

# Качественный анализ. Классификация катионов и анионов

*Для студентов 2 курса фармацевтического факультета*



С.Н.Дильмагамбетов

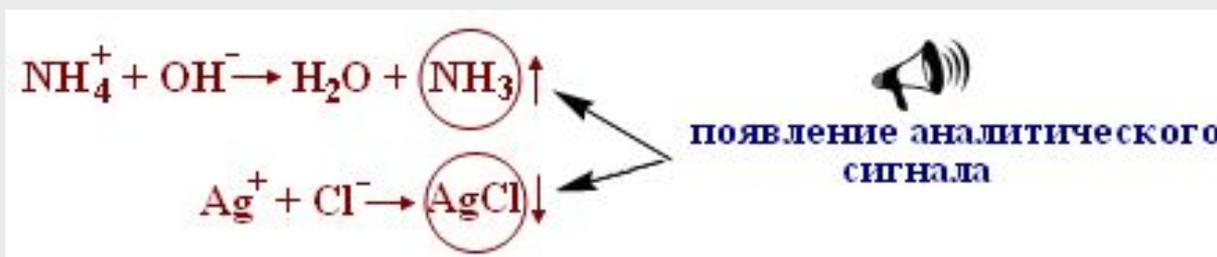
---

Профессор кафедры химических дисциплин  
ЗКГМУ им. Марата Оспанова

# Аналитические реакции

Химические превращения, протекающие с изменением состава и строения веществ и используемые в аналитической химии для целей качественного и количественного анализа, называются **аналитическими реакциями**.

Химические реакции, при проведении которых наблюдается аналитический эффект (сигнал), называются **аналитическими химическими реакциями**.



В качественном анализе практическое значение имеют только **специфические** реакции.

**Специфические реакции** – реакции, которые при определенных условиях позволяют открыть одни ионы в присутствии других ионов по выпадению характерного осадка, изменению окраски или выделению газа и т.д.

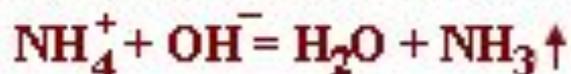
Реакции с внешним эффектом, характерные только для одного иона или соединения, называются **специфическими**.

# Аналитические реакции и их реагенты



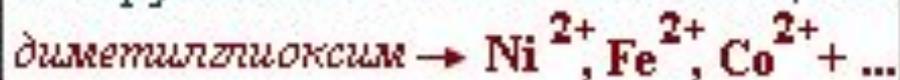
## специфические

позволяют при данных условиях обнаружить только одно вещество



## избирательные (селективные)

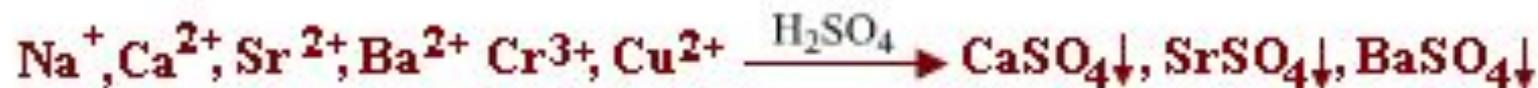
позволяют при данных условиях обнаружить небольшое число веществ



## АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, РЕАГЕНТЫ

### групповые

используются в систематическом анализе для обнаружения и выделения группы катионов



# Чувствительность реакции



**Чувствительность аналитической реакции** определяется, прежде всего, тем наименьшим количеством соответствующего иона, которое может быть обнаружено при помощи этой реакции.

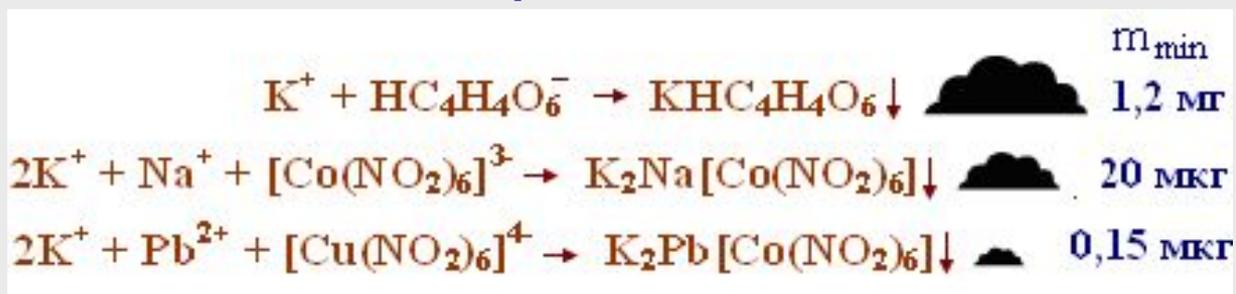
**Чувствительность аналитической реакции** в очень сильной степени определяется концентрацией обнаруживаемых ионов. Чем выше концентрация данного вещества, тем чувствительней используемая для его обнаружения реакция.

Повышение чувствительности реакции может быть достигнуто в результате разделения (отделения) веществ друг от друга и повышения концентрации определяемого вещества в растворе.

# Открываемый или определяемый минимум

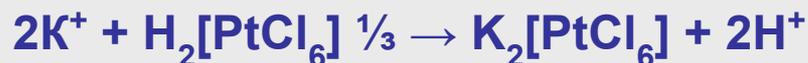
- Наименьшее количество вещества или ионов, которое может быть открыто при помощи данной реакции при соответствующих условиях.
- Его выражают в микрограммах  $\mu\text{г}$  или в граммах  $\text{г}$ , иногда обозначаемых греческой буквой  $\gamma$  (гамма):

$$1 \text{ мкг} = 1 \gamma = 10^{-3} \text{ мг} = 10^{-6} \text{ г}$$



## Минимальная (предельная) концентрация

- Наименьшая концентрация раствора при которой данная реакция позволяет еще однозначно открывать обнаруживаемое вещество в небольшой порции (обычно в одной капле) анализируемого вещества.
- 1 капля раствора (объем 0,01-0,03 мл)

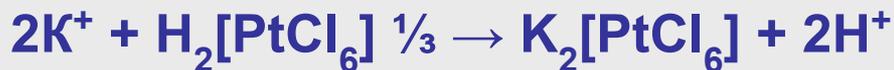


- Предельная концентрация 1:10000.
- Это означает, что  $\text{K}^+$  еще можно обнаружить в виде  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$  в водном растворе, содержащем 1 г  $\text{K}^+$  в 10000 мл.

# Минимальная (предельная) концентрация

Наименьшая концентрация раствора при которой данная реакция позволяет еще однозначно открывать обнаруживаемое вещество в небольшой порции (обычно в одной капле) анализируемого вещества.

**1 капля раствора (объем 0,01-0,03 мл)**



**Предельная концентрация 1:10000.**

**Это означает, что  $\text{K}^+$  еще можно обнаружить в виде  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$  в водном растворе, содержащем 1 г  $\text{K}^+$  в 10000 мл.**

## Предельное разбавление

Предельное число миллилитров водного раствора, содержащего 1 г обнаруживаемого вещества, еще открываемого при помощи данной реакции (реактива).

**Например, предельное разбавление, допускаемое при обнаружении  $\text{K}^+$  в виде  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$  из одной капли раствора, равно 10000, т.е. объем раствора, содержащего 1 г ионов калия, не может быть разбавлен в этом случае свыше, чем до 10000 мл.**

Аналитическая реакция тем чувствительней, чем меньше открываемый минимум, чем меньше минимальная (предельная) концентрация анализируемого раствора, чем больше предельное разбавление.

$$\begin{aligned}
 V_{\min} &= m \cdot W_{\text{пред}} / 10^6 \\
 W_{\text{пред}} &= 1 / C_{\min} = V_{\min} \cdot 10^6 / m \\
 C_{\min} &= 1 / W_{\text{пред}} = 1 : V_{\min} \cdot 10^6 / m \\
 m &= V_{\min} \cdot 10^6 / W_{\text{пред}} = C_{\min} \cdot V_{\min} \cdot 10^6
 \end{aligned}$$

- m** – открываемый минимум, мкг;
- C<sub>min</sub>** – минимальная (предельная) концентрация;
- W<sub>пред</sub>** – предельное разбавление;
- V<sub>min</sub>** – минимальный необходимый объем раствора для обнаружения определяемых ионов, мл.

**Пример 1.** Вычислить минимальный объем раствора, требуемый для обнаружения  $K^+$  ионов в виде желтого кристаллического осадка  $K_2Ag[Co(NO_2)_6]$ . Открываемый минимум  $K^+$  ионов этим путём равен 1 мкг; предельная концентрация 1:50000; предельное разбавление 50000.

*Решение:* Минимальный объем вычисляют по формуле

$$V_{min} = m \cdot W_{пред} / 10^6$$

$$V_{min} = 1 \cdot 50000 / 10^6 = 0,05 \text{ мл}$$

Таким образом, для обнаружения  $K^+$  в виде указанного осадка необходимо взять не менее 0,05 мл предельно разбавленного раствора, содержащего 1 г  $K^+$  в 50000 мл.

**Пример 2.** Вычислить открываемый минимум  $K^+$ , осаждаемого в виде  $K_2[PtCl_6]$  из 0,05 мл ( $V_{min}$ ), если известна предельная концентрация, равная 1:10000 (предельное разбавление 10000).

*Решение:* Открываемый минимум рассчитывают по формуле

$$m = V_{min} \cdot 10^6 / W_{пред} = C_{min} V_{min} \cdot 10^6$$

$$m = 0,05 \cdot 10^6 / 10000 = 5 \text{ мкг}$$

# Отбор средней пробы

**Проба** – часть анализируемого материала, представительного отражающая его химический состав.

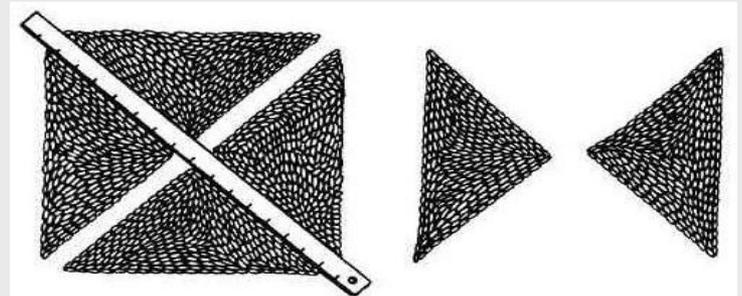


- Отбор пробы жидкости. Перед отбором пробы жидкость тщательно перемешивают, после чего отбирают часть ее, необходимую для проведения анализа.

- Отбор пробы однородного твердого вещества. В этом случае отбирают часть анализируемого вещества, измельчают его (в ступке или на шариковой мельнице), растирая в однородный порошок, и подвергают анализу.

- Отбор пробы неоднородного твердого вещества. . В этом случае отбор пробы состоит из трех последовательных этапов: *измельчение*, *просеивание* измельченных частиц через сита и *деление* полученного порошка на части, из которых отбирается масса вещества, необходимая для анализа.

**Деление** проводят методом **квартования** (лат. *quartos* четвертый) для получения однородной по составу порошок.



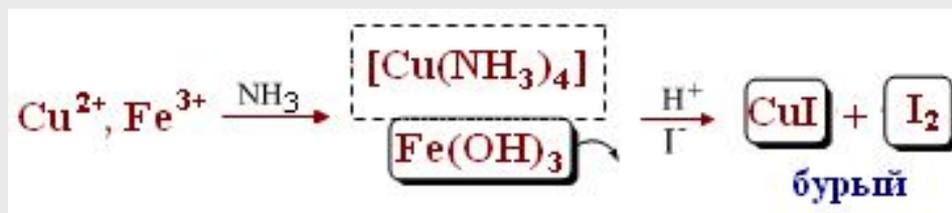
# Аналитическая классификация катионов и анионов

- Для проведения анализа твердую пробу обычно растворяют в подходящем растворителе: в воде, водных растворах кислот или щелочей, в органических растворителях, в растворах, содержащих комплексообразующие компоненты, и т.д.
- В качественном анализе неорганических веществ преимущественно исследуют растворы солей, кислот и оснований, которые в водных растворах находятся в диссоциированном состоянии.
- Поэтому **химический анализ водных** растворов электролитов сводится к открытию отдельных ионов (катионов и анионов), а не элементов или их соединений.
- Для удобства обнаружения ионы делят на **аналитические группы**.
- **Аналитическая группа** ионов называется такая группа химических элементов, которая с определенным реактивом при соответствующих условиях дает тождественные аналитические реакции.

# Дробный анализ

Открытие ионов специфическими реакциями в отдельных пробах всего исследуемого раствора в любой последовательности называется **дробным анализом**.

Пользуясь дробным методом, отпадает необходимость выделения исследуемых ионов из растворов.



Устранение мешающего влияния ионов может быть проведено двумя путями



# Систематический ход анализа

- **Систематический** ход качественного анализа заключается в том, что смесь ионов с помощью особых групповых реактивов предварительно разделяют на отдельные группы.
- Затем из этих аналитических групп каждый ион выделяют в определенной последовательности, а потом уже открывают характерной для него аналитической реакцией.
- Реактивы, позволяющие в определенных условиях разделить ионы на аналитические группы, называются **групповыми**.

# Системы группового разделения ионов

- сероводородная;
- кислотнo-основная;
- аммиачно-фосфатная;
- тиоацетамидная и т. д.

**Каждая из этих систем имеет свои преимущества и недостатки.**

## Кислотно-основный метод анализа катионов

**Преимущества метода:**

- прост, не требует дорогостоящих реактивов и легко усваивается;
- не требует применения вредных реактивов.

**Метод основан на делении всех катионов на шесть аналитических групп.**

# Аналитические группы катионов (кисотно-основный метод)

Группа	Катионы	Групповой реактив	Состав осадка	Краткая характеристика
I	$K^+$ , $Na^+$ , $NH_4^+$	Нет	-	-
II	$Ca^{2+}$ , $Ba^{2+}$ , $Sr^{2+}$	$H_2SO_4$	$MSO_4$	Сульфаты нерастворимы в воде и разбавленных растворах кислот и щелочей
III	$Ag^+$ , $[Hg_2^{2+}]$ , $Pb^{2+}$	$HCl$	$MCl_n$	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных растворах кислот и щелочей
IV	$Al^{3+}$ , $Cr^{3+}$ , $Zn^{2+}$ , $Sn^{II, IV}$ , $As^{III, V}$	$NaOH$ (избыток)	$M(OH)_n$	Гидроксиды растворимы в избытке щелочи
V	$Mg^{2+}$ , $Mn^{2+}$ , $Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ , $Bi^{3+}$ , $Sb^{III, V}$	$NaOH$	$M(OH)_n$	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиака
VI	$Cu^{2+}$ , $Co^{2+}$ , $Ni^{2+}$ , $Hg^{2+}$ , $Cd^{2+}$	$NH_3$	$M(OH)_2$	Гидроксиды нерастворимы в щелочи, но растворимы в избытке аммиака

# Аналитическая классификация анионов

I группа	II группа	III группа
$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ , $\text{AsO}_3^{3-}$ , $\text{AsO}_4^{3-}$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ <b>Групповой реактив</b> $\text{BaCl}_2$ Соли бария в воде нерастворимы	$\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{S}^{2-}$ , $\text{SCN}^-$  <b>Групповой реактив</b> $\text{AgNO}_3 + \text{HNO}_3$ Соли серебра нерастворимы в воде и $\text{HNO}_3$	$\text{NO}_2^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$  <b>Групповой реактив</b> Нет Соли бария и серебра растворимы в воде