

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)
Спектроскопия молекул при экстремальных воздействиях

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)
СПК-2.С. Способен применять знание основных теоретических принципов методов лазерной спектроскопии и диагностики в практической деятельности	СПК-2.С.1 Грамотно использует методы лазерной спектроскопии и диагностики при изучении химических объектов	Знать: физические и математические модели, используемые в спектроскопии молекул при экстремальных воздействиях, их возможности и ограничения Уметь: интерпретировать спектроскопические данные о физико-химических процессах, полученных методами лазерной спектроскопии
СПК-5.С. Способен проводить квантовохимические и термодинамические расчеты с использованием современных программных комплексов и баз данных	СПК-5.С.2 Проводит расчеты с использованием современных программных продуктов и баз данных	Уметь: использовать программные продукты для выполнения квантовохимических и термодинамических расчетов основных свойств атомов и молекул Владеть: навыками квантовохимических и термодинамических расчетов основных свойств атомов и молекул с использованием существующих программных продуктов и баз спектральных данных Владеть: 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 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 68 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (28 часов – занятия лекционного типа, 28 часов – занятия семинарского типа, 8 часов – индивидуальные консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 40 часов составляет самостоятельная работа студента.

4. 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).

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	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема №1. Спектральные и радиационные характеристики «возмущенных» атомно-молекулярных ансамблей в экстремальных условиях. Особенности строения и динамики Ридберговских состояний атомов и молекул.	12	4	4		2		10	2		2
Тема №2. Радиационно-столкновительные процессы входа космических объектов в плотные слои атмосферы. Анализ метеорных спектров. Радиационно-индуцированные процессы в межзвездной среде.	10	4	4		1		9	1		1
Тема №3. Астрономическая спектроскопия. Методы спектральной диагностики космических объектов. Спектры квазаров. Проверка вариации фундаментальных физических	20	8	8		2		18	2		2

констант в космологическом масштабе времени.										
Тема №4. «Искусственные» звезды. Лазерно-индуцированная десорбция и лазерная абляция космических объектов. Обнаружение и борьба с космическим «мусором» и астероидной опасностью.	10	4	4		1		9	1		1
Тема №5. Атто и фемтохимия. Когерентное управление химическими реакциями. Влияние внешнего поля на скорость химических реакций.	10	4	4		1		9	1		1
Тема №6. Лазерный синтез и управление ультрахолодным молекулярным ансамблем. Фото и магнитоассоциация ультрахолодных атомов. Прецизионная лазерная спектроскопия. Эталоны времени и частоты.	10	4	4		1		9	1		1
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	36					4	4	32		32
Итого	108	28	28		8	4	68	40		40

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. 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)

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. Ю.Я. Кузяков, К.А. Семененко, Н.Б. Зоров. Методы спектрального анализа. М.: МГУ, 1990
2. М.А. Ельяшевич. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: УРСС, 2001.
3. Д. Кремерс, Л. Радзиемски. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия. М.: Техносфера, 2009.
4. Н.Г. Бочкарёв, Основы физики межзвездной среды. М.: Либроком, 2010.

Дополнительная литература

1. J. Tennyson, *Astronomical Spectroscopy: An Introduction To The Atomic And Molecular Physics Of Astronomical Spectroscopy*, London : Imperial College Press, 2010.
2. *Cold Molecules: Theory, Experiment, Applications* (Eds R. Krems, W.C. Stwalley, B. Friedrich), Taylor & Francis, Boca Raton, 2009.
3. С.Т. Суржиков, Радиационная газовая динамика спускаемых космических аппаратов. Многотемпературные модели, М.: ИПМех РАН, 2013
4. A. V. Stolyarov, *Laser synthesis of ultracold molecules: From design to production* // *Progress in Photon Science*. — Vol. 115 of Springer Series in Chemical Physics. — Springer International Publishing, 2017. — P. 169–177.
5. Е. А. Пазюк, А. В. Зайцевский, А. В. Столяров и др. Оптимизация и контроль лазерного синтеза ультрахолодных димеров щелочных металлов // *Успехи химии*. 2015. Т. 84, № 10. С. 1001–1020.
6. J. L. Bohn, A. M. Rey, J. Ye. *Cold molecules: Progress in quantum engineering of chemistry and quantum matter* // *Science*. 2017. V.357.

№.6355, P.1002–1010.

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

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

- 10.1. д.ф.-м.н., заведующий кафедрой, Столяров Андрей Владиславович, кафедра лазерной химии химического факультета МГУ
 10.2. д.ф.-м.н., зам. директора по научной работе, Сурин Леонид Аркадьевич, Институт спектроскопии РАН
 10.3. д.ф.-м.н., заведующий отделом, Вибе Дмитрий Зигфридович, Институт астрономии РАН

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.2.

Контрольные вопросы к коллоквиуму:

Каковы специфические физико-химические свойства электронно- возбужденных состояний атомов и молекул? Почему наука об экстремальных состояниях вещества представляет интерес для изучения астрохимических явлений? Назовите особенности строения «трилобитных» и «баттерфляйных» молекулярных состояний?

В чем суть процесса неравновесной диссоциации и какие модели используются для ее описания?

Что такое радиационно-столкновительная и хемодинамическая модель?

Какие существуют спектральные методы измерения температуры?

Каковы температурные условия образования молекулярного Бозе-Эйнштейн конденсата?

Какова рекордная, на сегодняшний день, точность измерения длин волн?

Какие существуют способы воздействия на скорость химической реакции?

Как лазеры используются в космосе?

Каковы механизмы протекания химических реакций в межзвездной среде?

Перечень вопросов к экзамену:

1. Специфика энергетических и радиационных свойств электронно-возбужденных молекулярных состояний вблизи порога диссоциации.
2. Неадиабатические эффекты в энергетических свойствах Ридберговских молекулярных состояний.
3. Особенности строения и свойства «трилобитных» и «баттерфляйных» Ридберговских молекулярных состояний.
4. Наука об экстремальных состояниях вещества и ее приложение к изучению космохимических процессов.

5. Мультитемпературный характер радиационно-столкновительных процессов при входе космических объектов в плотные слои атмосферы.
6. Радиационно-столкновительное моделирование динамики метеорных спектров.
7. Сравнительный анализ бесконтактных методов измерения поступательной и внутренней температуры.
8. Лазерные методы сборки молекулярного Бозе-Эйнштейн конденсата.
9. Прецизионная лазерная спектроскопия. Современные эталоны времени и частоты.
10. Когерентный контроль химических реакций при ультранизких температурах.
11. Обнаружение и борьба с космическим «мусором» и астероидной опасностью.
12. Радиационно-индуцированные процессы в межзвездной среде.

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 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

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
Знать: физические и математические модели, используемые в спектроскопии молекул при экстремальных воздействиях, их возможности и ограничения	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос при сдаче задачи и на экзамене

<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> <p>Уметь: использовать программные продукты для выполнения квантовохимических и термодинамических расчетов основных свойств атомов и молекул</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос при сдаче задачи и 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>Владеть: навыками квантовохимических и термодинамических расчетов основных свойств</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос при сдаче задачи и на экзамене</p>

атомов и молекул с использованием существующих программные продукты и баз спектральных данных	
---	--

Владеть: навыками использования профессиональных баз данных для получения информации, необходимой для расчета термодинамических функций атомов и молекул	
--	--