

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)**

**Радиационная химия молекулярных систем**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Химия высоких энергий

**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

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)

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>СПК-3.С.</b> Способен оценивать вероятные направления радиационно-химических превращений из имеющихся экспериментальных и теоретических данных о структуре и свойствах ионизированных и возбужденных молекул с учетом закономерностей влияния молекулярной структуры на механизм радиационно-химических процессов</p>	<p><b>СПК-3.С.1.</b> Предлагает возможные механизмы радиационно-химических процессов с учетом молекулярной структуры веществ  <b>СПК-3.С.2</b> Обосновывает наиболее вероятные направления радиационно-химических превращений на основе имеющихся экспериментальных и теоретических данных о структуре и свойствах ионизированных и возбужденных молекул</p>	<p><b>Знать:</b> основные механизмы радиационно-химических превращений ключевых модельных соединений (вода, углеводороды, спирты, алкилгалогениды)  <b>Знать:</b> принципы управления радиационно-химическими процессами в молекулярных системах  <b>Уметь:</b> использовать указанные знания для интерпретации экспериментальных данных и прогнозирования основных каналов радиационно-химических различных молекулярных систем  <b>Владеть:</b> приемами поиска необходимой справочной информации, критического анализа литературных данных, методами проведения физико-химических расчетов и оценок параметров радиационно-химических процессов</p>
<p><b>СПК-4.С.</b> Способен формировать и модифицировать наноструктуры и наноматериалы с учетом основных принципов радиационно-химических процессов</p>	<p><b>СПК-4.С.1.</b> Проводит радиационно-химический эксперимент для формирования и модифицирования наноструктур и наноматериалов</p>	<p><b>Знать:</b> Основные механизмы формирования наночастиц и других типов наноструктур под действием ионизирующих излучений</p>

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 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 78 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов - занятия лекционного типа, 36 часов - занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 66 часов составляет самостоятельная работа студента.

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

Обучающийся должен

**Знать:** основы физической химии, спектроскопии и строения молекул, основные понятия и определения, используемые в радиационной химии, свойства ключевых интермедиатов радиационно-химических процессов и методы их исследований

**Уметь:** анализировать литературные данные, использовать современные физические и физико-химические базы данных, осуществлять обоснованный выбор методов радиационно-химического исследования

**Владеть:** методами расчета характеристик радиационно-химических процессов и сравнительного анализа возможных механизмов при различных параметрах действующего излучения

5. 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	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.:	<b>Всего</b>
Раздел 1. Радиационная химия воды и водных растворов	26	8	8				16	6	4	10
Раздел 2. Радиационная химия углеводов	18	8	6				14	4		4
Раздел 3. Радиационная химия функциональных органических соединений	22	6	8				14	4	4	8
Раздел 4. Неаддитивные эффекты в радиационной химии. Селективность радиационно-химических процессов	14	4	6				10	4		4
Раздел 5. Влияние фазового состояния и температуры на радиационно-химические превращения	26	10	8				18	4	4	8

Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	38			2		4	6	32		32
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>78</b>	54	12	<b>66</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):

Самостоятельная работа проводится в соответствии с заданиями, получаемыми студентами во время лекций. Самостоятельная работа студентов обеспечивается доступом к сети Интернет и базам данных.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

##### Основная литература

1. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Радиоллиз газов и жидкостей. М.: Наука, 1986.
3. Экспериментальные методы химии высоких энергий / Под ред. М.Я. Мельникова. М.: МГУ, 2009.

##### Дополнительная литература

1. Харт Э., Анбар М. Гидратированный электрон. М.: Атомиздат, 1973.
2. Feldman V.I. Organic radical cations and neutral radicals produced by radiation in low-temperature matrices. In: EPR of Free Radicals in Solids II. Trends in Applications and Methods / Eds. A. Lund and M. Shiotani (2nd Edition), Springer, 2013, P.25—70.
3. Замараев К.И., Хайрутдинов Р.Ф., Жданов В.П. Туннелирование электрона в химии. Химические реакции на больших расстояниях. Новосибирск: Наука, 1985.
4. Радиационная химия углеводородов / Под ред. Г. Фельдиака. М.: Энергоатомиздат, 1985.

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

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

Фельдман Владимир Исаевич, профессор, д.х.н.

### **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.

#### **Вопросы к экзамену:**

1. Перечислите основные промежуточные и конечные продукты радиолиза воды и укажите их выходы после завершения реакций в шпорах при облучении излучениями с низкой ЛПЭ при комнатной температуре. Напишите примеры реакций гидратированного электрона и гидроксильного радикала с растворенными веществами.
2. Сравните соотношение выходов продуктов разрыва C—H и C—C связей при радиолизе н-гексана, гексена, 2,2-диметилбутана, циклогексана и бензола.
3. Перечислите основные радикальные продукты радиолиза простых спиртов и возможный механизм их образования.
4. Каковы возможные причины неаддитивных эффектов при радиолизе гомогенных бинарных смесей? Приведите примеры.
5. Каковы основные особенности радиолиза молекулярных стекол? Какие реакции могут протекать при облучении стекол при температуре ниже 77 К? приведите примеры.
6. Какие механизмы могут обеспечивать селективность радиационно-химических процессов в молекулярных конденсированных средах на ранних стадиях?
7. Назовите возможные причины неаддитивных эффектов в радиационной химии микрогетерогенных систем. Укажите критерии их реализации, приведите примеры.

#### **Примеры контрольных заданий и задач для экзамена**

1. Предскажите состав и начальные выходы продуктов радиолиза разбавленного водного раствора (по выбору преподавателя).
2. На основании предложенных данных о радиационно-химических выходах водорода в системе циклогексан – четыреххлористый углерод определите максимальное отклонение от аддитивности. Предложите объяснение.

3. Оцените радиус туннелирования электрона на основании предложенных экспериментальных данных о снижении интенсивности сигнала стабилизированных электронов при низкотемпературном радиоллизе стеклообразной системы, содержащей различные концентрации акцептора электронов, при одинаковом времени выдержки образца.

3. Каковы основные продукты при гамма-облучении деаэрированного водного раствора хлороформа ( $10^{-3}$  М). Приведите реакции их образования. Какой ожидаемый радиационно-химический выход молекулярного водорода в этой системе?

4. Равновесная растворимость закиси азота в воде при 293 К составляет 0.63 объема газа на 1 объем воды. Какой начальный радиационно-химический выход азота можно ожидать при гамма-облучении водного раствора, содержащего  $3 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{CuSO}_4$ , в атмосфере закиси азота при комнатной температуре? Как изменится эта величина при проведении эксперимента при 273 К?

5. При облучении цис-бутена-2 при 77 К был зарегистрирован спектр ЭПР, представляющий собой мультиплет со средним расщеплением 1.4 мТл, а при радиоллизе кристаллического транс-бутена-2 – другой мультиплет со средним расщеплением 2.3 мТл. Каким радикалам можно приписать эти спектры? В чем причина различия?

6. Опишите ожидаемую зависимость эффективного радиационно-химического выхода водорода при радиоллизе циклогексана и системы циклогексан-бензол от дозы облучения? Образования каких продуктов можно ожидать при больших дозах?

7. Предложите схему радиационно-химических процессов в запаянной ампуле с водным раствором, насыщенным закисью азота, и содержащим 0,5 М метанола и 0,002 М сульфата никеля. Будут ли образовываться наночастицы металлического никеля, если да, то какой ожидаемый характер зависимости их накопления от дозы? Учтите, что растворимость закиси азота в воде составляет 0,63 объема газа на 1 объем воды при 20°C.

### 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)	Успешное и систематическое умение



			непринципиального характера)	
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: основные механизмы радиационно-химических превращений ключевых модельных соединений (вода, углеводороды, спирты, алкилгалогениды) Знать: принципы управления радиационно-химическими процессами в молекулярных системах Знать: Основные механизмы формирования наночастиц и других типов наноструктур под действием ионизирующих излучений	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь: использовать указанные знания для интерпретации экспериментальных данных и прогнозирования основных каналов радиационно-химических различных молекулярных систем	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Владеть: приемами поиска необходимой справочной информации, критического анализа литературных данных, методами проведения физико-химических расчетов и оценок параметров радиационно-химических процессов	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене