Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 01/08-577

от 28.08.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СПЕКТРОМЕТРИЯ ИОННОЙ ПОДВИЖНОСТИ

Направление подготовки (специальность) [1] 16.03.01 Техническая физика

Семестр	**Трудоемкость, кред.**	**Общий объем курса, час.**	**Лекции, час.**	**Практич. занятия, час.**	**Лаборат. работы, час.**	**В форме практической подготовки, час.**	**СРС, час.**	**КСР, час.**	**Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП**
8	3	108	24	24	0		33	0	Э
Итого	3	108	24	24	0	0	33	0	

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины являются получение базовых знаний по движению заряженных частиц в газе в электрических полях. В курсе изучаются теоретические основы спектрометрии ионной подвижности. Рассматриваются различные типы спектрометров ионной подвижности и их свойства.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются получение базовых знаний по движению заряженных частиц в газе в электрических полях. В курсе изучаются теоретические основы спектрометрии ионной подвижности. Рассматриваются различные типы спектрометров ионной подвижности и их свойства.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Студент должен прослушать курс общей физики, численных методов, газодинамики, физики плазмы, электродинамику, знать основы решения уравнений математической физики и дифференциальных уравнений. Учебная дисциплина не является предшествующей к какому-либо другому курсу.

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**
проектно-конструкторский			
Разработка функциональных и структурных схем элементов и узлов экспериментальных и промышленных установок, проектов изделий с учетом	Наноразмерные системы, атомно-молекулярные смеси, масс-спектрометрия и спектрометрия ионной подвижности,	ПК-2 [1] - Способен разрабатывать функциональные и структурные схемы элементов и узлов экспериментальных и промышленных установок, проекты	З-ПК-2[1] - Знать функциональные и структурные схемы элементов и узлов экспериментальных и промышленных установок ; У-ПК-2[1] - Уметь

технологических, экономических и эстетических параметров.	композиционные материалы.	изделий с учетом технологических, экономических и эстетических параметров *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011, 40.167	разрабатывать функциональные и структурные схемы элементов и узлов экспериментальных и промышленных установок, проекты изделий с учетом технологических, экономических и эстетических параметров ; В-ПК-2[1] - Владеть методами разработок функциональных и структурных схем элементов и узлов экспериментальных и промышленных установок, проектов изделий

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	**Задачи воспитания (код)**
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры безопасности при работе на экспериментальных и промышленных установках высокой мощности (В28)

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	**Наименование раздела учебной дисциплины**	**Недели**	**Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.**	**Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)**	**Максимальный балл за раздел****	**Аттестация раздела (форма*, неделя)**	**Индикаторы освоения компетенции**
	8 Семестр						
1	Первый раздел	1-6	12/12/0		25	Зд-8	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Второй раздел	7-12	12/12/0		25	Зд-12	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2

	Итого за 8 Семестр		24/24/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	Э	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2

* – 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)
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	8 Семестр	24	24	0
1-6	**Первый раздел**	12	12	0
1	**Тема 1. Введение.** История развития спектрометрии ионной подвижности (СИП). Основные принципы построения и характеристики спектрометров ионной подвижности. Состав приборов и назначение его элементов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	**Тема 2. Физические основы разделения ионов по времени дрейфа.** Формирование ионов в источнике радиоактивной ионизации. Разделение ионов по времени дрейфа. Понятие подвижности ионов в электрическом поле, основные допущения, факторы, влияющие на подвижность. Приведенная подвижность. Разрешающая способность и факторы на нее влияющие. Принципы количественной оценки достижимого порога обнаружения с различными источниками ионов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	**Тема 3. Дрейфовый спектрометр ионной подвижности.** Принципиальная схема дрейфового спектрометра ионной подвижности и принцип его работы. Дрейфовая труба, электростатическое поле. Ионный затвор. Поток дрейфового газа. Ввод пробы. Детектор. Апертурная сетка. Режимы работы: односеточный, двухсеточный, с преобразованиями Фурье. Применение спектрометра ионной подвижности. Соединение спектрометра ионной подвижности с газовым и жидкостным хроматографом.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	**Тема 4. Физические основы разделения ионов по приращению подвижности ионов.** Подвижность ионов в сильных электрических полях. Критерий малости поля. Разложение подвижности в ряд. Характерное поведение подвижности. Движение ионов в поперечном высокочастотном поле.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

5 - 6	**Тема 5. Спектрометр приращения ионной подвижности.** Принципиальная схема спектрометра приращения ионной подвижности и принцип его работы. Плоская и цилиндрическая геометрия. Разрешающая способность.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7-12	**Второй раздел**	12	12	0
7 - 8	**Тема 6. Анализатор характеристичной подвижности (DMA).** Аспирационный спектрометр ионной подвижности. Спектрометр подвижности ионов на бегущей волне. Принципиальная схема и физические основы разделения в анализаторе характеристичной подвижности (DMA). Принципиальная схема и физические основы разделения в аспирационном спектрометре ионной подвижности. Принципиальная схема и физические основы разделения в спектрометре подвижности ионов на бегущей волне. Факторы, влияющие на разделяющие свойства. Источники шумов и фона.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9	**Тема 7. Улавливающий спектрометр ионной подвижности.** Принципиальная схема и физические основы разделения в улавливающем спектрометре ионной подвижности. Разрешающая способность улавливающего спектрометра ионной подвижности. Факторы, влияющие на разделяющие свойства. Источники шумов и фона.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	**Тема 8. Спектрометр ионной подвижности на основе поперечной модуляции.** Принципиальная схема и физические основы разделения в спектрометре ионной подвижности на основе поперечной модуляции. Траектории ионов в поперечном высокочастотном поле. Принцип подавления кратных гармоник при сдвоенной геометрии. Факторы, влияющие на разделяющие свойства. Разрешающая способность. Источники шумов и фона.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	**Тема 9. Методы ионизации при атмосферном давлении, применяемые в спектрометрии ионной подвижности.** Физические основы радиоактивной ионизации, электрораспыления, химической ионизации при атмосферном давлении (положительный и отрицательный коронный разряд), фотоионизации, поверхностно-активированной лазерной десорбции/ионизации. Влияние особенностей механизмов ионизации на структуру формируемых ионов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	**Тема 10. Гибридные методы на основе спектрометрии ионной подвижности.** Гибридные методы на основе сочетания спектрометрии ионной подвижности и газовой хроматографии, жидкостной хроматографии, капиллярного электрофореза. Сочетание спектрометрии ионной подвижности и масс-спектрометрии.	Всего аудиторных часов		
		2	2	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

6. 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.

7. 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)
ПК-2	З-ПК-2	Э, Зд-8, Зд-12
	У-ПК-2	Э, Зд-8, Зд-12
	В-ПК-2	Э, Зд-8, Зд-12

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-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – *«отлично»*	*«зачтено»*	A
85-89	4 – «*хорошо*»		B

75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «*удовлетворительно*»		
60-64			E
ниже 60	2 – «*неудовлетворительно*»	*«не зачтено»*	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А67 Applications of Mass Spectrometry in Microbiology : From Strain Characterization to Rapid Screening for Antibiotic Resistance, , Cham: Springer International Publishing, 2016

2. ЭИ J41 Using Mass Spectrometry for Biochemical Studies on Enzymatic Domains from Polyketide Synthases : , Jenner, Matthew. , Cham: Springer International Publishing, 2016

3. 544 Л33 Масс-спектрометрия в органической химии : [учебное пособие], Лебедев А.Т., Москва: Техносфера, 2015

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 004 И74 Информационные технологии в физических исследованиях : лабораторный практикум, Иванов В.П. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2009

2. 543 С56 Современные методы масс-спектрометрии : лабораторный практикум, Фролов А.С. [и др.], Москва: МИФИ, 2008

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен: твердо усвоить основные принципы движения ионов, работы масс-спектрометров.Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя такие темы, как:

- Физические основы разделения ионов по времени дрейфа.
- Дрейфовый спектрометр ионной подвижности.
- .Физические основы разделения ионов по приращению подвижности ионов.
- Спектрометр приращения ионной подвижности.
- Анализатор характеристичной подвижности (DMA).
- Улавливающий спектрометр ионной подвижности.
- Спектрометр ионной подвижности на основе поперечной модуляции.
- Методы ионизации при атмосферном давлении, применяемые в спектрометрии ионной подвижности.
- Гибридные методы на основе спектрометрии ионной подвижности.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Задание

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.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен: твердо усвоить основные принципы движения ионов, работы масс-спектрометров.Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя такие темы, как:

• Физические основы разделения ионов по времени дрейфа.

• Дрейфовый спектрометр ионной подвижности.

• .Физические основы разделения ионов по приращению подвижности ионов.

• Спектрометр приращения ионной подвижности.

• Анализатор характеристичной подвижности (DMA).

• Улавливающий спектрометр ионной подвижности.

• Спектрометр ионной подвижности на основе поперечной модуляции.

• Методы ионизации при атмосферном давлении, применяемые в спектрометрии ионной подвижности.

• Гибридные методы на основе спектрометрии ионной подвижности.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Задание

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.

Автор(ы):

Сысоев Алексей Александрович, д.ф.-м.н.

Потешин Сергей Станиславович, к.т.н.

Рецензент(ы):

Сысоев Александр А.