

Министерство образования и науки РФ

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

02.00.09

(код специальности)

«ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ»

(название специальности)

«Химические науки»

(отрасль наук)

Учреждение разработчика программы: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет: химический факультет

Разработчики:

Фельдман В.И. - профессор,
доктор химических наук

Мельников М.Я. - профессор,
доктор химических наук

Москва 2012 г.
СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение.....	4
Программа 02.00.09 «Химия высоких энергий» (химические науки).....	5
1. Общая характеристика химии высоких энергий.....	5
1.1. Предмет химии высоких энергий. Основные понятия и определения.....	5
1.2. Основные направления химии высоких энергий.....	5
1.3. Термодинамические аспекты химии высоких энергий.....	5
1.4. Временная шкала процессов в химии высоких энергий.....	5
2. Взаимодействие излучения с веществом.....	5
2.1. Поглощение света.....	5
2.2. Основы фотофизики.....	6
2.3. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.....	6
2.4. Взаимодействие ионизирующего электромагнитного излучения с веществом.....	6
2.5. Пространственное распределение событий ионизации, формирование и эволюция радиационно-индуцированных наноструктур.....	6
3. Интермедиаты процессов химии высоких энергий. Кинетика и механизм химических процессов.....	6
3.1. Электронно-возбужденные состояния.....	6
3.2. Катион-радикалы.....	7
3.3. Сольватированные электроны и анион-радикалы.....	7
3.4. Нейтральные радикалы.....	7
3.5. Макрокинетика. Рекомбинационно-диффузионная модель.....	7
3.6. Кинетика фотопроцессов.....	8
3.7. Установление механизма фотохимических реакций.....	8
4. Экспериментальные методы химии высоких энергий.....	8
4.1. Методы инициирования химических процессов. Источники излучений.....	8
4.2. Методы исследования процессов химии высоких энергий.....	8
5. Основы фотохимии.....	9
5.1 Особенности фотохимических реакций.....	9
5.2. Классификация фотохимических реакций.....	9
5.3. Окислительно-восстановительные фотохимические реакции (реакции фотопереноса электрона).....	9
5.4. Реакции фотодиссоциации.....	9
5.5. Кислотно-основные фотохимические реакции.....	9

5.6. Реакции фотоизомеризации.....	10
5.7. Фотореакции присоединения и замещения.....	10
5.8. Фотохимия различных классов соединений.....	10
6. Основы радиационной химии.....	10
6.1. Общие принципы радиационной химии молекулярных систем.....	10
6.2. Радиационная химия газов.....	10
6.3. Радиационная химия воды и водных растворов.....	10
6.4. Радиационная химия органических соединений.....	11
6.5. Радиационная химия ионных и ионно-ковалентных кристаллов.....	11
6.6. Радиационно-химические процессы в гетерогенных системах.....	11
6.7. Радиационная химия макромолекул.....	11
6.8. Основы радиационной химии биологических систем.....	12
7. Прикладные аспекты химии высоких энергий.....	12
7.1. Общие положения.....	12
7.2. Прикладные аспекты фотохимии.....	12
7.3. Радиационно-инициированная полимеризация и радиационное модифицирование полимерных материалов.....	12
7.4. Плазмохимические технологии.....	12
7.5. Получение наноструктур и наноматериалов.....	12
7.6. Технологии защиты окружающей среды на основе химии высоких энергий...13	
7.7. Роль химии высоких энергий в природе.....	13
7.8. Основы радиационной стойкости и светостойкости материалов.....	13
8. Литература основная.....	13
9. Литература дополнительная.....	14

Введение

Специальность 02.00.09 – «Химия высоких энергий» является междисциплинарным научным направлением, которое изучает химические процессы в веществе, протекающие при воздействии носителей нетепловой энергии. Принципиальные особенности этого направления связаны с существенно неравновесным характером первичных химических процессов и неоднородностью пространственного распределения активных частиц. Предметом химии высоких энергий являются изучение механизмов взаимодействия носителей нетепловой энергии с веществом, строения, свойств и пространственного распределения первичных продуктов химических превращений, кинетики и механизма химических процессов, протекающих на различных стадиях, а также разработка и оптимизация технологий, использующих эти процессы. В обобщенном смысле к химии высоких относят ряд самостоятельных направлений химической науки (радиационная химия, фотохимия, плазмохимия, лазерная химия, механохимия и др.). В настоящей программе основное внимание уделяется фотохимии и радиационной химии как наиболее разработанным областям, имеющим ключевое значения для понимания и практического использования процессов химии высоких энергий.

Программа кандидатского экзамена по специальности 02.00.09 – «Химия высоких энергий» (химические науки) составлена в соответствии с паспортом данной специальности, разработанным экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки РФ.

ПРОГРАММА

02.00.09 «Химия высоких энергий» (химические науки)

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1.1. Предмет химии высоких энергий. Основные понятия и определения.

Энергетическая шкала в химии. Предмет и методы химии высоких энергий.

Основные понятия химии высоких энергий, физические величины и единицы их измерения. Поглощенная доза как основная характеристика энергии, переданной веществу. Мощность поглощенной дозы. Связь между поглощенной и экспозиционной дозой.

Эффективность использования поглощенной энергии для химических превращений. Квантовый выход и радиационно-химический выход, связь между ними. Обобщенный энергетический выход.

1.2. Основные направления химии высоких энергий.

Методы нетермической активации химических реакций их классификация. Общая характеристика основных направлений химии высоких энергий (фотохимия, радиационная химия, плазмохимия, лазерная химия, механохимия, сонохимия, химия горячих атомов).

1.3. Термодинамические аспекты химии высоких энергий.

Сопоставление термической химии и химии высоких энергий. Неравновесность как фундаментальная особенность химии высоких энергий. «Температура подсистемы» и «локальная температура». Роль локальных возбуждений («горячих пятен»).

Передача энергии между подсистемами. Релаксационные процессы. Химическая реакция как один из конкурирующих каналов релаксации.

1.4. Временная шкала процессов в химии высоких энергий.

Характерные времена элементарных процессов в химии высоких энергий. Критерии выделения физической, физико-химической и химической стадии. Гомогенизация распределения (расплывание «горячих пятен»), роль релаксационных и диффузионных процессов. Влияние агрегатного состояния вещества на временную шкалу процессов в химии высоких энергий.

2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ.

2.1. Поглощение света

Волновые и корпускулярные свойства света и их проявление. Длина волны излучения, частота и волновое число. Энергия кванта света.

Поглощение и пропускание. Закон Бугера-Ламберта-Беера. Оптическая плотность, коэффициент молярного поглощения. Интенсивность поглощенного света. Поглощение в светорассеивающей среде.

Энергия молекулы. Электронные, колебательные и вращательные состояния. Интенсивность электронных переходов, сила осциллятора. Правила отбора. Спиновая мультиплетность; синглетные и триплетные состояния. Классификация электронных

переходов и электронно-возбужденных состояний. Энергетическая диаграмма состояний (Диаграмма Яблонского).

2.2. Основы фотофизики.

Классификация излучательных процессов дезактивации электронно-возбужденных состояний. Флуоресценция, фосфоресценция, замедленная флуоресценция и ее виды. Характеристики излучательных процессов дезактивации.

Классификация безызлучательных процессов дезактивации электронно-возбужденных состояний. Внутренняя конверсия. Интеркомбинационная конверсия. Колебательная релаксация.

Спин-орбитальное взаимодействие. Эффект тяжелого атома. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Индуктивно-резонансный и обменно-резонансный перенос энергии.

2.3. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.

Основные механизмы взаимодействия заряженных частиц с веществом. Ионизация и возбуждение молекул среды (ионизационные потери энергии). Зависимость ионизационных потерь от энергии и массы заряженной частицы. Учет релятивистских эффектов. Формула Бете.

Линейная и массовая тормозная способность вещества. Пробег заряженных частиц. Линейная передача энергии излучения среде (ЛПЭ).

2.4. Взаимодействие ионизирующего электромагнитного излучения с веществом.

Основные механизмы взаимодействия высокоэнергетических фотонов с веществом (фотоэффект, эффект Комптона, эффект образования пар). Вклад различных механизмов в зависимости от энергии фотона.

Линейный и массовый коэффициенты ослабления излучения. Массовый коэффициент поглощения и его зависимость от природы поглотителя. Роль вторичных электронов. Обобщение понятия ЛПЭ для электромагнитного излучения.

2.5. Пространственное распределение событий ионизации, формирование и эволюция радиационно-индуцированных наноструктур.

Распределение вторичных электронов по энергиям и пространственное распределение событий ионизации при действии ионизирующих излучений на плотные среды. Формирование радиационно-индуцированных трековых наноструктур. Классификация трековых образований (шпоры, блобы, короткие и разветвленные треки). Влияние величины ЛПЭ на пространственное распределение событий ионизации.

Пространственно-временная эволюция трековых наноструктур. Время жизни треков, их физические и химические проявления в жидкостях и твердых телах.

3. ИНТЕРМЕДИАТЫ ПРОЦЕССОВ ХИМИИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ. КИНЕТИКА И МЕХАНИЗМ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.

3.1. Электронно-возбужденные состояния

Механизмы образования электронно-возбужденных состояний в различных процессах химии высоких энергий. Особенности электронно-возбужденных состояний, возникающих в радиационно-химических процессах.

3.2. Катион-радикалы.

Катион-радикалы (молекулярные положительные ионы) как ключевые первичные интермедиаты радиационно-химических процессов. Общие представления об электронном строении и методах исследования катион-радикалов.

Основные типы реакций катион-радикалов в газовой фазе. Образование вторичных ионов. Использование масс-спектрометрических данных в радиационной химии.

Катион-радикалы в конденсированных средах. Оптические спектры и спектры ЭПР катион-радикалов. Передача заряда. Ион-электронная рекомбинация, влияние среды. Время жизни первичных катион-радикалов в жидкой и твердой фазах.

Основные типы химических реакций органических катион-радикалов в конденсированных средах. Корреляция между структурой и реакционной способностью, селективность реакций катион-радикалов.

3.3. Сольватированные электроны и анион-радикалы.

Судьба неионизирующих вторичных электронов в конденсированных средах. Термализация электронов. Локализация и захват молекулами среды. Образование сольватированных электронов и молекулярных анион-радикалов.

Гидратированный электрон. Экспериментальное обнаружение и спектральные проявления (оптический спектр и спектр ЭПР). Доказательство наличия отрицательного заряда. Термодинамические свойства гидратированного электрона (стандартный потенциал, энергия гидратации). Подвижность и коэффициент диффузии.

Гидратированный электрон как уникальный химический реагент. Особенности кинетики реакций гидратированного электрона.

Сольватированные электроны в молекулярных жидкостях. Захваченные электроны в стеклах. Влияние среды на характеристики сольватированных электронов.

Модели сольватированных электронов (континуальные и конфигурационные). Времена сольватации электронов в жидкостях и стеклах. Общие представления о динамике сольватации электронов.

Критерии молекулярного захвата электронов. Свойства и методы исследования молекулярных анион-радикалов, основные типы их химических реакций.

3.4. Нейтральные радикалы.

Образование нейтральных радикалов в процессах химии высоких энергий. Методы исследования и основные типы реакций нейтральных радикалов. Акцепторы радикалов.

3.5. Макрокинетика. Рекомбинационно-диффузионная модель.

Влияние неоднородности начального пространственного распределения на кинетику процессов химии высоких энергий. Особенности макрокинетики фотохимических и радиационно-химических процессов.

Методы описания кинетики ранних стадий радиационно-химических процессов в жидкостях. Рекомбинационно-диффузионная модель. Определение параметров шпор и треков из экспериментальных данных.

3.6. Кинетика фото процессов.

Скорость дезактивации электронно-возбужденных состояний. Способы нахождения констант скорости основных фотофизических процессов. Квантовый выход флуоресценции и фосфоресценции.

Кинетика тушения электронно-возбужденных состояний. Уравнение Штерна-Фольмера. Статическое и динамическое тушение.

Квантовый выход фотохимических реакций. Дифференциальный и интегральный квантовый выход. Квантовый выход последовательных и параллельных фотореакций. Скорость фотохимических реакций. Нахождение квантового выхода фотореакций из кинетических данных. Порядок фотохимических реакций. Способы нахождения констант скорости фотохимических реакций.

3.7. Установление механизма фотохимических реакций.

Конкурентное тушение электронно-возбужденных состояний. Сенсibilизированное заселение триплетных уровней. Квантовый выход фотореакций. Зависимость скорости фотореакций от интенсивности света.

Эксплексы, эксимеры, ион-радикальные пары. Энергетический профиль реакции. Способы управления маршрутом фотореакции.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ХИМИИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ.

4.1. Методы инициирования химических процессов. Источники излучений.

Источники света для фотохимических исследований и технологий. Способы монохроматизации света.

Изотопные и аппаратные источники ионизирующих излучений. Краткая характеристика изотопных источников. Источники рентгеновского излучения. Ускорители электронов, принципы действия, классификация и области применения. Ускорители тяжелых заряженных частиц.

Генераторы плазмы (плазмотроны): основные типы, возможности и области применения.

Эргометрия в химии высоких энергий. Актинометрия света и дозиметрия ионизирующих излучений. Физические и химические методы актинометрии и дозиметрии. Ионизационная и калориметрическая дозиметрия. Важнейшие типы химических дозиметров и актинометров (дозиметр Фрикке, ферриоксалатный актинометр).

4.2. Методы исследования процессов химии высоких энергий.

Общая характеристика методов и подходов; временное разрешение, чувствительность и информативность.

Импульсный фотолиз и импульсный радиолиз. Методы регистрации. Особенности эксперимента в пикосекундном и фемтосекундном диапазонах. Времяразрешенная ИК-спектроскопия.

Низкотемпературная стабилизация и матричная изоляция. Инертные и специфические матрицы.

Использование электронного парамагнитного резонанс в химии высоких энергий. Понятие о методах спиновой химии.

Люминесцентные методы (спектры люминесценции, кинетика люминесценции, поляризация люминесценции). Фотоселекция и фотоориентация.

Химические (косвенные) методы исследований. Метод акцептора. Метод спиновых ловушек.

5. ОСНОВЫ ФОТОХИМИИ.

5.1 Особенности фотохимических реакций.

Законы фотохимии. Закон Гроткуса-Дрепера. Закон Штарка-Эйнштейна. Глубина протекания реакций. Кривые потенциальной энергии молекулы в основном и электронно-возбужденном состояниях.

Свойства молекул, изменяющиеся при возбуждении. Потенциал ионизации и сродство к электрону. Кислотно-основные свойства молекул. Цикл Ферстера-Веллера. Дипольный момент и геометрия молекул. Реакционная способность молекул в возбужденном состоянии. Синглетно-возбужденные и триплетные состояния.

Фотореакции в газовой и конденсированной фазе. Клеточный эффект. Специфика фотореакций в твердых матрицах. Влияние среды на направление протекания реакции. Сольватация. Реакция с растворителем.

5.2. Классификация фотохимических реакций.

Адиабатические и диабатические реакции. Одно- и двухквантовые фотореакции. Фотосенсибилизированные реакции. Механизмы фотосенсибилизации. Перенос энергии. Цепные фотореакции.

5.3. Окислительно-восстановительные фотохимические реакции (реакции фотопереноса электрона).

Прямая фотоионизация в газовой и конденсированной фазе. Преионизация. Двухфотонная ионизация. Взаимодействие возбужденных молекул с донорами и акцепторами электрона в газовой, жидкой и твердой фазе. Туннелирование электрона. Образование эксиплексов и ион-радикалов. Скорость реакции фотопереноса электрона. Зависимость константы скорости реакции от изменения термодинамического потенциала Гиббса. Соотношения свободных энергий Маркуса и Рэма-Веллера. Диффузионная и кинетическая области. Комплексы с переносом заряда. Спектральная сенсбилизация.

5.4. Реакции фотодиссоциации.

Диссоциация из связывающего состояния. Диссоциация в континуум. Преддиссоциация. Гомолитический и гетеролитический механизмы фотодиссоциации. Роль сольватации. Двухквантовый механизм фотодиссоциации.

5.5. Кислотно-основные фотохимические реакции.

Адиабатические и диабатические реакции фотопереноса протона. Влияние среды и свойств реагентов на механизм и константы скорости фотопереноса протона.

5.6. Реакции фотоизомеризации.

Цис-транс фотоизомеризация. Фотокаталитическая изомеризация. Фотосенсибилизированная цис-транс изомеризация. Кинетика цис-транс фотоизомеризации. Сигматропные перегруппировки.

5.7. Фотореакции присоединения и замещения.

Отрыв атома водорода возбужденными молекулами. Синхронное циклоприсоединение Реакции фотозамещения алифатических соединений. Реакция фотозамещения в ароматическом ядре.

5.8. Фотохимия различных классов соединений.

Карбонильные соединения. Ароматические углеводороды. Координационные соединения переходных металлов.

6. ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ ХИМИИ.

6.1. Общие принципы радиационной химии молекулярных систем.

Возбуждение и ионизация молекул. Первичные радиационно-химические процессы в молекулярных системах. Селективность радиационно-химических процессов.

Особенности радиолиза двухкомпонентных и многокомпонентных систем. Прямое и косвенное действие излучения. Электронная доля компонента. Неаддитивные эффекты.

6.2. Радиационная химия газов.

Первичные радиационно-химические процессы в газовой фазе. Влияние давления на радиолиз газов. Радиолиз двухатомных и трехатомных газов. Радиационно-химические процессы в воздушной среде.

6.3. Радиационная химия воды и водных растворов.

Ранние стадии радиолиза воды. Временная шкала первичных процессов. Реакции в шпорах (негомогенная стадия). Радиационно-химические выходы продуктов радиолиза воды после завершения реакций в шпорах. Стабильные продукты. Влияние pH среды и ЛПЭ излучения на радиолиз воды.

Реакционная способность основных промежуточных продуктов радиолиза воды (гидратированный электрон, гидроксильный радикал, атом водорода). Радиолиз воды в присутствии кислорода. Радиолиз разбавленных водных растворов. Физико-химические основы радиационно-химической очистки воды от примесей.

Особенности радиолиза концентрированных водных растворов. Роль реакций первичных продуктов радиолиза воды. Прямое действие излучения на растворенное вещество.

Влияние фазового состояния на радиолиз воды. Общие представления о радиолизе паров воды и кристаллического льда.

6.4. Радиационная химия органических соединений.

Общая характеристика радиационно-химических превращений органических соединений. Связь между электронной структурой и механизмом радиационно-химических превращений.

Радиационная химия насыщенных углеводородов. Радиолит линейных алканов (представления о ранних стадиях, состав радикалов и стабильных продуктов). Особенности радиолита разветвленных и циклических алканов. Влияние структуры молекулы на соотношение разрывов С—Н и С—С связей. Радиационно-термический крекинг.

Радиационно-химические превращения ненасыщенных углеводородов. Радиационно-инициированная полимеризация. Особенности радиолита ароматических углеводородов, причины их радиационной стойкости. Использование ароматических углеводородов в качестве антирадов.

Радиационная химия функциональных органических соединений. Радиолит спиртов (основные конечные и промежуточные продукты, сопоставление с радиолитом воды и углеводородов). Особенности радиолита алкилгалогенидов. Общие представления о радиационной химии функциональных органических соединений различной структуры.

6.5. Радиационная химия ионных и ионно-ковалентных кристаллов.

Действие излучения на ионные и ионно-ковалентные кристаллы. Типы радиационно-индуцированных дефектов и методы их исследования.

Радиационная химия щелочно-галогидных кристаллов. Промежуточные и конечные продукты. Физико-химические процессы при растворении облученных солей. Общие представления о радиационно-химических превращениях других ионных кристаллов (оксиды, нитраты, азиды, сульфаты).

6.6. Радиационно-химические процессы в гетерогенных системах.

Общая характеристика радиационно-химических процессов в гетерогенных системах. Особенности передачи энергии. Роль электронных характеристик фаз, размерные эффекты.

Радиационная химия адсорбированных молекул, общие представления о радиационно-индуцированной адсорбции и радиационном гетерогенном катализе.

Радиационно-химические превращения в коллоидных системах различных типов. Влияние облучения на устойчивость коллоидных систем.

6.7. Радиационная химия макромолекул.

Особенности действия ионизирующего излучения на макромолекулы. Миграция и локализация заряда и возбуждения. Роль структурной и химической неоднородности. Радиационная чувствительность макромолекул.

Радиационная химия линейного полиэтилена. Представления о механизмах радиационно-химических процессов. Образование и устойчивость макрорадикалов, миграция радикального центра. Рекомбинация макрорадикалов.

Радиационно-индуцированное сшивание и деструкция макромолекул. Методы определения радиационно-химических выходов сшивания и деструкции. Изменение макроскопических свойств полимерных материалов при облучении.

Общие представления о радиационно-химических превращениях макромолекул различного строения. «Сшивающиеся» и «деструктирующие» полимеры. Радиационно-стойкие полимеры.

6.8. Основы радиационной химии биологических систем.

Радиационная чувствительность биологических систем и роль радиационно-химических эффектов. Общие представления о радиоллизе биологически важных молекул и модельных соединений. Радиационно-химические повреждения биополимеров.

7. ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ХИМИИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ.

7.1. Общие положения.

Общие принципы практического использования химии высоких энергий. Оценка энергетической эффективности. Преимущества и ограничения.

7.2. Прикладные аспекты фотохимии.

Регистрация и обработка изображений. Фотохромизм. Голография. Лазеры.. Фотобиологические процессы. Фотокатализ. Промышленный фотохимический синтез. Фотохимическое преобразование солнечной энергии.

7.3. Радиационно-иницирированная полимеризация и радиационное модифицирование полимерных материалов.

Применение радиационно-иницирированной полимеризации и сополимеризации. Получение полимеров, отверждение покрытий. Модифицирование поверхностных свойств полимеров с помощью радиационной прививочной полимеризации. Получение биосовместимых материалов.

Радиационно-химическое модифицирование сшивающихся и деструктурирующих полимеров. Примеры промышленных технологий радиационного модифицирования (модифицирование кабельной изоляции, получение термоусаживаемых материалов и изделий, пенополимеров, радиационная вулканизация, получение радиационно-сшитых гидрогелей). Перспективы технологий радиационного модифицирования полимерных и композиционных материалов.

7.4. Плазмохимические технологии.

Общая характеристика плазмохимических технологий. Плазмохимический синтез. Плазмохимическое модифицирование поверхности материалов.

7.5. Получение наноструктур и наноматериалов.

Общие принципы использования процессов химии высоких энергий для формирования наноструктур и получения наноматериалов.

Использование первичных радиационно-индуцированных наноструктур, образующихся при действии излучений с высокими значениями ЛПЭ на полимерные материалы. Особенности физико-химических эффектов в полимерах, облученных ускоренными тяжелыми ионами. Формирование и проявление (травление) латентных треков, влияние величины ЛПЭ на их параметры. Применение трековых наноматериалов.

Образование металлических наночастиц при фотохимическом и радиационно-химическом восстановлении ионов металлов. Механизм восстановления, формирование и рост кластеров. Стабилизация наночастиц, получение нанокомпозитов.

Получение полимерных микро- и наногелей радиационно-химическим методом. Фотохимические и радиационно-химические аспекты микро- и нанолитографии. Формирование наноструктур с использованием плазмохимических методов.

7.6. Технологии защиты окружающей среды на основе химии высоких энергий.

Общая характеристика экологических приложений методов химии высоких энергий. Сопоставление различных методов.

Физико-химические основы очистки природных и сточных вод с использованием фотохимических, радиационно-химических и плазмохимических методов. Сравнительная характеристика. Комбинированная очистка сточных вод.

Радиационно-химическая очистка выбросных газов (физико-химические принципы и методы реализации).

7.7. Роль химии высоких энергий в природе.

Фотохимические процессы в атмосфере. Радиационно-химические процессы в верхних слоях атмосферы и космическом пространстве. Роль радиационно-химических процессов в геологической и биологической эволюции.

7.8. Основы радиационной стойкости и светостойкости материалов.

Фотохимическое и радиационно-химическое старение материалов. Окислительное старение. Физико-химические принципы стабилизации материалов. Фотостабилизаторы и антирады. Проблемы радиационной стойкости материалов, используемых в атомной энергетике и космической технике.

8. Основная литература.

1. Бугаенко Л.Т., Кузьмин М.Г., Поллак Л.С. Химия высоких энергий. М.: Химия, 1988.
2. Барлтроп Дж., Койл Дж. Возбужденные состояния в органической химии. - М.: Мир, 1978.
3. Экспериментальные методы химии высоких энергий (под ред. М.Я.Мельникова). – М.: МГУ, 2009.
4. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. – М.: Мир, 1986
5. Хенли Э., Джонсон Э. Радиационная химия. М.: Атомиздат, 1974
6. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Основные положения. Экспериментальная техника и методы. М.: Наука, 1985.

7. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Радиолиз газов и жидкостей. М.: Наука, 1986.
8. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты. М.: Наука, 1987.
9. Радиационная химия углеводородов./ Под ред. Г. Фёльдиака. М.: Энергоатомиздат, 1985.

9. Дополнительная литература.

1. Рабек Я. Экспериментальные методы фотохимии и фотофизики. М.: Мир, 1995.
2. Введение в фотохимию органических соединений. / Под ред. Г.О.Беккера. Л.: Химия, 1976.
3. Mauser H., Gauglitz G. Chemical Kinetics. V.36. Photokinetics. Elsevier, 1998.