

Качественные реакции неорганической химии.

Всем химикам, как опытным, так и начинающим, хоть раз, но доводилось слышать этот термин. В химии качественные реакции очень важны, с ними тесно связан один из разделов химии — аналитическая химия. Итак, в этой статье я изложу качественные реакции, как школьного курса, так и немного «нестандартные». Ну что ж, начнем!

Качественные реакции определяют катионы, анионы, порой и целые соединения.

1. Качественные реакции на катионы.

1.1.1 Качественные реакции на катионы щелочных металлов (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+).

Катионы щелочных металлов возможно провести только с сухими солями, т.к. практически все соли щелочных металлов растворимы. Обнаружить их можно при внесении небольшого количества соли в пламя горелки. Тот или иной катион окрашивает пламя в соответствующий цвет:

Li^+ — темно-розовый.

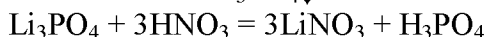
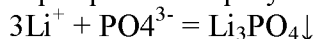
Na^+ — желтый.

K^+ — фиолетовый.

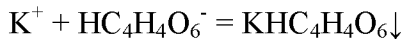
Rb^+ — красный.

Cs^+ — голубой.

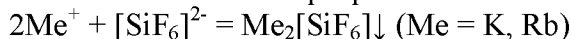
Катионы так же можно обнаружить и с помощью химических реакций. При сливании раствора соли лития с фосфатами образуется нерастворимый в воде, но растворимый в конц. азотной кислоте, фосфат лития:



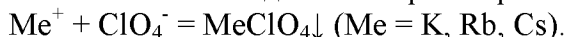
Катион K^+ можно вывести гидротартрат-анионом $\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6^-$ — анионом винной кислоты:



Катионы K^+ и Rb^+ можно выявить добавлением к растворам их солей кремнефтористой кислоты $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ или ее солей — гексафторсиликатов:



Они же и Cs^+ осаждаются из растворов при добавлении перхлорат-анионов:



1.1.2 Качественные реакции на катионы щелочно-земельных металлов (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Ra^{2+}).

Катионы щелочно-земельных металлов можно выявить двумя способами: в растворе и по окраске пламени. Кстати, к щелочно-земельным относятся кальций, стронций, барий и радий. Бериллий и магний **нельзя** отнести к этой группе, как это любят делать на просторах Интернета.

Окраска пламени:

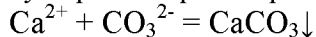
Ca^{2+} — кирпично-красный.

Sr^{2+} — карминово-красный.

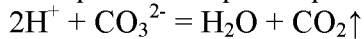
Ba^{2+} — желтовато-зеленый.

Ra^{2+} — темно-красный.

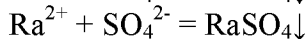
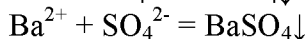
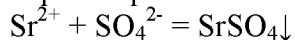
Реакции в растворах. Катионы рассматриваемых металлов имеют общую особенность: их карбонаты и сульфаты нерастворимы. Катион Ca^{2+} предпочитают выявлять карбонат-анионом CO_3^{2-} :



Который легко растворяется в азотной кислоте с выделением углекислого газа:



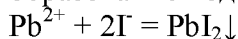
Катионы Ba^{2+} , Sr^{2+} и Ra^{2+} предпочитают выявлять сульфат-анионом с образованием сульфатов, нерастворимых в кислотах:



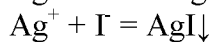
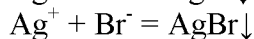
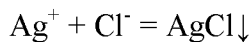
1.1.3. Качественные реакции на катионы свинца (II) Pb^{2+} , серебра (I) Ag^+ , ртути (I) Hg_2^+ , ртути (II) Hg^{2+} . Рассмотрим их на примере свинца и серебра.

Эта группу катионов объединяет одна общая особенность: они образуют нерастворимые хлориды. Но катионы свинца и серебра можно выявить и другими галогенидами.

Качественная реакция на катион свинца — образование хлорида свинца (осадок белого цвета), либо образование иодида свинца (осадок ярко желтого цвета):

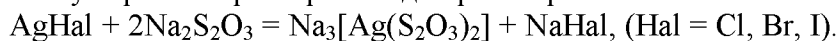


Качественная реакция на катион серебра — образование белого творожистого осадка хлорида серебра, желтовато-белого осадка бромид серебра, образование желтого осадка иодида серебра:

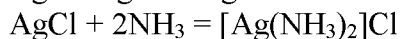


Как видно из выше изложенных реакций, галогениды серебра (кроме фторида) нерастворимы, а бромид и иодид даже имеют окраску. Но отличительная черта их не в этом. Данные соединения разлагаются под действием света на серебро и соответствующий галоген, что также помогает их идентифицировать.

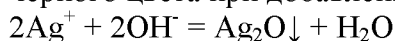
Поэтому часто емкости с этими солями испускают запахи. Также при добавлении к данным осадкам тиосульфата натрия происходит растворение:



То же самое произойдет при добавлении жидкого аммиака или его конц. раствора. Растворяется только AgCl. AgBr и AgI в аммиаке практически нерастворимы:



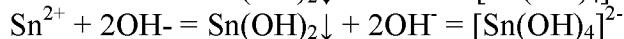
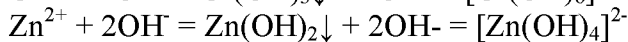
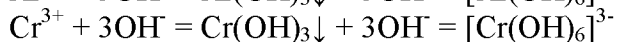
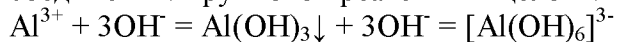
Существует также еще одна качественная реакция на катион серебра — образование оксида серебра черного цвета при добавлении щелочи:



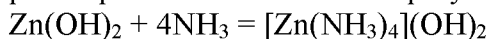
Это связано с тем, что гидроксид серебра при нормальных условиях не существует и сразу же распадается на оксид и воду.

1.1.4. Качественная реакция на катионы алюминия Al^{3+} , хрома (III) Cr^{3+} , цинка Zn^{2+} , олова (II) Sn^{2+} .

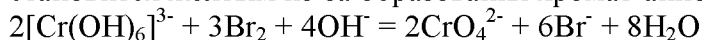
Данные катионы объединены образованием нерастворимых оснований, легко переводимых в комплексные соединения. Групповой реагент — щелочь.



Не стоит забывать, что основания катионов Al^{3+} , Cr^{3+} и Sn^{2+} не переводятся в комплексное соединение гидратом аммиака. Этим пользуются, чтобы полностью осадить катионы. Zn^{2+} при добавлении конц. раствора аммиака сначала образует $\text{Zn}(\text{OH})_2$, а при избытке аммиак способствует растворению осадка:



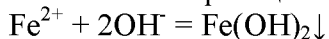
Раствор, содержащий $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$, при добавлении хлорной или бромной воды в щелочной среде становится желтым из-за образования хромат-аниона CrO_4^{2-} :



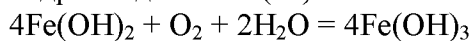
1.1.5. Качественная реакция на катионы железа (II) и (III) Fe^{2+} , Fe^{3+} . Данные катионы также образуют нерастворимые основания. Иону Fe^{2+} отвечает гидроксид железа (II) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ — осадок белого цвета. На воздухе сразу покрывается зеленым налетом, поэтому чистый $\text{Fe}(\text{OH})_2$ получают в атмосфере инертных газов либо азота N_2 .

Катиону Fe^{3+} отвечает метагидроксид железа (III) $\text{FeO}(\text{OH})$ бурого цвета. Примечание: соединения состава $\text{Fe}(\text{OH})_3$ неизвестно (не получено). Но все же большинство придерживаются записи $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

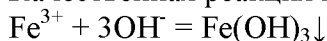
Качественная реакция на Fe^{2+} :



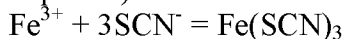
$\text{Fe}(\text{OH})_2$ будучи соединением двухвалентного железа на воздухе неустойчиво и постепенно переходит в гидроксид железа (III):



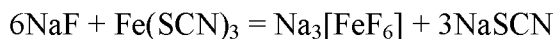
Качественная реакция на Fe^{3+} :



Еще одной качественной реакцией на Fe^{3+} является взаимодействие с роданид-анионом SCN^- , при этом образуется роданид железа (III) $\text{Fe}(\text{SCN})_3$, окрашивающий раствор в темно-красный цвет (эффект «крови»):



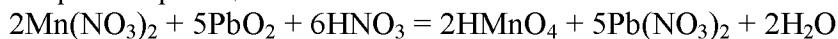
Роданид железа (III) легко «разрушается» при добавлении фторидов щелочных металлов:



Раствор становится бесцветным.

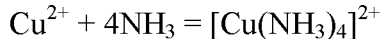
Очень чувствительная реакция на Fe^{3+} , помогает обнаружить даже очень незначительные следы данного катиона.

1.1.6. Качественная реакция на катион марганца (II) Mn^{2+} . Данная реакция основана на жестком окислении марганца в кислой среде с изменением степени окисления с +2 до +7. При этом раствор окрашивается в темно-фиолетовый цвет из-за появления перманганат-аниона. Рассмотрим на примере нитрата марганца:



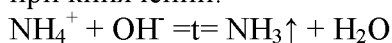
1.1.7. Качественная реакция на катионы меди (II) Cu^{2+} , кобальта (II) Co^{2+} и никеля (II) Ni^{2+} .

Особенность этих катионов в образовании с молекулами аммиака комплексных солей — аммиакатов:



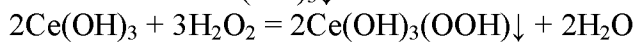
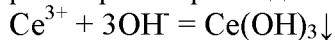
Аммиакаты окрашивают растворы в яркие цвета. К примеру, аммиакат меди окрашивает раствор в ярко-синий цвет.

1.1.8. Качественные реакции на катион аммония NH_4^+ . Взаимодействие солей аммония со щелочами при кипячении:



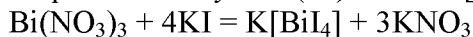
При поднесении влажная лакмусовая бумажка окрасится в синий цвет.

1.1.9. Качественная реакция на катион церия (III) Ce^{3+} . Взаимодействие солей церия (III) с щелочным раствором пероксида водорода:



Пероксогидроксид церия (IV) имеет красно-бурый цвет.

1.2.1. Качественная реакция на катион висмута (III) Bi^{3+} . Образование ярко-желтого раствора тетраиодовисмутата (III) калия $\text{K}[\text{BiI}_4]$ при действии на раствор, содержащий Bi^{3+} , избытком KI :



Связано это с тем, что сначала образуется нерастворимый BiI_3 , который затем связывается с помощью I^- в комплекс.

На этом я закончу описание выявления катионов. Теперь рассмотрим качественные реакции на некоторые анионы.

2. Качественные реакции на анионы.

2.1.1. Качественные реакции на сульфид-анион S^{2-} . Из сульфидов растворимы сульфиды только щелочных металлов и аммония. Нерастворимые сульфиды имеют специфическую окраску, по которым можно определить тот или иной сульфид.

Окраска:

MnS — телесный (розовый).

ZnS — белый.

PbS — черный.

Ag_2S — черный.

CdS — лимонно-желтый.

SnS — шоколадный.

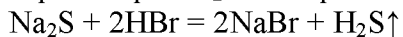
HgS (метакиноварь) — черный.

HgS (киноварь) — красный.

Sb_2S_3 — оранжевый.

Bi_2S_3 — черный.

Некоторые сульфиды при взаимодействии с кислотами-неокислителями образуют токсичный газ сероводород H_2S с неприятным запахом (тухлых яиц):



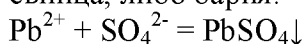
А некоторые устойчивы к разбавленным растворам HCl , HBr , HI , H_2SO_4 , HCOOH , CH_3COOH — к примеру CuS , Cu_2S , Ag_2S , HgS , PbS , CdS , Sb_2S_3 , SnS и некоторые другие. Но они переводятся в раствор конц. азотной кислотой при кипячении (Sb_2S_3 и HgS растворяются тяжелее всего, причем последний гораздо

быстрее растворится в царской водке):
 $\text{CuS} + 8\text{HNO}_3 = \text{CuSO}_4 + 8\text{NO}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

Также сульфид-анион можно выявить, приливая раствор сульфида к бромной воде:
 $\text{S}^{2-} + \text{Br}_2 = \text{S}\downarrow + 2\text{Br}^-$

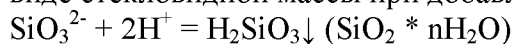
Образующаяся сера выпадает в осадок.

2.1.2. Качественная реакция на сульфат-анион SO_4^{2-} . Сульфат-анион обычно осаждают катионом свинца, либо бария:



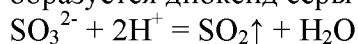
Осадок сульфата свинца белого цвета.

2.1.3. Качественная реакция на силикат-анион SiO_3^{2-} . Силикат-анион легко осаждается из раствора в виде стекловидной массы при добавлении сильных кислот:

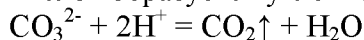


2.1.4. Качественные реакции на хлорид-анион Cl^- , бромид-анион Br^- , иодид-анион I^- смотрите в пункте «качественные реакции на катион серебра Ag^+ ».

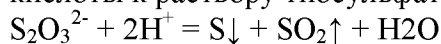
2.1.5. Качественная реакция на сульфит-анион SO_3^{2-} . При добавлении к раствору сильных кислот образуется диоксид серы SO_2 — газ с резким запахом (запах зажженной спички):



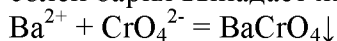
2.1.6. Качественная реакция на карбонат-анион CO_3^{2-} . При добавлении к раствору карбоната сильных кислот образуется углекислый газ CO_2 , гасящий горящую лучинку:



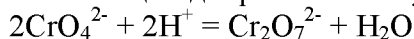
2.1.7. Качественная реакция на тиосульфат-анион $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$. При добавлении раствора серной или соляной кислоты к раствору тиосульфата образуется диоксид серы SO_2 и выпадает в осадок элементарная сера S:



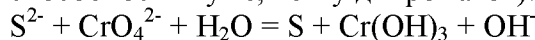
2.1.8. Качественная реакция на хромат-анион CrO_4^{2-} . При добавлении к раствору хромата раствора солей бария выпадает желтый осадок хромата бария BaCrO_4 , разлагающегося в сильноокислой среде:



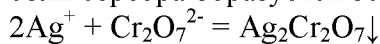
Растворы хроматов окрашены в желтый цвет. При подкислении раствора цвет изменится на оранжевый, отвечающий дихромат-аниону $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$:



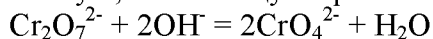
Кроме того хроматы являются окислителями в щелочной и нейтральной средах (окислительные способности хуже, чем у дихроматов):



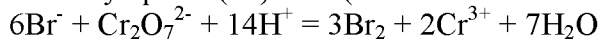
2.1.9. Качественная реакция на дихромат-анион $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. При добавлении к раствору дихромата раствора соли серебра образуется осадок оранжевого цвета $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$:



Растворы дихроматов окрашены в оранжевый цвет. При подщелачивании раствора окраска изменяется на желтую, отвечающую хромат-аниону CrO_4^{2-} :

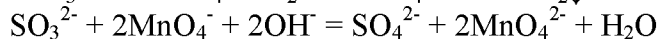
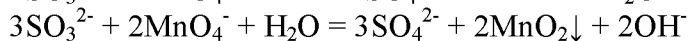
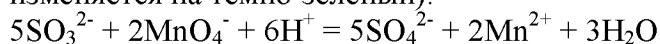


Кроме того, дихроматы — сильные окислители в кислой среде. При внесении в подкисленный раствор дихромата какого-либо восстановителя окраска раствора изменится с оранжевого на зеленый, отвечающей катиону хрома (III) Cr^{3+} (в качестве восстановителя бромид-анион):

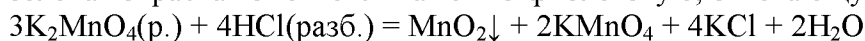


Эффектная качественная реакция на шестивалентный хром — темно-синее окрашивание раствора при добавлении конц. перекиси водорода в эфире. Образуется пероксид хрома состава CrO_5 .

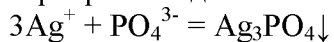
2.2.0. Качественная реакция на перманганат-анион MnO_4^- . Перманганат-анион «выдает» темно-фиолетовая окраска раствора. Кроме того, перманганаты — сильнейшие окислители, в кислой среде восстанавливаются до Mn^{2+} (фиолетовая окраска исчезает), в нейтральной — до Mn^{+4} (окраска исчезает, выпадает бурый осадок диоксида марганца MnO_2) и в щелочной — до MnO_4^{2-} (окраска раствора изменяется на темно-зеленый):



2.2.1. Качественная реакция на мanganат-анион MnO_4^{2-} . При подкислении раствора мanganата темно-зеленая окраска изменяется на темно-фиолетовую, отвечающую перманганат-аниону MnO_4^- :

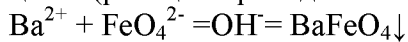


2.2.2. Качественная реакция на фосфат-анион PO_4^{3-} . При добавлении к раствору фосфата раствора соли серебра выпадает желтоватый осадок фосфата серебра (I) Ag_3PO_4 :

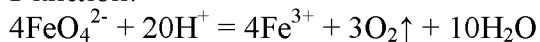


Аналогична реакция и к дигидрофосфат-аниону $H_2PO_4^-$.

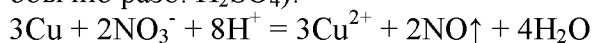
2.2.3. Качественная реакция на феррат-анион FeO_4^{2-} . Осаждение из раствора феррата бария красного цвета (реакция проводится в среде щелочи):



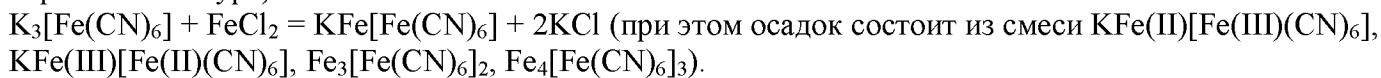
Ферраты — сильнейшие окислители (сильнее перманганатов). Устойчивы в щелочной среде, неустойчивы в кислой:



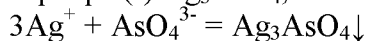
2.2.4. Качественная реакция на нитрат-анион NO_3^- . Нитраты в растворе не проявляют окислительных способностей. Но при подкислении раствора способны окислить, к примеру, медь (раствор подкисляют обычно разб. H_2SO_4):



2.2.5. Качественная реакция на гексацианноферрат (II) и (III) ионы $[Fe(CN)_6]^{4-}$ и $[Fe(CN)_6]^{3-}$. При приливании растворов, содержащих Fe^{2+} , образуется осадок темно-синего цвета (турнбулева синь, берлинская лазурь):



2.2.6. Качественная реакция на арсенат-анион AsO_4^{3-} . Образование нерастворимого в воде арсената серебра (I) Ag_3AsO_4 , имеющего цвет «кофе с молоком»:



Вот основные качественные реакции на анионы. Далее мы рассмотрим качественные реакции на простые и сложные вещества.

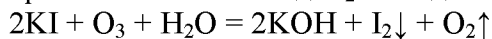
3. Качественные реакции на простые и сложные вещества. Некоторые простые и сложные вещества, как и ионы, обнаруживаются качественными реакциями. Ниже я опишу качественные реакции на некоторые вещества.

3.1.1. Качественная реакция на водород H_2 . Лающий хлопок при поднесении горячей лучинки к источнику водорода.

3.1.2. Качественная реакция на азот N_2 . Тушение горячей лучинки в атмосфере азота. При пропускании в раствор $Ca(OH)_2$ осадок не выпадает.

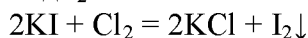
3.1.3. Качественная реакция на кислород O_2 . Яркое загорание тлеющей лучинки в атмосфере кислорода.

3.1.4. Качественная реакция на озон O_3 . Взаимодействие озона с раствором иодидов с выпадением кристаллического иода I_2 в осадок:

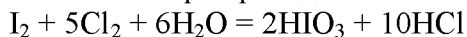


В отличии от озона кислород в данную реакцию **не** вступает. Полагается

3.1.5. Качественная реакция на хлор Cl_2 . Хлор — газ желто-зеленого цвета с очень неприятным запахом. При взаимодействии недостатка хлора с растворами иодидов в осадок выпадает элементарный иод I_2 :

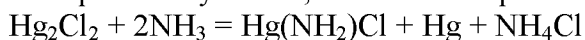


Избыток хлора приведет к окислению образовавшегося иода:



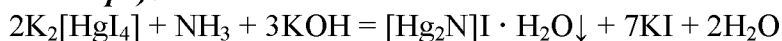
3.1.6. Качественные реакции на аммиак NH_3 . Примечание: данные реакции не дают в школьном курсе. Однако, это самые надежные качественные реакции на аммиак.

Почернение бумажки, смоченной в растворе соли ртути (I) Hg_2^+ :



Бумажка чернеет из-за выделения мелкодисперсной ртути.

Взаимодействие аммиака с щелочным раствором тетраиодомеркурата (II) калия $K_2[HgI_4]$ (**реактив Несслера**):



Комплекс $[Hg_2N]I \cdot H_2O$ бурого цвета (цвет ржавчины) выпадает в осадок.

Две последние реакции являются самыми надежными на аммиак.

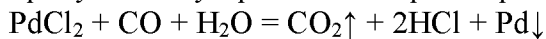
Реакция аммиака с хлороводородом («дым» без огня):



3.1.7. Качественная реакция на фосген (хлорокись углерода, карбонил хлорид) $COCl_2$. Испускание белого «дыма» от бумажки, смоченной в растворе аммиака:

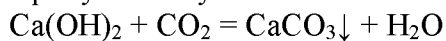


3.1.8. Качественная реакция на угарный газ (монооксид углерода) CO . Помутнение раствора при пропускании угарного газа в раствор хлорида палладия (II):

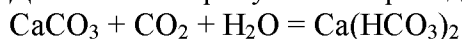


3.1.9. Качественная реакция на углекислый газ (диоксид углерода) CO_2 . Тушение тлеющей лучинки в атмосфере углекислого газа.

Пропускание углекислого газа в раствор гашеной извести $Ca(OH)_2$:



Дальнейшее пропускание приведет к растворению осадка:



3.2.1. Качественная реакция на оксид азота (II) NO . Оксид азота (II) очень чувствителен к кислороду воздуха, потому на воздухе буреет, окисляясь до оксида азота (IV) NO_2 :

