

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета

_____ Д.В.Свиридов

_____ /
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- _____ /р.

РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ

(название дисциплины)

Учебная программа для специальности:

1-31 05 01 _____ Химия (по направлениям)

(код специальности)

(наименование специальности)

Направление специальности:

1-31 05 01-01 _____ Научно-производственная деятельность

Специализации: _____ 1-31 05 01-01 12 _____ Радиационная химия
_____ 1-31 05 01-01 13 _____ Радиохимия

Факультет _____ химический _____
(название факультета)

Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий

Курс (курсы) _____ 4

Семестр (семестры) _____ 7-8

Лекции _____ 68
(количество часов)

Экзамен _____ 7,8
(семестр)

Практические (семинарские)
занятия _____ 26
(количество часов)

Зачет _____ 7
(семестр)

Лабораторные
занятия _____ 60
(количество часов)

Курсовой проект (работа) _____ нет
(семестр)

КСР _____ 12
(количество часов)

Всего аудиторных часов по дисциплине
_____ 166
(количество часов)

Всего часов
по дисциплине _____
(количество часов)

Форма получения высшего
образования _____ очная

Составил(а) _____ С.Д. Бринкевич, к.х.н., ст. преподаватель.
(И.О.Фамилия, степень, звание)

2013 г.

Учебная программа составлена на основе учебной программы курса «Радиационная химия»
утверждена _____, рег. № УД _____

Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры радиационной химии и
химико-фармацевтических технологий

(дата, номер протокола)

Заведующий кафедрой

_____ О.И.Шадыро

Одобрена и рекомендована к утверждению учебно-методической комиссией химического
факультета

(дата, номер протокола)

Председатель

_____ Е.И.Василевская

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курс «Радиационная химия» является дисциплиной специализации для студентов 4 курса химического факультета, обучающихся по специализации «Радиационная и радиохимия» в рамках государственной программы подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2008 - 2020 годы.

Целью курса является дать обучаемым систематические знания о физико-химических процессах, которые протекают в газах, воде и водных растворах, органических жидкостях и твердом теле под воздействием ионизирующих излучений. Задача курса – выработать у студентов навыки предсказания качественного и количественного состава конечных продуктов радиолита различных объектов, а также умения управлять радиационной стойкостью органических материалов и процессом радиолита.

В результате изучения дисциплины «Радиационная химия» обучаемый должен **знать**:

- теоретические основы и тенденции развития современной радиационной химии, ее роль в развитии промышленных технологий и место в системе химических наук;
- специфику радиационно-химического эксперимента, методы идентификации промежуточных и конечных продуктов радиолита;
- механизмы радиационно-индуцированных превращений органических и неорганических соединений в различных агрегатных состояниях;
- природу и радиационно-химические выходы частиц, образующихся в ходе гомолитических процессов;
- состав и величины радиационно-химических выходов конечных молекулярных продуктов радиолита основных органических и неорганических соединений;
- молекулярные механизмы развития радиобиологических эффектов;
- актуальные задачи радиационной химии для обеспечения безопасной эксплуатации ядерных и радиационных установок, выполнения радиационно-химических синтезов крупнотоннажных продуктов, переработки радиоактивных материалов и решения экологических проблем, повышения радиационной устойчивости оборудования космической и военной техники.

Обучаемый должен **уметь**:

- применять свои знания для решения исследовательских и прикладных задач в области радиационной химии;
- планировать радиационно-химический эксперимент;
- идентифицировать конечные продукты радиолита с использованием современных хроматографических, масс-спектрометрических и спектроскопических методов;
- предсказывать изменение физико-химических свойств материалов в условиях облучения.

Обучаемый должен **владеть**:

- теоретическими знаниями на уровне, позволяющем ему работать в области радиационной химии и других областях науки и техники, связанных с использованием ионизирующего излучения;
- методологией выбора радиационно-химического метода анализа облученных объектов,
- практическими навыками исследования механизмов радиолитических процессов,
- навыками моделирования комплекса физико-химических свойств и оценки остаточного ресурса материалов в условиях облучения.

Излагаемый в курсе материал необходим для специалистов, выполняющих научно-исследовательские и технологические работы с использованием источников ионизирующего излучения, в первую очередь для инженерного персонала атомных станций.

Курс рассчитан на 166 часов аудиторной нагрузки, из них 68 часов – лекции, 60 часов – лабораторные, 26 часов – семинарские занятия и 12 часов – контроль самостоятельной работы.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов				Самост. работа
		Аудиторные				
		Лек ции	Практич., семинар.	Лаб. занят.	КСР	
Всего по курсу		68	26	60	6	
Раздел 1. Радиационная химия воды и водных растворов		34	16	60	6	-
1	Предмет радиационной химии, и ее связь с другими дисциплинами. Экспериментальные методы химии высоких энергий	4	2	60	2	-
2	Радиолиз воды. Особенности радиационной химии воды в условиях ядерных энергетических установок.	4				-
3	Основные типы реакций органических радикалов.	2	2			-
4	Радиолиз спиртов, аминов, меркаптанов, галогенорганических соединений в водных растворах.	2				-
5	Радиационная химия бифункциональных органических соединений.	2	2			-
6	Радиолиз α -диолов, аминокспиртов и их эфиров в водных растворах. Радиационная химия альдегидов в водных растворах	4				2
7	Радиолиз углеводов, ди- и полисахаридов	2	2		-	
8	Радиационная химия аминокислот и пептидов.	4	2		-	
9	Радиационная химия азотистых оснований, нуклеозидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот.	2	2		-	
10	Радиационная химия липидов.	4	2		-	
11	Радиопротекторы. Антиоксидантная система человека.	2	2		-	
12	Прикладные аспекты химии высоких энергий.	2			-	
Раздел 2. Радиационная химия газов		8	2	-	2	-
13	Развитие представлений о радиолитических превращениях в газах. Основные интермедиаты радиолиза и механизмы их образования.	2	2	-	2	-
14	Радиолиз водорода, воздушных смесей	2		-		-
15	Радиолиз воды и оксидов углерода.	2		-		-
16	Радиолиз углеводородов в газовой	2		-		-

	фазе					
Раздел 3. Радиационная химия органических соединений		20	6	-	2	-
17	Радиационная химия алифатических и ароматических углеводов.	8	2	-	2	-
18	Радиационная химия спиртов и полиолов.	4	2	-		-
19	Радиолиз простых и сложных эфиров	2		-		-
20	Радиационная химия карбоновых кислот и альдегидов	2	2	-		-
21	Радиолиз азотсодержащих соединений	2		-		-
22	Радиолиз галоген-, серо, фосфорсодержащих соединений	2		-		-
Раздел 4. Радиационная химия твердого тела		6		2	-	2
23	Особенности радиационно-химических процессов в твердом теле. Радиационное дефектообразование.	4	2	-	2	-
24	Прикладные аспекты радиационной химии твердого тела.	2		-		-

Учебно-методическая карта

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Контролируемая самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Радиационная химия воды и водных растворов	34	16	60	6			
1.1	Предмет радиационной химии, и ее связь с другими дисциплинами. Экспериментальные методы химии высоких энергий. Радиационная химия как междисциплинарный предмет: ее связь с химией, физикой, биологией и инженерией. Задачи и специфика радиационно-химического эксперимента. Основные термины и определения. Используемые в радиационной химии экспериментальные методы исследования и источники ионизирующих излучений.	2				Презентации, методические разработки	1-3, 10-12, 22	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы, решение задач
1.2	Радиолиз воды. Особенности радиационной химии воды в условиях ядерных энергетических установок. Временная шкала процессов взаимодействия излучений с водой. Структура трека, реакции в шпорах. Свойства радикальных продуктов радиолиза воды. Выходы радикальных и молекулярных продуктов радиолиза воды. Зависимость выходов этих частиц от температуры, рН раствора, ЛПЭ, мощности излучения, концентрации и природы растворенных в воде веществ. Радиолиз воды при 300 °С	2	2	60 (за весь раздел радиационная химия воды и водных растворов)	2		1-3, 7, 9-11	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.3	<p>Основные типы реакций органических радикалов.</p> <p>Монорадикальные реакции:</p> <ul style="list-style-type: none"> - миграции функциональных групп, - реакции распада - перегруппировки <p>Реакции 2-го порядка:</p> <ul style="list-style-type: none"> - радикал-молекулярные - бирадикальные реакции 	2	2	60 (за весь раздел радиационная химия воды и водных растворов)		Презентации, методические разработки	4	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
1.4	<p>Радиолиз спиртов, аминов, меркаптанов, галогенорганических соединений в водных растворах.</p> <p>Основные закономерности радиационно-индуцированных превращений алифатических спиртов: метанола, этанола, изопропанола, трет-бутанола в водных растворах. Влияние строения молекулы, а также рН на радиационно-химические выходы углеродцентрированных радикалов и конечных продуктов радиолиза спиртов и аминов. Радиолиз меркаптанов и галогеналканов в водных растворах.</p>	2					1,2, 4,21	
1.5	<p>Радиационная химия бифункциональных органических соединений в водных растворах.</p> <p>Реакция свободнорадикальной фрагментации α-гидроксилсодержащих углеродцентрированных радикалов, содержащих в β-положении по отношению к радикальному центру функциональную группу. Доказательство механизма реакции: влияние рН, ионной силы, кислорода, окислителей и других факторов. Зависимость константы скорости реакции фрагментации от типа уходящей группы.</p>	2	2				1,4	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.6	<p>Радиолиз α-диолов, аминокспиртов и их эфиров в водных растворах. Радиационная химия альдегидов в водных растворах.</p> <p>Сопоставление набора продуктов при облучении α- и β- диолов. Радиационно-индуцированная дегидратация этиленгликоля в водных растворах, влияние рН на выход ацетальдегида. Вклад реакции С-С деструкции в образование конечных молекулярных продуктов радиолиза α-диолов. Характерные отличия радиационной химии простых и сложных моноэфиров α-диолов. Химия углерод- и азотцентрированных радикалов α-гидрокси-β-аминосспиртов. Соотношение вероятности реализации дезаминирования и С-С-деструкции при радиолизе аминокспиртов. Причины высокой радиационной устойчивости амидной связи. Радиолиз формальдегида и ацетальдегида в водных и водно-спиртовых растворах.</p>	2				Презентации, методические разработки	4, 5,9	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы, решение задач
1.7	<p>Радиолиз моно-, ди- и полисахаридов.</p> <p>Реакции дегидратации, раскрытия пиранозного или фуранозного цикла, С-С-деструкции, разрыва О-гликозидной связи. Влияние кислорода, ионов переменной валентности, величины рН, ингибиторов радикальных процессов на выходы основных продуктов радиолиза углеводов в водных растворах. Радиационно-химические методы стерилизации плазмозамещающих лекарственных препаратов и переработки кормов для сельскохозяйственных животных</p>	2	2		2		4-7,9,13	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.8	Радиационная химия аминокислот и пептидов. Основные продукты радиолиза α -аминокислот. Отличия радиационной химии α -аминокислот по сравнению с их β - и γ -изомерами. Реакции декарбоксилирования в кислой и щелочной среде, окислительное и восстановительное дезаминирование. Особенности радиолиза ароматических аминокислот и цистеина. Механизмы разрыва амидной связи пептидов. Биологические последствия облучения белков.	2				Презентации, методические разработки	1,6,7,9,13	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
1.9	Радиационная химия азотистых оснований, нуклеозидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот. Взаимодействие пуриновых и пиримидиновых оснований с радикальными продуктами радиолиза воды: константы скорости реакций, радикальные интермедиаты и конечные молекулярные продукты. Механизмы радиационно-индуцированных реакций разрыва фосфоэфирной и N-гликозидной связей. Причины относительной радиационной устойчивости ДНК по сравнению с РНК. Основные типы радиационных повреждений ДНК и их репарация.	2	2				6-9, 13, 24	
1.10	Радиационная химия липидов. Кинетическая модель перекисного окисления липидов и полиненасыщенных жирных кислот. Конечные молекулярные продукты окислительного повреждения липидов. Антиоксиданты природного и синтетического происхождения. Реакции свободнорадикальной фрагментации гидроксилсодержащих фосфо- и сфинголипидов и методы их регулирования. Радиационно- и фотоиндуцированная деструкция сфинголипидов.	2					6,7,9, 13,14,16	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.11	<p>Радиопротекторы. Антиоксидантная система защиты человека.</p> <p>Молекулярные основы радиобиологии. Классификация антиоксидантов по химическому строению, механизмам и продолжительности действия. Радиозащитные рецептуры. Ферменты, инактивирующие свободные радикалы: каталаза, супероксиддисмутаза и гулатионпероксидаза. Ферменты, продуцирующие свободные радикалы: миелопероксидаза, NO-синтаза, цитохром P450. Хелаторы металлов переменной валентности. Низкомолекулярные водо- и жирорастворимые антиоксиданты. Представления о «свободно-радикальном гомеостазе» и «окислительном стрессе»</p>					Презентации, методические разработки	7-9, 12,13,24	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
1.12	<p>Прикладные аспекты химии высоких энергий. Стерилизация медицинской продукции и продуктов питания. Радиационно-химическая очистка вод от химических и бактериологических загрязнений. Очистка дымовых газов. Радиационно-химический синтез веществ.</p>						1,2,5, 6,8,9, 20,23	
2	Радиационная химия газов	8	2	-	2			-
2.13	<p>Развитие представлений о радиолитических превращениях в газах. Основные интермедиаты радиолиза и механизмы их образования.</p> <p>Актуальные задачи радиационной химии газов. Теория ионных ассоциаций Линда. Ионный выход. Теория Эйринга-Хиршфельдера-Тейлора: роль ион-молекулярных процессов в радиационной химии газов. Ионные и радикальные интермедиаты, возбужденные частицы при радиолизе газов. Мономолекулярные реакции распада ионов. Особенности радиолиза газов. Временная шкала радиолиза газов.</p>	2	2	-	2	Презентации, методические разработки	1,2,3	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.14	Радиолиз водорода, воздушных смесей Радиолиз водорода в чистом виде, в присутствии Хе, О ₂ , Cl ₂ , Br ₂ , I ₂ . Вклад ионного и радикального механизмов в конверсию орто/пара-водород. Радиолиз кислорода, азота и их смесей. Радиолиз аммиака и смесей водорода с азотом, оксидов азота.	2		-		Презентации, методические разработки	1,3	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы, решение задач
2.15	Радиолиз воды и оксидов углерода СО ₂ и Н ₂ О как теплоносители ядерной энергетики. Механизм радиолитических превращений воды, влияние ЛПЭ и примесей. Радиационная химия сероводорода. Радиолиз моно и диоксида углерода.	2		-			1,3	
2.16	Радиолиз углеводородов в газовой фазе Радиационная химия метана. Применение метода акцепторов для определения радиационно-химических выходов ионных и радикальных интермедиатов радиолиза метана. Радиационная химия этана, этилена, ацетилена: особенности радиолитических превращений непредельных соединений.	2		-			1,3,10	
3	Радиационная химия органических соединений	20	6	-	2			
3.17	Радиационная химия алифатических и ароматических углеводородов. Влияние полярности среды на характер радиолитических превращений соединений. Радиус Онзагера. Зависимость выхода сольватированного электрона от строения углеводорода. Метод акцепторов в радиационной химии углеводородов. Роль возбужденных частиц в образовании конечных продуктов радиолиза углеводородов. Радиолиз н-	8	2	-	2	Презентации, методические разработки	1,2,9 15,16,19	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы

	концентрации примесей и других факторов. Радиолит алкиларенов, смесей углеводов. Радиационно-термический крекинг. Повышение радиационной устойчивости углеводов. Терфенилы как теплоносители ядерных энергетических установок.						
3.18	Радиационная химия спиртов и полиолов. Ионные и радикальные продукты радиолита спиртов: выходы, механизм образования, основные реакции. Молекулярные продукты радиолита алифатических спиртов. Радиационная химия метанола, этанола, н-пропанола, изо-пропанола, н-бутанола и трет-бутанола, бензилового спирта. Радиолит спиртов в присутствии кислорода. Радиационная химия полиолов: этиленгликоль, глицерин, бутандиол-2,3.	4	2	-	Презентации, методические разработки	1-4, 9,10, 21	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
3.19	Радиолит простых и сложных эфиров Сольватированный электрон при облучении простых эфиров. Радиолит диэтилового эфира, диоксана и тетрагидрофурана, метилацетата, этилацетата. Причины высокой радиационной устойчивости сложных эфиров.	2		-		1-4,10	
3.20	Радиационная химия карбоновых кислот, альдегидов и кетонов. Радиолит ацетальдегида и формальдегида, ацетона, метилэтилкетона, уксусной кислоты. Зависимость механизма радиолита и выходов конечных продуктов от строения соединения	2	2	-		1-3	
3.21	Радиолит азотсодержащих соединений Радиолит алифатических аминов (метил-, этил-, бутиламина) и анилина, амидов, нитрилов, нитро- и нитрозосоединений. Тетранитрометан как акцептор электронов в радиационной химии органических соединений.	2		-		1,2, 19	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.22	Радиолиз галоген-, серо-, фосфорсодержащих соединений Радиационная химия галогенсодержащих ароматических и алифатических соединений. Реакция галогенорганических соединений с сольватированным электроном. Радиолиз CCl_4 $CHCl_3$: влияние кислорода. Особенности радиационной химии органических фторидов и соединений, содержащих несколько галогенидов. Радиолиз меркаптанов, дисульфидов и трибутилфосфата.	2		-		Презентации, методические разработки	1,9, 18-20	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
4	Радиационная химия твердого тела	6	2	-	2			
4.23	Особенности радиационно-химических процессов в твердом теле. Радиационное дефектообразование. Механизмы формирования радиационно-индуцированных повреждений в твердом теле. Эффект клетки. Радиационное дефектообразование: кристаллические и электронные дефекты. Зависимость повреждений от типа излучения и его энергии, а также температуры и степени кристалличности твердого тела. Специфические механизмы повреждения твердого тела: тепловой спайк и электронный спайк, механизм Варли.	4	2	-	2	Презентации, методические разработки	1-3,17,18	Опросы, коллоквиумы, контрольные работы
4.24	Прикладные аспекты радиационной химии твердого тела. Поведение ядерного топлива в условиях эксплуатации ядерной энергетической установки. Воздействие ионизирующего излучения на интегральные микросхемы: характеристика радиационных эффектов, вызывающих отказы радиоэлектронной аппаратуры. Радиационно-индуцированная коррозия материалов. Практическое использование результатов радиационной химии твердого тела.	2		-				

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

1. Пикаев А.К. Современная радиационная химия, 1-3 т. М.: Наука, 1985 – 1989 гг.
2. Бугаенко Л.Т., Кузьмин М.Г., Полак А.С. Химия высоких энергий. М.: Химия, 1988. – 365.
3. Хенли Э., Джонсон Э. Радиационная химия. М.: Атомиздат, 1974. – 415.
4. Шадыро О.И., Петряев Е.П. Радиационная химия бифункциональных соединений. Минск: Университетское, 1986. – 186.
5. Кочетков Н.К., Кудряшов Л.И., Членов М.А. Радиационная химия углеводов. М.: Наука, 1978. – 287.
6. Шарпаты В.А. Радиационная химия биополимеров. - М.: ГЕОС, 2008. – 250.
7. C. von Sonntag. Chemical basis of radiation biology.-London: Taylor and Francis, 1987. – 515.
8. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Free Radicals in Biology and Medicine. Oxford, University press, 1999. - 936 p.
9. Radiation Chemistry: Present Status and Future Trends, Eds. Jona CD., Madhava Rao B.S. Elsevier, Amsterdam, 2001. - 755 p.
10. Пшежецкий С.Я. Механизм и кинетика радиационно-химических реакций М.: Химия, 1968. - 368 с.
11. Шубин В.Н., Кабакчи С.А. Теория и методы радиационной химии воды. М.: Наука, 1969. - 214 с.
12. Пикаев А.К., Кабакчи С.А. Реакционная способность первичных продуктов радиолиза воды. М.: Энергоиздат, 1982. - 201 с.
13. Von Sonntag, C. Free-radical-induced DNA Damage and its repair – Berlin: Springer-Verlag, 2006. – 523 P.
14. Юркова И.Л. Свободнорадикальные реакции глицеро- и сфинголипидов // Успехи химии. – 2012. – Т.81, №2. – С.175 – 190.
15. Сараева В.В. Радиолиз углеводов в жидкой фазе. М.: МГУ, 1986. - 256 с.
16. Сараева В.В. Окисление органических соединений под действием ионизирующих излучений. М.: МГУ, 1991. - 263 с.
17. Реакторное материаловедение. Под. ред. д.т.н. Скорова Д.И. М.: Атомиздат. 1968. - 386 с.
18. Кабакчи С.А., Булгакова Г. П. Радиационная химия в ядерном топливном цикле. М, 1997. - 104 с.

19. Егоров Г.Ф. Радиационная химия экстракционных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986. - 207 с.
20. Джагацпаян Р. В., Филиппов М.Т. Радиационная химия галогенсодержащих органических соединений М.: Атомиздат, 1973. - 271 с.

Дополнительная литература

21. Freeman, G.R. The radiolysis of alcohols // Kinetics of nonhomogeneous processes: a practical introduction for chemists, biologists, physicists, and material scientists / ed. G.F. Freeman. – New York, 1988. – P. 73-101.
22. Бугаенко Л.Т., Кабакчи С.А. Метод стационарных концентраций в радиационной химии М.: МГУ, 1971.
23. Петряев Е.П., Власова В.И., Савушкин И.А. Радиационно-химическая очистка сточных вод и выбросных газов. Мн: Университетское, 1985. - 167 с.
24. Владимиров В.Г., Красильников И.И., Арапов О.В. Радиопротекторы: структура и функция. Под ред. Владимирова В.Г. Киев: Наукова думка, 1989 - 284 с.