

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТЦ

О.Ю. Долматов

«01» 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
 ПРИЕМ 2018 г.
 ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Методы разделения стабильных изотопов			
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	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		16
	Практические занятия		0
	Лабораторные занятия		32
	ВСЕГО		48
Самостоятельная работа, ч			60
ИТОГО, ч			108

Вид промежуточной аттестации	Экзамсп	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры			А.Г. Горюнов
Руководитель ООП			П.Н. Бычков
Преподаватель			А.А. Орлов

2020 г.

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)-1	Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	И.ПК(У)-1.2	Использует знания и понимания основных технологических процессов и стадий ЯТЦ в целях полноценного функционирования и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК(У)-1.2В2	Владеет опытом изучения и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области физики кинетических явлений, разделения изотопных и молекулярных смесей, молекулярно-селективных технологий
ПК(У)-2	Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов атомной отрасли с использованием стандартных методов проектирования и анализа Готов к эксплуатации современного физического оборудования, приборов и технологий	И.ПК(У)-2.4	Способен создавать расчетные модели разделительных, плазменных, лазерных, мембранных, ионообменных установок	ПК(У)-2.4В1	Владеет опытом проведения расчётов разделительных, плазменных, лазерных, мембранных, ионообменных установок
				ПК(У)-2.4У1	Умеет создавать расчетные модели разделительных, плазменных, лазерных, мембранных, ионообменных установок
				ПК(У)-2.4З1	Знает основные характеристики разделительных, плазменных, лазерных, мембранных, ионообменных установок
		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

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-12	Готов к эксплуатации современного физического оборудования, приборов и технологий	И.ПК(У)-12.3	Применяет знания о существующих и перспективных разделительных установках и аппаратах и в своей профессиональной деятельности		кинетики и динамики для прогнозирования протекания нестационарных процессов в разделительных установках
				ПК(У)-2.631	Знает теоретические основы теории разделения, компьютерные тренажеры разделительного производства
				ПК(У)-12.3B1	Владеет навыками расчета и оптимизации параметров многоступенчатых установок для разделения изотопов и тонкой очистки веществ
ПК(У)-12	Готов к эксплуатации современного физического оборудования, приборов и технологий	И.ПК(У)-12.3	Применяет знания о существующих и перспективных разделительных установках и аппаратах и в своей профессиональной деятельности	ПК(У)-12.3У1	Умеет использовать математические модели тепло и массопереноса в каскадах разделения изотопов и тонкой очистки веществ для поиска оптимальных каскадных схем и решения поставленных разделительных задач
				ПК(У)-12.331	Знает физические основы методов разделения изотопов, тонкой очистки веществ

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы (элективная дисциплина).

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Знать области применения стабильных изотопов, понятия и термины, используемые в процессе разделения изотопов, основные уравнения разделительного каскада, способы его расчета и оптимизации.	И.ПК(У)-1.2 И.ПК(У)-2.4
РД 2	Уметь применять знания общих законов, теорий, уравнений, методов расчета и оптимизации на практике.	И.ПК(У)-2.4
РД 3	Знать принцип действия, характеристики, достоинства и недостатки, особенности методов разделения стабильных изотопов, для разделения изотопов каких химических элементов их можно применять, рабочие вещества, перспективы совершенствования методов разделения.	И.ПК(У)-2.6
РД 4	Уметь проводить технико-экономическое сравнение методов разделения, анализ пригодности и обоснование применимости методов для разделения изотопов конкретного химического элемента.	И.ПК(У)-12.3

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 1. Основы теории процессов разделения изотопов	РД 1, РД 2	Лекции	8
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	30
Раздел 2. Методы разделения стабильных изотопов	РД 3, РД 4	Лекции	8
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	30

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основы теории процессов разделения изотопов

В разделе рассмотрены области применения стабильных изотопов, основные понятия и термины, используемые в процессе разделения изотопов, такие как разделительный элемент, ступень и каскад, общие уравнения каскада, материального баланса вещества и изотопа, теплового баланса. Введено понятие идеальный каскад. Рассмотрена форма идеального каскада и суммарные потоки в каскаде, а также методика расчета коэффициентов разделения и констант равновесия в процессах изотопного обмена и оптимизации каскада, вопросы компьютерного моделирования нестационарных процессов в колоннах и каскадах.

Темы лекций:

1. Области применения стабильных изотопов.
2. Основные понятия и термины, используемые в процессе разделения изотопов. Разделительный элемент, ступень и каскад.
3. Общие уравнения каскада. Материальный баланс.
4. Идеальный каскад. Форма идеального каскада. Суммарные потоки в каскаде. Оптимизация каскада.

Названия лабораторных работ:

1. Изучение процесса разделения изотопов водорода методом электролиза.
2. Определение чисел переноса ионов в разделительных процессах при электромиграции.
3. Определение коэффициентов разделения и констант равновесия в процессах изотопного обмена.
4. Материальные расчеты процесса ректификации.
5. Расчет теплового баланса ректификационной колонны.
6. Компьютерное моделирование нестационарных процессов в колоннах.
7. Изучение кинетики процесса элементного обмена щелочных металлов.
8. Изучение кинетики процесса изотопного обмена при разделении изотопов лития.

Раздел 2. Методы разделения стабильных изотопов

В разделе рассмотрены принцип действия, основные характеристики, достоинства и недостатки электромагнитного метода, электролиза, электродиализа,

электрохроматографии, изотопного обмена, низкотемпературной ректификации, лазерного разделения изотопов (атомарный и молекулярный вариант), плазменного метода (в том числе плазменной центрифуги), метода сопла, газовой диффузии, центробежного метода разделения, а также аппаратное оформление разделительных процессов этими методами. Представлена сравнительная эффективность методов разделения стабильных изотопов. Рассмотрены перспективы их совершенствования. Для обменных методов рассмотрен вопрос обращения потоков фаз и формула Релея.

Темы лекций:

5. Электромагнитный метод. Электролиз, электродиализ, электрохроматография.
6. Разделение изотопов методом изотопного обмена. Низкотемпературная ректификация. Аппаратное оформление процессов. Обращение потоков фаз. Формула Релея.
7. Лазерное разделение изотопов (атомарный и молекулярный вариант). Плазменные методы разделения изотопов. Плазменная центрифуга.
8. Метод сопла. Газовая диффузия. Центробежный метод разделения. Сравнительная эффективность методов и перспективы их совершенствования.

Названия лабораторных работ:

9. Определение ВЭТТ в колонне при противоточном изотопном обмене.
10. Ректификационная колонна.
11. Расчет электродиализного аппарата для обессоливания воды.
12. Построение матрицы планирования оптимального эксперимента.
13. Расчет характеристик термодиффузионного разделения.
14. Расчет кинетики процессов экстрагирования.
15. Расчет установки для получения тяжелой воды.
16. Определение коэффициента разделения изотопов лития при амальгамном обмене.

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;
- Опережающая самостоятельная работа;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям: контрольным работам, зачету;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

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. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2104>.
2. 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. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75765>.

3. 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. Ионнообменная 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 пособие / 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>.
3. Оптическое и лазерно-химическое разделение изотопов в атомарных парах / П.А. Бохан, В.В. Бучанов, Д.Э. Закревский [и др.]. — 2-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2017. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105021>.
4. Разработка фотохимического метода разделения изотопов углерода [Электронный ресурс] / В. Ф. Мышкин [и др.] // Известия вузов. Физика научный журнал: — 2010. — Т. 53, № 11. — [С. 177-180]. — URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=15594291&>

4.2. 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://new.znaniy.com/>
3. <https://urait.ru/>
4. <http://www.studentlibrary.ru/>
5. www.lib.tpu.ru/
6. www.lib.tsu.ru/
7. www.elibrary.ru/
8. www.scopus.com/
9. www.wokinfo.com/russian/
10. <http://www.rosatom.ru>
11. <http://window.edu.ru/>

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; Amazon Corretto JRE 8.

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 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, ауд. 313 (Учебный корпус №10)	Компьютер – 1 шт.; Проектор – 2 шт.; Тумба подкатная – 1 шт.; Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест.
2.	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)	Компьютер - 5 шт.; Принтер - 1 шт.; 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.
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)	Компьютер – 13 шт.; Принтер – 1 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.04.02 – Ядерные физика и технологии, специализация – Физика кинетических явлений (приема 2018г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
профессор	Орлов А.А.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ (протокол от «27» августа 2018 г. №3-д).

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



подпись

Горюнов А.Г.

[illegible][illegible]