

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ  
КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 03/3-21

от 31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
2	3	108	24	24	0		24	0	Э КП
Итого	3	108	24	24	0	0	24	0	

## АННОТАЦИЯ

В рамках дисциплины изучаются физические основы процессов изотопно-селективного массопереноса в многоступенчатых разделительных установках – каскадах. Описана как классическая теория разделения бинарных изотопных смесей, так и дается анализ современного состояния теории разделения бинарных и многокомпонентных смесей. Курс включает в себя базовый материал по физике разделительных процессов. Однако, помимо этого, в него включены материалы публикаций последних лет, отражающих тенденции и достижения теории каскадов для разделения многокомпонентных смесей в каскадах.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках дисциплины изучаются физические основы процессов изотопно-селективного массопереноса в многоступенчатых разделительных установках – каскадах. Описана как классическая теория разделения бинарных изотопных смесей, так и дается анализ современного состояния теории разделения бинарных и многокомпонентных смесей. Курс включает в себя базовый материал, вошедший в ранее изданные в НИЯУ МИФИ учебные пособия по физике разделительных процессов. Однако, помимо этого, в него включены материалы публикаций последних лет, отражающих тенденции и достижения теории каскадов для разделения многокомпонентных смесей в каскадах.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Изучение данной дисциплины учебной дисциплины сопутствует научно-исследовательской практике студентов. Целью которой является проработка теоретических вопросов в рамках выбранного профиля подготовки, участие в научных исследованиях, школах, семинарах и конференциях, овладение производственными навыками и передовыми методами по специальности, приобретение практического опыта и навыков научной и производственной работы. Успешное освоение дисциплины возможно только после освоения студентами таких дисциплин как математический анализ, общая физика, обыкновенные дифференциальные уравнения, интегральные уравнения, атомная физика, численные методы.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен применять фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической	З-ОПК-1 [1] – Знать фундаментальные и прикладные основы, полученные в области физико-математических и естественных наук, знать методы анализа информации для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности. У-ОПК-1 [1] – Уметь использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в

<p>деятельности</p>	<p>области физико-математических и естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности. В-ОПК-1 [1] – Владеть навыками обобщения, синтеза и анализа фундаментальных знаний, для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности, владеть научным мировоззрением</p>
<p>ОПК-4 [1] – Способен выбирать цели своей профессиональной деятельности и пути их достижения, осуществлять научный, технический, технологический и инновационный поиск, прогнозировать научные, производственные, технологические и социально-экономические последствия</p>	<p>З-ОПК-4 [1] – Знать современные методы анализа и научного, технического, технологического и инновационного поиска, прогноза научных, производственных, технологических и социально-экономических последствий. У-ОПК-4 [1] – Уметь выбирать цели своей профессиональной деятельности и пути их достижения, осуществлять научный, технический, технологический и инновационный поиск, уметь прогнозировать научные, производственные, технологические и социально-экономические последствия. В-ОПК-4 [1] – Владеть навыками использования современных методов анализа, обработки и формализации информации для осуществления научного, технического, технологического и инновационного поиска, а также прогноза научных, производственных, технологических и социально-экономических последствий</p>

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

<p><b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b></p>	<p><b>Объект или область знания</b></p>	<p><b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b></p>	<p><b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b></p>
<p>научно-исследовательский</p>			
<p>Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований, построение физических, математических и</p>	<p>Природные и социальные явления и процессы</p>	<p>ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых</p>	<p>З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и</p>

<p>компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений в рамках предметной области по профилю специализации</p>		<p>технических средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.</p>
<p>Проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач</p>	<p>инновационный; Природные и социальные явления и процессы</p>	<p>ПК-5 [1] - Способен применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования, принципы экспертизы продукции для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий ; У-ПК-5[1] - Уметь применять физические методы теоретического и экспериментального</p>

			исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий; В-ПК-5[1] - Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования, математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий
--	--	--	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	12/12/0		25	УО-8	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-

							4, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Второй раздел	9-15	12/12/0		25	РГЗ-15	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		24/24/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э, КП	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-

							1, 3- ОПК- 4, У- ОПК- 4, В- ОПК- 4, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 5, У- ПК-5, В- ПК-5, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 4, У- ОПК- 4, В- ОПК- 4, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 5, У- ПК-5, В- ПК-5
--	--	--	--	--	--	--	---

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
РГЗ	Расчетно-графическое задание
УО	Устный опрос
Э	Экзамен
КП	Курсовой проект

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	24	24	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	12	12	0
1 - 4	<b>Каскады для разделения бинарных смесей</b> Каскады для разделения бинарных смесей	Всего аудиторных часов		
		6	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	<b>Введение в теорию каскадов для разделения многокомпонентных смесей</b> Введение в теорию каскадов для разделения многокомпонентных смесей	Всего аудиторных часов		
		6	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Второй раздел</b>	12	12	0
9 - 15	<b>Методики расчета и оптимизации каскадов для разделения изотопов</b> Методики расчета и оптимизации каскадов для разделения изотопов	Всего аудиторных часов		
		12	12	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ



Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1 - 4	<b>Расчет идеального каскада</b> Расчет идеального каскада
5 - 8	<b>Подходы к аналитическому расчету параметров каскада в случае разделения многокомпонентных смесей</b> Подходы к аналитическому расчету параметров каскада в случае разделения многокомпонентных смесей
9 - 15	<b>Методики численного расчета и оптимизации параметров разделительных каскадов</b> Методики численного расчета и оптимизации параметров разделительных каскадов

#### ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1 - 4	<b>Каскады для разделения бинарных смесей</b> Каскады для разделения бинарных смесей: отработка умение делать оценки ключевых интегральных характеристик каскадных установок для разделения бинарных изотопных смесей
5 - 8	<b>Введение в теорию каскадов для разделения многокомпонентных смесей</b> Освоение алгоритмов аналитического расчета идеального и квазиидеального каскада. Решение индивидуальных задач.
9 - 15	<b>Методики расчета и оптимизации каскадов для разделения изотопов</b> Методики расчета и оптимизации каскадов для разделения изотопов

#### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Чтение лекций, проведение практических занятий с максимальным вовлечением всех студентов группы. Варианты расчетных заданий высылаются студентам по электронной почте по электронному адресу группы.

#### 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-1	3-ОПК-1	КП, Э, УО-8, РГЗ-15

	У-ОПК-1	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
	В-ОПК-1	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
ОПК-4	З-ОПК-4	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
	У-ОПК-4	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
	В-ОПК-4	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
ПК-1	З-ПК-1	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
	У-ПК-1	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
	В-ПК-1	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
ПК-5	З-ПК-5	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
	У-ПК-5	КП, Э, УО-8, РГЗ-15
	В-ПК-5	КП, Э, УО-8, РГЗ-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут

			продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	--	--	---

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 Л55 Получение изотопов : учебное пособие для вузов, Москва: Издательский дом МЭИ, 2015
2. ЭИ Б 825 Физические основы разделения изотопов в газовой центрифуге : Рекомендовано УМО "Ядерные физика и технологии" в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению "Ядерные физика и технологии" и специальности "Физика кинетических явлений", Москва: МЭИ, 2017
3. 621.039 Ф50 Физические основы разделения изотопов в газовой центрифуге : учеб. пособие для вузов, Москва: МЭИ, 2011
4. 621.039 Т33 Теория каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей : учебное пособие для вузов, Г. А. Сулаберидзе [и др.] , Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
5. ЭИ Т33 Теория каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей : учебное пособие для вузов, ред. В. Д. Борман, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Курс «Избранные главы физики разделительных процессов» имеет целью дать дополнительные знания и навыки студентам-выпускникам кафедры №10.

При изучении этого курса необходимо твердо усвоить:

- теорию и физико-математические модели многоступенчатых разделительных установок (каскадов) для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей;
- принципы компьютерного моделирования процессов изотопо-селективного массопереноса в каскадах для разделения бинарных и многокомпонентных смесей;
- способы применения теоретических знаний для решения задач и проведения исследований в области физики процессов разделения изотопных смесей;
- современные подходы и методики расчета и оптимизации параметров многоступенчатых установок для разделения изотопов, как в случае бинарных, так и многокомпонентных смесей.

Для получения широких представлений о физических и инженерных аспектах данных вопросов (помимо лекционных материалов) рекомендуются следующие учебные материалы:

1. Сулаберидзе Г.А., Палкин В.А., Борисевич В.Д., Борман В.Д., Тихомиров А.В. Теория разделения каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей. Под ред. В.Д. Бормана. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011.
2. В.М. Жданов. Тайны разделения изотопов. М.: НИЯУ МИФИ, 2011.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Курс «Избранные главы физики разделительных процессов» имеет целью дать дополнительные знания и навыки студентам-выпускникам кафедры №10.

При изучении этого курса необходимо твердо усвоить:

- теорию и физико-математические модели многоступенчатых разделительных установок (каскадов) для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей;
- принципы компьютерного моделирования процессов изотопо-селективного массопереноса в каскадах для разделения бинарных и многокомпонентных смесей;
- способы применения теоретических знаний для решения задач и проведения исследований в области физики процессов разделения изотопных смесей;
- современные подходы и методики расчета и оптимизации параметров многоступенчатых установок для разделения изотопов, как в случае бинарных, так и многокомпонентных смесей.

Для получения широких представлений о физических и инженерных аспектах данных вопросов (помимо лекционных материалов) рекомендуются следующие учебные материалы:

1. Сулаберидзе Г.А., Палкин В.А., Борисевич В.Д., Борман В.Д., Тихомиров А.В. Теория разделения каскадов для разделения бинарных и многокомпонентных изотопных смесей. Под ред. В.Д. Бормана. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011.
2. В.М. Жданов. Тайны разделения изотопов. М.: НИЯУ МИФИ, 2011.

Автор(ы):

Сулаберидзе Георгий Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент

Смирнов Андрей Юрьевич

Рецензент(ы):  
Борисевич В.Д.