод проблемного изложения. Под проблемным обучением обычно понимают стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний для решения конкретной поставленной задачи.

Обучение на основе опыта – это модель эффективного использования имеющегося жизненного и профессионального опыта обучаемых в их дальнейшем образовании и развитии при помощи таких форм, как дискуссии, дебаты, обсуждение вопросов, требующих критического мышления, проблемное обучение, кейс-стади и т.д. Большую роль в успехе таких форм занятий играет мастерство преподавателя. **Опережающая самостоятельная работа** – самостоятельное освоение студентами материалов лабораторных, практических работ до его изложения преподавателем во время аудиторных занятий;

Проектный метод – развитие познавательных, творческих навыков студентов, умений самостоятельно конструировать свои знания, умений ориентироваться в информационном пространстве, развитие критического мышления.

Поисковый метод – один из активных методов обучения, заключающийся в том, что изложение учебного материала преподносится как проблема, требующая от обучаемых самостоятельного разрешения или «открытия», которое нужно сделать им самим. Поисковый метод обеспечивает вовлечение учащихся в процесс самостоятельного приобретения знаний, сбора и

исследования информации.

Исследовательский метод – познавательная деятельность, направленная на приобретение новых теоретических и фактических знаний за счет исследовательской деятельности, проводимой под руководством преподавателя во время практических и лабораторных занятий.

Тренинг – метод активного обучения, направленный на развитие знаний, умений и навыков и социальных установок и форма интерактивного обучения, целью которого является развитие компетентности межличностного и профессионального поведения в общении.

Мастер-класс – оригинальный метод обучения и занятие по совершенствованию практического мастерства, проводимое специалистом в определённой области творческой деятельности науки для лиц, достигших достаточного уровня профессионализма в этой сфере деятельности.

Командный проект содержит всю информацию, включая исходный текст, задачи, которые необходимо выполнить, инструкции, документацию, оценки качества и информацию о планировании.

10. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

10.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- опережающая самостоятельная работа;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- проведение расчетов по курсовому проекту;
- подготовка к контрольной работе, диф. зачету, экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- - поиск, анализ, структурирование и презентация информации,
- - исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- - анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- - анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов.

Перечень научных проблем и направлений научных исследований:

- 1) моделирование и расчет параметров разделительных каскадов;
- 2) изыскания в области перспективных систем разделения изотопов урана;
- 3) моделирование гидравлических и разделительных процессов;
- 4) области применения стабильных и радиоактивных изотопов.

10.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Темы индивидуальных заданий:

1. Получение особо чистых веществ с помощью газовых центрифуг.

2. Подбор газообразных соединений для разделения бинарных смесей.
3. Получение стабильных изотопов в России и за рубежом.
4. Использование изотопов и оборудования для медицинских целей.
5. Методы получения стабильных и радиоактивных изотопов.
6. Получение изотопов высокого обогащения в разделительных каскадах.
7. Виды оборудования, используемого для разделения изотопов.
8. Международные требования, предъявляемые к изотопной продукции.
9. Проблема хранения отходов производств по разделению изотопов.
10. Место разделительных предприятий в ЯТЦ.
11. Перспективные, ресурсоэффективные и ресурсосберегающие технологии разделения изотопов.
12. Исторический обзор развития технологий разделения изотопов в России.
13. Применение изотопной продукции в науке, технологиях и различных отраслях народного хозяйства.
14. Получение изотопно-модифицированных веществ и изотопное конструирование.
15. Перспективы развития отрасли, связанной с разделением изотопов.

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Конструкционные материалы, применяемые в ЯТЦ.
- Плазменные установки для получения UF₆.
- Типы и устройство десублиматоров для очистки газообразного UF₆ и его перевода в твердое состояние.
- Оборудование реакторного производства.
- Оборудование для производства тепловыделяющих сборок.
- Утилизация отработавшего оборудования ЯТЦ.

Тема курсового проекта: «Расчет газодиффузионных каскадов, состоящих из машин различных типов»

Темы, прорабатываемые с помощью Интернет-тренажеров:
Компьютерный тренажер разделительного производства

Основная литература:

1. *Изотопы: свойства, получение, применение. В 2 т. Т.1/Под ред. В.Ю. Баранова. М., ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 728 с.*

2. *Теория каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей: Учебное пособие / Г.А. Сулаберидзе, В.А. Палкин, В.Д. Борисевич, В.Д. Борман, А.В. Тихомиров; под ред. проф. В.Д. Бормана. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 368 с.*

3. *Разделение изотопов урана [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / А.А. Орлов, А.В. Абрамов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 1.9 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m274.pdf>*

4. *A. Yu. Smirnov, G. A. Sulaberidze. Comparison of methods of enriching intermediate components in cascades with the same number of separative elements. Atomic Energy, Vol. 117, No. 5, March, 2015 (Russian Original Vol. 117, No. 5, November, 2014). DOI 10.1007/s10512-015-9931-7.*

5. G. Sulaberidze, Shi Zeng, A. Smirnov, A. Bonarev, V. Borisevich, Dongjun Jiang. Efficiency criteria for optimization of separation cascades for uranium enrichment. Nuclear Engineering and Technology November 2017, <https://doi.org/10.1016/j.net.2017.10.008>.

11. Оценочные мероприятия

11.1 По дисциплине

Оценочные мероприятия (оставить необходимое)	Кол-во*	Баллы	Результаты обучения по дисциплине, РД
Посещение занятий	18	18	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5, РД6, РД7
Реферат	1	14	РД1, РД4, РД5
Защита отчета по лабораторной работе	6	12	РД1, РД2, РД3, РД4, РД6
Контрольная работа	3	18	РД1, РД6, РД7
Выступление с презентацией	1	18	РД1, РД2, РД4, РД5
Экзамен, диф. зачет.	1	20	
ИТОГО		100	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5, РД6, РД7

Календарный рейтинг-план освоения дисциплины представлен в приложении.

11.2 По курсовому проекту

Оценочные мероприятия	Кол-во*	Баллы	Результаты обучения по дисциплине, РД
Выполнение разделов проекта	7	40	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5, РД6, РД7
Защита	1	60	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5, РД6, РД7
ИТОГО		100	

Календарный рейтинг-план выполнения курсового проекта представлен в приложении.

Программа одобрена на научно-методическом заседании отделения Ядерно-топливного цикла (протокол № 3 от «31» мая 2018 г.)

Автор(ы):

Профессор ОЯТЦ _____ /А.А. Орлов/

Рецензент(ы):

Профессор ОЯТЦ _____ /А.П. Вергун/

Доцент ОЯТЦ _____ /Д.Г. Видяев/