

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)**

**Лазерная спектроскопия**

**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) **Лазерная спектроскопия**

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)

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<b>ОПК-1.С.</b> Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	<b>Уметь</b> анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, <b>Уметь:</b> самостоятельно составлять план исследования <b>Владеть</b> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения
<b>СПК-2.С.</b> Способность применять знание основных теоретических принципов методов лазерной спектроскопии и диагностики в практической деятельности	<b>Знать:</b> физические и математические модели, используемые в лазерной спектроскопии, их возможности и ограничения <b>Владеть:</b> навыками теоретического описания методов решения практических и исследовательских задач методами лазерной спектроскопии <b>Уметь:</b> интерпретировать спектроскопические данные о физико-химических процессах, полученных методами лазерной спектроскопии

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 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (28 часов занятия лекционного типа, 4 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 36 часов составляет самостоятельная работа студента.*

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

Обучающийся должен освоить дисциплины «Физическая химия», «Квантовая химия», «Строение молекул», «Математический анализ», «Колебания и волны. Оптика», «Уравнения математической физики».

**Знать:** типы линейных дифференциальных уравнений II порядка и методы их решения; основные явления, связанные с колебательными и волновыми процессами в оптических системах; основные законы и закономерности, определяющие направление и результат

протекания процессов в гомогенных и гетерогенных системах и способы аналитического представления этих закономерностей; основные приближения квантовой химии и принципы методов, используемых при расчетах электронной структуры, строения и реакционной способности химических соединений.

**Уметь:** пользоваться информационными базами данных для решения задач профессиональной деятельности; применять полученные знания фундаментальных разделов математики для анализа основных задач, типичных для естественнонаучных дисциплин;

**Владеть:** навыками использования базовых физических знаний при решении химических задач; простейшими расчетными методами решения физико-химических задач; 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
Спектры и строение молекул	32	18		2			20	8	4	12
Особенности лазеров как	24	10		2			12	8	4	12

источников света										
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	16					4	4			12
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>28</b>		<b>4</b>		<b>4</b>	<b>36</b>			<b>36</b>

#### 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):

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. В. Демтредер. Лазерная спектроскопия: основные принципы и техника эксперимента. М.: Наука, 1985.
2. М.А. Ельяшевич. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: УРСС, 2001.
3. Г. Герцберг. Спектры и строение простых свободных радикалов. М.: Мир, 1974

##### Дополнительная литература

1. H. Lefebvre-Brion, R.W. Field. The Spectra and Dynamics of Diatomic Molecules. New York.: Academic Press, 2004.
2. Г. Грим. Уширение спектральных линий в плазме. М.: Мир, 1978.

##### Интернет-ресурсы

1. База данных HITRAN по абсорбционным переходам молекул (<http://www.cfa.harvard.edu/hitran/>)
2. Спектроскопическая база данных GEISA по излучению в атмосфере (<http://ara.abct.lmd.polytechnique.fr/index.php?page=geisa-2> )
3. База данных NIST по колебательным и электронным уровням энергии молекул (<http://webbook.nist.gov/chemistry/es-ser.html> )
4. Базы данных VAMDC ([http://portal.vamdc.org/vamdc\\_portal/nodes.seam](http://portal.vamdc.org/vamdc_portal/nodes.seam) )

- **Материально-техническое обеспечение:** специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

## 12. Язык преподавания – русский

### 13. Преподаватели:

Д.ф.-м.н., заведующий кафедрой Столяров Андрей Владиславович, 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.5.

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 1**

Какие характеристики лазеров являются наиболее важными для спектроскопических исследований?

Какова предельная, на сегодняшний день, относительная точность измерения положения линий в различных спектральных диапазонах?

#### **Контрольные вопросы по теме лекций № 2**

Перечислите количественные критерии приближенного разделения электронного, колебательного и вращательного видов движения?

Какова полная размерность поверхности потенциальной энергии молекулы этилена?

#### **Контрольные вопросы по теме лекций № 3**

В чем причина комплементарности правил отбора для оптических дипольных переходов и их неадиабатических аналогов?

Каков порядок величины спонтанных и преддиссоциационных времен жизни?

#### **Контрольные вопросы по теме лекций № 4**

Перечислите лазерные способы получения спектров с субдоплеровским разрешением.

В чем состоит особенность возбуждения электронами разрешенных и запрещенных по спине молекулярных переходов?

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 5**

Как особенности электронного строения свободных радикалов проявляются в их динамике переноса внутримолекулярной энергии?

В чем отличие друг от друга принципа и фактора Франка-Кондона?

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 6**

Как экспериментально проявляется резонанс Ферми?

Как колебательно-вращательное взаимодействие влияет на интенсивности вращательных, колебательно-вращательных и электронно-колебательно-вращательных переходов?

#### **Контрольные вопросы по теме лекций № 7**

Какова текущая точность неэмпирического описания поверхности потенциальной энергии молекул  $\text{H}_3^+$  и  $\text{H}_2\text{O}$  и каковы способы ее увеличения?

Что общего и в чем состоит специфика спектральных баз данных HITRAN, GEISA, NIST и VAMDC?

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 8**

Перечислите основные особенности спектров и строения Ван-дер-Ваальсовых комплексов.

Как экспериментально определяют форму потенциальных барьеров в случае заторможенного вращения?

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 9**

Что такое сечение рассеивание и фазовый сдвиг?

Назовите примеры безбарьерных химических реакций.

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 10**

Какие известны способы перестройки длин волн полупроводниковых лазеров?

Приведите принцип работы титан-сапфирового лазера.

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 11**

Как связана точность определения положения спектральных линий с точностью определения молекулярных постоянных?

Что такое «кондоновское» отражение? Как определить колебательную нумерацию электронного состояния по распределению относительных интенсивностей в спектрах ЛИФ?

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 12**

Какие недостатки существуют у методов молекулярных пучков?

В чем заключается особенность спектроскопического исследования возбужденных состояний?

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 13**

В чем состоит суть метода КАРС?

В чем заключается особенность спектроскопического исследования сталкивающихся частиц?

#### **Контрольные вопросы по теме лекции № 14**

Какова точность измерения времен жизни методом задержанных совпадений?

Какие типы процессов изучает пико- и фемтосекундная спектроскопия?

**Перечень вопросов к зачету:****1. Спектры и строение молекул.**

Характеристики молекулярных переходов. Вероятности электронных, колебательных, вращательных и электронно-колебательно-вращательных переходов. Времена жизни возбужденных состояний. Потенциальные поверхности. Адиабатические и неадиабатические приближения для описания спектров. Учет электронно-колебательного взаимодействия при интерпретации спектров. Ширины и профили спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение. Уширение вследствие эффекта Штарка и Зеемана. Вращательные, колебательные и электронные молекулярные спектры

**2. Возможности лазеров как источников света.**

Точность определения положения спектральных линий и молекулярных постоянных. Лазерная спектроскопия, ограниченная доплеровским уширением. Лазерная индуцированная флуоресценция, методы двойного резонанса, многофотонная спектроскопия, лазерный магнитный резонанс, спектроскопия возбужденных состояний, внутривибрационная спектроскопия, Спектроскопия насыщения, использование молекулярных пучков и сверхзвуковых струй. Комбинационное рассеяние (КР). Вынужденное КР, Когерентное антистоксовое КР (КАРС). КР на поверхности твердых тел. Оптико-акустическая спектроскопия. Исследование спектров промежуточных соединений. Спектроскопия сталкивающихся частиц.

Лазерный фотолиз. Спектроскопия с временным разрешением. Измерение времен жизни, пико- и фемтосекундная спектроскопия, волновые пакеты. Многоступенчатая фотоионизационная спектроскопия. Селективность, кинетика двухступенчатой фотоионизации, автоионизационные резонансы.

**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 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



<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
Знать: физические и математические модели, используемые в лазерной спектроскопии, их возможности и ограничения	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете
<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: интерпретировать спектроскопические данные о физико-химических процессах, полученных методами лазерной спектроскопии</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете
<p>Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения</p> <p>Владеть: навыками теоретического описания методов решения практических и исследовательских задач методами лазерной спектроскопии</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете