

**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника
Інститут природничих наук
Кафедра неорганічної та фізичної хімії**

О.В. Шийчук , Л.Я. Мідак , А.В. Луцась

**НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА
КУРСУ «РАДІОХІМІЯ»**

для студентів напрямку 6.040101 «Хімія»

Івано-Франківськ

2011

1. Предмет радіохімії

Радіохімія, як область науки, що вивчає хімію радіонуклідів і радіоактивних речовин, їх фізико-хімічні властивості, ядерні перетворення та супутні їм хімічні процеси. Розділи радіохімії: загальна радіохімія, хімія радіоактивних елементів, хімія ядерних перетворень, прикладна радіохімія. Завдання радіохімії.

Радіонукліди та радіоактивні речовини як об'єкти радіохімії. Характерні особливості об'єктів радіохімії та пов'язана із цим специфіка радіохімічних методів.

2. Атомне ядро. Радіоактивний розпад та перетворення ядер

Атомні ядра. Протонно-нейтронна, крапельна та оболонкова моделі ядра. Особливості ядерних сил. Ядерні частинки. Заряд і маса ядра. Масове число. Розміри та густина ядра. Енергія зв'язку ядра. Дефект маси. Фоторозпад. Поведінка ядер в магнітному полі. Нукліди та їх класифікація (ізотопи, ізобари, ізотони). Стабільність ядер. Магічні числа.

Радіоактивність. Перші дослідження радіоактивності. Основні типи радіоактивних перетворень (альфа-, позитронний і електронний розпад, захват орбітальних електронів, спонтанний поділ важких ядер) та їх характеристика. Причини існування різних видів радіоактивного розпаду ядер. Правила зсуву. Побудова схем радіоактивного розпаду. Утворення збурених ядер і шляхи зняття збурення. Внутрішня конверсія, ефект Оже. Явище радіоактивної віддачі.

Основний закон радіоактивного розпаду. Статистичний характер розпаду. Стала розпаду. Період піврозпаду та середній час життя радіонуклідів. Накопичення продуктів розпаду. Послідовні радіоактивні перетворення, поняття про стаціонарний стан. Радіоактивна рівновага: вікова та динамічна. Природна радіоактивність. Радіоактивні ряди.

Ядерні реакції. Природа та енергетика ядерних реакцій. Відмінність ядерних реакцій від хімічних. Умови, необхідні для протікання ядерних реакцій. Ймовірність ядерної реакції та ефективний переріз. Ядерні реакції під дією елементарних частинок, легких ядер та гама-опромінення. Поділ важких ядер. Ланцюгові ядерні реакції, поняття про критичну масу. Термоядерний синтез. Штучна радіоактивність. Синтез елементів. Застосування ядерних реакцій.

3. Основи загальної радіохімії. Процеси і методи

Фізико-хімічні закономірності поведінки радіонуклідів в ультрарозведених системах (розчинах, газах, твердих речовинах). Закономірності розподілу радіонуклідів між фазами в процесах осадження, адсорбції, електрохімічних процесах та ізотопному обміні.

Стан радіоактивних елементів в розчинах. Іоннодисперсний, молекулярний та колоїдний стан. Істинні колоїди та псевдоколоїди. Фактори, що впливають на процес утворення радіоколоїдів. Методи виявлення та дослідження радіоколоїдів.

Розподіл мікрокількостей радіоактивних ізотопів між твердою і рідкою фазами. Значення процесів розподілу для радіохімії. Процес співосадження. Закон Хана. Правило Фаянса-Хана. Процеси ізоморфної та ізодиморфної співкристалізації. Гомогенний розподіл мікрокомпонентів між твердою і рідкою фазами. Закон Бертло-Нернста. Закон Хлопіна. Фактори, що впливають на розподіл компонентів між твердою та рідкою фазами. Приклади використання процесів ізоморфної співкристалізації при радіохімічних дослідженнях.

Адсорбція радіоактивних нуклідів на іонних кристалах. Правила адсорбції та систематика адсорбційних явищ. Механізм адсорбції, вплив різних факторів на процес адсорбції. Первинна та вторинна адсорбція. Внутрішня адсорбція. Використання адсорбційних процесів в радіохімії.

Електрохімія радіоактивних ізотопів. Особливості електрохімії радіоактивних елементів. Методи визначення критичного потенціалу осадження радіоактивних елементів. Використання рівняння Нернста в процесі електрохімічного осадження радіоактивних елементів. Вплив природи електрода на величину критичного потенціалу осадження радіоактивних елементів. Використання електрохімічних методів для дослідження хімічних та фізико-хімічних властивостей радіоактивних ізотопів. Електрохімічні методи виділення і розділення радіоактивних елементів.

Екстракційні методи виділення радіонуклідів. Загальні уявлення та основні закономірності. Фактори, що впливають на процес екстракції. Екстракція ефірами та кетонами.

Процеси ізотопного обміну. Класифікація реакцій ізотопного обміну. Особливості і причини протікання реакцій ізотопного обміну. Основні кінетичні характеристики реакцій ізотопного обміну.

4. Хімія радіоактивних елементів

Радіоактивні елементи і радіоактивні ізотопи в природі.

Актиній і актиноїди. Електронна структура і закономірності зміни властивостей актиноїдів. Особливості хімічної поведінки актиноїдів. Уран і трансуранові елементи. Властивості урану і уранідів (нептуній, плутоній, америцій). Трансамерицієві актиноїди (кюрій, берклій, каліфорній, енштейній, фермій, нобелій, лоуренсій). Способи одержання трансуранових елементів. Спільне і особливе в поведінці актиноїдів.

Хімія і металургія урану. Природні ресурси урану, уран в земній корі, мінерали урану. Методи виявлення уранових руд. Добування урану з розчинів. Методи очистки урану. Промислові методи одержання UO_2 , UF_4 та UF_6 . Виробництво металічного урану. Металотермічний та електролітичний методи одержання урану. Рафінування і обробка урану. Сполуки, що використовуються як ядерне паливо.

Плутоній. Ядерно-фізичні властивості плутонію, його виробництво і використання. Хімічні властивості металічного плутонію та його іонів в розчині. Сплави та сполуки плутонію. Застосування плутонію в атомній енергетиці.

Хімія та металургія торію. Сировинні ресурси торію, його руди, способи одержання торієвих концентратів. Способи переробки монацитових концентратів. Сульфатний і лужний способи переробки монацитового концентрату. Очистка сполук торію і добування U^{233} . Метод фракційної нейтралізації і осадження гідрату сульфату торію. Метод оксалатної і екстракційної очистки сполук торію. Способи одержання металічного торію. Металотермія, електрохімічний та йодидний способи. Найважливіші сплави та сполуки торію.

5. Взаємодія випромінювання з речовиною. Радіаційно-хімічні перетворення в речовині

Взаємодія заряджених частинок з речовиною, механізм збурення та іонізації молекул речовини. Механізм виникнення гальмівного рентгенівського випромінювання. Довжина вільного пробігу цих частинок в речовині в залежності від агрегатного стану. Структура треків.

Взаємодія нейтронів з речовиною. Швидкі та повільні нейтрони. Явище пружного розсіювання нейтронів. Нейтронографія. Ядерні реакції під дією нейтронів.

Взаємодія електромагнітного випромінювання з речовиною, механізм збурення та іонізації середовища. Внутрішня конверсія гама-променів. Утворення пар. Явище фотоефекту. Ядерні реакції ініційовані гама-випромінюванням.

Радіаційно-хімічні процеси в речовині. Механізм виникнення активних частинок (збурених частинок, електронів, іонів, вільних радикалів). Радіаційно-хімічний вихід. Радіоліз. Радіоліз газів (діоксиду карбону, діоксиду нітрогену). Радіоліз води: загальні положення, схема процесу, радіаційно-хімічний вихід продуктів. Радіоліз водних розчинів. Радіоліз органічних речовин, загальні положення. Радіоліз алканів, циклоалканів та ароматичних вуглеводнів, шляхи утворення та радіаційно-хімічний вихід продуктів. Авторадіоліз.

6. Радіометрія. Радіометричні та радіохімічні методи аналізу

Одиниці вимірювання інтенсивності радіоактивного випромінювання та дози опромінення. Фізичні та хімічні методи реєстрації радіоактивного випромінювання, їх загальна характеристика, області застосування.

Іонізаційні, сцинтиляційні, фотографічні методи реєстрації випромінювання. Основи іонізаційного методу реєстрації радіоактивного випромінювання. Принципова схема іонізаційного детектора. Вольтамперна крива іонізаційного детектора. Робочі області напруг іонізаційного детектора. Іонізаційні камери та лічильники. Лічильник Гейгера-Мюллера. Метрологічні характеристики іонізаційних лічильників: фон і час розділення, ефективність.

Явище сцинтиляції: механізм процесу та його використання з метою реєстрації радіоактивного випромінювання. Речовини сцинтилятори, їх класифікація, приклади. Принципова схема сцинтиляційного лічильника та принцип його роботи. Метрологічні характеристики сцинтиляційних

лічильників: фоновий сигнал, час розділення імпульсів, ефективність. Области використання сцинтиляційних лічильників.

Фотографічні методи реєстрації випромінювання. Суть та ефективність методу. Области застосування.

Хімічні дозиметри: глюкозний та “залізний” ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$). Методика використання та реєстрації радіоактивного випромінювання. Области застосування.

γ -Спектроскопія. Суть методу. Методика кількісного та якісного аналізу. Метрологічні характеристики. Области використання.

Активаційний аналіз. Суть методу та його різновиди. Методика кількісного та якісного аналізу. Метрологічні характеристики. Области використання.

Радіометричне титрування та титрування γ -променями.

7. Деякі аспекти прикладної радіохімії

Хімія ядерного пального. Основи ядерного паливного циклу. Ядерні реактори. Технологія переробки опроміненого ядерного пального. Технологія знешкодження радіоактивних відходів: збір, транспортування, очистка, переробка, зберігання.

Використання радіоактивних ізотопів в хімічних дослідженнях: вивчення механізму хімічних реакцій; вивчення комплексоутворення в розчинах; визначення пружності пари важколетких речовин; визначення коефіцієнтів дифузії; визначення активності каталізаторів. Аналітичне використання методу радіоактивних індикаторів.

8. Радіоактивність зовнішнього середовища

Радіохімія зовнішнього середовища. Особливості об'єктів дослідження. Характеристика і джерела утворення радіоактивних відходів. Радіоактивні відходи і навколишнє середовище.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бугаенко Л.Т., Кузьмин М.Г., Полак Л.С. Химия высоких энергий. М.,1988.
2. Вдовенко В.Н. Современная радиохимия. – М.: Атомиздат, 1969. – 544с.
3. Громов В.В., Москвин А.Н., Сапожников Ю.А., Техногенная радиоактивность мирового океана. М.,1985.
4. Защита от ионизирующих излучений/ Под ред. Н.Г. Гусева в 2-х т. - Т1.- М.,1989. – Т.2. – М.,1990.
5. Кабардин О.Ф. Физика. Справочные материалы. М., 1991.
6. Коренман И.М., Справочник. Методы количественного химического анализа. - М.: Химия, 1989.
7. Краткий курс радиохимии/ Под. ред. А.В. Николаева, М.: Высшая школа, 1969.- 334с.
8. Мурин А.Н. Физические основы радиохимии. – М.: Высшая школа, 1971. – 288с.
9. Несмеянов А.Н. Радиохимия. - М.: Химия, 1978. – 592с.
10. Несмеянов А.Н. Прошлое и настоящее радиохимии. - Л.: Химия, 1985.
11. Нефедов В.Д., Текстер Е.Н., Торопова М.А. Радиохимия. - М.: Высшая школа, 1987. – 386с.
12. Охрана окружающей среды на предприятиях атомной промышленности/ Под ред. Б.Н. Ласкорина. - М.,1982.
13. Патологічна фізіологія/ За ред. М.Н. Зайко і Ю.В. Биця.- К., 1995.
14. Руководство к практическим занятиям по радиохимии/ Под ред. А.Н. Несмеянова. - М.: Госхимиздат, 1980.
15. Слейбо У., Персонс Т., Общая химия/ Пер. з англ. Е.Л. Розенберга. - М., 1979.
16. Старик И.Е. Основы радиохимии. – Л.: Наука, 1969. – 479с.
17. Фридлиндер Г., Кеннеди Дж., Миллер Дж. Ядерная химия и радиохимия. – М.: Мир, 1967. – 567с.
18. Хенли Э., Джонсон Э. Радиационная химия/ Пер. з англ. В.Н. Лисцова. М.: Атомиздат, 1974.
19. Чернобыль. Дни испытаний. Книга свидетельств/ Сост. В.Г. Шкода. - К.: Радянський письменник, 1988.
20. Шведов В.П., Седов В.Н., Рыбальченко И.Л., Власов И.Н. Ядерная технология. – М.: Атомиздат, 1979. – 336с.

