

Приложение 2
“УТВЕРЖДАЮ”

Проректор по учебной работе
Н.В. Дулепова

Программа дисциплины

РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ

Новосибирск
2004

Программа дисциплины «Радиационная химия» составлена в соответствии с требованиями (федеральный компонент – ОПД.Ф.00) к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки и бакалавра по направлению «Химия» по циклу «естественно-научные дисциплины» государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования второго поколения.

Автор (составитель) Плюснин Виктор Федорович, д.х.н., профессор, Новосибирский государственный университет

Рецензенты: Бажин Николай Михайлович, д.х.н., профессор, Новосибирский государственный университет

I. Организационно-методический раздел

1. **Цель курса** – дать студентам знания о физических и химических процессах, происходящих при поглощении веществом ионизирующего излучения.

2. **Задачи курса** – дать студентам представления о технике радиационно-химических экспериментов, видах ионизирующего излучения, методах определения интенсивности и энергии излучения, процессах в жидкой, твердой и газообразной средах.

3. **Курс содержит** лекционный материал: задачи и контрольные вопросы и задачи.

4. **Основу курса** составляют следующие разделы: история открытия и развитие исследований по радиоактивности; физические процессы происходящие при прохождении ионизирующих частиц через вещество; первичные выходы электронов и возбужденных состояний; источники излучений; дозиметрия ионизирующего излучения; экспериментальные методы в радиационной химии; радиолиз конденсированной среды; первичные радиационно-химические процессы в газах; практические приложения радиационной химии.

5. **Требования к уровню освоения содержания курса** – знание основных понятий строения вещества, квантовой механики и высшей математики.

II. Содержание курса

1. В рамках курса значительное место уделяется изучению техники радиационно-химических экспериментов, видах ионизирующего излучения, методах определения интенсивности и энергии излучения, быстрых первичных и последующих процессах в жидкой, твердой и газообразной средах при радиационном облучении материалов.

2. **Разделы курса** – курс содержит девять больших разделов:

- История открытия и развитие исследований по радиоактивности.
- Физические процессы, происходящие при прохождении ионизирующих частиц через вещество.
- Источники излучений
- Дозиметрия ионизирующего излучения
- Экспериментальные методы в радиационной химии.
- Радиолиз воды и водных растворов
- Радиолиз органических соединений
- Первичные радиационно-химические процессы в газах.
- Практические приложения радиационной химии.

III. Темы и краткое содержание

Тема 1. Общие представления о радиационной химии

История открытия и развитие исследований по радиоактивности. Поглощенная и экспозиционная дозы, активность, удельная активность, единицы измерений. Характеристика различных видов излучений - рентгеновское и γ - излучения, потоки корпускулярных частиц

Тема 2. Физические процессы, происходящие при прохождении через среду ионизирующей частицы.

Процессы происходящие при прохождении ионизирующих частиц через вещество. Радиационно-химический выход. Потери энергии заряженных частиц, ионизация и возбуждение молекул, потери на тормозное излучение, упругое рассеяние, черенковское излучение

Тема 3. Темпы потери энергии ионизирующей частицей

Первичные выходы электронов и возбужденных состояний. Понятие ЛПЭ, ЛПЭ различных типов излучателей. Структура трека ионизирующих частиц. Объемная передача энергии. Взаимодействие нейтронов с веществом.

Тема 4. Экспериментальные методы получения ионизирующего излучения

Источники излучений. Внутренние и внешние излучатели. Изотопные источники, радиационные контуры, источники α - и β - излучений, ускорители заряженных частиц, рентгеновские трубки.

Тема 5. Дозиметрические системы в радиационной химии

Дозиметрия ионизирующего излучения, ионизационные камеры, calorиметрический метод определения поглощенных доз, химические дозиметрические системы, люминесцентные и сцинтиляционные методы, твердофазная дозиметрия.

Тема 6. Методы анализа конечных продуктов

Экспериментальные методы в радиационной химии. Радиоспектроскопические методы, метод ЭПР, оптически детектируемый ЭПР, ЯМР, метод электронно-ядерного и электрон-электронного двойного резонанса.

Тема 7. Быстрые методы для определения неустойчивых, промежуточных частиц

Импульсный радиолиз, оптическая и ЭПР регистрация в импульсном радиолизе, регистрация электропроводности.

Тема 8. Процессы, происходящие при радиолизе воды

Радиолиз конденсированной среды. Механизм радиолиза воды. Различные стадии взаимодействия ионизирующего излучения с водой. Свободнорадикальная теория радиолиза воды. Роль возбужденных молекул в радиационной химии. Выходы продуктов распада возбужденных молекул. Диссипация возбуждения. Радикальные и конечные продукты.

Тема 9. Характеристики гидратированного электрона

Гидратированный и сольватированный электроны, спектроскопические характеристики, структура ловушки, выходы e_s^- . “Сухой электрон”. Применение теории Ландау-Пекара для объяснения оптического спектра сольватированного электрона. Влияние ЛПЭ на первичную рекомбинацию. Реакции e_s^- , биэлектрон, Кинетика накопления e в щелочных растворах. Константы взаимодействия e_s^- с различными веществами. Методы наблюдения e_s^- и его реакций.

Тема 10. Радиолиз соединений, растворенных в воде

Радиолиз водных растворов неорганических соединений, система Фентона. Разбавленные растворы органических соединений.

Тема 11. Радиолиз органических соединений. Спирты

Радиолиз спиртов, реакции в шпорах и в объеме. Промежуточные и стабильные продукты. Предельные выходы ионизации и образования возбужденных состояний.

Тема 12. Радиолиз органических соединений. Углеводороды

Радиолиз углеводородов, реакции сольватированного электрона, спектры катион-радикалов, константы скорости реакций промежуточных частиц.

Тема 13. Радиоллиз органических соединений. Соединения с гетероатомами

Особенности радиоллиза галогенуглеводородов. Радиационно-химические процессы для азотсодержащих соединений. Радиоллиз серосодержащих соединений.

Тема 14. Действие ионизирующего излучения на твердое вещество и газовые системы

Процессы, происходящие при поглощении ионизирующего излучения твердыми веществами. Радиационная химия газовых систем.

Тема 15. Позитрон в радиационной химии

Позитрон и позитроний в радиационной химии. Туннельные процессы с участием позитрона и электрона.

Тема 16. Использование радиационно-химических процессов

Практические приложения, настоящие и будущие возможности радиационной химии. Радиационная полимеризация и другие практические приложения.

3. Перечень контрольных вопросов и задач для самостоятельной работы

1. Поглощенная и экспозиционная дозы.
2. Удельная активность, единицы измерений.
3. Радиационно-химический выход.
4. Понятие ЛПЭ, ЛПЭ различных типов излучателей.
5. Внутренние и внешние излучатели.
6. Структура трека ионизирующих частиц.
7. Химические дозиметрические системы.
8. Оптически детектируемый ЭПР.
9. Механизм радиоллиза воды.
10. Гидратированный и сольватированный электроны.
11. Система Фентона
12. Промежуточные и стабильные продукты при радиоллизе спиртов.
13. Особенности радиоллиза галогенуглеводородов.
14. Позитрон и позитроний в радиационной химии.
15. Радиационная полимеризация.

4. Примерная тематика рефератов, курсовых работ

6. Перечень теоретических вопросов и задач к экзамену по всему курсу

1. Поглощенная и экспозиционная дозы, активность, удельная активность, единицы измерений.
2. Радиоллиз спиртов, органических кислот. Промежуточные и конечные продукты.
3. Источники излучений. Внутренние и внешние излучатели.
4. Гидратированный и сольватированный электроны, спектроскопические характеристики, структура ловушки, выходы e^- .
5. Дозиметрия ионизирующего излучения, ионизационные камеры.
6. Роль возбужденных молекул в радиационной химии. Выходы продуктов распада возбужденных молекул.
7. Экспериментальные методы в радиационной химии. Радиоспектроскопические методы, метод ЭПР, оптически детектируемый ЭПР.
8. Туннельные процессы с участием электрона.

9. Процессы происходящие при прохождении ионизирующих частиц через вещество. Радиационно-химический выход.
10. Позитрон и позитроний в радиационной химии.
11. Импульсный радиолиз, оптическая и ЭПР регистрация в импульсном радиолизе.
12. Механизм радиолиза воды и водных растворы. Различные стадии взаимодействия ионизирующего излучения с водой.
13. Понятие ЛПЭ, расчет ЛПЭ различных типов излучателей.
14. Свободно-радикальная теория радиолиза воды.
15. Радиолиз водных растворов неорганических соединений, система Фентона
16. Особенности радиолиза галогенуглеводородов
17. Радиолиз спиртов, реакции в шпорах и в объеме. Промежуточные и стабильные продукты.
18. Применение теории Ландау-Пекара для объяснения оптического спектра сольватированного электрона.
19. Дозиметрия ионизирующего излучения, химические дозиметрические системы.
20. Радиолиз серосодержащих соединений
21. Радиолиз разбавленных водных растворов органических соединений.
22. Импульсный радиолиз, измерения проводимости.
23. Структура трека ионизирующих частиц. Объемная передача энергии.
24. Радиационно-химические процессы для азотсодержащих соединений.
25. Предельные выходы ионизации и образования возбужденных состояний
26. Поглощенная и экспозиционная дозы, активность, удельная активность, единицы измерений.
27. Радиационная химия газовых систем.
28. Метод электронно-ядерного и электрон-электронного двойного резонанса.

III. Распределение часов курса по темам и видам работ

№ п/п	Наименование тем и разделов	ВСЕГО (часов)	Аудиторные занятия (час)		Самостоятельная работа
			в том числе		
			Лекции	Семинары	
1.	Раздел I. История открытия и развитие исследований по радиоактивности	2	2		2
1.1.	Тема 1. Общие представления о радиационной химии	2	2		2
2.	Раздел II. Физические процессы, происходящие при прохождении ионизирующих частиц через вещество	4	4		4
2.1.	Тема 2. Физические процессы, происходящие при прохождении через среду ионизирующей частицы	2	2		2
2.2.	Тема 3. Темпы потери энергии ионизирующей частицей	2	2		2
3.	Раздел III. Источники излучений	2	2		2
3.1.	Тема 4. Экспериментальные методы получения ионизирующего излучения	2	2		2
4.	Раздел IV. Дозиметрия	2	2		2

4.1.	ионизирующего излучения Тема 5. Дозиметрические системы в радиационной химии	2	2		2
5.	Раздел V. Экспериментальные методы в радиационной химии	4	4		4
5.1.	Тема 6. Методы анализа конечных продуктов	2	2		2
5.2.	Тема 7. Быстрые методы для определения неустойчивых, промежуточных частиц	2	2		2
6.	Раздел VI. радиолиз воды и водных растворов	6	6		6
6.1.	Тема 8. Процессы, происходящие при радиолизе воды	2	2		2
6.2.	Тема 9. Характеристики гидратированного электрона	2	2		2
6.3.	Тема 10. Радиолиз соединений, растворенных в воде	2	2		2
7.	Раздел VII. Радиолиз органических соединений	6	6		6
7.1.	Тема 11. Радиолиз органических соединений. Спирты	2	2		2
7.2.	Тема 12. Радиолиз органических соединений. Углеводороды	2	2		2
7.3.	Тема 13. Радиолиз органических соединений. Соединения с гетероатомами	2	2		2
8.	Раздел VIII. Первичные радиационно-химические процессы в газах	4	4		4
8.1.	Тема 14 Действие ионизирующего излучения на твердое вещество и газовые системы	2	2		2
8.2.	Тема 15. Позитрон в радиационной химии	2	2		2
9.	Раздел IX. Практические приложения радиационной химии	2	2		2
9.1.	Тема 16. Использование радиационно-химических процессов	2	2		2
	ИТОГО:	32	32		32

IV. Форма итогового контроля
Экзамен

V. Учебно-методическое обеспечение курса

Список основной литературы

1. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Основные положения. Экспериментальная техника и методы. М.: Наука, 1985, 374 с.
2. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Радиолиз газов и жидкостей. М.: Наука, 1986, 440 с.

3. Пикаев А.К., Кабакчи С.А., Макаров И.Е., Ершов Б.Г. Импульсный радиолиз и его применение. М.: Атомиздат, 1980. 280 с.
4. Пикаев А.К. Сольватированный электрон в радиационной химии. М.: Наука, 1969, 460 с.
5. Харт Э. Дж., Анбар М. Гидратированный электрон. М.: Атомиздат, 1973, 280 с.
6. Пикаев А.К., Кабакчи С.А., Макаров И.Е. Высокотемпературный радиолиз воды и водных растворов. М.: Энергоатомиздат, 1988. - 136 с.
7. Пикаев А.К. Дозиметрия в радиационной химии М.: Наука, 1975, 312 с.
8. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Радиолиз газов и жидкостей. М.: Наука, 1986. - 440 с.
9. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Твердое тело и полимеры. М.: Наука, 1987. - 448 с.
10. И.В. Верещинский, А.К. Пикаев. Введение в радиационную химию. М.: Наука, 1963, 408 с.
11. Своллоу А., Радиационная химия органических соединений, пер. с англ., М., 1963.
12. Своллоу А. Радиационная химия. Пер. с англ. М.: Атомиздат, 1976. -280 с.

Список дополнительной литературы

1. Шубин В.Н., Кабакчи С.А. Теория и методы радиационной химии воды. М.: Наука, 1969. - 216 с. 8.
2. Хенли Э., Джонсон Э. Радиационная химия. Пер. с англ. М.: Атомиздат, 1974, 416с.
3. Котов А.Г., Громов В.Б. Радиационная физика и химия гетерогенных систем М.: Энергоатомиздат, 1988, 232 с.
4. Пикаев А.К., Ершов Б.Г. Первичные продукты радиолиза воды и их реакционная способность *Успехи химии, 1967, Том 36, 8, С. 1427-1459.*
5. Холл Э.Дж. Радиация и жизнь - М., Медицина, 1989.
6. Кабакчи С.А., Пикаев А.К. Методы расчета газовой выделенности и оценки взрывоопасности радиационно-химических аппаратов с водяным теплоносителем или биологической защитой. М.: Энергоиздат, 1981. - 52 с.
7. Пшежецкий С.Я., Механизм и кинетика радиационно-химических реакций, 2 изд., М., 1968;
8. ЭПР свободных радикалов в радиационной химии, М., 1972;
9. Чарлзби А., Ядерные излучения и полимеры, пер. с англ., М., 1962;
10. Мурзина Е.А. Взаимодействие излучения высокой энергии с веществом. Изд-во МГУ, 1990.
11. Меликов Ю.В. Экспериментальная техника в ядерной физике. Изд-во МГУ, 1973.
12. Зрелов В.П. Излучение Вавилова-Черенкова и его применение в физике высоких энергий. Т.2. Атомиздат, 1968.
13. Акимов Ю.К. и др. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике. Атомиздат, 1989.
14. Будагов Ю.А. и др. Ионизационные измерения в физике высоких энергий. Атомиздат, 1988.
15. Василенко И.Я. Радиационные поражения продуктами ядерного деления - Здравоохранение Белоруссии. 1986, N12., с.68.
16. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87 и основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72-87.
17. Алексахин Р.М. Ядерная энергетика и биосфера. М.: Энергоиздат, 1982. 81 с.
18. Максимов М.Г., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение: Учебное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1989. 304 с.
19. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. М.; Высшая школа, 1988. 424 с.

20. Криволицкий Д.А., Тихомиров Ф.А., Федоров Е.А., Покаржевский А.Д., Таскаев А.И. Действие ионизирующей радиации на биоценоз. М.: Наука, 1988. 240 с.
21. Ильенко А.И., Криволицкий Д.А. Радиоэкология. М.: Знание, 1985. 41 с.
22. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности М.: Энергоатомиздат, 1987. 203 с.
23. Кузмин А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли. М.: Наука, 1991. 116 с.
24. Тимофеев-Ресовский Н.В., Савич А. В., М.: И. Шальнов. Введение в молекулярную радиобиологию. М.: "Медицина", 1981.
25. Хавеши Г. Радиоактивные индикаторы. Иностран. Лит. , 1950. 539 с.
26. Сереп Д., Дьердь И., Родер М., Войнарович Л. Под ред. Г.Фельдиака: Пер .с англ. Радиационная химия углеводов М.: Энергоатомиздат, 1985, 304 с.
27. Радиационная химия макромолекул. Под ред. М Доула: Пер.с англ. Под ред. Э.Э.Финкеля М.: Атомиздат, 1978, 328 с.
28. Милицук Б.К., Клишпонт Э.Р., Тупиков Б.И. Основы радиационной стойкости органических материалов М.: Энергоатомиздат, 1994, с
29. Никифоров А.С., Кулчченко В.В., Жихарев М.И. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов М.: Энергоатомиздат, 1985, 184 с.
30. Плещачевский Ю.М., Смирнов Б.В., Макаренко Б.М. Введение в радиационное материаловедение полимерных композитов. Минск: Навука і тэхніка, 1991, 191 с.
31. Андрушин И.А., Чернышев А.К., Юдин Ю.А. Укрощение ядра: Страницы истории ядерного оружия и ядерной инфраструктуры СССР /Гл. ред. Р. И. Ильяев. Саров-Саранск: Тип. « Красн. Окт. », 2003.
32. В.П. Кашеев Ядерные энергетические установки. - Минск: Высшая школа, 1989.
33. Ю.В. Четкин, Е. К. Якшин, В. М. Ещеркин Очистка радиоактивных газообразных отходов АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1986. -152 с
34. Соболев И.А., Ожован М.И., Щербатова Т.Д., Батюхова О.Г. Стекла для радиоактивных отходов. – М.: Энергоатомиздат, 1999. 240 с.
35. Радиоактивность районов АЭС / П од ред. И. И. Крышева. М.: Ядерное общество СССР, 1991.
36. Создание первой советской атомной бомбы. Под ред. В. Н. Михайлова и А. М. Петросьянца. –М.: Энергоатомиздат, 1995
37. Бейлин В.А., Боровик А.С., Малышевский В.С. Радиация, жизнь, разум. Ростов-на-Дону, Ростиздат. - 2001, 112 стр.
38. Н.Г. Гусев, В. А. Климанов, В. П. Машкович, А. П.Суворов. Защита от ионизирующих излучений, т.1 Физические основы защиты от излучений. М.: "Энергоатомиздат" 1989.
39. Н.Г. Гусев, Е. Е. Ковалев, В. П. Машкович, А. П.Суворов. Защита от ионизирующих излучений. Защита от излучений ядерно-технических установок. М.: "Энергоатомиздат", 1990.
40. Д.П. Осанов, И.А. Лихтарев. Дозиметрия излучений инкорпорированных радиоактивных веществ. М., "Атомиздат", 1977.
41. Э.М. Крысюк. Радиационный фон помещений. М.: "Энергоатомиздат", 1989.
42. С.П. Ярмоненко. Радиобиология человека и животных. М.: "Высшая школа", 1988.
43. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). М.: Минздрав России, 2000.
44. Н.Г. Гусев, В. А. Беляев. Радиоактивные выбросы в биосфере.Справочник. М."Энергоатомиздат", 1991.
45. Р.В. Ставицкий, И. А. Ермаков, Л. А. Лебедев и др. Эквивалентные дозы в органах и тканях человека при рентгенологических исследованиях. Справочник. М."Энергоатомиздат", 1989.

46. Л.А. Ильин, В.Ф. Кириллов, И.П. Коренков. Радиационная безопасность и защита. Справочник. М.: Медицина, 1996.