

## ХАРАКТЕРНЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ И АНИОНЫ

Катионы	Реактив, уравнение реакции, признаки присутствия данного катиона, открываемый минимум (чувствительность реакции)
Калий  $K^+$	<p>В нейтральной или уксуснокислой среде:</p> <p>1) Кобальтинитрит натрия <math>Na_3[Co(NO_2)_6]</math> образует желтый кристаллический осадок:  <math>2K^+ + Na^+ + [Co(NO_2)_6]^{3-} \rightarrow K_2Na[Co(NO_2)_6]</math>                      Микрорископическая реакция с <math>Na_2Pb[Cu(NO_2)_6]</math> – образуются черные кристаллы кубической формы (открываемый минимум - 0,15 мкг <math>K^+</math>; предельное разбавление <math>1:7,5 \cdot 10^4</math>).</p> <p>2) Окрашивает пламя в фиолетовый цвет.</p>
Натрий  $Na^+$	<p>1) Микрорископическая реакция с цинкуранилацетатом <math>Zn(UO_2)_3(C_2H_3O_2)_8</math> – образуется зеленовато-желтый кристаллический осадок, имеющий форму тетраэдров или октаэдров; открываемый минимум - 12,5 мкг <math>Na^+</math>; предельное разбавление <math>1:5 \cdot 10^3</math>  <math>Na^+ + Zn(UO_2)_3(C_2H_3O_2)_8 + CH_3COO^- + 9H_2O \rightarrow NaZn(UO_2)_3(C_2H_3O_2)_9 \cdot 9H_2O</math></p> <p>2) <b>Окрашивание пламени – желтое</b></p>
Аммоний  $NH_4^+$	<p>1) При действии щелочей при нагревании выделяется аммиак, который обнаруживают по характерному запаху, по посинению влажной лакмусовой бумаги или по почернению фильтровальной бумаги, смоченной раствором соли ртути (I). Чувствительность реакции - 0,05 мкг; предельное разбавление <math>1:10^6</math>.  <math>NH_4Cl + NaOH \rightarrow NaCl + NH_3 + H_2O</math>  <math>(NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O)</math></p> <p>2) Реактив Несслера <math>K_2[HgI_4]</math> в щелочной среде образует оранжево-коричневый осадок; чувствительность реакции - 0,25 мкг иона аммония; предельное разбавление <math>1:2 \cdot 10^7</math></p>
Магний  $Mg^{2+}$	<p>1) Магnezон–I (или Магnezон–II) в отсутствие <math>NH_4^+</math> дают синее окрашивание; открываемый минимум - 0,9 мкг (или 0,2 мкг соответственно).</p> <p>2) Оксихинолин (при pH = 10 – 12) дает зеленовато-желтый кристаллический осадок (чувствительность реакции - 0,1 мкг иона магния)</p> <p>3) Карбонаты щелочных металлов дают белый осадок карбоната магния, легко растворимый в кислотах:  <math>Mg^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow MgCO_3</math></p>
Кальций  $Ca^{2+}$	<p>1) Окрашивает пламя в кирпично-красный цвет.</p> <p>2) Щавелевокислый аммоний (оксалат аммония) в уксуснокислом растворе образует белый кристаллический осадок (в отсутствие <math>Ba^{2+}</math> и <math>Sr^{2+}</math>); чувствительность - 1 мкг <math>Ca^{2+}</math>  <math>CaCl_2 + (NH_4)_2C_2O_4 \rightarrow 2NH_4Cl + CaC_2O_4</math>  <math>(Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} \rightarrow CaC_2O_4)</math></p> <p>3) Микрорископическая реакция с <math>H_2SO_4</math>: характерная форма кристаллов в виде длинных игл или пластинок (чувствительность - 0,1 мкг <math>Ca^{2+}</math>)</p>
Барий  $Ba^{2+}$	<p>1) В уксуснокислой среде хромат калия <math>K_2CrO_4</math> или <math>K_2Cr_2O_7 + CH_3COONa</math> дают ярко-желтый осадок хромата бария.</p> <p>2) Серная кислота и ее соли образуют белый кристаллический осадок сульфата бария, нерастворимого в кислотах и щелочах:  <math>Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4</math>                      (Открываемый минимум - 0,4 мкг; предельное разбавление <math>1:1,25 \cdot 10^5</math>).</p> <p>Гипсовая вода (насыщенный раствор <math>CaSO_4</math>) с <math>Ba^{2+}</math> на холоде вызывает медленное образование осадка (тогда как для ее взаимодействия с ионами <math>Sr^{2+}</math> требуется нагревание).</p>

Катионы	Реактив, уравнение реакции, признаки присутствия данного катиона, открываемый минимум (чувствительность реакции)
	3) Окрашивает пламя в желто-зеленый цвет.
Алюминий  $Al^{3+}$	<p>1) Гидроксиды щелочных металлов образуют белый студенистый осадок <math>Al(OH)_3</math>, растворимый в кислотах с образованием соли соответствующей кислоты; он также растворим в растворах щелочей с образованием комплексных ионов <math>[Al(OH)_4]^-</math>:  <math>Al^{3+} + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3</math>      <math>Al(OH)_3 + OH^- \rightarrow [Al(OH)_4]^-</math>  (Гидроксид алюминия проявляет амфотерные свойства)  В отличие от гидроксида цинка, <math>Al(OH)_3</math> не растворяется в <math>NH_4OH</math>.</p> <p>2) Прокаливание гидроксида алюминия с солью кобальта дает синее окрашивание (“тенарову синь” - <math>Co(AlO_2)_2</math>).</p> <p>3) Оксихинолин дает желтый осадок; Ализарин красный S, Хинализарин или Алюминон - красные осадки.</p>
Хром  $Cr^{3+}$	<p>1) Окислители (например, перманганат калия, пероксид водорода, бромная вода) превращают зеленые или фиолетовые соединения хрома (III) в соединения хрома (VI)- хроматы <math>CrO_4^{2-}</math> (желтого цвета) в щелочной среде или дихроматы <math>Cr_2O_7^{2-}</math> (оранжевого цвета) в кислой среде.</p> <p>2) Гидроксиды щелочных металлов образуют серо-голубой осадок <math>Cr(OH)_3</math>, проявляющий амфотерные свойства - растворяется в растворах кислот и в избытке щелочей и <math>NH_4OH</math>.</p>
Железо  $Fe^{3+}$	<p>1) Гексацианоферрат (II) калия <math>K_4[Fe(CN)_6]</math> (желтая кровавая соль) образует темно-синий осадок берлинской лазури; чувствительность реакции 0,05 мкг <math>Fe^{3+}</math>, предельное разбавление 1:10<sup>6</sup>:  <math>4K_4[Fe(CN)_6] + 4Fe^{3+} \rightarrow 12K^+ + 4KFe^{III}[Fe^{II}(CN)_6]</math> (а)</p> <p>2) Гидроксиды щелочных металлов и <math>NH_4OH</math> образуют гидроксид железа (III) красно-бурого цвета, растворимый в кислотах и нерастворимый в избытке щелочей (отличие от гидроксидов алюминия и хрома). Открываемый минимум - 10 мкг железа; предельное разбавление 1:1,6·10<sup>5</sup>.  <math>Fe^{3+} + 3OH^- \rightarrow Fe(OH)_3</math></p> <p>3) Роданид калия или аммония вызывает кроваво-красное окрашивание раствора  <math>FeCl_3 + 3NH_4SCN \leftrightarrow 3NH_4Cl + Fe(SCN)_3</math>  Открываемый минимум - 0,25 мкг, предельное разбавление – 1:2·10<sup>5</sup></p>
Железо  $Fe^{2+}$	<p>1) Гексацианоферрат (III) калия <math>K_3[Fe(CN)_6]</math> (красная кровавая соль) образует темно-синий осадок турнбулевой сини; чувствительность реакции 0,1 мкг железа, предельное разбавление 1:5·10<sup>7</sup>  <math>3K_3[Fe(CN)_6] + 3Fe^{2+} \rightarrow 3KFe^{II}[Fe^{III}(CN)_6] + 6K^+</math> (б)</p> <p>Недавно было установлено, что берлинская лазурь и турнбулева синь - это одно и то же вещество, т.к. комплексы, образующиеся в реакциях (а) и (б) находятся между собой в равновесии:  <math>KFe^{III}[Fe^{II}(CN)_6] \leftrightarrow KFe^{II}[Fe^{III}(CN)_6]</math>  (В разделе “Железо и его соединения” упомянутые выше реакции (а) и (б) приведены в традиционной старой записи).</p>
Цинк  $Zn^{2+}$	<p>1) Гидроксиды щелочных металлов образуют белый амфотерный осадок <math>Zn(OH)_2</math>, который растворим в <math>NH_4OH</math> с образованием комплексных соединений:  <math>Zn^{2+} + 2OH^- \rightarrow Zn(OH)_2</math>      <math>Zn(OH)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Zn(NH_3)_4](OH)_2</math>  При прокаливании гидроксида цинка с соединениями кобальта образуется окрашенная в зеленый цвет масса - “ринманова зелень”, представляющая собой цинкат кобальта <math>CoZnO_2</math>.</p> <p>2) <math>H_2S</math> при pH = 2,2 дает белый осадок <math>ZnS</math></p>

Катионы	Реактив, уравнение реакции, признаки присутствия данного катиона, открываемый минимум (чувствительность реакции)
Никель $Ni^{2+}$	1) Гидроксид натрия образует бледно-зеленый студенистый осадок $Ni(OH)_2$ ; открываемый минимум - 300 мкг никеля, предельное разбавление $1:3 \cdot 10^5$ . Осадок растворим в кислотах и в $NH_4OH$ и нерастворим в избытке щелочи. 2) Сероводород не осаждает $NiS$ из сильноокислых растворов; черный осадок сульфида никеля образуется только при pH 4 – 5. 3) Диметилглиоксим (реактив Чугаева) образует красно-фиолетовый осадок; открываемый минимум - 0,5 мкг никеля, предельное разбавление $1:1 \cdot 10^6$ .
Серебро $Ag^+$	1) Соляная кислота дает белый творожистый осадок, растворимый в аммиаке, при подкислении $HNO_3$ аммиачного раствора снова выпадает белый осадок; чувствительность реакции - 0,01 мкг $Ag^+$ , предельное разбавление $1:10^5$ . $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$ $AgCl + 2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^- + 2H_2O$ $[Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^- + 2H^+ \rightarrow AgCl + 2NH_4^+$ 2) Сероводород осаждает черный сульфид серебра; открываемый минимум - 1 мкг серебра, предельное разбавление $1:5 \cdot 10^6$ .
Медь $Cu^{2+}$	1) Растворы солей $Cu^{2+}$ окрашены в голубой цвет; $Cu^{2+}$ окрашивает пламя в зеленый цвет. 2) Сероводород образует черный осадок сульфида меди $CuS$ ; открываемый минимум - 1 мкг меди, предельное разбавление $1:5 \cdot 10^6$ . Осадок нерастворим в соляной и серной кислотах, но растворяется в горячей конц. $HNO_3$ . 3) Гидроксиды щелочных металлов осаждают голубой осадок $Cu(OH)_2$ , который при нагревании дегидратируется и превращается в черный осадок оксида меди $CuO$ : $Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2$ $Cu(OH)_2 \rightarrow CuO + H_2O$ Открываемый минимум - 80 мкг меди, предельное разбавление $1:5 \cdot 10^4$ . Гидроксид меди растворяется в концентрированных растворах аммиака, образуя аммиакат меди интенсивно синего цвета (реактив Швейцера; растворяет целлюлозу): $Cu(OH)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^-$

Анион	Реактив, уравнение реакции, признаки присутствия данного аниона, открываемый минимум (чувствительность реакции)
$F^-$	1) $AgNO_3$ не образует осадка, т.к. фторид серебра растворим в воде (в отличие от других галогенидов серебра). 2) Хлорид кальция дает белый осадок фторида кальция.
$Cl^-$	1) В азотнокислой среде $AgNO_3$ дает белый осадок, растворимый в $NH_4OH$ . Открываемый минимум - 1 мкг $Cl^-$ , предельное разбавление $1:10^5$ .
$Br^-$	1) В азотнокислой среде $AgNO_3$ образует светло-желтый осадок. Чувствительность реакции - 20 мкг $Br^-$ , предельное разбавление $1:2 \cdot 10^5$ . 2) Хлорная вода окисляет бромид-анион до свободного брома, который окрашивает органический растворитель в соломенно-желтый цвет. Фуксин, обесцвеченный гидросульфитом, окрашивается свободным бромом в синий цвет. Чувствительность реакции 50 мкг $Br^-$ . $2Br^- + Cl_2 \rightarrow 2Cl^- + Br_2$
$I^-$	1) Нитрат серебра образует темно-желтый осадок $AgI$ , нерастворимый в растворах $HNO_3$ , и $NH_4OH$ (в отличие от хлоридов и бромидов серебра, растворимых в аммиаке).

Анион	Реактив, уравнение реакции, признаки присутствия данного аниона, открываемый минимум (чувствительность реакции)
	<p>2) Хлорная вода окисляет йодид-анион до йода: <math>2\Gamma + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{Cl}\Gamma</math></p> <p>3) Открываемый минимум - 40 мкг <math>\Gamma</math>; предельное разбавление <math>1:2,5 \cdot 10^4</math> Выделившийся йод можно открыть с помощью крахмала, который окрашивается йодом в синий цвет, или взбалтывая раствор с органическим растворителем, который приобретает красновато-фиолетовую окраску. При прибавлении избытка хлорной воды окраска исчезает, т.к. свободный йод окисляется до бесцветной йодноватой кислоты:  <math>\text{I}_2 + 5\text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{H}^+ + 10\text{Cl}\Gamma</math></p> <p>Другие окислители (перманганат калия, дихромат калия и др.) в кислом растворе также окисляют йодид-анион до йода:  <math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\Gamma + 14\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{I}_2 + 7\text{H}_2\text{O}</math>  <math>2\text{MnO}_4^- + 10\Gamma + 16\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{I}_2 + 8\text{H}_2\text{O}</math></p>
$\text{S}^{2-}$	<p>1) Хлористоводородная и др. кислоты при взаимодействии с сульфидами выделяют сероводород, который имеет запах тухлых яиц:  <math>\text{S}^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{S}</math></p> <p>2) Сульфид-анион с катионами многих тяжелых металлов образует разноцветные осадки: ZnS (белый), CdS (желтый), CuS, PbS, NiS (черный), HgS (красный) и др.</p> <p>3) Нитропруссид натрия в щелочном растворе дает красно-фиолетовое окрашивание.</p>
$\text{SO}_3^{2-}$	<p>1) Йодная вода или раствор перманганата калия обесцвечивается.</p> <p>2) Разбавленные минеральные кислоты выделяют сернистый газ <math>\text{SO}_2</math>, который обесцвечивает раствор <math>\text{KMnO}_4</math> или йода.</p>
$\text{SO}_4^{2-}$	<p>1) Хлорид бария дает белый осадок, нерастворимый в <math>\text{HNO}_3</math>:  <math>\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4</math></p>
$\text{CO}_3^{2-}$	<p>1) Минеральные кислоты разлагают карбонаты (и гидрокарбонаты) с образованием углекислого газа <math>\text{CO}_2</math>, который с известковой водой образует белый осадок:  <math>\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2</math>      <math>\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3</math></p>
$\text{SiO}_3^{2-}$	<p>1) Минеральные кислоты выделяют гель кремниевой кислоты</p>
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	<p>1) При растирании в ступке уксуснокислой соли с гидросульфатом калия появляется характерный запах уксусной кислоты (сильная кислота вытесняет из соли слабую):  <math>\text{CH}_3\text{COOK} + \text{KHSO}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{K}_2\text{SO}_4</math></p> <p>2) Хлорид железа (III) дает на холоде интенсивно-красное окрашивание (вследствие гидролиза до основной соли), при нагревании бурый осадок (образуется конечный продукт гидролиза - гидроксид железа (III)).</p> <p>3) Этиловый спирт (в присутствии конц. <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>) образует сложный эфир, имеющий специфический фруктовый запах.</p>