

**АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ.
ПРИНЦИПЫ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ.
РАДИОХИМИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ
АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА.**

Работа
студентки II курса
химического факультета
ОНУ им. Мечникова
Ивановой Инны

АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Активационный анализ – это качественное и количественное определение состава вещества, которое базируется на измерении энергии излучения и периодов полураспада радиоактивных изотопов, которые образуются в веществе, исследуется при облучении ее нейтронами, протонами, альфа-частицами, гамма-квантами и др. Высокая селективность и чувствительность активационного анализа, простота операций, экспрессность позволяют широко применять активационный анализ, для анализа минерального сырья и продуктов его переработки. Большая проникающая способность первичного и вторичного излучений для нейтронного и гамма-активационного анализа позволяет использовать эти методы не только для контроля аналитических проб, но также для неподготовленных проб и непрерывного контроля в транспортных потоках. Перспективное также применение активационного анализа в геохимии редких и рассеянных элементов.



Активационный анализ является методом, который наиболее широко используется для обнаружения и идентификации химических элементов. Впервые он был применен в 1936 г, когда Хевеши и Леви с помощью активации нейтронами определили следы диспрозия (Dy) и иттрии (Y)



Сущность метода заключается в том, что исследуемый (нерадиоактивный) образец подвергается облучению, а затем, измеряя активность полученного радионуклида, устанавливают его количество, соответствующее количеству исследуемого вещества. Облучение проводится потоком бомбардирующих частиц, чаще всего — нейтронов, хотя иногда активация проводится заряженными частицами или γ -квантами. Если образец бомбардируется нейтронами, то метод носит название нейтронно активационного анализа. Другие способы активации не имеют отдельных названий и используются только в специальных случаях, когда исследуемый элемент не активируется нейтронами или активируется со слишком малым выходом.

Радиоактивность облученного образца прямо пропорциональна количеству образовавшихся радионуклидов. Поэтому количество радионуклида удобно выражать его активностью \bar{A} , т. е. числом распадов в единицу времени, т.к. эту величину можно измерить с помощью различных детекторов. Уравнение для вычисления активности радионуклида выглядит так:

$$\bar{A}_t = \bar{A}_0 \exp(-0.693t / T_{1/2})$$

Зная активность радионуклида \bar{A} , содержащегося в образце на данный момент времени, можно рассчитать количество радиоактивных ядер и их массу:

$$m = \frac{\bar{A} T_{1/2} M}{0.693 \cdot 6.023 \cdot 10^{23}}$$

где m — масса радиоактивных ядер (г), M — массовое число радиоизотопа.

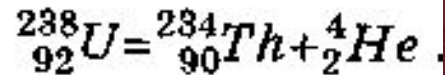
МЕТОДЫ АНАЛИЗА, ОСНОВАННЫЕ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Провести анализ нерадиоактивного вещества можно без его активации. Часто используются реакции взаимодействия ядерного и рентгеновского излучений с веществом, которое их поглощает или рассеивает, но активация исследуемого вещества не происходит. В основе методов, базирующихся на этом явлении, лежат следующие принципы:

- упругое рассеяние α -частиц;
- поглощение и рассеяние β -частиц и γ -квантов;
- возникновение рентгеновского характеристического излучения;
- поглощение и замедление нейтронов и др.

1, МЕТОД АНАЛИЗА, ОСНОВАННЫЙ НА УПРУГОМ РАССЕЯНИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

В настоящее время известно более 200 альфа активных ядер, главным образом тяжёлых ($A > 200, Z > 82$), исключение составляют редкоземельные элементы ($A=140-160$). Примером альфа распада может служить распад изотопов урана:



Скорости, с которыми альфа-частицы, вылетают из распавшегося ядра, очень велики и колеблются для разных ядер в пределах от $1,4 \times 10^7$ до $2,0 \times 10^8$ м/с, что соответствует кинетическим энергиям этих частиц 4—8,8 МэВ. Альфа-частицы в состав ядра не входят, и, по современным представлениям, они образуются в момент радиоактивного распада при встрече движущихся внутри ядра 2-х протонов и 2-х нейтронов. Пролетая через вещество, альфа-частицы постепенно теряют свою энергию, затрачивая ее на ионизацию газов. Причём в начале пути, когда энергия альфа-частиц велика, удельная ионизация меньше, чем в конце пути.

Под пробегом частицы в веществе понимается толщина слоя этого вещества, которую может пройти эта частица до полной остановки. Пробег частиц в основном определен для тяжелых частиц, т.к. их путь представляет прямую линию с наименьшим рассеянием. Пробег альфа-частиц зависит как от энергии частиц, так и от плотности вещества, в котором они движутся.

По пробегу альфа частицы можно определить ее энергию.

2, МЕТОД АНАЛИЗА, ОСНОВАННЫЙ НА ПОГЛОЩЕНИИ И РАССЕЯНИИ В-ЧАСТИЦ

Проходя через анализируемое вещество, β -частицы вступают в реакции взаимодействия как на атомных ядрах, так и в электронных оболочках атомов. При этом энергия β -частиц уменьшается, а направление их движения изменяется, т. е. происходит рассеяние.

Потеря энергии β -частиц происходит вследствие неупругих соударений с ядрами атомов и электронами. При этом β -частица будет всегда отклоняться от исходного направления движения на угол, который зависит от исходной энергии-частицы, и от энергии, потерянной ею при взаимодействии

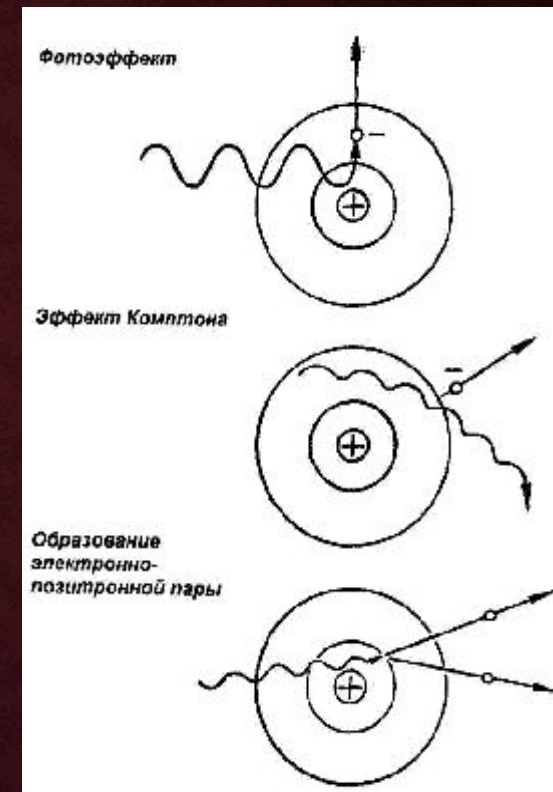
3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Рентгеновские или гамма-лучи, или общее название — электромагнитные волны с короткими длинами волн, которые обладают большой проникающей способностью в веществе. Различные названия рентгеновские и гамма лучи — связаны не с различными физическими свойствами этих лучей, а со способом их получения. Наиболее часто употребляется гамма-излучение, которое не является самостоятельным видом радиоактивности, а только сопровождает альфа- и бета- распады. Оно возникает при ядерных реакциях, при торможении заряженных частиц и т.д.

Гамма-излучение испускается дочерним ядром. Дочернее ядро в момент своего образования оказывается возбуждённым, а затем за время Радиоактивность и ядерные излучения оно переходит в основное состояние с испусканием гамма-излучения. Возвращаясь в основное состояние, ядро может пройти через ряд промежуточных состояний, поэтому гамма-излучение может содержать несколько групп гамма-квантов, отличающихся значениями энергии.

Гамма-кванты, обладая нулевой массой покоя, не могут замедляться в среде, они или поглощаются или рассеиваются. Гамма-излучение не имеет заряда и тем самым не испытывает влияния кулоновских сил. При прохождении пучка гамма-квантов через вещество их энергия не меняется, но уменьшается интенсивность, согласно закону Радиоактивность и ядерные излучения (Радиоактивность и ядерные излучения— интенсивности гамма-излучения на входе и выходе слоя поглощающего вещества толщиной X , Радиоактивность и ядерные излучения— коэффициент поглощения); зависит от свойств вещества и энергии гамма-квантов. Радиоактивность и ядерные излучения

Основными процессами, сопровождающими прохождение гамма-излучения через вещество является фотоэффект, комптоновское рассеяние и образование электроннопозитронных пар



ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Достоинства активационного анализа: высокая чувствительность, возможность в ряде случаев проводить определение без разрушения образца, высокая избирательность, возможность одновременного определения ряда примесей в одной навеске образца, отсутствие поправки контрольного опыта (т. к. все химические операции, в т.ч. травление образцов для удаления поверхностных загрязнений, проводят после облучения). Отсутствие влияния загрязнителей, поступающих из реактивов, воздуха и посуды, делают этот метод особенно пригодным для определения ничтожно малых следов примесей в чистых веществах. Высокая чувствительность активационного анализа является его основным преимуществом. позволяет определять сразу несколько элементов., точно измеряет концентрации элементов.

Таким образом, активационный анализ является многоэлементным, неразрушающим и точным методом анализа. Его чувствительность достигает нескольких пикограммов на грамм, изменяясь от элемента к элементу. Его лучше всего применять для анализа твёрдых тел.

Активационный анализ имеет и недостатки. Он не способен определить валентное состояние элемента, требует сложной аппаратуры (например, ядерного реактора), приходится работать с высокими активностями, что требует соблюдения безопасности и получения разрешения на работу, в некоторых случаях длительное время анализа и временами необходим сложный анализ плохо разрешённых γ -спектров.

К недостаткам метода относятся : относительно малая доступность источников ядерных частиц или γ -квантов, возможность деструкции и даже разрушения образцов при облучении мощными потоками излучений, относительная сложность выполнения анализа, радиационная опасность.

РАДИОХИМИЧЕСКИЙ ВАРИАНТ АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Радиохимический вариант в целом более чувствителен и точен, чем инструментальный. Он значительно более трудоемок, но дает на 1 - 2 порядка большую чувствительность, чем спектрометрический вариант. В этом варианте активность образцов непосредственно после облучения или после отделения макрокомпонентов и активность эталонов определяемых элементов измеряют на сцинтилляционном γ -спектрометре с многоканальным анализатором импульсов, а расчет количества примесей проводят по площадям фотопиков соответствующих энергий радиоактивных изотопов в образце и эталоне. позволяет определять гафний в цирконии по сравнительно долгоживущим радиоизотомам гафния но требует большой затраты времени. позволяет определить одновременно большое число примесей в одной навеске облученного образца. Выбор методики разделения и очистки зависит от химических свойств определяемых элементов и макрокомпонентов и периодов полураспада их радиоактивных изотопов. Поэтому в каждом конкретном случае применяются различные схемы и аналитические методы.

