

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**

**ЛАЗЕРНЫЕ, ПЛАЗМЕННЫЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ**

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
3	2	72	16	24	0		32	0	3
Итого	2	72	16	24	0	0	32	0	

## АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины является ознакомление магистрантов с теоретическими основами двух новых наукоемких технологий получения изотопов. Студенты должны понимать принципы работы и возможности технологических лазеров и плазменных резонансных сепараторов.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является ознакомление магистрантов с теоретическими основами двух новых наукоемких технологий получения изотопов. Студенты должны понимать принципы работы и возможности технологических лазеров и плазменных резонансных сепараторов.

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

Курс учит студентов применять получаемые теоретические знания при разработке современных наукоемких технологий. Уровень сложности учебной дисциплины полностью соответствует требованиям государственного образовательного стандарта.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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

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

<p>физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений в рамках предметной области по профилю специализации</p>		<p>процессов и (или) разработки новых технических средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>методов исследования для качественного и 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>Участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий</p>	<p>Природные и социальные явления и процессы</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знать основные методы исследований, принципы работы приборов и установок в избранной предметной области ; У-ПК-3[1] - Уметь выбирать необходимые технические средства для проведения экспериментальных исследований в избранной предметной области, обрабатывать полученные экспериментальные результаты;</p>

			В-ПК-3[1] - Владеть навыками работы с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области
	инновационный;		
Проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач	Природные и социальные явления и процессы	<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 ;</p> <p>У-ПК-5[1] - Уметь 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>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</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/12/0	Зд-8 (25)	25	УО-8	В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3
2	Часть 2	9-15	8/12/0	Зд-15 (25)	25	УО-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/24/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	3	3-ПК-1, У-

							ПК-1, В- ПК-1, З-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, З-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
Зд	Задание (задача)
УО	Устный опрос
З	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	16	24	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	8	12	0
1	<b>Общие принципы лазерных методов.</b> Общие принципы лазерных методов разделения изотопов. Основы понятия теории излучения.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	<b>Основы теории взаимодействия излучения с веществом</b> Коэффициенты Эйнштейна. Спонтанное и индуцированное излучение. Уравнения распространения излучения в веществе. Взаимодействие излучения с двухуровневой и трехуровневой системой. Поглощение и усиление света.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Основы лазерной техники</b> Физические принципы лазерной генерации света. Виды лазеров. Газовые лазеры. Лазеры на парах меди. Лазеры на красителях. Настройка частоты излучения в лазерах.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Фотоионизационное разделение изотопов в атомных парах</b> Фотоионизационное разделение изотопов в атомных парах Двух и трехступенчатая ионизация	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Экспериментальные схемы реализации метода.			
6	<b>Разделение изотопов при фотодиссоциации молекул</b> Разделение изотопов при фотодиссоциации молекул. Двухступенчатая фотодиссоциация молекул	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Бесстолкновительная изотопоселективная диссоциация многоатомных молекул</b> Бесстолкновительная изотопоселективная диссоциация многоатомных молекул в поле лазерного излучения. Экспериментальные схемы реализации метода	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Лазерное стимулирование изотопоселективных химических реакций</b> Лазерное стимулирование изотопоселективных химических реакций Изотопоселективное лазерное воздействие на химический процесс Изотопоселективный колебательно-колебательный обмен, инициирующий химическую реакцию	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Часть 2</b>	8	12	0
9	<b>Экономика лазерных методов разделения изотопов</b> Экономика лазерных методов разделения изотопов	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Общие принципы плазменных методов разделения изотопов</b> Общие принципы плазменных методов разделения изотопов Силы диффузионного трения между компонентами. Градиент давления. Коэффициенты разделения и обогащения.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Взаимная диффузия в силовых полях.</b> Взаимная диффузия в силовых полях. Силовая бародиффузная постоянная	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Разделение изотопов в разрядах постоянного тока</b> азделение изотопов в разрядах постоянного тока. Экспериментальное исследование разделения изотопов в разрядах постоянного тока	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Теоретический анализ процессов разделения в газоразрядной плазме</b> Теоретический анализ процессов разделения в газоразрядной плазме. "Ионный ветер". Изотопный катафорез.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Разделение изотопов в системах с бегущим магнитным полем.</b> Разделение изотопов в системах с бегущим магнитным полем.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Плазменный метод разделения изотопов,</b> Плазменные центрифуги. Плазменный метод разделения изотопов, основанный на ионном циклотронном резонансном нагреве целевого изотопа.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
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

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## **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:

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы освоения</b>	<b>Аттестационное мероприятие (КП 1)</b>
ПК-1	З-ПК-1	З, УО-8, УО-15, Зд-8, Зд-15
	У-ПК-1	З, УО-8, УО-15, Зд-8, Зд-15
	В-ПК-1	З, УО-8, УО-15, Зд-8, Зд-15
ПК-3	З-ПК-3	З, УО-8, УО-15, Зд-8, Зд-15
	У-ПК-3	З, УО-8, УО-15, Зд-8, Зд-15
	В-ПК-3	З, УО-8, УО-15, Зд-8, Зд-15
ПК-5	З-ПК-5	З, УО-8, УО-15, Зд-8, Зд-15
	У-ПК-5	З, УО-8, УО-15, Зд-8, Зд-15
	В-ПК-5	З, УО-8, УО-15, Зд-8, Зд-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 – «отлично»	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 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо 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 – «удовлетворительно»	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 – «неудовлетворительно»	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. ЭИ Б 86 Оптическое и лазерно-химическое разделение изотопов в атомарных парах : , Москва: Физматлит, 2017
2. ЭИ Л 558 Получение изотопов : Допущено УМО вузов направления подготовки “Ядерная физика и технологии” в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению “Ядерная физика и технологии”, Москва: МЭИ, 2019

3. 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
4. 533 П64 Физические основы разделения изотопов плазменными методами : учебное пособие для вузов, Е. П. Потанин, В. Д. Борисевич, Москва: МИФИ, 2008
5. ЭИ П64 Физические основы разделения изотопов плазменными методами : учебное пособие для вузов, Е. П. Потанин, В. Д. Борисевич, Москва: МИФИ, 2008

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 533 П64 Плазменные методы разделения изотопов : Учеб.пособие, Потанин Е.П.,Борисевич В.Д., М.: МИФИ, 1999
2. 621.9 Д92 Лазерная технология и анализ материалов : , У. Дьюли, М.: Мир, 1986

#### 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**

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Устный опрос.

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из перечисленного ниже списка вопросов. Время на подготовку – не более 40 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Успешное прохождение студентом аттестации отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждой аттестации.

При подготовке к текущему контролю и зачету рекомендуется пользоваться следующей литературой:

1. Теоретическая физика Т.5 Статистическая физика.Ч.1, Москва: Физматлит, 2013
2. Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. Термодинамика и статистическая физика Т.2 Теория равновесных систем: Статистическая физика: учебное пособие, : , 2013
4. Теоретическая физика Т.10 Физическая кинетика, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, Москва: Физматлит, 2007

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

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статичтической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Устный опрос.

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из перечисленного ниже списка вопросов. Время на подготовку – не более 40 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Успешное прохождение студентом аттестации отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждой аттестации.

При подготовке к текущему контролю и зачету рекомендуется пользоваться следующей литературой:

1. Теоретическая физика Т.5 Статистическая физика.Ч.1, Москва: Физматлит, 2013
2. Физическая кинетика атомных процессов в наноструктурах : учебное пособие для вузов, В. Д. Борман, В. Н. Тронин, В. И. Троян, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. Термодинамика и статистическая физика Т.2 Теория равновесных систем: Статистическая физика: учебное пособие, : , 2013
4. Теоретическая физика Т.10 Физическая кинетика, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, Москва: Физматлит, 2007

Автор(ы):

Боговалов Сергей Владимирович, д.ф.-м.н.