



**УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН  
(ИФХЭ РАН)**

Ленинский проспект, 31, корп. 4, Москва, 119991. Тел. 955-46-01. Факс: 952 - 53 - 08. E-mail: tsiv@phyche.ac.ru.  
ОКПО 02699292, ОГРН 1037739294230, ИНН/КПП 7725046608/772501001

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ИФХЭ РАН  
академик А.Ю. Цивадзе

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ В АСПИРАНТУРУ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 02.00.14 -«РАДИОХИМИЯ»**

**Введение**

В основу настоящей программы положены следующие разделы науки: радиохимия, ядерная физика, радиохимическая технология.

**1. Физические основы радиохимии**

Предмет радиохимии. Ранние и современные определения радиохимии. Основные этапы развития радиохимии и их характеристика.

Общие свойства атомных ядер. Изотопия (включая систематику и распределение изотопов). Радиоактивность ( $\alpha$ ,  $\beta$ , E -захват, изомерный переход). Законы распада.

Взаимодействие излучения с веществом. Основы дозиметрии. Методы обнаружения и измерения интенсивности радиоактивных излучений.

Получение быстрых заряженных частиц. Источники нейтронов. Общие закономерности ядерных реакций. Энергетические эффекты, эффективное сечение. Основные типы ядерных реакций. Взаимодействие нейтронов с веществом. Реакция деления. Цепная ядерная реакция. Основные типы атомных реакторов. Понятие о термоядерных реакциях.

**2. Общая радиохимия**

*2.1. Свойства и поведение изотопов средних и тяжелых элементов*

Динамический характер изотопного состава объектов радиохимии. Понятие идентичности физико-химического поведения изотопных атомов.

## *2.2. Процессы изотопного обмена*

Явление изотопного обмена и его определение. Идеальный изотопный обмен. Классификация реакций идеального изотопного обмена. Движущая сила реакций идеального изотопного обмена.

Значение процессов изотопного обмена для теоретической и прикладной радиохимии и смежных с ней областей знаний.

## *2.3. Процессы распределения радионуклидов между различными фазами*

*Распределение между жидкой и твердой фазами.* Сорбция, хемосорбция и хроматография в радиохимии.

Процессы соосаждения. Их классификация. Соосаждение с изотопными носителями. Принцип действия изотопных носителей.

Сокристаллизация и адсорбция микроконцентраций радионуклидов. Изоморфное соосаждение. Образование гриммовских смешанных кристаллов. Аномальные смешанные кристаллы.

Закон Хлопина. Константа Хлопина и коэффициент кристаллизации.

*Адсорбция радионуклидов.* Правила адсорбции Панета-Фаянса и Гана. Классификация процессов адсорбции на ионных кристаллах. Первичная потенциал-образующая и первичная обменная адсорбция, вторичная адсорбция, их закономерности. Зависимость первичной и вторичной адсорбции от свойств ионов, рН раствора. Внутренняя адсорбция. Ионообменная адсорбция.

*Электрохимия радиоактивных элементов.* Приложимость уравнения Нернста к сильно разбавленным растворам. Критический потенциал выделения и методы его определения. Электролиз микроконцентраций элементов.

*Состояние радионуклидов в разбавленных жидких, твердых и газообразных средах.* Состояние радиоактивных изотопов в растворах. Ионное, молекулярное и коллоидное состояние. Доказательства существования радионуклидов в различных состояниях. Методы исследования состояния радионуклидов.

## *2.4. Экстракция в радиохимии*

Проведение экстракции и реэкстракции. Кинетика экстракции. Коэффициент распределения и константа экстракции. Применение экстракции для выделения и концентрирования радионуклидов.

### *2.5. Процессы радиоколлоидообразования*

Состояние радиоактивных элементов в крайне разбавленных растворах. Истинные и псевдордиоколлоиды, условия их образования. Особенности поведения радионуклидов в радиоколлоидах. Методы исследования.

## **3. Химия радиоактивных элементов**

Возможность изучения химии радиоактивного элемента по поведению любого из его изотопов как следствие идентичности физико-химических свойств изотопов. Сохранение индивидуальных свойств элементов при предельно малых концентрациях. Особенности поведения радиоактивных элементов, связанные с малыми концентрациями (невозможность образования самостоятельных твердых фаз и протекания реакций с участием нескольких частиц, содержащих радиоактивный элемент, сдвиги потенциалов выделения и т.п.).

Естественные и искусственные радиоактивные элементы: технеций, прометий, полоний, астат, радон, франций, радий, актиний, торий, протактиний, уран, нептуний, плутоний и трансплутониевые элементы. История открытия, положение в периодической системе, электронная структура, основные изотопы, методы выделения из природных объектов или получения с помощью ядерных реакций, методы идентификации, физические и химические свойства. Работы в области синтеза и идентификации сверхтяжелых элементов.

Степени окисления элементов и их устойчивость, важнейшие химические формы, их получение и анализ, практическое использование.

*3.1. Уран. Распространенность в природе, изотопы урана. Важнейшие соединения урана, их получение и свойства*

*3.2. Химия урана в растворах*

Состояния окисления, устойчивые в водных растворах, окислительно-восстановительные реакции.

*3.3. Химия трансурановых элементов в водных растворах*

Окислительно-восстановительные реакции, гидролиз.

## **4. Химические процессы, инициированные ядерными превращениями**

*4.1. Химические следствия радиоактивного распада*

*Химические изменения при изомерном переходе. Явление ядерной изомерии. Причины явления. Различные виды превращений изомерных ядер.*

*Химические изменения при процессах  $\beta$ -распада. Процессы, происходящие при  $\beta$ -превращениях атомов (изменение зарядового состояния,*

радиоактивная отдача, ионизация и возбуждение электронных оболочек вследствие внезапного изменения заряда ядра). Процессы  $\beta$ -распада атомов как основа метода синтеза новых химических форм (состояний окисления) радиоактивных элементов и меченых соединений.

#### *4.2. Химические изменения при искусственно вызываемых ядерных превращениях*

*Реакция ( $\eta$ ,  $\gamma$ ).* Ее особенности. Химические изменения при рациональном захвате нейтрона как основа метода обогащения искусственных радионуклидов и синтеза меченых соединений.

### **5. Научные основы технологии ядерного горючего**

Переработка урановых руд. Физические и химические методы обогащения, вскрытие урановых руд. Сорбционно-экстракционные методы извлечения урана из растворов и пульп. Основные химические реакции, используемые при разделении урана, нептуния, плутония и продуктов деления.

*Основы ядерно-энергетического цикла.* Типы ядерных реакций. Нейтронные реакции. Замедление нейтронов. Деление ядер тяжелых элементов. Распределение продуктов деления по массам и зарядам. Цепные реакции.

*Реакторы.* Типы реакторов. Принцип действия ядерного реактора. Ядерное горючее, замедлители, теплоносители.

*Переработка облученного ядерного горючего.* Общие принципы построения технологических схем при переработке ядерного горючего. Осадительные процессы переработки горючего в целях получения плутония: лантансульфатный, фторидный, висмутфосфатный. Переработка облученного ядерного горючего сухими методами. Методы разделения и концентрирования продуктов деления, в том числе актинидов (америций, кюрий).

### **6. Проблемы обращения с радиоактивными отходами**

Формы существования и миграции радионуклидов в природных средах. Естественные и техногенные радионуклиды в биосфере. Радиоактивное загрязнение окружающей среды и возможности современной радиохимии в области мониторинга. Классификация радиоактивных отходов и методы их захоронения.

### **7. Прикладная радиохимия**

#### *7.1. Меченые соединения*

Получение и идентификация меченых соединений. Процессы автордиолиза.

#### *7.2. Радиоактивные индикаторы в науке и технологии*

Основы метода радиоактивных индикаторов. Применение радиоактивных изотопов в аналитической, органической и физической химии.

### **Основная литература**

Несмеянов Ан. Н. Радиохимия. 2-е изд. М.: Химия, 1978.

Нефедов В.Д., Текстер Е.Н., Торопова М.А. Радиохимия. М.: Высш. шк., 1987.

Вдовенко В.М. Современная радиохимия. М.: Атомиздат, 1969.

Старик И.Е. Основы радиохимии. Л.: Наука, 1969.

Келлер К. Радиохимия. М.: Атомиздат, 1969.

Ган О. Прикладная радиохимия. М.: Атомиздат, 1969.

Технология трансплутониевых элементов / В.М. Николаев, Е.А. Карелин, Р.А. Кузнецов, Ю.Г. Топоров. Димитровград: ГНЦ РФ НИИАР, 2000.

### **Дополнительная литература**

Радиоактивные индикаторы в химии: Основы метода / В.Б. Лукьянов, С.С. Бердонос и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1985.

Аналитическая химия трансплутониевых элементов / Б.Ф. Мясоедов и др. М.: Наука, 1972.

Громов Б.В., Савельева В.И., Шевченко В.Б. Химическая технология облученного ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1983.

Громов В.В., Москвин А.И., Сапожников Ю.А. Техногенная радиоактивность мирового океана. М.: ИздАТ, 2000.

Изотопы. Свойства, получение, применение / Под ред. В.Ю. Баранова. М.: ИздАТ, 2000.