

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/
«30» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Спецпрактикум «Химия высоких энергий»

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 №7 от 07.07.2021)

Москва 2021

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 2021/2022

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)
ОПК-3.С. Владеет методами регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании	ОПК-3.С.3. Оценивает возможные источники ошибок при проведении эксперимента и корректность полученных данных	Уметь: проводить математическую обработку физико-химических данных, обобщать полученные результаты
СПК-1.С. Способен использовать физические основы радиационной химии для общей характеристики радиационно-химических процессов при действии различных видов ионизирующих излучений	СПК-1.С.1. Проводит расчеты параметров радиационно-химических процессов при действии различных видов ионизирующих излучений	Знать: основные понятия и определения, используемые в радиационной химии Знать: физические основы механизмов взаимодействия излучения с веществом, временные характеристики различных стадий радиационно-химических процессов
СПК-2.С. Владеет теоретическими основами экспериментальных методов исследования радиационно-химических процессов в конденсированных средах и практическими навыками их использования для решения конкретных задач профессиональной деятельности	СПК-2.С.1. Проводит сравнительный анализ возможностей различных экспериментальных методов исследования радиационно-химических процессов в конденсированных средах для решения поставленной задачи	Знать: свойства ключевых интермедиатов радиационно-химических процессов и методы их исследований Знать: принципы действия источников излучения, используемых в радиационной химии и основы дозиметрии Знать: основные принципы интерпретации спектров ЭПР свободных радикалов и ион-радикалов, связь между электронным и геометрическим строением радикалов и их

		<p>магнитно-резонансными характеристиками</p> <p>Уметь: анализировать спектры ЭПР радикалов и ион-радикалов (в том числе – с учетом динамики)</p> <p>Уметь: Интерпретировать результаты спектроскопических исследований с применением различных подходов стабилизации интермедиатов</p> <p>Владеть: методами расчета характеристик радиационно-химических процессов и сравнительно анализа возможных механизмов при различных параметрах действующего излучения</p>
<p>СПК-3.С. Понимает закономерности влияния молекулярной структуры на механизм радиационно-химических процессов, способность оценивать вероятные направления радиационно-химических превращений из имеющихся экспериментальных и теоретических данных о структуре и свойствах ионизированных и возбужденных молекул</p>	<p>СПК-3.С.1. Предлагает возможные механизмы радиационно-химических процессов с учетом молекулярной структуры веществ</p>	<p>Знать: основные механизмы радиационно-химических превращений ключевых модельных соединений (вода, углеводороды, спирты, алкилгалогениды)</p> <p>Уметь: анализировать экспериментальные и теоретические данные о структуре и свойствах ионизированных и возбужденных молекул</p>
	<p>СПК-3.С.2. Обосновывает наиболее вероятные направления радиационно-химических превращений на основе имеющихся экспериментальных и теоретических данных о структуре и свойствах ионизированных и возбужденных молекул</p>	<p>Уметь: обосновывать выбор наиболее вероятных направлений радиационно-химических превращений</p>
<p>СПК-4.С. Способен формировать и модифицировать наноструктуры и наноматериалы с учетом основных принципов радиационно-химических процессов</p>	<p>СПК-4.С.1. Проводит радиационно-химический эксперимент для формирования и модифицирования наноструктур и наноматериалов</p>	<p>Знать: Основные механизмы формирования наночастиц и других типов наноструктур под действием ионизирующих излучений</p>

<p>СПК-5.С. Владеет представлениями об основах радиационно-химических технологий и способность оценивать перспективы практического использования различных радиационно-химических процессов</p>	<p>СПК-5.С.1. Обосновывает возможности использования радиационно-химических процессов для реализации различных технологий получения и модифицирования материалов, решения экологических проблем</p>	<p>Знать: основные механизмы радиационно-химических превращений макромолекул и связь радиационно-химических процессов с изменениями свойств полимерных систем при облучении</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 8 зачетных единиц, всего 288 часов, из которых 210 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (192 часа – лабораторные занятия, 14 часов – индивидуальные консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 78 часов составляет самостоятельная работа студента.

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

Знать: основные понятия и определения, используемые в радиационной химии, физические основы механизмов взаимодействия излучения с веществом, временные характеристики различных стадий радиационно-химических процессов, принципы действия источников излучения, используемых в радиационной химии и основы дозиметрии

Уметь: анализировать литературные данные, 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	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Тема 1. Физические основы радиационной химии Определение эффективной энергии рентгеновского излучения	38		24		2		26	12		12
Тема 2. Источники излучения и дозиметрия Ферросульфатная дозиметрия рентгеновского излучения в различной геометрии	72		54		2		56	16		16
Тема 3. Экспериментальные методы исследования радиационно-химических	44		30		2		32	12		12

процессов 1. Основы ЭПР спектроскопии 2. Определение характеристик стабилизированных электронов в облученных молекулярных стеклах методами ЭПР и оптической спектроскопии										
Тема 4. Радиационная химия углеводов Определение характеристик катион-радикалов во фреоновых матрицах методами ЭПР и оптической спектроскопии	38		24		2		26	12		12
Тема 5. Радиационная химия функциональных органических соединений Исследование радиационно-химических процессов в условиях матричной изоляции методом ИК-спектроскопии	28		18		2		20	8		8
Тема 6. Радиационно-химические превращения в важнейших классах полимеров. Радиационная химия линейного полиэтилена. Определение продуктов радиолиза и радиационно-химического окисления полиэтилена методом ИК-спектроскопии	36		24		2		26	10		10
Тема 7. Радиационно-химическое формирование и модифицирование наноструктур и наноматериалов.	28		18		2		20	8		8

Радиационно-химический синтез наночастиц путем восстановления ионов металлов в интерполиэлектролитных комплексах										
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>	4					4	4			
Итого	288		192		14	4	210	78		78

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 предполагает использование рекомендованных литературных источников и Интернет-ресурсов, а также справочной литературы, программного обеспечения и баз данных

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. Экспериментальные методы в химии высоких энергий / Под ред. М.Я. Мельникова. М.: изд-во МГУ, 2009.
2. Фельдман В.И. Основы практической ЭПР спектроскопии. Методическая разработка. ЛХВЭ, Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010.
3. Вертц Дж., Болтон Дж. Теория и практические приложения метода ЭПР. М.: Мир, 1975.
4. Радиационная химия макромолекул / Под ред. М. Доула: Пер. с англ./ Под ред. Финкеля Э.Э. М.: Атомиздат, 1978.

Дополнительная литература

1. Практикум по радиационной химии / Под ред. В.В. Сараевой/М.: Изд-во МГУ, 1982.
2. Керрингтон А., Мак-Лечлан Э. Магнитный резонанс и его применение в химии. М.: Мир, 1970.
3. Харт Э., Анбар М. Гидратированный электрон. М.: Атомиздат, 1973.
4. Крейдок С., Хинчклиф А. Матричная изоляция. М.: Мир, 1978.
5. Ершов Б.Г. Наночастицы металлов в водных растворах: электронные, оптические и каталитические свойства // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2001. Т. XLV. № 3. С.20-30.
6. Zezin A.A., Feldman V.I., Abramchuk S.S., Danelyan G.V., Dyo V.V., Plamper F.A., Muller A.H.E., Pergushov D.V. Efficient size control of copper nanoparticles generated in irradiated aqueous solutions of star-shaped polyelectrolyte containers // Phys.Chem.Chem.Phys. 2015. V.17. P.11490-11498.

- Материально-техническое обеспечение:
Рентгеновская установка – 3 шт.; Спектрофотометр СФ-56 - 1 шт.; Весы аналитические - 2 шт.; Спектрофотометр СФ-56
Фурье ИК-спектрометр Bruker Tensor II с охлаждаемым МСТ детектором- 1 шт.; Гелиевый криостат на основе
криорефрижераторов замкнутого цикла для исследований радиационно-химических превращений при температурах от 7 К
методом ИК спектроскопии- 1 шт.; Вакуумная установка для приготовления смесей- 1 шт.; Вакуумная установка для

осаждения смесей- 1 шт.; Термоконтроллер LakeShore - 1 шт.

Рентгеновская установка – 2 шт.; ЭПР спектрометр с системой регистрации – 3 шт.; Спектрофотометр СФ-56 – 2 шт.

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

1. Баранова Ирина Александровна, н.с., к.х.н.;
2. Зезина Елена Анатольевна, н.с., к.х.н.;
3. Саночкина Елизавета Владимировна, с.н.с., к.х.н.;
4. Тюрин Даниил Александрович, в.н.с., к.х.н.;
5. Ширяева Екатерина Сергеевна, н.с., к.х.н.

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.

Примеры типовых вопросов для защиты задач практикума

Темы 1, 2.

1. Постройте зависимость величины I от R . Какой функцией она может быть аппроксимирована? В чем состоит ее физический смысл?
2. Как определить величину дозы, поглощенной образцом полиэтилена, если он помещен в такую же ампулу, что и дозиметрический раствор на таком же расстоянии от выходного окна рентгеновской трубки? Проведите такую оценку для $R = 1$ см.
3. Как изменится результат, если образец на том же расстоянии от окна помещен во внешний сосуд, например, в тонкостенный кварцевый сосуд Дьюара? Проведите такой же эксперимент с облучением ампулы с дозиметрическим раствором диаметром 4 – 5 мм в сосуде Дьюара (для измерений раствор придется разбавить в несколько раз). Можно ли в эксперименте при комнатной температуре имитировать влияние жидкого азота в сосуде Дьюара на дозиметрию? Какую жидкость для этого следует использовать?

Темы 3, 4.

1. Почему скорость записи спектров влияет на наблюдаемую интенсивность сигнала при неизменном коэффициенте усиления?
2. Как и почему изменится начальное значение магнитного поля при записи сигнала того же образца без сосуда Дьюара?
3. Предложить значения H_m , которые следует использовать для проведения различных типов измерений (определение количества парамагнитных частиц, достижения максимальной чувствительности).
4. Объяснить получившиеся зависимости для СВЧ-мощности.
5. Какие характеристики стабилизированных электронов в исследуемых системах определяют наблюдаемые параметры оптических спектров и спектров ЭПР? В чем заключается физический смысл зависимости интенсивности сигнала ЭПР стабилизированного электрона от мощности СВЧ?
6. Объясните вид кривой накопления стабилизированных электронов.
7. Прокомментируйте полученные в практикуме значения коэффициентов экстинкции стабилизированных электронов. Каким электронным переходам их можно приписать?
8. В чем состоит возможный механизм «фотоотбеливания» стабилизированных электронов? Чем определяется положение «красной границы» эффекта?
9. Интерпретировать спектр ЭПР катион-радикала (из задачи практикума).
10. Предложить схему превращений молекулы (из задачи практикума) под действием рентгеновского излучения.

Тема 5.

1. Предложить схему радиационно-химических превращений молекулы (из задачи практикума) в условиях матричной изоляции.
2. Оценить радиационно-химический выход расщепления молекулы (из задачи практикума).

Тема 6.

1. Охарактеризуйте основные полосы поглощения в исходном (необлученном) полимере. Какие полосы появляются при облучении? Почему именно эти колебания активны в ИК-спектре продуктов радиолитического разложения?
2. Напишите схему радиационно-химических превращений и пострадиационных изменений, приводящих к образованию наблюдаемых функциональных групп.
3. Какие карбонильные соединения образуются при окислении полиэтилена? Объясните характер их накопления в зависимости от дозы облучения и времени выдерживания образца после облучения.
4. Оцените радиационно-химический выход ТВ-связей, предположив, что молярный коэффициент поглощения в максимуме полосы, отвечающим внеплоскостным деформационным колебаниям при двойной связи равен $170 \text{ л}/(\text{моль}\cdot\text{см})$.

Тема 7.

1. Назовите основные восстанавливающие продукты радиолитического разложения водно-органических смесей, приведите их радиационно-химические выходы и механизм образования.
2. Перечислите стадии формирования наночастиц в облученных растворах и суспензиях полимеров, обсудите их особенности.
3. Какое влияние мощность дозы оказывает на размеры образующихся наночастиц?
4. Какие продукты радиолитического разложения обеспечивают процессы зародышеобразования и (или) роста наночастиц?

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: основные понятия и определения, используемые в радиационной химии</p> <p>Знать: физические основы механизмов взаимодействия излучения с веществом, временные характеристики различных стадий радиационно-химических процессов</p> <p>Знать: свойства ключевых интермедиатов радиационно-химических процессов и методы их исследований</p> <p>Знать: принципы действия источников излучения, используемых в радиационной химии и основы дозиметрии</p> <p>Знать: основные принципы интерпретации спектров ЭПР свободных радикалов и ион-радикалов, связь между электронным и геометрическим строением радикалов и их магнитно-резонансными характеристиками</p> <p>Знать: основные механизмы радиационно-химических превращений ключевых модельных соединений (вода, углеводороды, спирты, алкилгалогениды)</p> <p>Знать: Основные механизмы формирования наночастиц и других типов наноструктур под действием ионизирующих излучений</p> <p>Знать: основные механизмы радиационно-химических превращений макромолекул и связь радиационно-химических процессов с изменениями свойств полимерных систем при облучении</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p>Уметь: проводить математическую обработку физико-химических данных, обобщать полученные результаты</p> <p>Уметь: анализировать спектры ЭПР радикалов и ион-радикалов (в том числе – с учетом динамики)</p> <p>Уметь: Интерпретировать результаты спектроскопических исследований с применением различных подходов стабилизации интермедиатов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p>Владеть: методами расчета характеристик радиационно-химических процессов и сравнительно анализа возможных механизмов при различных параметрах действующего излучения</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>

