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

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

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**
5	2	72	32	0	0		40	0	З
Итого	2	72	32	0	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

Усвоение физических основ получения ионов, разделения ионов по времени пролета, приобретение навыков проведения масс-спектрометрического анализа веществ. Знакомство с основными способами детектирования заряженных частиц.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются: усвоение физических основ получения ионов, разделения ионов по времени пролета, приобретение навыков проведения масс-спектрометрического анализа веществ. Знакомство с основными способами детектирования заряженных частиц.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Изучение данной дисциплины предшествует научно-исследовательской практике, 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. Для успешного освоения дисциплины «Физические основы масс-спектрометрии» необходим предшествующий математический и естественнонаучный цикл Б2, включающий следующие дисциплины: математика, физика, химия, а также Профессиональный цикл Базовая часть Б3 с дисциплинами: электротехника и электроника, метрология и стандартизация.

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**
производственно-технологический			
Использование нормативных документов по качеству,	Наноразмерные системы, атомно-молекулярные смеси, масс-	ПК-3 [1] - Способен использовать технические средства для определения	З-ПК-3[1] - Знать технические средства для определения основных параметров

стандартизации и сертификации изделий, элементов экономического анализа в практической деятельности.	спектрометрия и спектрометрия ионной подвижности, композиционные материалы.	основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011, 40.136, 40.167	технологического процесса, свойств физико-технических объектов, изделий и материалов ; У-ПК-3[1] - Уметь использовать технические средства для определения параметров технологического процесса, свойств физико-технических объектов, изделий и материалов ; В-ПК-3[1] - Владеть техническими средствами определения параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов
Использование нормативных документов по качеству, стандартизации и сертификации изделий, элементов экономического анализа в практической деятельности.	Наноразмерные системы, атомно-молекулярные смеси, масс-спектрометрия и спектрометрия ионной подвижности, композиционные материалы.	ПК-4 [1] - Способен использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011, 40.167	З-ПК-4[1] - Знать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности ; У-ПК-4[1] - Уметь использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации изделий, элементы экономического анализа ; В-ПК-4[1] - Владеть нормативными документами по качеству, стандартизации и сертификации

			изделий, экономическим анализом в практической деятельности

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)

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
	5 Семестр						
1	Часть 1	1-8	16/0/0		25	Зд-8	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
2	Часть 2	9-16	16/0/0		25	БДЗ-15	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4

	Итого за 5 Семестр		32/0/0		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	З	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4

* – 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**
БДЗ	Большое домашнее задание
Зд	Задание (задача)
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	**Темы занятий / Содержание**	**Лек., час.**	**Пр./сем., час.**	**Лаб., час.**
	5 Семестр	32	0	0
1-8	**Часть 1**	16	0	0
1	**Основные направления и этапы развития масс-спектрометрии** Основные направления и этапы развития масс-спектрометрии	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	0 0	0 0
2	**Принцип работы масс-спектральных устройств.** Принцип работы масс-спектральных устройств. Разделяющие свойства электрических и магнитных полей.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	0 0	0 0
3	**Методы ионизации и источники ионов, предъявляемые к ионным источникам.** Методы ионизации и источники ионов, предъявляемые к ионным источникам. Основные характеристики источников.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	0 0	0 0
4	**Источники ионов с электронным ударом.** Источники ионов с электронным ударом. Принцип Франка-Кондона. Физические процессы, протекающие в ионных источниках с электронным ударом. Формиро¬вание ионных пучков.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	0 0	0 0
5	**Магнитные анализаторы ионных пучков.** Магнитные анализаторы ионных пучков. Секторные анализаторы с ортогональным и неортогональным входом ионных пучков, прямолинейными и криволинейными границами.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	0 0	0 0
6	**Ионно-оптические параметры и характеристики магнитных анализаторов.** Ионно-оптические параметры и характеристики	Всего аудиторных часов 2 Онлайн	0	0

	магнитных анализаторов. Разрешающая способность. Характеристики масс	0	0	0
7 - 8	**Масс-спектрометры с двойной фокусировкой.** Масс-спектрометры с двойной фокусировкой. Принцип фокусировки по энергиям ионов. Ионно-оптические характеристики анализаторов.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	**Часть 2**	16	0	0
9	**Методы детектирования ионных пучков и пакетов в масс-спектрометрии.** Методы детектирования ионных пучков и пакетов в масс-спектрометрии.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	**Методы записи и регистрации масс-спектров.** Методы записи и регистрации масс-спектров. Цифровые способы регистрации масс-спектров. Источники фона в масс-спектрометрах. Влияние рассеяния ионов на чувствительность. Эффект "памяти" и способы его снижения.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	**Некоторые применения масс-спектрометрического метода анализа.** Некоторые применения масс-спектрометрического метода анализа. Методы изотопного анализа. Методы газового анализа. Измерение масс атомов и молекул.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	**Квадрупольный масс-спектрометр.** Квадрупольный масс-спектрометр. Принцип действия. Диаграмма стабильности. Характеристики квадрупольных масс-спектрометров. Достоинства и недостатки. Монопольный масс-спектрометр.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	**Масс-спектрометр типа "Ионная ловушка".** Масс-спектрометр типа "Ионная ловушка". Диаграмма стабильности. Параметры масс-спектрометров.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	**Принципы масс-спектрометрического анализа.** Принципы масс-спектрометрического анализа. Относительный и абсолютный методы измерения состава веществ. Коэффициенты относительной чувствительности. Физические причины вносимых при измерениях искажений.	Всего аудиторных часов		
		4	0	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 «Физические основы масс-спектрометрии» 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-3	З-ПК-3	З, Зд-8, БДЗ-15
	У-ПК-3	З, Зд-8, БДЗ-15
	В-ПК-3	З, Зд-8, БДЗ-15
ПК-4	З-ПК-4	З, Зд-8, БДЗ-15
	У-ПК-4	З, Зд-8, БДЗ-15
	В-ПК-4	З, Зд-8, БДЗ-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:

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5 – «отлично»</td><td rowspan="8">«зачтено»</td><td>A</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">4 – «хорошо»</td><td>B</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 – «удовлетворительно»</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>«не зачтено»</td><td>F</td></tr>
</table>

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 Ф91 Введение в технику физического эксперимента : лабораторный практикум, Фролов А.С., Моисеева Т.Г., Сысоев А.А., Москва: МИФИ, 2009

2. ЭИ Л 33 Основы масс-спектрометрии белков и пептидов : , Самгина Т., Артеменко К., Лебедев А.Т., Москва: Техносфера, 2012

3. 543 С56 Современные методы масс-спектрометрии : лабораторный практикум, Фролов А.С. [и др.], Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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

1. Масс-спектрометр МИ1201 (А-115)

2. Лазерный Масс-спектрометр ЛАМАС (А-107)

3. Времяпролетный Масс-спектрометр СИП/ВПМС (А-107)

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя такие темы, как: Основные направления и этапы развития масс-спектрометрии. Принцип работы масс-спектральных устройств. Разделяющие свойства электрических и магнитных полей. Методы ионизации и источники ионов, предъявляемые к ионным источникам. Основные характеристики источников. Источники ионов с электронным ударом. Принцип Франка-Кондона. Физические процессы, протекающие в ионных источниках с электронным ударом. Формирование ионных пучков. Магнитные анализаторы ионных пучков. Секторные анализаторы с ортогональным и неортогональным входом ионных пучков, прямолинейными и криволинейными границами. Ионно-оптические параметры и характеристики магнитных анализаторов. Разрешающая способность. Масс-спектрометры с двойной фокусировкой. Принцип фокусировки по энергиям ионов. Ионно-оптические характеристики анализаторов. и др.

Текущий контроль представлен следующим видом аттестации:

– Задание (8 неделя обучения).

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из 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.

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

Оценка в баллах выставляется студенту на основании результатов Текущего контроля отдельно для первой половины семестра и отдельно для второй. Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого контроля.

- Большое домашнее задание (16 неделя обучения)

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

Форма реализации промежуточного контроля - зачет. К зачету допускаются студенты, имеющие по итогам сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на зачете составляет 50 баллов.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя такие темы, как: Основные направления и этапы развития масс-спектрометрии. Принцип работы масс-спектральных устройств. Разделяющие свойства электрических и магнитных полей. Методы ионизации и источники ионов, предъявляемые к ионным источникам. Основные характеристики источников. Источники ионов с электронным ударом. Принцип Франка-Кондона. Физические процессы, протекающие в ионных источниках с электронным ударом. Формирование ионных пучков. Магнитные анализаторы ионных пучков. Секторные анализаторы с ортогональным и неортогональным входом ионных пучков, прямолинейными и криволинейными границами. Ионно-оптические параметры и характеристики магнитных анализаторов. Разрешающая способность. Масс-спектрометры с двойной фокусировкой. Принцип фокусировки по энергиям ионов. Ионно-оптические характеристики анализаторов. и др.

Текущий контроль представлен следующим видом аттестации:

– Задание (8 неделя обучения).

На выбор преподавателя студенту выдается 2 вопроса из 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.

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

Оценка в баллах выставляется студенту на основании результатов Текущего контроля отдельно для первой половины семестра и отдельно для второй. Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого контроля.

- Большое домашнее задание (16 неделя обучения)

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

Форма реализации промежуточного контроля - зачет. К зачету допускаются студенты, имеющие по итогам сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на зачете составляет 50 баллов.

Автор(ы):

Сысоев Александр Алексеевич, д.ф.-м.н., профессор