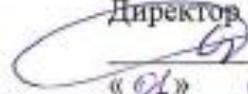


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

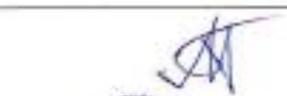
Директор ИЯТЦ

 О.Ю. Долматов  
 «01» 09 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

Изотопная селективность физико-химических процессов			
Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерная физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Современные изотопные технологии и радиационная безопасность		
Специализация	Изотопные технологии и материалы		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	48	
	Самостоятельная работа, ч	60	
	ИТОГО, ч	108	

Вид промежуточной аттестации	зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
------------------------------	-------	------------------------------	------

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		А.Г. Горюнов
		Л.И. Дорофеева
		В.Ф. Мышкин

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)-1	Способен использовать фундаментальные законы в объёме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза новых идей, творческого самовыражения	И.ПК(У)-1.2	Демонстрирует способность применять методы направленного поиска систем с максимальными разделительными характеристиками для совершенствования процессов изотопного фракционирования	ПК(У)- 1.2.В2	Владеет опытом анализа термодинамических изотопных эффектов в физике твердого тела, жидкостей и газов
				ПК(У)- 1.2.У2	Умеет определять термодинамические изотопные эффекты во взаимосвязи с энергоёмкостью вещества
				ПК(У)- 1.2.32	Знает термодинамику жидкостей и газов
				ПК(У)- 1.2.В3	Владеет опытом анализа кинетических изотопных эффектов физико-химических процессов
				ПК(У)- 1.2.У3	Умеет интерпретировать физико-химические процессы на поверхности твердого тела, в жидкой и газообразной средах
				ПК(У)- 1.2.33	Знает кинетику физико-химических явлений и процессов, специфику парамагнитных явлений в жидких средах
ПК(У)-2	Способен создавать новые методы расчета современных установок и устройств, разрабатывать методы и перспективные технологии	И.ПК(У)-2.3	Демонстрирует способность к разработке технологий получения материалов с заданным изотопным составом	ПК(У)- 2.3.В1	Владеет опытом применения оптимальных принципов и подходов для разработки методов и перспективных технологий получения моноизотопной и изотопно-модифицированной продукции, тонкой очистки и получения высокочистых веществ, переработки, утилизации и обезвреживания промышленных отходов
				ПК(У) - 2.3.У1	Умеет применять методы расчета установок для процессов разделения изотопных и молекулярных смесей, молекулярно-селективных технологий
				ПК(У)- 2.3.31	Знает теоретические подходы и принципы дизайна материалов с заданными свойствами, получения изотопно-модифицированных материалов
ПК(У)-3	Способен создавать математические и физические	И.ПК(У)-3.2	Демонстрирует способность к созданию теоретических	ПК(У)- 3.2.В1	Владеет опытом выявлять последовательность, физико-химические характеристики превращения материалов,

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	модели, описывающие процессы и явления в разделительных каскадах, установках разделения и тонкой очистки веществ, переработки и обезвреживания промышленных отходов		моделей в области физики селективных, неравновесных молекулярных процессов, физики изотопно-модифицированных материалов		сущность технологических процессов и операций получения изотопно-модифицированной продукции
				ПК(У)- 3.2.У2	Умеет создавать математические модели, описывающие процессы в физических системах, приборах и установках
				ПК(У)- 3.2.31	Знает теоретические основы методов разделения изотопов, тонкой очистки и переработки веществ.
ПК(У)-4	Способен оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать её современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах	И.ПК(У) -4.1	Демонстрирует способность к применению современных достижений в области разделительных, лазерных, плазменных, установок в решении технологических задач ЯТЦ	ПК(У)- 4.1.В1	Владеет опытом расчета и оптимизации современных физических установок для разделения, анализа и переработки веществ в научных, экологических и промышленных целях с применением пакетов прикладных программ
				ПК(У)- 4.1.У1	Умеет проводить исследования в области разделения жидких и газовых смесей, получения высокочистых веществ, изотопно-модифицированных материалов
				ПК(У)- 4.1.31	Знает способы применения разделительных, лазерных, плазменных установок в решении технологических задач ЯТЦ

## 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	Использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования	И.ПК(У)-3.2
РД-2	Ставить и решать инновационные инженерно-физические задачи, реализовывать проекты в области изотопных технологий и материалов	И.ПК(У)-1.2 И.ПК(У)-2.3

РД-3	Разрабатывать новые алгоритмы и методы исследования изотопных эффектов и материалов; оценивать изотопные эффекты в различных физико-химических процессах	И.ПК(У)-1.2
РД-4	Эксплуатировать современное физическое технологическое оборудование и приборы; осваивать технологические процессы производства изотопных материалов	И.ПК(У)-4.1

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. Термодинамический изотопный эффект физико-химических процессов	РД1	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	30
Раздел (модуль) 2. Кинетический изотопный эффект физико-химических процессов	РД1	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	30

Содержание разделов дисциплины:

#### Раздел 1. Термодинамический изотопный эффект физико-химических процессов

##### Темы лекций:

1. Современные термодинамические представления и изотопный эффект (2 ч)
2. Термодинамический изотопный эффект физико-химических процессов (5 ч)
3. Термодинамический изотопный эффект физико-химических процессов, протекающих в постоянном магнитном поле (1 ч)

##### Темы практических занятий:

1. Решение задач по определению однократного коэффициента разделения изотопов (2 ч)
2. Решение задач по определению термодинамического потенциала в смеси изотопов (2 ч)
3. Решение задач по определению изотопного эффекта в термодинамически равновесных условиях (4 ч)

##### Названия лабораторных работ:

1. Определение теплового эффекта при смешивании двух веществ (2 ч)
2. Расчет теплового эффекта при формировании смеси изотопов (2 ч)
3. Расчет колебательного спектра молекул с помощью программы HyperChem (2 ч)
4. Расчет  $\beta$ -фактора по колебательному спектру сложных молекул (2 ч)

#### Раздел 2. Кинетический изотопный эффект физико-химических процессов

##### Темы лекций:

1. Парамагнитные явления в физико-химических процессах, протекающих в магнитном поле (1 ч)
2. Связь кинетики физико-химических процессов с парамагнитными явлениями в постоянном магнитном поле (2 ч)

### 3. Кинетический изотопный эффект в физико-химических процессах (5 ч)

#### Темы практических занятий:

1. Решение задач по оценке кинетических явлений (2 ч)
2. Решение задач по оценке кинетического коэффициента разделения изотопов в физико-химических процессах (6 ч)

#### Названия лабораторных работ:

1. Определение зависимости коэффициента диффузии неорганических солей в воде от молекулярной массы (2 ч)
2. Моделирование изменения величины коэффициента однократного разделения изотопов от начала процесса изотопного обмена до состояния равновесия (2 ч)
3. Моделирование изотопного эффекта кристаллизации (4 ч)

## 5. Организация самостоятельной работы студентов

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

- Работа с лекционным материалом;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме - оформление реферата;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная литература

1. Blanchard M. Equilibrium Fractionation of Non-traditional Isotopes: a Molecular Modeling Perspective/ M. Blanchard, B. Etienne, S. Edwin. – 2017. - URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02108218/document>.
2. Hayles J. A. The statistical mechanical basis of the triple isotope fractionation relationship / J.A. Hayles, X. Cao, H. Bao. – 2017. - URL: [https://www.geochemicalperspectivesletters.org/documents/GPL1701\\_noSI.pdf](https://www.geochemicalperspectivesletters.org/documents/GPL1701_noSI.pdf).
3. Alexander Van Hook, W. Isotope effects in chemistry / W. Alexander Van Hook. – 2011. - URL: [http://www.nukleonika.pl/www/back/full/vol56\\_2011/v56n3p217f.pdf](http://www.nukleonika.pl/www/back/full/vol56_2011/v56n3p217f.pdf).
4. Fundamental studies on kinetic isotope effect (KIE) of hydrogen isotope fractionation in natural gas systems / Yunyan Ni, Qisheng Ma, Geoffrey S. Ellis and [etc.] . - New York: Academic Press, 2011. – ISBN 978-0-12-815261-4. ScienceDirect. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016703711000950>.

#### Дополнительная литература

1. Dominguez G. The Soret effect and isotopic fractionation in high-temperature silicate melts / G. Dominguez, G. Wilkins, Mark H. Thiemens. - San-Diego, 2011. - URL: <https://www.nature.com/articles/nature09911>.

### 6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. <https://www.rosatom.ru/about/>
2. <https://www.isotope.com>
3. <https://neutrons.ornl.gov/hfir>

#### 4. sciencedirect.com

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

Zoom Zoom; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; Amazon Corretto JRE 8; Far Manager; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Notepad++; WinDjView; XnView Classic; AkelPad; Ascon KOMPAS-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Autodesk AutoCAD Mechanical 2020 Education; Autodesk Inventor Professional 2020 Education; Document Foundation LibreOffice; Far Manager; Google Chrome; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Mozilla Firefox ESR; Tracker Software PDF-XChange Viewer; ownCloud Desktop Client; Cisco Webex Meetings; Oracle VirtualBox; Tracker Software PDF-XChange Viewer.

#### 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 (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.
3.	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.316 (Учебный корпус №10)	Учебно-исследовательский комплекс для изучения физико-химических процессов с участием радикалов - 1 шт.; Анализатор спектра GSP-827 - 1 шт.; Источник питания GoodWill Instek GPS-1850 - 1 шт.; Осциллограф GDS-2062 - 1 шт.; Осциллограф GDS-2204 - 2 шт.; Скоростная камера HS101H 1024.58 - 1 шт.; Опытный образец лазера АИЛ-0,5 - 1 шт.; Установка галогорографическая виброзащищенная - 1 шт.; Насос перистальтический ЛАБ-НП-1-20М - 1 шт.; Генератор GoodWill Instek GFG-8215A - 1 шт.; Лазер ЛГН-118-3В - 1 шт.; Осциллограф WS 44 XS - 1 шт.; Полупроводниковый источник когерентного излучения - 1 шт.; Источник беспереб. питания 1000VA - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 6 посадочных мест; Компьютер - 5 шт.
4.	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. 001В (Учебный корпус №10)	Источник питания GPR-100H05D - 1 шт.; Спектрометр SL40-2-3648USB - 2 шт.; Цифровой осциллограф TDS 2024B - 1 шт.; Шкаф вытяжной - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Современные изотопные технологии и материалы» по направлению 14.04.02 Ядерная физика и технологии, специализация «Изотопные технологии и материалы» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик - профессор Мышкин В.Ф.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ (протокол от «28» июня 2019 г. №16).

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



/Горюнов А.Г./

подпись

