

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»
(ИОФ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИОФ РАН,
и. о. зам. дир. ИОФ РАН



С.В. Гарнов

» _____ 202__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Современные технологии масс-спектрометрии

Направление подготовки	03.06.01 Физика и астрономия
Специальность	1.3.8 (01.04.07) Физика конденсированного состояния 1.3.19 (01.04.21) Лазерная физика

г. Москва
2022 год

Семестр	Трудо- емкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В интерактивном режиме, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
1	1	36	18	0	0		18		3
Итого	1	36	18	0	0		18		

АННОТАЦИЯ

Курс лекций «Современные технологии масс-спектрометрии» включает в себя информацию о базовых принципах построения масс-спектрометров, о современном состоянии исследований в области масс-спектрометрии, в том числе лазерной, и ее применению для исследований в химии, биологии и экологии.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Современные технологии масс-спектрометрии» являются формирование у аспирантов представления о физических основах работы масс-спектрометров, способах получения ионов исследуемых веществ, в том числе с использованием лазерного излучения, о методах регистрации и анализа масс-спектров, об основных областях применения и передовых достижениях современной масс-спектрометрии.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Содержание программы «Современные технологии масс-спектрометрии» представляет собой развитие и углубление полученных ранее знаний в области лазерной физики и физики конденсированного состояния. Используются основные понятия и представления, отвечающие теоретической базе, освоенной аспирантами при изучении дисциплин в рамках первого полугодия обучения.

Курс «Современные технологии масс-спектрометрии» входит в число дополнительных при подготовке современных специалистов в области лазерной физики и физики конденсированного состояния. Изучение дисциплины позволит аспирантам получить расширенное представление о явлениях взаимодействия излучения с веществом, способах ионизации различных соединений, понимать принципы построения масс-спектрометров, предназначенных для исследования различных объектов, и границы их применимости при решении конкретных задач. Изучение данной дисциплины позволит получить дополнительные знания о новых методах масс-спектрометрического анализа различных веществ и их применении в биологии, медицине и экологии, выработать навыки постановки и решения исследовательских проблем, развить творческое мышление.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные (УК) и(или) общепрофессиональные компетенции (ОПК):

Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять научные и инженерные знания, математические методы и моделирование в научной деятельности, связанной с лазерной физикой и физикой конденсированного состояния и использованием методов масс-спектрометрии.	<p>З-ОПК-1 – Знать: основные законы научных и инженерных дисциплин и математические методы анализа.</p> <p>У-ОПК-1 – Уметь: выявлять сущность научной проблемы; формулировать цели и задачи исследования, определять пути решения, давать оценку эффективности выбора.</p> <p>В-ОПК-1 – Владеть: методами, способами и приемами решения типичных задач научных, общих математических и физических дисциплин.</p>
ОПК-2 Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики масс-спектрометрической системы и объекта исследования.	<p>З-ОПК-2 – Знать: особенности методов и средств исследований и измерений в масс-спектрометрических системах.</p> <p>У-ОПК-2 – Уметь: формулировать цель и задачу исследований; подбирать оборудование и комплектующие, необходимые для проведения исследований; разрабатывать методику исследований; обрабатывать и анализировать результаты исследований</p> <p>В-ОПК-2 – Владеть: навыками исследований и измерений в масс-спектрометрических системах; основными методами и программами обработки и оформления результатов измерений.</p>
УК-1 – Способен осуществлять анализ различных ситуаций, основываясь на системном подходе, разрабатывать стратегию действий.	<p>З-УК-1 – Знать: методы системного анализа; методики разработки стратегий.</p> <p>У-УК-1 – Уметь: применять методы системного подхода; разрабатывать стратегию действий, принимать решения для реализации.</p> <p>В-УК-1 – Владеть: методологией системного анализа различных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов достижения, разработки стратегий действий.</p>

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п.	Наименование раздела учебной дисциплины	Неделя	Лекции/Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-6					
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				100	3(12)	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-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
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№	Наименование мероприятия	Начало	Завершение	Полных месяцев
1	Сбор данных, разработка курса «Современные технологии масс-спектрометрии»	Январь 2022	Февраль 2022	2
2	Согласование курса «Современные технологии масс-спектрометрии» с отделом аспирантуры ИОФ РАН	Март 2022	Март 2022	1
3	Чтение пилотного курса «Современные технологии масс-спектрометрии»	Апрель 2022	Июнь 2022	2
4	Проведение контрольных мероприятий по курсу «Современные технологии масс-спектрометрии»	Июнь 2022	Июнь 2022	1
Итого				6

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видеоматериалы
Прз	Презентации
ЭСМ	Электронные справочные материалы

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторские занятия в виде лекций, а также самостоятельная работа аспирантов, заключающаяся в выполнении домашнего задания, повторения ранее пройденного материала и подготовке личных докладов по пройденным темам.

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
ОПК-1	З-ОПК-1	З
	У-ОПК-1	З
	В-ОПК-1	З
ОПК-2	З-ОПК-2	З
	У-ОПК-2	З
	В-ОПК-2	З
УК-1	З-УК-1	З
	У-УК-1	З
	В-УК-1	З

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 аспирантом при выполнении заданий в рамках текущего контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 2-х балльной шкале	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
100-60	«зачет»	Оценка «зачет» выставляется аспиранту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
Ниже 60	«незачет»	Оценка «незачет» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2015. - 704 с.
2. Заикин В.Г., Варламов А.В., Мнкая Л.И., Простаков Н.С. Основы масс-спектрометрии органических соединений. - М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 286 с.
3. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды. М.: Техносфера, 2013. - 632с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Аналитическая химия. В 3 т. Т. 2. Инструментальные методы анализа. Часть 1 / под ред. А.А. Ищенко. - М.: Физматлит, 2019. – 472 с.
2. Принципы масс-спектрометрии в приложении к биомолекулам. Под. ред. Дж. Ласкин, Х. Лифшиц. М.: Техносфера, 2012. - 608с.
3. De Hoffmann E., Stroobant V. Mass spectrometry: principles and applications. – John Wiley & Sons, 2007. – 512 p.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ АСПИРАНТОВ

- По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть общим либо индивидуальным.
- При использовании индивидуальных заданий возможно по усмотрению преподавателя требовать от аспиранта письменный отчет о проделанной работе. С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы применять индивидуальные контрольные вопросы.
- При проверке общих заданий ведутся коллективные обсуждения с аспирантами.
- При составлении программы учебной дисциплины «Современные технологии масс-спектрометрии» предполагалось, что аспирант знаком с содержанием основных разделов курсов высшей математики и общей физики.
- В результате освоения данной дисциплины аспирант должен получить представление о современном состоянии масс-спектрометрии, передовых достижениях современных науки и технологии, методах анализа различных соединений.

- В результате освоения данной дисциплины аспирант должен понимать границы применимости различных теорий и экспериментальных методов, освещающих в рамках курса, и представлять возможности их использования в реальных условиях, при конкретных практических постановках задач.

- Знания, приобретенные аспирантом при освоении данной дисциплины, необходимы для успешного обучения и сдачи экзамена по специальности.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Методические указания преподавателю для проведения занятий по курсу «Современные технологии масс-спектрометрии».

- На первой лекции необходимо сделать по возможности наиболее детальный обзор содержания курса, показать актуальность курса и дать перечень рекомендованной литературы.

- При чтении лекций необходимо использовать единую систему обозначений.

- При последовательном освещении каждой темы перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных результатах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и при необходимости обсудить их коллективно.

- Внимательно относиться к вопросам аспирантов, при необходимости давать дополнительные подробные пояснения и проводить обсуждения по задаваемым вопросам (здесь возможен выборочный контроль активности аспирантов).

- При чтении лекций наибольшее внимание следует уделять связи и взаимной последовательности основных рассматриваемых теорий. У аспирантов должны сложиться правильные представления о практических сторонах рассматриваемого материала, о существующих ограничениях применимости рассматриваемых результатов.

- При чтении лекций необходимо по возможности пользоваться демонстрационным материалом.

- Перед окончанием лекции необходимо давать рекомендации аспирантам для подготовки к очередным занятиям.

- На заключительной лекции курса уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе, отметить общность методов масс-спектрометрии и их индивидуальные особенности, возникающие при решении различных конкретных задач.

Указания по контролю самостоятельной работы аспирантов.

- По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть общим либо индивидуальным.

- При использовании индивидуальных заданий возможно по усмотрению преподавателя требовать от аспиранта письменный отчет о проделанной работе.

- С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы применять индивидуальные контрольные вопросы.

- При проверке общих заданий следует вести коллективные обсуждения с аспирантами.

Автор(ы):

Никифоров Сергей Михайлович, к.ф.-м.н.,

Программа обсуждена и одобрена на заседании аспирантской комиссией ИОФ РАН 28 октября 2022 года, протокол №2210-28.

Программа обсуждена и одобрена комиссией по образованию Ученого совета ИОФ РАН 02 ноября 2022 года, протокол №15.

Содержание курса «Современные технологии масс-спектрометрии»

1. Вводное слово. Программа курса. История масс-спектрометрии. Направления развития современной масс-спектрометрии и основные проблемы развития.
2. Современные масс-спектрометры (1). Основные понятия и параметры, описывающие масс-спектрометр – разрешение по массам, точность определения массы иона, порог обнаружения элементов и соединений, чувствительность, динамический диапазон, диапазон регистрируемых масс. Приборы -рекордсмены по основным параметрам. От иона водорода до иона вируса.
3. Современные масс-спектрометры (2). Типы приборов и области применения: магнитные, времяпролетные масс-спектрометры –линейный, рефлектрон, многопроходный. Примеры наиболее интересных приборов, реализованных в последнее время.
4. Современные масс-спектрометры (3). Типы приборов и области применения: ионные ловушки, ИЦР, квадруполь, Орбитрэп. Примеры реальных приборов.
5. Масс-спектроскопия органических соединений (1). Методы ионизации - основные физические принципы. Фотоионизация, фотоионизация с допантом- реакции обмена протоном, вода как источник протона в протон-обменных реакциях, лазерная плазма как источник импульсного ультрафиолетового излучения, ионизирующего воду.
6. Масс-спектроскопия органических соединений (2). Методы ионизации -эффект Пеннинга и ДАРТ, хемиионизация, ЭРИАД и электроспрей. Области применения – экология, анализ химических соединений, анализ в биологии.
7. Масс-спектроскопия органических соединений (3). Лазерные методы ионизации. МАЛДИ. Лазерная абляция и механизм образования иона. Области применения и примеры. Анализ белков, масс-спектрометрическое изображение биообъектов, идентификация бактерий.
8. Масс-спектроскопия органических соединений (4). Лазерные методы ионизации. САЛДИ. Ионизация на поверхности. Наночастицы в лазерном поле и их роль в ионизации сложных органических молекул. Механизм ионизациипри лазерной десорбции ионов с различных поверхностей.
9. Применение масс-спектрометрии в медицине. Омиксные технологии, постгеномная медицина, метаболом и волатолом человека. Биотайпер, МАЛДИ – белки, анализ летучих органических соединений для диагностики заболеваний.
10. Масс-спектрометрия в космосе. Роль масс-спектрометрии в проблеме обнаружения жизни. Перспективы развития масс-спектрометрии.