



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН
(ИФХЭ РАН)

Рабочая программа дисциплины

«Радиационная химия»

по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров
высшей квалификации)

Специальность **02.00.14 «Радиохимия»**

Москва
2014

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины: освоение дисциплины «Радиационная химия» является необходимым элементом подготовки молодых ученых высокого уровня в области радиохимии. Формирование знаний и умений в области радиационной химии и радиохимии должно стать основой успешной работы молодых ученых как в научных подразделениях, специализирующихся в области радиохимии, на радиохимических предприятиях, а также в области профессионального образования.

Программа посвящена формированию знаний и умений в области теоретических основ взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, процессов радиационно-химических превращений вещества в конденсированной и газовой фазе, кинетике быстрых радиационно-индуцированных реакций, а также принципов радиоактивного распада и взаимодействия излучения радионуклидов с биологическими объектами окружающей среды и конструкционными материалами. Программа включает в себя как вопросы теоретической радиационной химии, так и практические вопросы защиты от ионизирующего излучения радионуклидов и его использования в различных областях промышленности. Рассматриваются экологические проблемы – вопросы защиты окружающей среды при эксплуатации объектов ядерного топливного цикла и возникновению внештатных ситуаций на радиационно-опасных объектах.

Задачи дисциплины: В процессе изучения дисциплины аспиранты должны освоить методы безопасной работы с радиоактивными элементами, с аппаратными источниками высокоэнергетического воздействия (изотопные источники, ускорители, рентгеновские установки и пр.) и научиться использовать современные подходы для дальнейшей самостоятельной научной работы в области радиационной химии и радиохимии. Они должны получить теоретические и практические знания для усовершенствования и создания новых радиационных и радиохимических технологий. Сформировать навыки и умения практического использования полученных знаний. Изучить методы, подходы к решению разнообразных научных и прикладных проблем, связанных с радиационной химией и радиохимией.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Настоящая дисциплина «Радиационная химия» является модулем основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки по специальности 02.00.14- Радиохимия.

Требования к «входным» знаниям, умениям и готовности обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин: знание неорганической, физической, коллоидной, органической, аналитической химии, минералогии,

кристаллографии, биохимии и микробиологии в рамках учебных программ химических факультетов университетов или химико-технологических университетов. Знание основ химических технологий, владение навыками, приобретенными на практических (лабораторных) занятиях по указанным разделам химии.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Выпускник, освоивший программу, должен обладать следующими компетенциями:

Универсальные компетенции:

способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

Общепрофессиональные компетенции:

способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области радиохимии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);

готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования в области радиохимии (ОПК-3).

Профессиональные компетенции:

способность и готовность применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки научной профессиональной информации; получать информацию по радиохимии и радиационной химии из различных источников, в том числе с использованием современных компьютерных средств, сетевых технологий, баз данных и знаний (ПК-1);

способность использовать в работе основные радиационно-химические методы для оценки поведения различных материалов в поле ионизирующего излучения (ПК-2);

способность применять комплекс исследований, в том числе междисциплинарных, при изучении закономерностей и механизмов протекания радиационно-индуцированных процессов (ПК-3);

глубокое понимание общих закономерностей радиационно-химического превращения вещества, законов радиоактивного распада и химического поведения радионуклидов, способность использовать полученные теоретические знания в практической работе (ПК-4);

способность к самостоятельному освоению новых методов радиационной химии и радиохимии, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения; способность к проведению самостоятельной научно-исследовательской работы (ПК-5).

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Структура дисциплины: Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы - 144 часа.

Обучение происходит на 2-м году аспирантуры; вид отчетности – экзамен.

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)					Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит	Из аудиторных				Сам. работа
				Лекц	Лаб.	Прак		
1	Радиационная химия	144	72	36		36	72	экзамен

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)			Самост. работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	
1	Законы радиоактивного распада, радионуклиды	2		2	8
2	Радионуклиды в окружающей среде	4		4	8
3	Изотопные и аппаратные источники ионизирующего излучения	2		2	6
4	Основные понятия радиационной химии	4		2	6
5	Первичные процессы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом	4		4	8
6	Радиационно-химические процессы в газообразных веществах	4		4	6
7	Радиационная химия жидких систем	4		4	6
8	Радиолитические процессы в водных растворах лантанидов и актинидов	4		4	8
9	Радиационно-химические процессы в твердых телах и гетерогенных системах	4		4	8
10	Технологические аспекты радиационной химии	4		6	8
Итого		36		36	72

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
1	Законы радиоактивного распада, радионуклиды	Строение атома. Состав ядра, нуклоны. Дефект массы. Виды радиоактивного распада. Устойчивость ядер. Радиоактивные изотопы.	Лекция, практическая, самостоятельная работа
2	Радионуклиды в окружающей среде	Формы нахождения радионуклидов в окружающей среде. Методы определения форм нахождения радионуклидов в объектах окружающей среды. Мониторинг. Горячие частицы.	Лекция, практическая, самостоятельная работа
3	Изотопные и аппаратные источники ионизирующего излучения	Изотопные источники: гамма-установки, источники альфа- и бета-излучений. Аппаратные источники: ускорители заряженных частиц (прямоточные, линейные) рентгеновские трубки. Дозиметрия ионизирующего излучения. Меры радиационной защиты.	Лекция, практическая, самостоятельная работа
4	Основные понятия радиационной химии	Предмет изучения радиационной химии, история ее развития. Виды ионизирующего излучения. Единицы измерения: плотность потока частиц или квантов, интенсивность излучения,	Лекция, практическая, самостоятельная работа

		поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, радиационно-химический выход. Линейная передача энергии. Локальные области возбуждения и ионизации.	
5	Первичные процессы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом	Возбуждение и ионизация. Парная рекомбинация. Дезактивация возбужденных состояний. Образование и превращения первичных ионных и радикальных продуктов радиолита. Влияние вида излучения на протекание первичных процессов.	Лекция, практическая, самостоятельная работа
6	Радиационно-химические процессы в газообразных веществах	Состав и свойства основных первичных и промежуточных продуктов радиолита газообразных систем. Влияние условий облучения на выходы продуктов. Механизм радиолита углеводородов и других органических соединений.	Лекция, практическая, самостоятельная работа
7	Радиационная химия жидких систем	Радиолиз чистой воды: пути образования, выходы, свойства и превращения первичных продуктов, влияние растворенного кислорода, теоретические модели радиолита воды. Радиолиз водных растворов: растворы неорганических соединений, растворы органических соединений, радиолиз концентрированных растворов. Радиолиз неорганических жидкостей: жидкий аммиак, гидразин, солевые расплавы. Радиолиз органических жидкостей: углеводороды, кислородсодержащие вещества, другие органические жидкости.	Лекция, практическая, самостоятельная работа
8	Радиолитические процессы в водных растворах лантанидов и актинидов	Реакционная способность первичных продуктов радиолита воды относительно ионов лантанидов и актинидов. Механизм радиолитических превращений в водных растворах лантанидов и актинидов под действием гамма- и альфа-излучения.	Лекция, практическая, самостоятельная работа
9	Радиационно-химические процессы в твердых телах и гетерогенных системах	Особенности радиолитических превращений в твердой фазе. Радиолиз стеклообразных и кристаллических веществ. Низкотемпературный радиолиз. Радиационно-стимулированные гетерогенные процессы: адсорбция, катализ, коррозия, растворение. Радиолиз коллоидных систем.	Лекция, практическая, самостоятельная работа
10	Технологические аспекты радиационной химии	Особенности радиационно-химической технологии. Оценка производительности и экономические	Лекция, практическая, самостоятельная

	оценки. Радиационное модифицирование материалов: упрочнение полимерных изделий, отверждение покрытий, производство термоусаживающихся материалов, вулканизация. Радиационная очистка сточных вод и выбросных газов. Радиационная обработка пищевых продуктов. Радиационная полимеризация. Радиационно- химические процессы в ядерной энергетике и радиохимической промышленности. Особенности технологической дозиметрии.	работа
--	--	--------

5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции, семинары и практические работы.
2. Сопровождение лекций визуальным материалов в виде слайдов, подготовленных с использованием современных компьютерных технологий (программный пакет презентаций Microsoft Office Powerpoint), проецируемых на экран с помощью видеопроектора.
3. Проведение практических работ в научной лаборатории, участие обучаемых в научной работе и выполнении исследовательских проектов.
4. Использование специального программного обеспечения и интернет-ресурсов для обучения в ходе практических и самостоятельных работ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Виды самостоятельной работы: с компьютером в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию, базам данных, к ресурсам Интернет; в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет; с учебной и научной литературой по специальности, учебно-методическими пособиями, конспектами лекций (библиотека Института, базы данных и другие материалы в лабораториях, Интернет); с лабораторным оборудованием под контролем сотрудников Института.

Систематические обсуждения с научными руководителями по результатам освоения теоретических разделов, результатов проведенной экспериментальной работы с целью контроля успехов освоения научной дисциплины, подготовки к сдаче экзамена по специальности. Экспертная оценка руководителя, экзаменаторов.

Форма контроля знаний – экзамен в конце курса, включающий теоретические вопросы.

Вопросы к экзамену

По теме "Законы радиоактивного распада, радионуклиды":

Строение атома. Состав ядра. Нуклоны. Дефект массы. Виды радиоактивного распада. Устойчивость ядер. Радиоактивные изотопы.

По теме "Радионуклиды в окружающей среде":

Формы нахождения радионуклидов в окружающей среде. Методы определения форм нахождения радионуклидов в объектах окружающей среды. Мониторинг. Горячие частицы.

По теме "Изотопные и аппаратные источники ионизирующего излучения":

Гамма-установки. Источники альфа- и бета-излучений. Принципы и методы ускорения заряженных частиц. Прямоточные ускорители. Линейные ускорители. Рентгеновские трубки. Дозиметрия ионизирующего излучения. Меры радиационной защиты.

По теме "Основные понятия радиационной химии":

Предмет изучения радиационной химии, история ее развития. Виды ионизирующего излучения. Энергетические характеристики ионизирующего излучения. Плотность потока частиц или квантов. Интенсивность излучения. Поглощенная доза. Мощность поглощенной дозы. Радиационно-химический выход. Линейная передача энергии. Локальные области возбуждения и ионизации.

По теме "Первичные процессы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом":

Возбуждение и ионизация. Парная рекомбинация. Дезактивация возбужденных состояний. Образование и превращения первичных ионных и радикальных продуктов радиолиза. Влияние вида излучения на протекание первичных процессов.

По теме "Радиационно-химические процессы в газообразных веществах":

Временная шкала первичных процессов при радиолизе газов. Состав и свойства основных первичных и промежуточных продуктов радиолиза газообразных систем. Влияние условий облучения на выходы продуктов радиолиза. Механизм радиолиза аммиака. Механизм радиолиза метана. Продукты радиолиза хлороформа и других галогенсодержащих углеводородов.

По теме "Радиационная химия жидких систем":

Состав первичных продуктов радиолиза воды, пути их образования. Свойства и выходы первичных продуктов радиолиза воды, их основные превращения. Влияние растворенного кислорода на первичные процессы радиолиза воды. Прямое и косвенное действие ионизирующего излучения на растворенное вещество. Особенности радиолиза концентрированных растворов. Радиолиз

водных растворов нитратов и азотной кислоты. Радиолитический жидкого аммиака и гидразина. Радиолитические процессы в расплавах неорганических солей. Основные радиационно-химические реакции в углеводородах. Первичные и конечные продукты радиолитического спиртов.

По теме "Радиолитические процессы в водных растворах лантанидов и актинидов":

Реакционная способность первичных продуктов радиолитического воды относительно ионов лантанидов и актинидов. Радиолитические превращения в водных растворах ионов церия. Гамма-радиолитический водных растворов ионов плутония. Альфа-радиолитический водных растворов ионов плутония. Радиационное газовыделение из азотнокислых растворов ионов плутония.

По теме "Радиационно-химические процессы в твердых телах и гетерогенных системах":

Особенности радиолитических превращений в твердой фазе. Основные различия протекания радиационно-химических процессов в стеклообразных и кристаллических веществах. Центры окраски в галогенидах щелочных металлов. Использование низкотемпературного радиолитического для регистрации короткоживущих интермедиатов радиолитического. Радиационно-стимулированная адсорбция и катализ. Радиационная коррозия. Особенности радиолитического коллоидных систем.

По теме "Технологические аспекты радиационной химии":

Особенности радиационно-химической технологии. Оценка производительности и экономические оценки. Примеры радиационного модифицирования материалов. Радиационная вулканизация. Радиационная очистка сточных вод. Радиационная очистка выбросных газов. Радиационная обработка пищевых продуктов. Радиационная полимеризация. Примеры радиационно-химических процессов в ядерной энергетике и радиохимической промышленности. Особенности технологической дозиметрии.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Литература.

А) Основная литература:

1. Wishart J. F., Rao B. S. M. Recent Trends in Radiation Chemistry. Singapore: WSP, 2010. 607 p.
2. Charged Particle and Photon Interactions With Matter: Recent Advances, Applications, and Interfaces. / Eds. Y. Hatano, Y. Katsumura, A. Mozumder. Singapore: WSP, 2010. 1045 p.
3. Экспериментальные методы химии высоких энергий. Учебное пособие. / Под ред. М.Я.Мельникова. М.: Изд-во МГУ, 2009. 824 с.

4. Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность: Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2013. 304с.
5. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. Бином, 2006, 268 с.
6. Белозерский Г.Н. Радиационная экология. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 384с.

Б) Дополнительная литература:

1. Пикаев А. К. Современная радиационная химия: Основные положения. Экспериментальная техника и методы. М.: Наука, 1985. 375 с.
2. Пикаев А. К. Современная радиационная химия: Радиолит газы и жидкостей. М.: Наука, 1986. 360 с.
3. Пикаев А. К. Современная радиационная химия: Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты. М.: Наука, 1987. 448 с.
4. Радиационная химия макромолекул. /Ред. М.Доул. Пер. с англ. под ред. Э.Э.Финкеля. М.: Атомиздат, 1978. 328 с.
5. Радиационная химия углеводородов. /Д.Сереп, И.Дьердь, М.Родер, Л.Войнарович. Ред. Г.Фельдиак. Пер. с англ. под ред. А.К.Пикаева. М.: Энергоатомиздат, 1985. 304 с.
6. Брегер А. Х. Радиационно-химическая технология: Ее задачи и методы. М.: Атомиздат, 1979. 78 с.
7. Пикаев А. К. Дозиметрия в радиационной химии. М.: Наука, 1975, 312 с.
8. Брегер А.Х., Вайнштейн Б.И., Сыркус Н.П. и др. Основы радиационно-химического аппаратостроения. М.: Атомиздат, 1967. 500 с.
9. Семенова И.В. Промышленная экология. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 528с.

В) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

Журналы и книги издательства American Chemical Society (ACS)
Журнал "Радиохимия"
Журнал "Безопасность ядерных технологий и окружающей среды"
Журнал "Nuclear Technology"
Журнал "Nuclear Engineering"
Мультидисциплинарный журнал естественнонаучного профиля "SCIENCE" издательства American Association for the Advancement of Science (AAAS)
Патентная База данных Questel
Реферативная база данных компании Cambridge Scientific Abstracts в области технологии, материаловедения и нанотехнологий
Реферативная база INSPEC, Institution of Engineering and Technology
Коллекция из 104 журналов Академиздатцентра "Наука"

БД ВИНТИ РАН on-line – крупнейшая в России баз данных по естественным, точным и техническим наукам
База данных БЕН РАН
EBSCO Publishing и справочная база “DynaMed”
Журналы издательства Institute of Physics (IOP)
Журналы и книги издательства Elsevier
152 журналов издательства Elsevier за 2000-2009 годы на платформе eLIBRARY.RU
Журналы и книги издательства Wiley-Blackwell
Журналы издательства Nature Publishing Group
Журналы и базы данных по основным направлениям развития химических наук The Royal Society of Chemistry (RSC)
Архивы издательства The Royal Society of Chemistry (RSC)
Журналы издательства The Royal Society Publishing
Журналы и книги издательства Springer
Реферативная база данных Inspec, Institution of Engineering and Technology
Ресурсы издательства Taylor&Francis (компания Metapress)
Журналы издательства Sage Publications
Журналы издательства American Institute of Physics

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лаборатория электронно-лучевой конверсии энергоносителей, лаборатория экологических основ обращения с РАО располагают материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом, а также эффективное выполнение диссертационной работы:

Список оборудования:

Спектрометр с детекторами из сверхчистого Ge (Canberra Ind., Inc.); - жидкостно-сцинтилляционный, спектрометр TriCarb -2700 (Packard Ind.); - иономеры с набором электродов (Mettler Toledo); - рентгеновский фотоэлектронный спектрометр (МК II VG Scientific); - растровый электронный микроскоп с приставкой для рентгеновского микроанализа (JEOL JSM -6380 LA с энергодисперсионным спектрометром JET 2300); - спектрофотометр Shimadzu UV -1800; - малоугловой дифрактометр АМУР-К и Necus System 3, оснащенные позиционно-чувствительными детекторами и приставками, позволяющими проводить измерения при температурах до 120 оС; - EXAFS спектрометр (в РНЦ «Курчатовский Институт»); - лазерный флуоресцентный спектрометр с временным разрешением с Nd -YAG лазером; - высокоскоростная центрифуга (Allegra 64R, Beckman Coulter); - автоматический титратор АТП-2 (Аквилон);- анализатор свободной удельной поверхности по адсорбции газов (Quantachrome NOVA 4200e); - анализатор наночастиц в суспензии (динамическое светорассеяние и дзета-потенциал) (Malver ZETASIZER nano -ZS, Malvern);-просвечивающий электронный микроскоп высокого разрешения с приставками для рентгеновского микроанализа, спектрометрии характеристических потерь электронов и электронной дифракции (JEOL JEM 2100), вспомогательное

оборудование, включая встряхиватели, нагревательные плитки, сушильные шкафы, перчаточные боксы и пр.

Аудитория для проведения лекций, оснащенная компьютером и проектором для показа слайдов компьютерных презентаций. Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к международным и российским научным базам данных и электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Инструментальная база НОК основана на центре коллективного пользования физическими методами исследования ИФХЭ РАН. В составе имеющегося оборудования ЯМР-спектрометр фирмы «Брукер»: AVANCE II DRX-600, масс-спектрометр MALDI-TOF Bruker ultraflex III, масс-спектрометр ICP-MS - Bruker Daltonics aurora M90, спектрофотометр УФ и видимой области Specord M400, ИК-спектрометр Perkin-Elmer-2000, спектрофотометр Agilent 8453, сканирующий зондовый микроскоп Solver P47 PRO, атомно-силовой микроскоп – спектрометр Force Master 402 MD, рентгено-флюороресцентный микроанализатор VRA-30, рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD-6000 и многие другие приборы. Лаборатории оснащены современными приборами для синтеза и исследования элементоорганических соединений: стеклопосуда в широком ассортименте, реакторы низкого и высокого давления, автоклавы.

Программа составлена в соответствии с приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. N 869 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

Авторы:

Главный научный сотрудник лаборатории
электронно-лучевой конверсии энергоносителей д.х.н. И. Е. Макаров

Старший научный сотрудник
лаборатории химии технеция к.х.н. А. В. Сафонов

Программа принята на заседании секции при Ученом совете Института «Химия и технология радиоактивных элементов, радиоэкологии и радиационной химии» Ученого совета ИФХЭ РАН, протокол № 230-3 от 17.09. 2014 г.

Председатель секции:

Заместитель директора института по научной работе
член-корреспондент РАН

Б.Г. Ершов