



Качественный анализ неорганических объектов



Основа качественного анализа

Вещество + реагент → характерный признак – **аналитический сигнал:**

- Изменение окраски
- Образование / растворение осадка
- Выделение газа
- Запах



Реагенты:

- Специфические – ан. сигнал с 1 веществом
- Селективные – с 2-3 веществами
- Групповые – с группой веществ

Сероводородная схема анализа катионов

группа	катионы	Групповой реагент	Характеристика взаимодействия
I	K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Mg^{2+}	-	S^{2-} и CO_3^{2-} р-мы в воде
II	Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}	$(NH_4)_2CO_3$	S^{2-} р-мы, CO_3^{2-} нер-мы
III	Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+}	H_2S (pH > 7)	S^{2-} и OH^- р-мы в разб.кислотах, нер-мы в воде
IV	Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} , As^{III} , As^V , Sb^{III} , Sb^V , Sn^{2+} , Sn^{IV}	H_2S (pH 0,5)	S^{2-} нер-мы в разб.кислотах (и в воде)
V	Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}	HCl	S^{2-} и Cl^- нер-мы в воде и разб.кислотах

Аммиачно-фосфатная схема анализа катионов

группа	катионы	Групповой реагент	Характеристика взаимодействия
I	K^+ , Na^+ , NH_4^+	-	PO_4^{3-} р-мы в воде
II	Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , <i>Fe^{3+}, Cr^{3+}, Al^{3+}, Bi^{3+}</i>	$(NH_4)_2HPO_4$, NH_3	PO_4^{3-} нер-мы в воде и NH_3 , р-мы в CH_3COOH . <i>PO_4^{3-} нер-мы в CH_3COOH, р-мы в HCl</i>
III	Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}	NH_3	PO_4^{3-} р-мы в NH_3 (в воде нер-мы)
IV	As^{III} , As^V , Sb^{III} , Sb^V , Sn^{2+} , Sn^{IV}	HNO_3	кислоты нер-мы в воде
V	Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}	HCl	Cl^- нер-мы в воде и разб.кислотах

Кислотно-щелочная схема анализа катионов

группа	катионы	Групповой реагент	Характеристика взаимодействия
I	K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Li^+	-	Cl^- , SO_4^{2-} , OH^- р-мы в воде
II	Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}	H_2SO_4	SO_4^{2-} нер-мы в воде и разб.кислотах
III	Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}	HCl	Cl^- нер-мы в воде и разб.кислотах (и SO_4^{2-})
IV	Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Sn^{IV}	$NaOH$	OH^- р-мы в изб. щелочи
V	Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Bi^{3+} , Sb^{III} , Sb^V	NH_3	OH^- нер-мы в изб. NH_3 (и щелочи)
VI	Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Mg^{2+}	NH_3	OH^- р-мы в изб. NH_3 (но не р-мы в щелочи)

Схема анализа анионов

группа	анионы	Групповой реагент	Характеристика взаимодействия
I	SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, F^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, MnO_4^-	BaCl_2	Соли Ba^{2+} нер-мы в воде, соли Ag^+ р-мы в кислотах
II	SCN^- , CN^- , S^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- , IO_3^- , BrO_3^- , ClO^-	AgNO_3	Соли Ag^+ нер-мы в воде и разб. кислотах, соли Ba^{2+} р-мы в воде
III	NO_3^- , NO_2^- , ClO_3^- , CH_3COO^-	HCl	Соли Ba^{2+} и Ag^+ р-мы в воде

Анализ раствора

1. Цвет

группа	катионы
IV	Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Sn^{IV}
V	Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Bi^{3+} , Sb^{III} , Sb^{V}
VI	Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Mg^{2+}

группа	анионы
I	SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, F^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, MnO_4^-

2. pH



pH > 7 ⇒ основание или:

pH < 7 ⇒ кислота или:

гр.	анионы
I	SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, F^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, MnO_4^-
II	SCN^- , CN^- , S^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- , IO_3^- , BrO_3^- , ClO^-
III	NO_3^- , NO_2^- , ClO_3^- , CH_3COO^-

гр.	катионы
I	K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Li^+
II	Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}
III	Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}
IV	Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Sn^{IV}
V	Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Bi^{3+} , Sb^{III} , Sb^{V}
VI	Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Mg^{2+}

3. Проба на Ох/Red

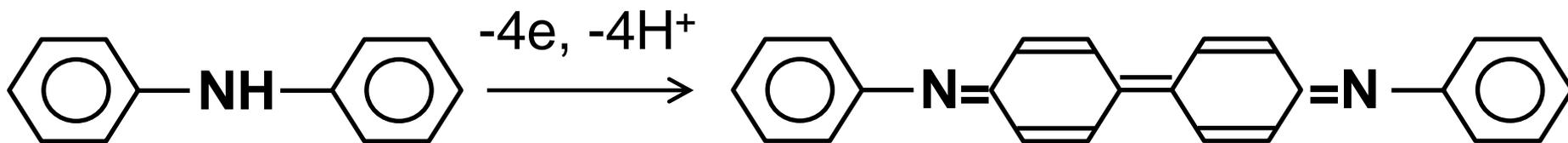
• Пробы на окислитель

1) + 2M H₂SO₄ + KI (с добавкой орг. р-ля / крахмала) → I₂
(розово-фиол. окраска орг. слоя / синяя окраска)

Дают пробу: Fe³⁺, NO₂⁻, Cr₂O₇²⁻, CrO₄²⁻, MnO₄⁻...

2) + дифениламин → дифенилбензидин (сине-фиолетовая окраска)

Дают пробу: все выше + NO₃⁻



• Пробы на восстановитель

1) + 2M H₂SO₄ + KMnO₄ → Mn²⁺ (обесцвечивание)

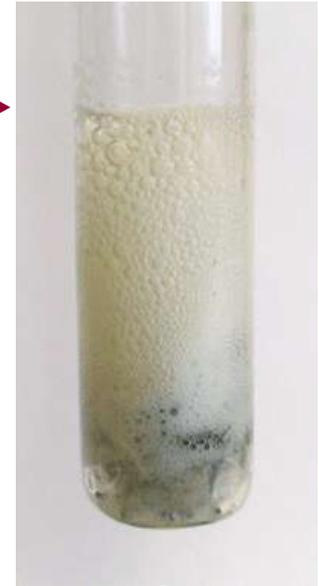
Дают пробу: Fe²⁺, C₂O₄²⁻, SO₃²⁻, S₂O₃²⁻, S²⁻, I⁻...

2) + 2M NaOH + KMnO₄, t° → MnO₂ (буреет)

4. Разложение неустойчивых КОМПОНЕНТОВ

+ 2M H₂SO₄, t°

- CO₃²⁻ → CO₂↑ → помутнение Ca(OH)₂
- SO₃²⁻ → SO₂↑ → помутнение Ca(OH)₂, обесцвечивание KMnO₄, H⁺, запах
- S²⁻ → H₂S↑ → черный↓ с Pb(NO₃)₂, обесцвечивание KMnO₄, H⁺, запах
- NO₂⁻ → HNO₂ → H₂O + NO↑ + NO₂↑ бурый газ с запахом
- CH₃COO⁻ → CH₃COOH↑ запах уксуса
- NH₄⁺ → NH₃↑ → изменение окраски лакмуса и фенолфталеина, запах



5. Окрашивание пламени



Li^+	Карминово-красный
Na^+	Желтый
K^+	Бледно-фиолетовый
Ca^{2+}	Кирпично-красный
Sr^{2+}	Алый
Ba^{2+}	Желто-зеленый
Cu^{2+}	Зеленый



6. Групповой анализ

Катионы:

- + HCl → III группа ↓. Отделяем.
- + H₂SO₄ → II группа ↓. Отделяем.
- + NaOH по каплям → IV, V, VI группа ↓. В растворе – I группа.

К осадку:

- + NaOH изб. → в растворе – IV группа.
- + NH₃ изб. + NH₄Cl → в растворе – VI группа.
V группа ↓.

Анионы:

- + Ba²⁺ → I группа ↓. Отделяем.
- + Ag⁺ → II группа ↓. Отделяем. В растворе – III группа.

7. Дробный анализ внутри групп

I группа катионов: K^+ , Na^+ , (NH_4^+) , Li^+

- Окрашивание пламени

II группа катионов: Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}

- $2Ba^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H_2O = 2BaCrO_4\downarrow + 2H^+$
(желтый \downarrow)
- Окрашивание пламени

III группа катионов: Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}

- $2Pb^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H_2O = 2PbCrO_4\downarrow + 2H^+$
(желтый \downarrow)
- $2Ag^+ + 2OH^- = Ag_2O\downarrow + H_2O$ (черный \downarrow)

IV группа катионов: Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Sn^{IV}

- Cr^{3+} фиолетовый или зеленый,
- $\text{Cr}^{3+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow$ серо-зеленый,
- $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{OH}^- \text{ изб.} \rightarrow [\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$, $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$
изумрудный
- $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \text{ изб.} \rightarrow [\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$
фиолетовый
- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \text{ изб.} \neq$
- $\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3 \text{ изб.} \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$



V группа катионов: Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Bi^{3+} , Sb^{III} , Sb^{V}

- Fe^{2+} бледно-зеленоватый (почти б/ц)
- $\text{Fe}^{2+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ зеленоватый, буреет
- $\text{Fe}^{2+} + \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ синий
- Fe^{3+} желтый, оранжевый, бурый
- $\text{Fe}^{3+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow$ бурый, ржавый
- $\text{Fe}^{3+} + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ синий
- $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow [\text{Fe}(\text{SCN})_3]$ красный
- Mn^{2+} бледно-розовый (почти б/ц)
- $\text{Mn}^{2+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \downarrow$ белый, буреет



VI группа катионов: Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Mg^{2+}

- Cu^{2+} голубой, $+ \text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$ голубой
- $\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ синий
- $\text{Cu}^{2+} + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ бурый
- Ni^{2+} зеленый, $+ \text{OH}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2 \downarrow$ салатовый
- $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ синий
- Co^{2+} розовый, $+ \text{OH}^- \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_2 \downarrow$ розовый (синий)
- $\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ оранжевый
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{Mg}^{2+}$ растворение
- $\text{Mg}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \downarrow$ б/ц



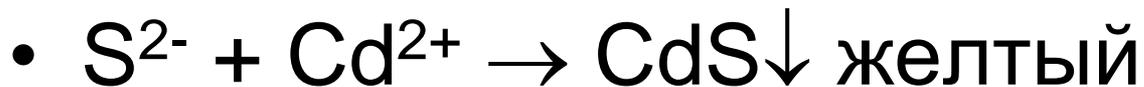
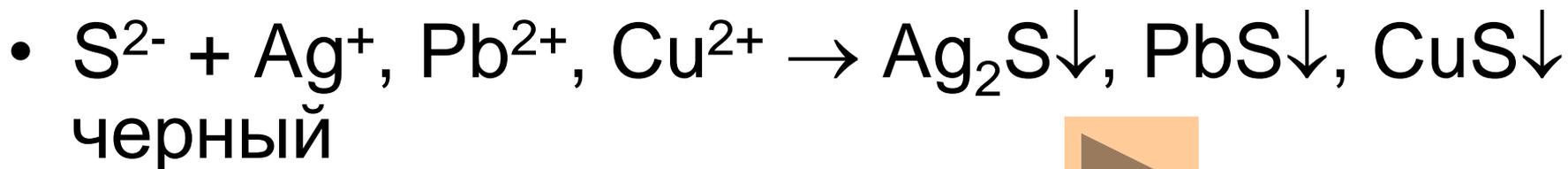
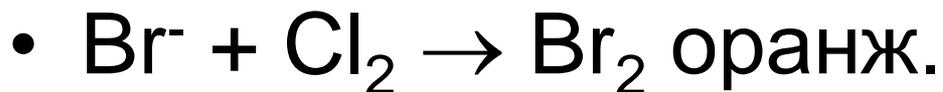
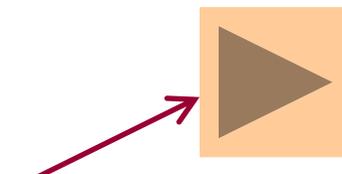
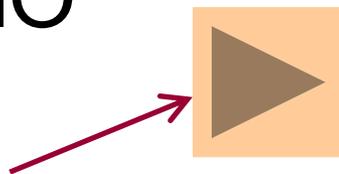
I группа анионов: SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, F^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, MnO_4^-



- BaSO_4 нер-м в кислотах
- $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_2 \uparrow$ восст., кисл. св-ва
- $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_2 \uparrow + \text{S} \downarrow$ муть
- $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow$ не восст., кисл. св-ва слабые
- $\text{SiO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow$ б/ц гель
- $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3 \downarrow$ белый $\rightarrow \text{Ag}_2\text{S}$ черный
- $\text{PO}_4^{3-} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$ желтый
- CrO_4^{2-} желтый, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ оранжевый, MnO_4^- малиновый, ок. св-ва



II группа анионов: SCN^- , CN^- , S^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- , IO_3^- , BrO_3^- , ClO^-



	Cl^-	Br^-	I^-
Ag^+	бел	бл-ж	ж
Pb^{2+}	(бел)	бел	ярко-ж

III группа анионов: NO_3^- , NO_2^- , ClO_3^- , CH_3COO^-

- NO_3^- + дифениламин \rightarrow синий
- $\text{NO}_2^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{NO}\uparrow + \text{NO}_2\uparrow$ бурый газ \rightarrow
- NO_2^- – проба на окислитель
- $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}_3(\text{OH})_2(\text{CH}_3\text{COO})_6^+$
красно-бурый « $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ »
- $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}\uparrow$ запах



Анализ твердого вещества или смеси

- Цвет
- Проба на неустойчивые компоненты
- + H_2O (см. табл. р-мости) → анализ р-ра
- Остаток + CH_3COOH → анализ р-ра (кроме рН)
- Остаток + HCl → анализ р-ра (кроме рН)
- Остаток + NaOH → проверка на Pb^{2+} и анионы
- Остаток + NH_3 → проверка на Ag^+ и анионы
- Остаток – BaSO_4

Различение газов

- Окрашенные газы

Cl_2

желто-зеленый, резкий запах, отбеливатель, окислитель, + $\text{KI} \rightarrow \text{I}_2$ коричневое или, в присутствии крахмала, синее окрашивание, в водном растворе дает смесь двух кислот: сильной HCl и слабой HClO

F_2

светло-желтый, резкий запах, сильнейший окислитель

NO_2

бурый, резкий запах, в водном растворе дает смесь двух кислот: сильной HNO_3 и слабой HNO_2

O_3

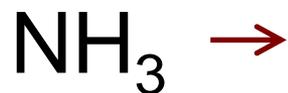
светло-синий при высокой конц-ии, характерный запах, образуется из O_2 в эл. разряде или при УФ-облучении

Газы, изменяющие окраску индикаторов

Кислая реакция по лакмусу
(рН перехода 4,0-6,4):



Щелочная реакция по фенолфталеину
(рН перехода 8,2-10):



Окислительно-восстановительные свойства газов

- Газы – окислители (+ KI)



- Газы – восстановители (+ KMnO_4 , H^+)



- $\text{HBr} \rightarrow \text{Br}_2$ оранжевый
- $\text{HI} \rightarrow \text{I}_2$ бурый
- $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{HSO}_4$ белый дым



Бесцветные газы

CO	ядовит, горит голубым пламенем, восстановитель
CO ₂	+ Ca(OH) ₂ → белый CaCO ₃ ↓, растворяющийся при дальнейшем пропускании газа → Ca(HCO ₃) ₂ , в водном растворе – очень слабая кислота
H ₂	самый легкий газ, восстановитель, смесь с воздухом взрывоопасна
HCl	дымит во влажном воздухе, в водном растворе – сильная кислота
HF	растворяет стекло и SiO ₂ , в водном растворе – слабая кислота
H ₂ S	ядовит, «запах тухлых яиц», горит голубым пламенем, восстановитель (обесцвечивание бромной воды или KMnO ₄), + Pb ²⁺ , Cu ²⁺ → черные PbS↓, CuS↓

Бесцветные газы

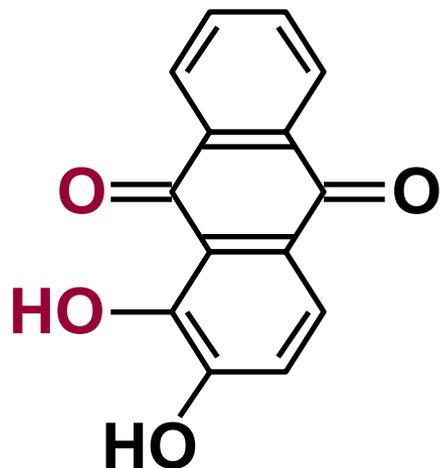
N_2	малоактивный, основной компонент атмосферы
NH_3	резкий запах, с HCl образует дым NH_4Cl , в водном растворе – слабое основание
NO	в присутствии O_2 превращается в бурый газ NO_2
N_2O	веселящий газ, применяется для наркоза
O_2	окислитель, в нем вспыхивает тлеющая лучина
PH_3	ядовит, чесночный запах
SO_2	резкий запах, отбеливатель, характерны как окислительные, так и восстановительные свойства, в водном растворе – слабая кислота
Si_nH_{2n+2}	ядовиты, самовоспламеняются на воздухе

Органические реагенты в качественном анализе

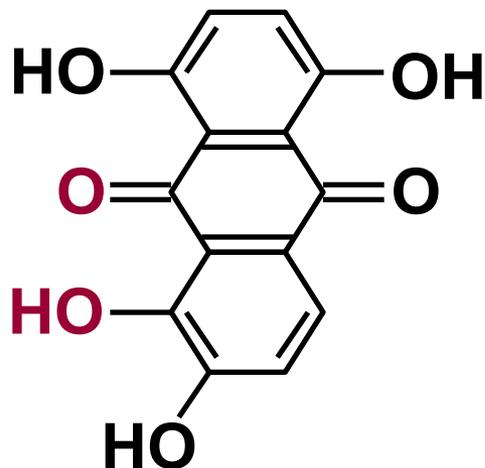
- Al^{3+} + ализарин ($\text{CH}_3\text{COONa}_{\text{ТВ}}$, t) → красный ↓
- Ni^{2+} + диметилглиоксим → красный ↓
- Mg^{2+} + хинализарин (фиол., в 30% NaOH) → синий цвет
- Zn^{2+} + дитизон → красный цвет
- NO_3^- + дифениламин → синий цвет



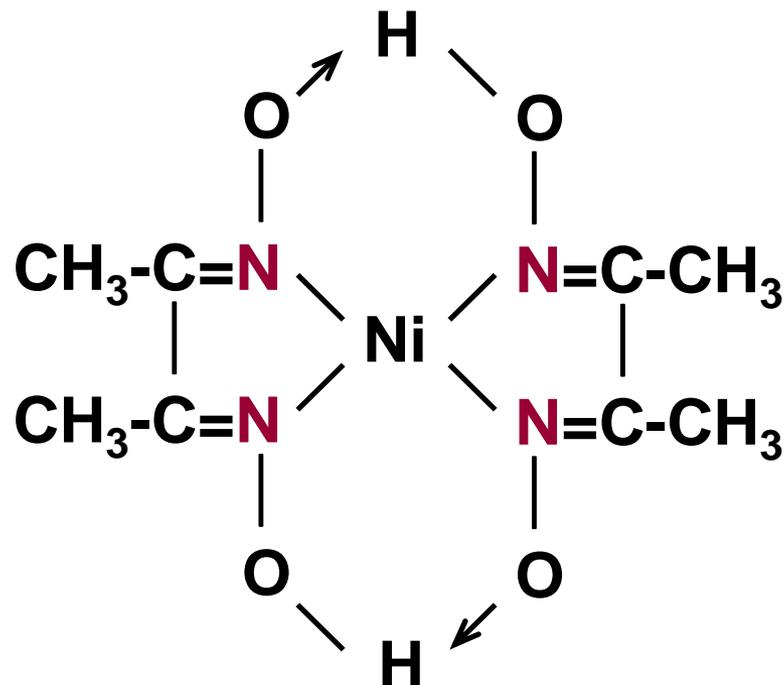
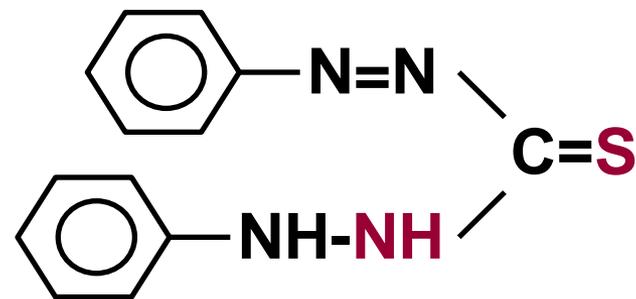
ализарин



хинализарин



дитизон



диметилглиоксим

Индикаторы



	Кислая среда	Нейтральная среда	Основная среда
Лакмус		pH 4,0-6,4	
Метилоранж	pH 3,1- 4,0		
Фенолфталеин		pH 8,2-10,0	

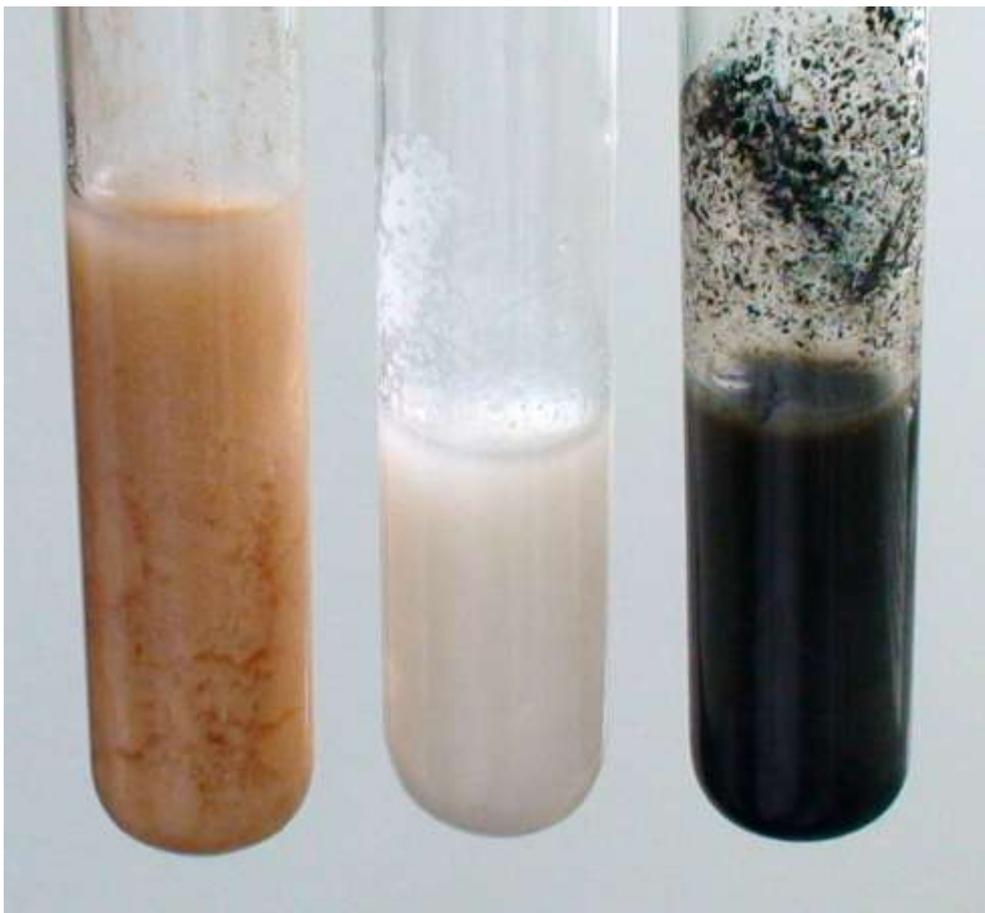


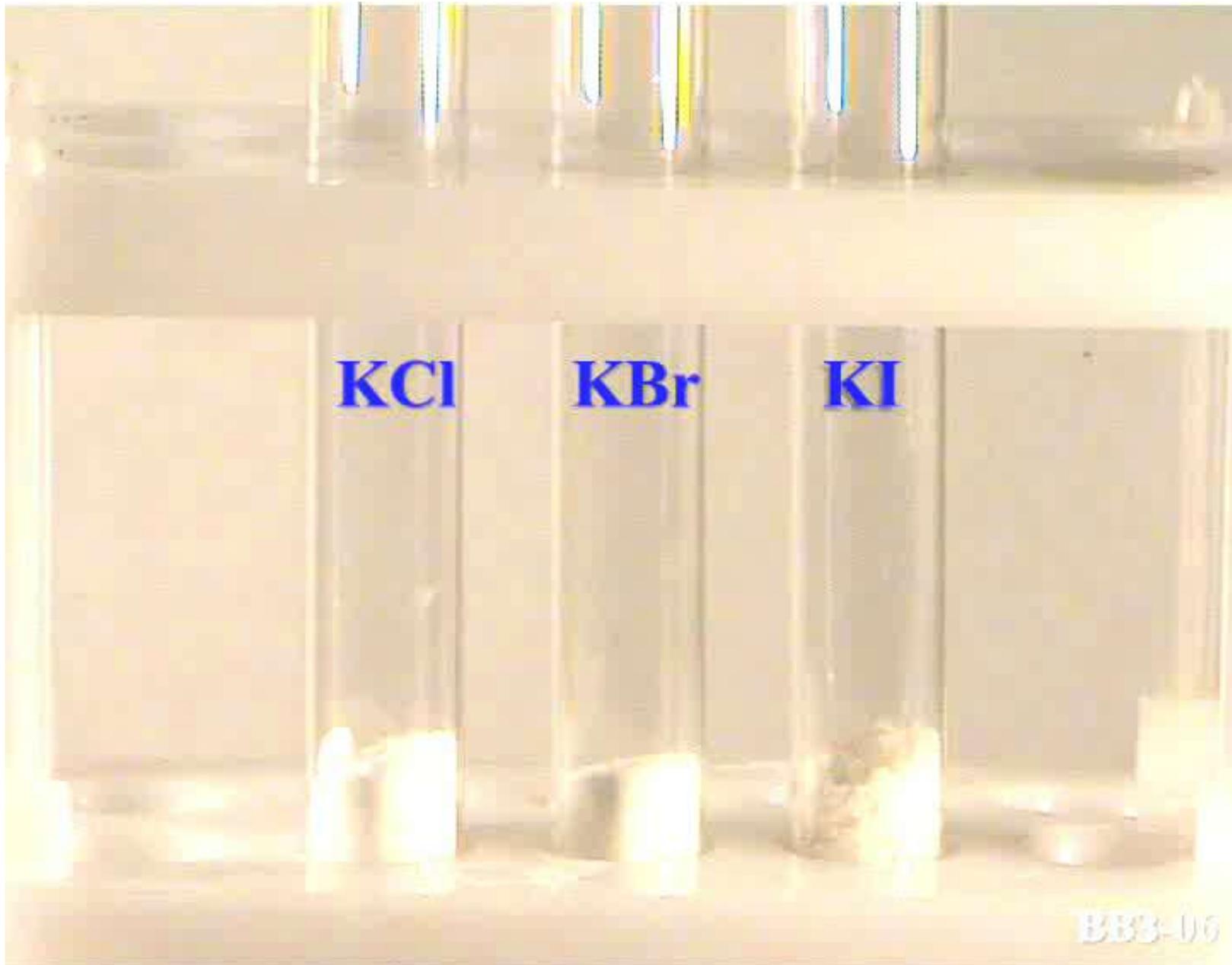
Сульфиды



MnS, ZnS, FeS,

CdS



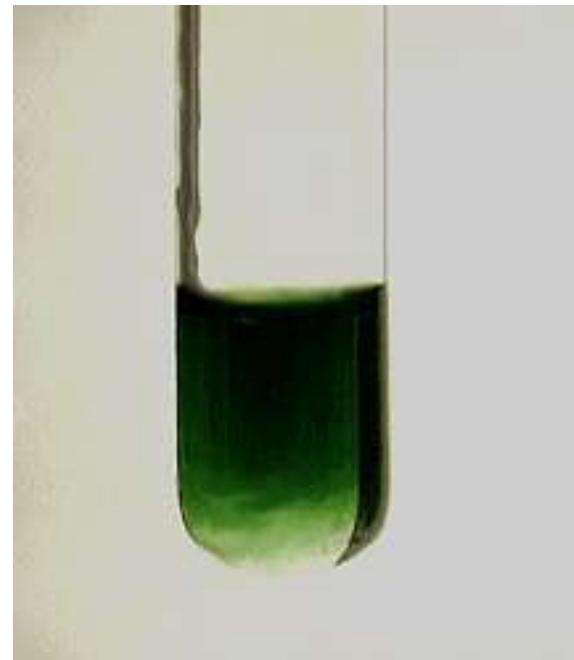


B183-06

Cr⁺³

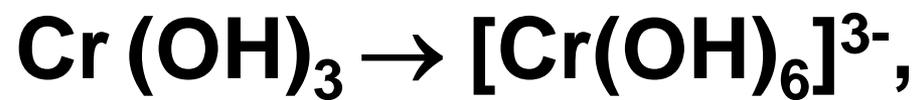


**Cr₂(SO₄)₃,
KCr(SO₄)₂**



**Соли Cr³⁺
в растворе**





Соединения катионов V группы



Соединения железа



**$\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$,
 $[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$**

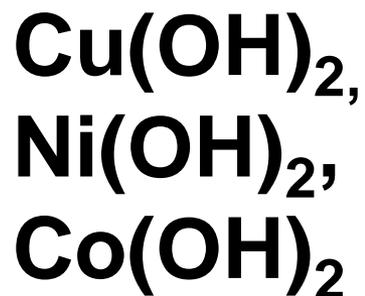
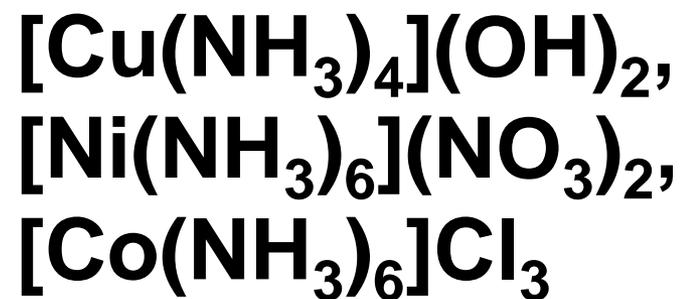


Соли катионов VI группы

CuSO_4 , $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, CoCl_2

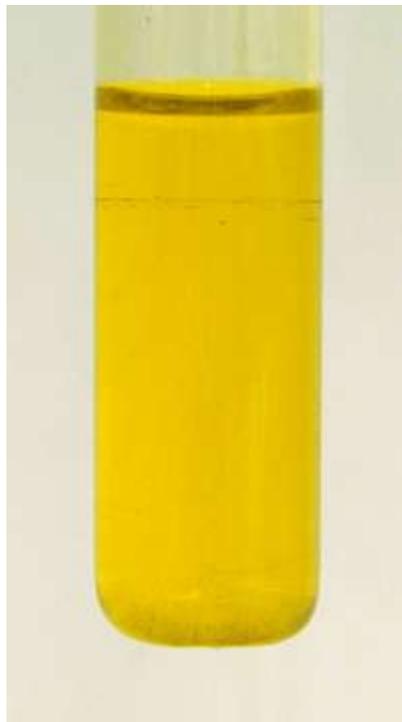


Гидроксиды и аммиачные комплексы катионов VI группы



Соли окрашенных анионов

K_2CrO_4 , $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$



Галогениды серебра и свинца



AgCl, AgBr, AgI



PbCl₂, PbBr₂, PbI₂



