

В.И. Фельдман
Программа полного спецкурса «Радиационная химия»
для студентов Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
(60 лекций – 120 часов, 7 – 9 семестр).

Часть 1. «Основы радиационной химии и методы радиационно-химических исследований (18 лекций – 36 часов, 7 семестр).

Лекция 1. Предмет и задачи радиационной химии. Химия высоких энергий. Энергетическая шкала излучений. Ионизирующие излучения (ИИ), их роль в природе и технике. Место радиационной химии среди других разделов химии. Краткий исторический обзор и современное состояние радиационной химии. Характеристики ИИ, используемых в радиационной химии. Виды излучений. Основные понятия и определения: поглощенная доза, мощность дозы, средняя работа ионизации, радиационно-химический выход.

Лекция 2. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Классификация потерь энергии ИИ. Соотношение между ионизационными и радиационными потерями в зависимости от энергии. Вывод формулы Бора. Релятивистские поправки. Формула Бете. Особенности взаимодействия быстрых электронов со средой. Пространственная неоднородность событий ионизации.

Лекция 3. Формирование трековых структур нанометрового размера при прохождении заряженных частиц через вещество. Классификация трековых структур, возникающих при прохождении высокоэнергетических электронов через конденсированную среду: шпоры, блобы, короткие и разветвленные треки. Трек тяжелой заряженной частицы. Общие представления об эволюции трековых структур.

Лекция 4. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Поглощение и рассеяние (общие положения). Фотоэффект. Эффект Комптона. Образование электрон-позитронных пар. Зависимость сечения различных эффектов от энергии фотона и природы среды. Энергетическая зависимость суммарных коэффициентов поглощения и ослабления.

Лекция 5. Роль вторичных электронов и их распределение по энергии. Спектр деградации энергии и «действующий спектр» в радиационной химии. Линейная передача энергии (ЛПЭ) как обобщенная характеристика взаимодействия ИИ со средой. Пространственное распределение первичных эффектов при различных величинах ЛПЭ.

Лекция 6. Временная шкала радиационно-химических процессов. Возбуждение и ионизация в молекулярных средах. Точка отсчета («начало» радиационной химии). Физическая, физико-химическая и химическая (гомогенная) стадии радиолиза. Пострадиационные эффекты.

Лекция 7. Первичные положительные ионы (катион-радикалы). Структура и свойства (общие представления). Передача заряда и рекомбинация с электронами. Формула Онзагера. Влияние среды на выход свободных ионов.

Лекция 8. Роль заряда и спина в реакциях катион-радикалов. Основные типы реакций органических катион-радикалов и природа их селективности. Моделирование эффектов избыточной энергии в конденсированных средах.

Лекция 9. Механизмы потери энергии неионизирующих вторичных электронов. Локализация и сольватация электронов в молекулярных средах. Оптические спектры и спектры ЭПР стабилизированных и сольватированных электронов. Континуальные и конфигурационные модели сольватированного электрона. Динамика сольватации электронов. Исследования в фемтосекундном и пикосекундном диапазоне. Нерешенные проблемы.

Лекция 10. Гидратированный электрон как уникальный химический реагент. Диффузия и кинетика реакций гидратированного электрона. Возможность реакций «сухого» (предсольватированного) электрона.

Лекция 11. Электронно-возбужденные состояния в радиационной химии: механизмы образования и свойства. Некоторые сведения из фотофизики. Квантовый выход. Диаграмма Яблонского. Особенности заселения различных состояний при действии ИИ. Роль триплетных состояний.

Лекция 12. Перенос энергии электронного возбуждения: механизмы и эффективность. Излучательный (тривиальный), диполь-дипольный (ферстеровский) и обменно-резонансный перенос. Диффузионное тушение. Образование радикалов в радиационно-химических процессах, особенности их структуры и реакций.

Лекция 13. Общий обзор экспериментальных методов исследования радиационно-химических процессов и их классификация. Методы исследования промежуточных частиц. Сравнительная характеристика возможностей физических методов исследования короткоживущих частиц. Методы, основанные на магнитных и спиновых эффектах.

Лекция 14. Импульсный радиолиз. Общая схема эксперимента. Варианты регистрации. Временное разрешение и чувствительность. Стробоскопическая схема. Пикосекундный и субпикосекундный импульсный радиолиз.

Лекция 15. Методы низкотемпературной стабилизации и матричной изоляции в радиационной химии. Свойства матриц. Классический эксперимент по матричной изоляции. Низкотемпературная стабилизация в специфических матрицах. Метод фреоновых матриц. Метод акцептора в радиационной химии и варианты его реализации.

Лекция 16. Источники излучения, используемых в радиационно-химических исследованиях. Аппаратурные и изотопные источники излучения. Краткие характеристики изотопных источников излучения. Аппаратурные источники: рентгеновские трубки, ускорители электронов и ионов. Общие принципы действия и особенности.

Лекция 17. Дозиметрия в радиационной химии. Физическая и химическая дозиметрия. Абсолютная (калибровочная) дозиметрия. Адиабатический калориметр. Ионизационные камеры. Принцип электронного равновесия. Полупроводниковые и сцинтилляционные детекторы.

Лекция 18. Химическая дозиметрия: общие принципы. Требования к системам для химической дозиметрии. Жидкостные (растворные) и газовые дозиметры. Использование метода ЭПР для дозиметрии (аланиновый дозиметр, ретроспективные дозиметры). Другие варианты дозиметрии. Заключительные замечания о проблемах и методах радиационной химии.