

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Применение лазеров в аналитической химии и экологическом контроле

Уровень высшего образования:
Специалитет

Направление подготовки (специальность):
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль) ОПОП:
Лазерная химия

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

1. Наименование дисциплины (модуля) **Применение лазеров в аналитической химии и экологическом контроле**
2. Уровень высшего образования – **специалитет.**
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| Компетенция | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) |
|---|---|
| ОПК-1.С. Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов | Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, Уметь: самостоятельно составлять план исследования Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения |
| СПК-1.С. Владение базовыми знаниями в области взаимодействия лазерного излучения с веществом и химических реакций, индуцируемых лазерным излучением. Способность использовать их при решении задач профессиональной деятельности | Знать: теоретические основы физических и химических процессов, происходящих под воздействием лазерного излучения Уметь: выбирать методы исследования вещества с помощью лазерной спектроскопии и диагностики |
| СПК-2.С. Способность применять знание основных теоретических принципов методов лазерной спектроскопии и диагностики в практической деятельности | Уметь: выбирать методы аналитической лазерной спектроскопии для решения практических задач по анализу реальных объектов |
| СПК-4.С. Способность работать с современной лазерной и спектральной аппаратурой | Знать: теоретические основы работы современного научного оборудования для решения задач лазерной диагностики веществ |

6. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 80 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов – занятия семинарского типа, 4 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 64 часа составляет самостоятельная работа студента.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен освоить дисциплины «Физическая химия», «Аналитическая химия», «Математический анализ», «Колебания и волны. Оптика», «Основы квантовой механики».

Знать: основные понятия и теоремы математического анализа; основные явления, связанные с колебательными и волновыми процессами в электрических и оптических системах; основные законы и закономерности, определяющие направление и результат протекания процессов в гомогенных и гетерогенных системах; способы аналитического представления этих закономерностей.

Уметь: решать простейшие квантово-механические задачи; формулировать конкретные химические задачи на основе законов и закономерностей, освоенных в курсах аналитической химии и физической химии; проводить математическую обработку результатов; обобщать полученные результаты.

Владеть: навыками практической работы на современных экспериментальных приборах; навыками поиска физико-химических данных в открытых источниках (в том числе, в информационных базах данных)

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего (часы) | В том числе | | | | | | | | |
|--|--------------|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------|--|---|-----------------------------|-----------------------------|-------|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы из них | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Групповые консультации | Индивидуальные консультации | Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации | Всего | Выполнение домашних заданий | Подготовка рефератов и т.п. | Всего |
| | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|--|---|---|---|---|
| Тема 1. Предмет курса, основные определения | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 2. Лазерная атомизация в аналитической спектроскопии | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 1 | | 1 |
| Тема 3. Аналитические применения лазерного пробоотбора | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 4. Лазерная атомно-флуоресцентная спектрометрия | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 5. Области применения лазерной атомно-флуоресцентной спектроскопии | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 1 | 1 | 2 |
| Тема 6. Лазерная молекулярная флуориметрия. | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 7. Оптико-акустическая спектроскопия | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 1 | | 1 |
| Тема 8. Лазерные оптико-рефрактометрические методы | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 9. Термолинзовая спектрометрия | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 1 | 1 | 2 |
| Тема 10. Лазерная атомно-ионизационная спектрометрия | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 11. Резонансная ионизационная спектроскопия с атомизацией пробы в вакууме. | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 1 | | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|--|--|----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Тема 12. Применение лазеров в масс-спектрометрии | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 13. Лазерная десорбция и ионизация в масс-спектрометрии. | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 1 | 1 | 2 |
| Тема 14. Лазерная резонансно-ионизационная масс-спектроскопия. | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 15. Спектроскопия комбинационного рассеяния | 6 | 2 | 2 | | | | 6 | 1 | | 1 |
| Тема 16. Методы лазерного дистанционного зондирования | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 17. Основные элементы лазерного датчика параметров окружающей среды. | 6 | 2 | 2 | | | | 4 | 1 | 1 | 2 |
| Тема 18. Примеры лазерного дистанционного зондирования объектов окружающей среды | 6 | 2 | 2 | | | | 6 | 2 | | 2 |
| Промежуточная аттестация <i>экзамен</i> | 36 | | | | | 4 | 4 | 32 | | 32 |
| Итого | 144 | 36 | 36 | | | 4 | 80 | 60 | 4 | 64 |

9. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

1. База спектральных данных NIST <https://www.nist.gov/pml/atomic-spectra-database>
2. База спектральных данных Р. Куруца <https://www.cfa.harvard.edu/amp/ampdata/kurucz23/sekur.html>
3. Учебно-методические материалы на сайте кафедры: <https://laser.chem.msu.ru/>

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. Аналитическая лазерная спектроскопия / под.ред. Н. Оменетто. М.: Мир, 1982
2. Лазерная аналитическая спектроскопия / под.ред. В.С.Летохова. М.: Наука, 1986
3. Ю.Я. Кузяков, К.А. Семенов, Н.Б. Зоров. Методы спектрального анализа. М.: МГУ, 1990

Дополнительная литература

1. Н.Б. Зоров, Ю.Я. Кузяков, О.А. Новодворский, В.И. Чаплыгин. Оптогальванический эффект в пламенах атмосферного давления // Химия плазмы / Под ред. Б.М. Смирнова. М.: Энергоатомиздат, 1987., вып.13. С.131-163.
 2. Д. Кремерс, Л. Радзиемски. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия. М.: Техносфера, 2009.
 3. В.И. Гришко, В.П. Гришко, И.Г. Юделевич. Лазерная аналитическая термооптическая спектрометрия. Новосибирск: ИНХ СО РАН, 1992.
 4. В.И. Козинцев, М.Л. Белов, В.А. Городничев, Ю. В. Федотов. Лазерный оптико-акустический анализ многокомпонентных газовых смесей. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003
 5. Р.Р. Агишев. Лидарный мониторинг атмосферы. М.: Физматлит. 2009.
 6. А.А. Петров, С.В. Ошемков. Лазерно-плазменная аналитическая спектроскопия. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2008.
 7. Л.А. Скворцов. Лазерные методы дистанционного обнаружения химических соединений на поверхности тел. М.: Техносфера, 2015.
 8. Сверхчувствительная лазерная спектроскопия / под.ред.Д. Клайджера. М.: Мир, 1986.
- Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

12. Язык преподавания – русский

13. Преподаватели:

1. К.х.н, доц., Лабутин Тимур Александрович, кафедра лазерной химии химического факультета МГУ
2. К.х.н, доц., Попов Андрей Михайлович, кафедра лазерной химии химического факультета МГУ

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.5.

Вопросы по теме № 1

Каким образом можно изменить длину волны генерации лазера?

Расскажите о применениях лазеров в традиционных методах спектрального анализа.

Какие новые методы спектрального анализа возникли с появлением лазеров?

Назовите основные методы измерения мощности лазера, длительности его импульса, длины волны генерации. Поясните принципы их действия.

Каковы преимущества и недостатки лазерных источников света в аналитической атомной спектроскопии?

Вопросы по темам № 2, 3

Как производят отбор пробы при послойном анализе?

Для чего используют дополнительное возбуждение в атомно-эмиссионном анализе с лазерным испарением пробы?

Какой вид имеют спектры поглощения лазерного факела, и чем они отличаются от спектров поглощения в классических атомизаторах?

Какие кратеры образуются при работе лазера в режиме модуляции добротности?

Вопросы по темам № 4, 5

Каковы метрологические характеристики лазерной атомно-флуоресцентной спектроскопии при атомизации в пламени?

На чем основан метод лазерной атомно-флуоресцентной спектроскопии?

Перечислите основные компоненты прибора для лазерной атомно-флуоресцентной спектроскопии:

Какие атомизаторы используют в лазерной атомно-флуоресцентной спектроскопии?

Вопросы по теме № 6

На чем основан метод лазерной молекулярной флуориметрии?

Что представляет собой процесс внутренней конверсии?

Что представляет собой процесс колебательной релаксации?

Что представляет собой процесс интеркомбинационной конверсии?

Вопросы по теме № 7

Назовите лазерные детекторы, применяемые в капиллярной газовой хроматографии, поясните принципы их действия.

Для чего, в основном, используют лазерную оптико-акустическую спектроскопию?

На чем основан метод оптико-акустической спектроскопии?

Вопросы по темам № 8, 9

Расскажите о применении термолинзового детектирования в динамических режимах.

Каким образом можно увеличить аналитический сигнал при анализе слабопоглощающего образца?

На чем основан метод термолинзовой спектрометрии?

Вопросы по темам № 10, 11

На чем основан метод лазерной атомно-ионизационной спектрометрии?

Какова форма атомно-ионизационного сигнала в пламени?

Как зависит эффективность фотоионизации от энергии лазерного излучения?

От каких факторов зависит величина атомно-ионизационного сигнала?

Вопросы по темам № 12, 13, 14

Опишите принцип работы масс-спектрометра ион-циклотронного резонанса с лазерной десорбцией-ионизацией.

На чем основан метод масс-спектрометрии с лазерной десорбцией из матрицы (MALDI)?

Опишите принцип работы масс-спектрометра с лазерной десорбцией с поверхности (SALDI)?

Вопросы по теме № 15

На чем основан метод лазерной спектроскопии когерентного антистоксова рассеяния?

Опишите принцип метода КР на поверхности (SERS)?

Вопросы по теме № 16, 17, 18

Дайте характеристику основным методам дистанционного лазерного зондирования.

Какие два основных типа конфигурации лазерного сенсора вам известны?

Какой тип лазерного сенсора лучше подходит для установки на летательный аппарат?

Вопросы к экзамену:

1. Лазерный микрозонд. Лазерная абляция твердых тел. Лазерный пробоотбор и его аналитические приложения. Примеры аналитического применения.
2. Лазерная внутрирезонаторная спектроскопия (ВРЛС): принцип и схема метода, примеры применения. Преимущества и ограничения метода ВРЛС.
3. Лазерная молекулярная флуориметрия (ЛМФ): принцип и схема метода. Области применения ЛМФ: определение следов органических соединений, детекторы для хроматографии.
4. Оптико-акустическая спектроскопия (ОАС): принцип и схема метода. ОАС газов и жидкостей. Детектирование примесей. Сочетание лазерной ОАС с хроматографическим разделением.
5. Лазерная термолинзовая спектрометрия (ЛТС): принцип и схема метода. Факторы, влияющие на аналитический сигнал. Применение в статических условиях и в потоке. Метрологические характеристики.

6. Лазерная атомно-флуоресцентная спектроскопия (ЛАФС): основы метода, аппаратура. Атомизаторы для ЛАФС. Основные виды помех. Примеры использования ЛАФС. Метрологические характеристики.
7. Лазерная атомно-ионизационная спектрометрия (ЛАИС): основы метода, аппаратура. Атомизаторы для ЛАИС. Виды помех. Преимущества ЛАИС. Примеры использования ЛАИС. Метрологические характеристики.
8. Резонансная ионизационная спектроскопия (РИС): основы метода, аппаратура. Детектирование единичных атомов и солнечных нейтрино. Анализ объектов.
9. Лазерная резонансно-ионизационная масс-спектроскопия (РИМС): основы метода, аппаратура. Процессы испарения и атомизации пробы, сепарация ионов и их детектирование. Аналитические приложения.
10. Лазерно-искровая эмиссионная спектрометрия (ЛИЭС): основы метода, аппаратура. Основные факторы, влияющие на измерения. Преимущества и недостатки ЛИЭС. Примеры использования ЛИЭС.
11. Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР): основы метода, аппаратура. Виды рассеяния света, мешающие факторы. Гигантское КР – механизм появления и аппаратура. Примеры использования КР.
12. Лазерная десорбция и ее применение в аналитической практике: MALDI и SALDI. Принципиальные схемы лазерной десорбции и ионизации. Примеры применения.
13. Методы лазерного дистанционного зондирования: основы методов дистанционного зондирования. Основные элементы лазерного датчика – лидара. Примеры дистанционного зондирования объектов окружающей среды.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

| ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) | | | | |
|---|--------------------|--|--|--|
| Оценка \ Результат | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Знания | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |
| Умения | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности неприципиального характера) | Успешное и систематическое умение |
| Навыки (владения) | Отсутствие навыков | Наличие отдельных навыков | В целом, сформированные навыки, но не в активной форме | Сформированные навыки, применяемые при решении задач |

| РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) | ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ |
|---|---|
| <p>Знать: теоретические основы физических и химических процессов, происходящих под воздействием лазерного излучения</p> <p>Знать: теоретические основы работы современного научного оборудования для решения задач лазерной диагностики веществ</p> | <p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p> |
| <p>Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы,</p> <p>Уметь: самостоятельно составлять план исследования</p> <p>Уметь: выбирать методы исследования вещества с помощью лазерной спектроскопии и диагностики</p> <p>Уметь: выбирать методы аналитической лазерной спектроскопии для решения практических задач по анализу реальных объектов</p> | <p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p> |
| <p>Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения</p> | <p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p> |