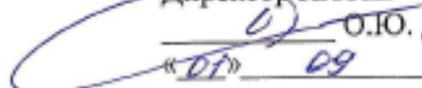


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

 О.Ю. Долматов
 «01» 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ТЕОРИЯ ГАЗОВЫХ ЦЕНТРИФУГ

Направление подготовки/ специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерная физика и технологии		
Специализация	Физика кинетических явлений		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	22	
	Практические занятия	0	
	Лабораторные занятия	22	
	ВСЕГО	44	
	Самостоятельная работа, ч	64	
	ИТОГО, ч	108	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
---------------------------------	---------	---------------------------------	------

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		А.Г. Горюнов
		П.Н. Бычков
		С.Н. Тимченко

2020г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-2	Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов атомной отрасли с использованием стандартных методов проектирования и анализа	И.ПК(У)-2.6	Демонстрирует знание и понимание динамики физических процессов, происходящих в разделительной установке	ПК(У)-2.6В1	Владеет опытом проведения физических расчетов параметров разделительных элементов, расчетов термодинамических и кинетических коэффициентов; обработки результатов этих расчетов и экспериментов; интерпретации полученных результатов в рамках изученных закономерностей.
				ПК(У)-2.6У1	Умеет определять массовую и объёмную производительность, применять законы кинетики и динамики для прогнозирования протекания нестационарных процессов в разделительных установках
				ПК(У)-2.6З1	Знает теоретические основы теории разделения, компьютерные тренажеры разделительного производства
ПК(У)-7	Способен к расчету и проектированию деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием	И.ПК(У)-7.1	Проводит обоснованный выбор, расчет и проектирование деталей, узлов, и приборов установок различного целевого назначения	ПК(У)-7.1У5	Умеет определять конструкционные характеристики газовой центрифуги, напряжение материала в роторе, проверять материал ротора на растяжение и разрыв, проводить упрочнение ротора
				И.ПК(У)-7.3	Применяет программное обеспечение для расчета каскадов и проведения тестовых расчетов
		ПК(У)-7.3У1	Умеет применять численные и аналитические методы определения внутренних параметров каскада по заданным внешним параметрам		
ПК(У)-7.3З1	Знает компоновку газовых центрифуг в технологической схеме				

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД1	Студент должен знать основы понятия и определения теории разделения бинарных смесей изотопов; Элементы конструкции газовой центрифуги; Физику разделения изотопов в газовой центрифуге; Аналитические методы описания движения газа в роторе газовой центрифуги;	ПК(У)-2.6 И.ПК(У)- 7.1 И.ПК(У)-7.3
РД2	Студент должен уметь формулировать основные понятия в теории центробежного метода разделения изотопов; объяснять физические закономерности, происходящие при разделении изотопов урана в роторе газовой центрифуги; объяснять конструкционные особенности центрифуг; формулировать преимущества и недостатки центробежного метода разделения; формулировать перспективы развития центробежного метода разделения; подбирать способы решения поставленной задачи по заданным условиям работы разделительной установки; определять последовательность и проводить расчет основных параметров установки для разделения изотопов урана; определять физико-химические характеристики разделительного процесса и критически их оценивать; использовать прикладные программы для моделирования и расчета разделительных установок с использованием ЭВМ.	ПК(У)-2.6 И.ПК(У)- 7.1 И.ПК(У)-7.3
РД3	Студент должен владеть • методиками проведения теоретических расчетов и моделирования процессов изотопного разделения с использованием компьютерной техники.	ПК(У)-2.6 И.ПК(У)- 7.1 И.ПК(У)-7.3

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Основные понятия и определения теории разделения бинарных смесей изотопов	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 2. Механика ротора центрифуги	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 3 Физика разделения изотопов в газовой центрифуге	РД1, РД2, РД3	Лекции	8
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел (модуль) 4. Методы описания движения газа в роторе	РД1, РД2, РД3	Лекции	6
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1 Основные понятия и определения теории разделения бинарных смесей изотопов

Раздел посвящен рассмотрению понятия изотопия, а также различных методов разделения изотопов, таких как газовая диффузия, центробежный метод, метод сопла, химический изотопный обмен, электромагнитный, плазменный и лазерный методы разделения изотопов. В нем рассматриваются принципы действия различных методов разделения, их достоинства и недостатки, возможности использования для разделения изотопов различных элементов. А также основные понятия теории разделения изотопов такие как: коэффициенты обогащения, разделительная способность, работа разделения и т.д.

Темы лекций:

1. Основные понятия и классификация изотопов, классификация изотопных эффектов. Технологий разделения изотопов урана преимущества центробежного метода.
2. Основные параметры процесса разделения (коэффициенты обогащения, разделения, разделительная способность, работа разделения) Разделительный потенциал.

Названия лабораторных работ:

1. Основные параметры процесса разделения

Раздел 2. Механика ротора центрифуги

Раздел посвящен описанию конструкции газовой центрифуги для разделения изотопов. Рассмотрены основные узлы газовой центрифуги, проблемы связанные с выбором материала для ротора газовой центрифуги, а так же методы упрочнения ротора. Рассмотрены проблемы связанные с устойчивостью вращения ротора. Определяются понятия критических и допустимых скоростей вращения, а так же ресурса газовых центрифуг.

Темы лекций:

1. Модельные газовые центрифуги. Динамика вращения ротора. Напряжение материала в роторе газовой центрифуги
2. Конструкция газовой центрифуги. Однородный и неоднородный ротор. Упрочнение ротора.

Названия лабораторных работ:

1. Изучение устойчивости вращения ротора газовой центрифуги
2. Определение характеристик материала ротора газовой центрифуги с помощью разрывных машин типа Р-5

Раздел 3. Физика разделения изотопов в газовой центрифуге

В разделе рассматриваются физические явления лежащие в основе разделения бинарных изотопных смесей в поле центробежных сил, способы умножения первичного эффекта разделения в газовой центрифуге, основные диффузионные потоки определяющие перенос ценного компонента в поле центробежных сил, максимальная теоретическая разделительная способность газовой центрифуги и КПД.

Темы лекций:

1. Равновесный эффект разделения в поле центробежных сил.

2. Способы возбуждения циркуляции. Умножение радиального эффекта в осевом направлении.
3. Основные закономерности процесса разделения. Уравнение конвективной диффузии
4. Максимальная разделительная способность газовой центрифуги, КПД газовой центрифуги

Названия лабораторных работ:

1. Изучение закономерности распределения газов во вращающемся роторе центрифуги
2. Изучения влияния параметров течения газа в роторе газовой центрифуги на процесс разделения

Раздел 4. Методы описания движения газа в роторе

В разделе рассмотрены аналитические методы описания движение газа в роторе газовой центрифуги а также приведены результаты численного моделирования течения газа в роторе газовой центрифуги. Рассмотрено разделение многокомпонентных смесей в газовой центрифуги Приведены базовые понятия из теории каскадирования.

Темы лекций:

1. Уравнения движения газа в цилиндрической системе координат. Квазитвердое вращение газа
2. Особенности конвекции газа в роторе газовой центрифуги. Пограничные слои. Тепловая конвекция газа в роторе
3. Разделение многокомпонентных изотопных смесей
4. Введение в теорию разделительных каскадов

Названия лабораторных работ:

1. Изучение взаимосвязи рабочих параметров газовой центрифуги с параметрами разделительного каскада

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение.

Основная литература:

1. Баранов В.Ю. Изотопы: свойства, получение, применение: учебное пособие: В 2 т.: / В.Ю. Баранов. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — Т. 2 — 2005. Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2104>.
2. 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. URL: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:2989/book/ISBN9785383005880.html>.
3. Теория каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей: учебное пособие / Г.А. Сулаберидзе, В.А. Палкин, В.Д. Борисевич, В.Д. Борман. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75765>.
4. Орлов А. А. Разделение изотопов урана: учебное пособие для вузов / А. А. Орлов, А. В. Абрамов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m274.pdf>.

Дополнительная литература

1. Вергун А. П. Ионообменная технология разделения и очистки веществ: учебное пособие / А. П. Вергун, В. Ф. Мышкин, А. В. Власов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) — Томск: 2010. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext3/m/2010/m39.pdf>.
2. Видяев Д. Г. Гидрогазодинамика разделительных процессов: учебное пособи / Д. Г. Видяев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m151.pdf>.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. <https://e.lanbook.com/>
2. <https://urait.ru/>
3. <http://www.studentlibrary.ru/>
4. www.lib.tpu.ru/
5. www.lib.tsu.ru/
6. www.elibrary.ru/
7. www.scopus.com/
8. www.wokinfo.com/russian/
9. <http://www.rosatom.ru>

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

7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Far Manager; Google Chrome; Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Notepad++; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; XnView Classic; Zoom Zoom; ownCloud Desktop Client; Ascon KOMPAS-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Autodesk AutoCAD Mechanical 2020 Education; Autodesk Inventor Professional 2020 Education; Document Foundation LibreOffice; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, ауд. 239 (Учебный корпус №10)	Комплект газоаналитического оборудования (масс-спектрометр "Техмас", персональный компьютер INTEL ATOM D 410) - 1 шт.; Программно-аппаратный масс-спектрометрический комплекс - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Принтер - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, ауд. 303 (Учебный корпус №11)	Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, ауд. 242 (Учебный корпус №10)	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Компьютер - 13 шт.; Принтер - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.04.02 – Ядерные физика и технологии, специализация – Физика кинетических явлений (приема 2019г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
доцент	Тимченко С.Н.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ (протокол от «27» августа 2019 г. №3-д).

Заведующий кафедрой - руководитель отделения
на правах кафедры, д.т.н.

подпись

Горюнов А.Г.

