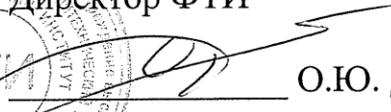


Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Физико-технический институт



УТВЕРЖДАЮ
Директор ФТИ

 О.Ю. Долматов

« 23 » 06 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ
ИЗОТОПОВ»

НА УЧЕБНЫЙ ГОД

Направление ООП 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»

Профиль подготовки (специализация) Физика кинетических явлений

Квалификация (степень) академический бакалавр

Базовый учебный план приема 2015 г.

Курс IV семестр 7

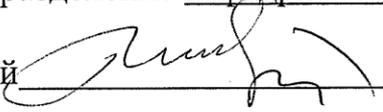
Количество кредитов 3

Код дисциплины Б1.ВМ5.4.9

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	–
Лабораторные занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	32
Самостоятельная работа, ч	76
ИТОГО, ч	108

Вид промежуточной аттестации зачёт

Обеспечивающее подразделение кафедра «Техническая физика»

Заведующий кафедрой  И.В. Шаманин

Руководитель ООП  Д.С. Исаченко

Доцент  Л.И. Дорофеева

2015 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины «**Электрохимические технологии разделения изотопов**» является формирование знаний, умений и навыков в области обменных технологий разделения и тонкой очистки веществ, необходимых для производственной, научно-исследовательской и проектной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «**Электрохимические технологии разделения изотопов**» относится к вариативной части модуля **Б1** дисциплин бакалавриата по профилю **Б1.В.3 «Физика кинетических явлений»** направления **14.03.02 «Ядерная физика и технологии»**.

ПРЕРЕКВИЗИТЫ: Б1.Б8, Б1.Б9, Б1.Б10, Б1.Б11, Б1.В2, Б1.В4, Б1.В5, Б1.В9, Б1.В.3.1., Б1.В.3.2., Б1.В.3.7.

КОРЕКВИЗИТЫ: Б1.В.3.4, Б1.В.3.5, Б1.В.3.8

Дисциплина дает полное представление о физико-химических основах теории разделения, эффективных методах разделения и очистки веществ; оптимальных схемах организации двухфазных процессов, свойствах современных ионообменных материалов; расчётах электрохимических, мембранных, обменных процессов разделения изотопов и близких по свойствам ионов.

Для успешного освоения дисциплины студенты должны иметь знания в области математики, информатики, химии, физики, основ ядерных технологий, основ технологии ядерного топливного цикла, термодинамики и теплопередачи, уравнений математической физики, методов разделения стабильных изотопов, ионообменных технологий; моделирования и оптимизации разделительных процессов.

Параллельно с данной дисциплиной могут изучаться следующие дисциплины вариативной части бакалаврской подготовки: кинетика физико-химических явлений и процессов, методы их изучения; центробежный метод разделения изотопов, процессы изотопного обмена.

3. Результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины бакалавр должен/будет:

Знать:

- физико-химические основы разделения веществ,
- электрохимические способы разделения изотопных и ионных смесей,
- мембранные технологии,
- оптимальные схемы организации разделительных процессов.

Уметь:

- проводить расчёты термодинамических параметров разделительных процессов,
- проводить расчёт селективных свойств ионообменного материала,
- использовать критерии подобия для инженерных расчётов массообменных процессов,
- использовать полученные знания в области электрохимических технологий разделения для практической деятельности.

Владеть (методами, приёмами):

- применения знаний о технологических процессах разделения в практической деятельности,
- разработки схем и проведения расчетов режимов работы разделительного оборудования,
- решения проблемных задач совершенствования разделительных технологий с учетом экологических стандартов,
- проведения научных исследований, их планирования и анализа результатов.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

1. Универсальные (общекультурные) - способность/готовность к

- обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения^{B.1.1}; работе с компьютером как средством управления информацией^{B.1.2}; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства^{Y.1.1}; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации^{3.1.1} (ОК-1, 6, 10);
- кооперации с коллегами, работе в коллективе^{B.3.1} (ОК-3).

2. Профессиональные - способность/готовность

- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности^{Y.7.1} в области электрохимических технологий разделения изотопов и ионов с близкими свойствами, применять методы молекулярной физики, математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования^{B.7.1} в физике и химии, электрохимии (ПК-1);
- использовать информационные технологии^{Y.12.1} при разработке новых разделительных установок, селективных материалов и электрохимических приборов; к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок^{B.12.1} по разделению и тонкой очистке веществ; методов математического моделирования^{3.12.1} массообменных процессов (ПК-5, 9);

- использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике разделительных технологий, современные компьютерные технологии и базы данных^{B.13.1} в области электрохимии, изотопного обогащения и тонкой очистки веществ (ПК-4).

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

**Составляющие результатов обучения,
которые будут получены при изучении данной дисциплины**

Результаты обучения	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1 (ОК-1, 6, 10)	3.1.1	основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации	У.1.1	самообучаться, повышать свою квалификацию и мастерство	В1.1	обобщения, анализа, восприятия информации, постановки цели и выбора путей ее достижения
					В1.2	работы с компьютером как средством управления информацией
Р3 (ОК-3)					В.3.1	кооперации с коллегами, работе в коллективе
Р7 (ПК-1)	3.7.1	основных законов естественнонаучных дисциплин	У.7.1	использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности в области электрохимических технологий разделения изотопов и ионов с близкими свойствами	В.7.1	применения методов молекулярной физики, математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в физике и химии, электрохимии
Р12 (ПК-5, 9)	3.12.1	методов математического моделирования массообменных процессов	У.12.1	использовать информационные технологии при разработке новых разделительных установок, селективных материалов и электрохимических приборов	В.12.1	сбора и анализа информационных исходных данных для проектирования приборов и установок по разделению и тонкой очистке веществ
Р13 (ПК-1, 4)					В.13.1	применения методов молекулярной физики, математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в физике и химии, электрохимии

В результате освоения дисциплины «Электрохимические технологии разделения изотопов» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	Применять знания о технологических процессах разделения в практической деятельности в области электрохимических технологий разделения изотопов и ионов с близкими свойствами, при разработке схем и проведении расчетов режимов работы разделительного оборудования.
РД2	Проводить расчёты термодинамических параметров разделительных процессов, селективных свойств ионообменного материала, использовать критерии подобия для инженерных расчётов массообменных процессов.
РД3	Демонстрировать навыки решения проблемных задач совершенствования разделительных технологий с учетом экологических стандартов. Проводить научные исследования, их планирование и анализ результатов.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Содержание разделов дисциплины. Дисциплина содержит 3 модуля.

Таблица 3.

Модули дисциплины

Модуль	
Модуль 1	МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ
	Методы разделения веществ. Мембранные технологии. Электрохимическое обращение фаз. Интенсификация ионообменных процессов.
Модуль 2	СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ
	Комбинированные схемы разделения. Оптимальные схемы организации процессов разделения и тонкой очистки веществ. Технологическое и экологическое совершенствование разделительных установок.
Модуль 3	РАСЧЕТЫ МЕМБРАННЫХ, ОБМЕННЫХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
	Расчёт скорости движения фронта концентрационной волны по межмембранному пространству в электродиализаторе. Расчёт коэффициентов обогащения при электрохроматографии. Определение коэффициентов тепло-, массообмена. Критерии подобия в тепло-, массообменных процессах.

4.2. Структура дисциплины по разделам и видам учебной деятельности (лекция, лабораторная работа) с указанием временного ресурса в часах.

Таблица 4.

**Структура дисциплины
по разделам и формам организации обучения**

Название раздела/темы	Аудиторная работа, час		СРС, час	Итого
	лекции	лаборат. работы		
Введение. Методы разделения и тонкой очистки веществ. Мембранные технологии.	2	2	8	12
Теория электромиграционного разделения.	2	2	12	16
Электрохимическое обращение фаз в процессе электродиализа. Оценка движения границы зоны между ионами одного вида с разным изотопным обогащением.	2	2	8	12
Расчёт скорости движения фронта концентрационной волны по межмембранному пространству в электродиализаторе.	2	2	10	14
Электрохроматография с ионообменными смолами. Расчёт коэффициентов обогащения.	2	2	10	14
Моделирование тепло-, массообменных процессов. Определение коэффициентов тепло-, массообмена. Критерии подобия.	2	2	12	16
Комбинированные схемы разделения. Оптимальные схемы организации процессов разделения и тонкой очистки веществ.	2	2	8	12
Технологическое и экологическое совершенствование разделительных установок.	2	2	8	12
Итого	16	16	76	108

4.3. Распределение компетенций по разделам дисциплины.

Формируемые в ходе изучения дисциплины результаты обучения находятся в соответствии с результатами основной образовательной программы и требованиями ФГОС ВПО по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии».

Таблица 5.

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины		
		1	2	3
1.	З.1.1	+	+	+
2.	З.7.1	+	+	+
3.	З.12.1			+
4.	У.1.1	+	+	+
5.	У.7.1	+	+	+
6.	У.12.1			+
7.	В.1.1	+	+	+
8.	В.1.2	+	+	+
9.	В.3.1		+	
10.	В.7.1	+	+	+
11.	В.12.1			+

12.	В.13.1	+	+	+
-----	--------	---	---	---

5. Образовательные технологии

Достижение планируемых результатов освоения дисциплины обеспечивается:

- повышением качества образования путем его фундаментализации, информирования бакалавра о современных достижениях в науке, технике и технологиях;
- нацеленностью обучения на новые, в первую очередь, на информационно-коммуникационные технологии;
- повышение творческого начала в образовании.

Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражена в таблице 6.

Таблица 6.

Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО	лекции	лабораторные работы	СРМ
Методы			
Работа в команде		+	
<i>Case-study</i>	+		+
Методы проблемного обучения	+		+
Опережающая самостоятельная работа	+	+	+
Исследовательский метод		+	+

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды самостоятельной работы:

текущая и творческая/исследовательская деятельность студентов.

Текущая СРС, направленная на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений.

- работа с лекционным материалом, поиск, обзор литературы и электронных источников информации в сети интернет по индивидуально заданной проблеме курса,
- опережающая самостоятельная работа по проблеме курса,
- перевод текстов с иностранных языков по проблеме курса,
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку,
- подготовка к лабораторным работам;
- подготовка к зачёту.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа.

(ТСР), ориентирована на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов.

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации по основным проблемам курса,
- выполнение расчетно-графических работ;
- исследовательская работа и участие в научных конференциях по основным проблемам курса;
- 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.

6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине.

Самостоятельная работа включает подготовку к лабораторным занятиям, к зачёту и изучение отдельных тем, отнесенных к самостоятельному освоению студентами с использованием литературных источников, представленных в учебной программе дисциплины. В число часов для самостоятельной работы включено необходимое время для подготовки к текущему контролю, проводимому в течение семестра.

Темы, выносимые на самостоятельную проработку.

1. Критерии классификации ионообменников и их характеристики.
2. Выделение веществ из газовой фазы в водные растворы.
3. Системы мембранного ввода проб в масс-спектрометр.
4. Виды мембран, их преимущества и недостатки.
5. Аппараты на основе обратноосмотических мембран.
6. Определение значений β -факторов в фазе ионообменника, их взаимосвязь с коэффициентами разделения в двухфазной системе.
7. Критерии подобия в массообменных процессах.

6.3 Контроль самостоятельной работы.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Для дополнительного самостоятельного изучения дисциплины могут быть использованы следующие электронные ресурсы:

<http://www.water.ru>

<http://kfcentr.ru>

<http://www.chemnet.ru/rus/elibrary>

<http://www.lib.tpu.ru>,

<http://window.edu.ru>

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине, рейтинговые баллы
Выполнение и защита лабораторных работ	Отчёты, 25
Тестирование	10
Выполнение практических заданий	15
Выполнение и защита индивидуальных заданий по тематике исследований во время проведения конференц-недели или участие студентов в научной дискуссии	Отчёт, 10
Выполнение зачётной работы	40

Средства оценки текущей успеваемости и промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины – перечень вопросов, ответы на которые позволяют оценить степень усвоения теоретических знаний; проблем, позволяющих оценить профессиональные и универсальные (общекультурные) компетенции бакалавров.

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

Вопросы входного контроля.

1. Методы разделения и тонкой очистки веществ.
2. Адсорбция. Химическое равновесие.
3. Диффузия в жидкостях и газах.
4. Основы химической кинетики.
5. Разделение газов и жидкостей.
6. Химический изотопный обмен.
7. Коэффициенты разделения и обогащения.
8. Разделительный каскад.
9. Ионообменные и мембранные технологии.
10. Электродиализ.
11. Использование мембранных методов в опытных и промышленных установках.

Вопросы текущего и выходного контроля.

1. По каким признакам можно проводить классификацию методов разделения ионных и изотопных смесей?
2. Чем определяется эффективность процесса разделения?

3. Чем можно объяснить увеличение коэффициентов разделения ионов щелочных металлов при переходе от водных к водно-пропаноловым растворам?
4. Поясните на примере, каким образом, увеличение содержания дивинилбензола в структуре ионообменника влияет на его селективность. Какие методы увеличения селективности ионообменного материала Вам известны.
5. Запишите формулу, определяющую взаимосвязь коэффициентов обогащения и селективности.
6. Запишите уравнение, с помощью которого можно определить изменение коэффициента обогащения в зависимости от степени сшивки смолы.
7. Запишите выражение для однократного коэффициента разделения с учётом β -факторов соединений.
8. Запишите уравнение, описывающее кинетическую кривую процесса замещения ионных и изотопных форм при электродиализе.
9. Как можно определить время необходимое для достижения заданной степени замещения при электродиализе?
10. Чем определяется выбор метода осуществления процесса разделения и оптимальной конструкции аппарата?
11. Перечислите возможные направления усовершенствования технологий разделения ионных и изотопных смесей.
12. Назовите известные вам методы деионизации растворов.
13. Какие диапазоны концентраций исходных растворов указывают на область применения метода очистки?
14. Приведите критерии классификации ионообменного материала.
15. Перечислите материалы, на основе которых изготавливают ионообменные мембраны.
16. Приведите примеры использования композиционных, нанопористых мембран и на основе силиконовой резины.
17. Что Вам известно о размерах пор в мембранах?
18. Работа, каких устройств в масс-спектрометрии, основана на использовании мембран?
19. Запишите формулы для определения селективности и проницаемости мембран.
20. Какие виды конструкций устройств обратного осмоса Вам известны?
21. Каким образом можно описать нестационарное плоское концентрационное поле на границах мембран и раствора?
22. С помощью какого критерия можно охарактеризовать соотношение конвективного и диффузионного потоков?
23. Проведите расчёт энергии перехода с фундаментального уровня на первый энергетический уровень деформационных колебаний воды.
24. Определите коэффициенты диффузии, используя значения энергии разрыва водородной связи при условии, что расстояние между фиксированными ионами катионообменной мембраны МК-40 составляет $1,035 \cdot 10^{-7}$, время единичного колебания $\tau_0 = 2,03 \cdot 10^{-14}$ с.

25. Для каких характеристик используется число Шервуда, запишите определяющую формулу?
26. Приведите обобщенные критериальные уравнения для массопереноса при электродиализе с незаполненным межмембранным расстоянием (гладкие каналы), для электродиализа с инертными и электропродящими турбулизаторами.
27. Перечислите преимущества и недостатки тонкопленочных композитных мембран.
28. Назовите известные Вам методы повышения эффективности процессов разделения и очистки веществ.
29. Исходя из каких величин, можно определить время движения ионов под действием электрического поля в электродиализаторе?
30. Из каких условий выбирается скорость подвода вещества к ячейке электродиализатора? Поясните на примере.
31. Как определяется критическая скорость при деионизации растворов методом электродиализа?
32. Определить критическую скорость и критический расход раствора в семисекционном аппарате по линии диализата и концентрата при следующих исходных данных: $\omega = 4,3$ см, $d = 0,7$ см, $C_0 = 0,6 \div 4,5$ [г/л], $C_1 = 0,3$ г/л.
33. Запишите формулу, определяющую скорость движения точки фронта концентрационной волны по рабочей камере электродиализатора с межмембранным заполнением ионообменным материалом.
34. Проведите расчёт скорости движения точки фронта концентрационной волны по рабочей камере электродиализатора для следующих условий: ёмкость смолы $C_E = 5,5$ мг-экв/см³, подвижность 1,01 (изотопы лёгких щелочных элементов), плотность тока 10 мА/см², при изменении относительной концентрации в диапазоне $(1 \div 0)C_E$.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (зачёт) производится в конце семестра

(оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на зачёте студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

• **основная литература:**

1. Андреев Б.М. и др. Разделение изотопов биогенных элементов в двухфазных системах. М.: ИздАТ, 2000 – 376 с.
2. Гребенюк В.Д., Пономарев М.И. Электромембранное разделение смесей. – Киев: Наук. думка, 1992. – 183 с.
3. Изотопы: свойства, получение, применение: в 2 т. / под ред. В. Ю. Баранова. — М.: Физматлит, 2005.
4. Ионнообменное оборудование атомной промышленности / Е. И. Захаров, Б. Е. Рябчиков, В. С. Дьяков. — М. : Энергоатомиздат, 1987. — 248 с.
5. Ионнообменная технология разделения и очистки веществ: учебное пособие / А.П. Вергун, В.Ф. Мышкин, А.В. Власов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 110 с.
6. Ионнообменная технология разделения и очистки веществ: учебное пособие / А.П. Вергун, В.Ф. Мышкин, А.В. Власов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 110 с.

• **дополнительная литература:**

1. Москвин Л.Н., Царицына Л.Г. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. – Л.: Химия, 1991. –256 с.
2. Волжанский А.И., Константинов В.А. Регенерация ионитов. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.
3. Шапошник В.А. Кинетика электродиализа. – Воронеж: ВГУ, 1989. – 175 с.
4. Кокотов Ю.А., Золоторев П.П., Елькин Г.Э. Теоретические основы ионного обмена. – Л.: Химия, 1986. – 280 с.

Internet-ресурсы: <http://www.water.ru>, <http://www.chemnet.ru/rus/elibrary>,
http://science.ncstu.ru/nii/elbt_lab, <http://kfcentr.ru>,
<http://www.lib.tpu.ru>, <http://window.edu.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При проведении лабораторных занятий и чтении лекций используются оборудование, компьютеры, мультимедиа проигрыватели, корпоративная компьютерная сеть и ИНТЕРНЕТ.

№	Наименование	Аудитория, корпус
---	--------------	-------------------

п/п		
1.	Учебно-научная лаборатория	001В, 10
2.	Компьютерный класс	242, 10
3.	Лекционные аудитории	433, 10, 303, 11

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС и ООП по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии» и профилю подготовки «Физика кинетических явлений»

Программа одобрена на заседании кафедры ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ФТИ ТПУ (протокол № 14 от «8» июня 2015 г.).

Доцент кафедры ТФ ФТИ  Л.И. Дорофеева

Рецензент  А.П. Вергун