

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Спецпрактикум «Лазерная химия»**

**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 №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

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 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП(в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>ОПК-3.С.</b> Владеет методами регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании	<b>ОПК-3.С.4</b> Грамотно обрабатывает и интерпретирует результаты экспериментальных исследований, в том числе, полученных на современном научном оборудовании, при решении задач профессиональной деятельности	<b>Уметь:</b> проводить математическую обработку экспериментальных данных, обобщать полученные результаты
<b>СПК-1.С.</b> Владеет базовыми знаниями в области взаимодействия лазерного излучения с веществом и химических реакций, индуцируемых лазерным излучением. Способен использовать их при решении задач профессиональной деятельности	<b>СПК-1.С.1</b> Использует знания о химизме процессов, происходящих под воздействием лазерного излучения, при выборе методов исследования	<b>Знать:</b> теоретические основы физических и химических процессов, происходящих под воздействием лазерного излучения <b>Владеть:</b> навыками статистической обработки данных эксперимента с использованием лазерных систем
<b>СПК-2.С.</b> Способен применять знание основных теоретических принципов методов лазерной спектроскопии и диагностики в практической деятельности	<b>СПК-2.С.1</b> грамотно использует методы лазерной спектроскопии и диагностики при изучении химических объектов	<b>Уметь:</b> грамотно планировать эксперимент <b>Владеть:</b> навыками проведения экспериментальных исследований с помощью лазерных систем
<b>СПК-4.С.</b> Способен работать с современной лазерной и спектральной аппаратурой	<b>СПК-4.С.1</b> Проводит эксперимент с использованием лазерного оборудования с соблюдением норм техники безопасности	<b>Владеть:</b> навыками работы на современном научном оборудовании для решения задач научного исследования
<b>СПК-5.С.</b> Способен проводить квантовохимические и термодинамические расчеты с использованием современных программных комплексов и баз данных	<b>СПК-5.С.2</b> Проводит расчеты с использованием современных программных продуктов и баз данных	<b>Уметь:</b> использовать программные продукты для выполнения квантовохимических и термодинамических расчетов основных свойств атомов и молекул <b>Владеть:</b> навыками использования профессиональных баз данных для получения информации, необходимой для расчета термодинамических функций атомов и молекул

3. 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 8 зачетных единиц, всего 288 часов, из которых 214 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (192 часа – лабораторные занятия, 18 часов – индивидуальные консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 74 часа составляет самостоятельная работа студента.*

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

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

**Знать:** физические основы нелинейной оптики, физики излучения абсолютно черного тела, основы статистической термодинамики и химической кинетики.

**Уметь:** определять физические свойства излучения, статистические свойства атомных и молекулярных систем, описывать распространение излучения в пространстве.

**Владеть:** навыками работы с нелинейными оптическими кристаллами, работы с физическим оборудованием.

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине	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	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	<b>Всего</b>
№1. Определение и регулирование параметров лазерного пучка	26		18		2		20	6		6
№2. Изучение формы факела при лазерной абляции	26		18		2		20	6		6
№3. Отнесение линий тяжелых металлов в спектре лазерно-индуцированной плазмы при испарении почв	26		18		2		20	6		6
№4. Определение свинца в почвах методом лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии	26		18		2		20	6		6
№5. Расчет температуры возбуждения лазерной плазмы полиниям рудных компонентов	26		18		2		20	6		6
№6. Изучение спектров флуоресценции водных растворов органических люминофоров при лазерном возбуждении	24		18				18	6		6

№7. Исследование структуры и зарядового состава лазерной плазмы металлов в вакууме зондовыми методами	26		18		2		20	6		6
№8. Лазерный синтез каталитически активных материалов	26		18		2		20	6		6
№9. Исследования различными физико-химическими методами состава-структуры-свойств синтезированных лазерным напылением материалов	24		18				18	6		6
№10. Исследование комбинационного рассеяния для жидких и твердых веществ	26		18		2		20	6		6
№11. Расчет константы равновесия реакции образования слабо-связанного двухатомного комплекса (на примере системы щелочной металл - инертный газ)	24		12		2		14	2	8	10
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	8					4	4	4		4
<b>Итого</b>	<b>288</b>		<b>192</b>		<b>18</b>	<b>4</b>	<b>214</b>			<b>74</b>

#### 6. 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.

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

1. Чаплыгин В.И. Задачи практикума по лазерной химии. М.: МГУ, 1990.
2. Попов А.М., Лабутин Т.А. Методические разработки к практикуму по лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии для студентов геологического факультета, М. 2014.
3. Шатохин А.Н. Основы методов электронной микроскопии в диагностике наноматериалов. Учебно-методическое пособие к лабораторной работе: Определение кристаллической структуры и фазового состава материалов синтезированных методами лазерной абляции – осаждения по электронографическим данным микроскопа LEO912 AB OMEGA. М. 2014
4. База спектральных данных NIST <https://www.nist.gov/pml/atomic-spectra-database>
5. База спектральных данных Р. Куруца <https://www.cfa.harvard.edu/amp/ampdata/kurucz23/sekur.html>

#### 8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbgmu.ru/>

#### Основная литература

1. О. Звелто. Принципы лазеров. С-Пб.: Лань, 2008
2. В. Демтредер. Лазерная спектроскопия : основные принципы и техника эксперимента. М.: Наука, 1985.
3. Я. Рабек. Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике. М.: Мир, 1985.

#### Дополнительная литература

1. А.А. Блистанов. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. М.: МИСиС, 2007.
2. В.П. Быков, О.О. Силичев. Лазерные резонаторы. М.: Физматлит, 2004.
3. Справочник по лазерам в 2-х томах.- М.: Сов. радио, 1978.

#### • Материально-техническое обеспечение:

ЛАЗЕР – 3 шт.

ЛАЗЕР LS-2137N/2

ЛАЗЕР ИМПУЛЬСНЫЙ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ в компл. с основанием и перестраиваемым лазером

ЛАЗЕР ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ "TECH-527 ADVANCED"

АНАЛИЗАТОР

Компьютер – 12 шт.

## 9. Язык преподавания – русский

### 10. Преподаватели:

10.1. К.х.н, доц., Лабутин Тимур Александрович, кафедра лазерной химии химического факультета МГУ

10.2. 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 - зачета. На зачете проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

#### Вопросы к коллоквиуму по теме № 1

Измерение распределения интенсивности излучения лазера по сечению пучка при сканировании диафрагмы. Способы регистрации лазерного излучения.

#### Вопросы к коллоквиуму по теме № 2

Регистрация излучения лазерного факела при абляции лазером различных мишеней. Влияние условий фокусировки лазерного пучка на форму факела. Влияние давления и природы газовой атмосферы, в которой распространяется лазерный факел, на его длину и диаграмму направленности светящейся области.

#### Вопросы к коллоквиуму по теме № 3

Основы метода лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии. Качественный спектральный анализ. Способы отнесения спектральных линий.

#### Вопросы к коллоквиуму по теме № 4

Основы количественного анализа с использованием метода лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии. Методы получения твердой пробы из порошка. Определение оптимальных временных параметров регистрации эмиссионного сигнала относительно сигнала лазера. Использование метода градуировочного графика по стандартным образцам сравнения для определения.

#### Вопросы к коллоквиуму по теме № 5

Расчет температуры лазерной плазмы по методу двух линий и с использованием графика Больцмана. Расчет и сопоставление температур с использованием графика Больцмана по линиям железа и марганца.

#### Вопросы к коллоквиуму по теме № 6

Спектры флуоресценции водных растворов органических красителей. Влияние энергии импульса лазера на величину флуоресценции растворенного вещества и комбинационного рассеяния растворителя.

#### Вопросы к коллоквиуму по теме № 7



Способы исследования структуры и зарядового состава лазерной плазмы, образующейся при лазерном испарении металлов в вакууме. Преимущества и недостатки зондовых методов.

#### **Вопросы к коллоквиуму по теме № 8**

Лазерный синтез каталитически активных материалов, его преимущества по сравнению с классическими способами получения катализаторов. Примеры использования лазерного излучения для синтеза каталитически активных соединений.

#### **Вопросы к коллоквиуму по теме № 9**

Какие методы исследования состава, структуры и свойств катализаторов вы знаете? Какие из них используют для материалов, полученных лазерным напылением?

#### **Вопросы к коллоквиуму по теме № 10**

Что такое комбинационное рассеяние света? Факторы, мешающие наблюдению комбинационного рассеяния. Какие физические явления лежат в основе гигантского комбинационного рассеяния?

#### **Вопросы к коллоквиуму по теме № 11**

Как вводится постоянная Больцмана в молекулярной теории газов? В силу каких причин энергия молекулярной системы может быть записана как сумма слагаемых, отвечающих движениям разного типа? Решением какого уравнения являются энергии и волновые функции колебательно-вращательных уровней двухатомной молекулы?

#### **Перечень вопросов к зачету 1:**

1. Способы измерения распределения интенсивности лазерного излучения по сечению пучка. Влияния фокусного расстояния линз, а также размеров диафрагм на распределение интенсивности излучения.
2. Влияние фокусировки лазерного пучка и давления газа на форму лазерного факела.
3. Использование лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии для анализа почв. Временные параметры регистрации эмиссионного сигнала относительно лазерного импульса.
4. Расчет температуры лазерной плазмы по методу двух линий и с использованием распределения Больцмана.
5. Влияние энергии импульса лазера на величину флуоресценции растворенного органического люминофора.

#### **Перечень вопросов к зачету 2:**

1. Структура и зарядовый состав лазерной плазмы при испарении металлов в вакууме.
2. Лазерный синтез каталитически активных материалов методом лазерного напыления.
3. Методы исследования состава, структуры и свойств, полученных лазерным напылением материалов.
4. Комбинационное рассеяние света: физические принципы, примеры применения, мешающие факторы.

#### **Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

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

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
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 не-принципиального 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

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
Знать: теоретические основы физических и химических процессов, происходящих под воздействием лазерного излучения	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос при сдаче задачи и на зачете
Уметь: грамотно планировать эксперимент Уметь: проводить математическую обработку экспериментальных данных, обобщать полученные результаты Уметь: использовать программные продукты для выполнения квантовохимических и термодинамических расчетов основных свойств атомов и молекул	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос при сдаче задачи и на зачете
Владеть: навыками статистической обработки данных эксперимента с использованием лазерных систем Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований с помощью лазерных систем Владеть: навыками работы на современном научном оборудовании для решения задач научного исследования Владеть: навыками использования профессиональных баз данных для получения информации, необходимой для расчета термодинамических функций атомов и молекул	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос при сдаче задачи и на зачете