**Химико-аналитические свойства ионов d-элементов**

**Ионы d-элементов 1В группы**

Реакции обнаружения ионов меди Сu2+

Действие группового реагента H2S. Сероводород образует в подкисленных растворах солей меди черный осадок сульфида меди (II)CuS:

CuSO4 + H2S = CuS + H2SO4,

Cu2+ + H2S = CuS + 2H+.

Действие гидроксида аммония NH4OH. Гидроксид аммония NH4OH, взятый в избытке, образует с солями меди комплексный катион тетраамминмеди (II) интенсивно-синего цвета:

CuSO4 + 4NH4OH = [Cu(NH3)4]SO4 + 4Н2O,

Сu2+ + 4NH4OH = [Cu(NH3)4]+ + 4Н2О.

Реакции обнаружения ионов серебра Ag+

Действие группового реагента НС1. Соляная кислота образует с растворами солей Ag+ практически нерастворимый в воде белый осадок хлорида серебра AgCl:

Ag+ + Cl- = AgCl.

Обнаружение катиона серебра. Соляная кислота и растворы ее солей (т. е. хлорид-ионы Сl-) образуют с растворами солей Ag+ практически нерастворимый в воде белый осадок хлорида серебра AgCl, который хорошо растворяется в избытке раствора NH4OH; при этом образуется растворимая в воде комплексная соль серебра хлорид диамминсеребра. При последующем действии азотной кислоты комплексный ион разрушается и хлорид серебра снова выпадает в осадок (эти свойства солей серебра используются для его обнаружения):

AgNO3 + НСl = AgCl + HNO3,

AgCl + 2NH4OH = [Ag(NH3)2]Cl + 2Н2О,

[Ag(NH3)2]Cl + 2HNO3 = AgCl + 2NH4NO3.

**Ионы d-элементов IIB группы**

Реакции обнаружения ионов цинка Zn

Действие группового реагента (NH4)2S. Сульфид аммония образует с солями цинка белый осадок сульфида цинка ZnS:

ZnCl2 + (NH4)2S = ZnS + 2NH4Cl,

Zn2+ + S2- = ZnS.

Действие гидроксидов щелочных металлов. Растворы гидроксидов щелочных металлов (NaOH, КОН) осаждают из водных растворов солей Zn2+ осадок гидроксида цинка Zn(OH)2 белого цвета, проявляющий амфотерные свойства. В избытке щелочи осадок растворяется с образованием бесцветного раствора комплексной соли тетрагидроксоцинката натрия Na2[Zn(OH)4]:

ZnCl2 + 2NaOH = Zn(OH)2 + 2NaCl,

Zn(OH)2 + 2NaOH = Na2[Zn(OH)4].

**Ионы d-элементов VIB группы**

Реакции обнаружения ионов Сr3+

Действие группового реагента (NH4)2S. Из водного раствора сульфид аммония осаждает катион хрома Сг3+ в виде гидроксида Сг(ОН)3 за счет полного гидролиза сульфида хрома (III):

2СгС13 + 3(NH4)2S + 6Н2O = 2Сг(ОН)3 + 3H2S + 6NH4C1,

2СгЗ+ + 3S2- + 6Н2O = 2Сг(ОН)3 + 3H2S.

Действие гидроксидов щелочных металлов. Гидроксиды щелочных металлов (NaOH, КОН) осаждают из растворов солей Сг3+ сине-зеленого цвета гидроксид хрома Сг(ОН)3 серо-зеленого цвета, обладающий амфотерными свойствами:

СгС13 + 3NaOH = Сг(ОН)3 + 3NaCl.

Избыток NaOH растворяет осадок с образованием изумрудно-зеленого раствора комплексной соли гексагидроксохрома (III) натрия:

Сг(ОН)3 + 3NaOH = Na3[Сг(ОН)6].

Действие пероксида водорода Н2О2 в щелочной среде. Пероксид водорода Н2O2 в щелочной среде окисляет соли хрома (III) в хромат-ионы СгО42- желтого цвета:

2Na3[Сr(ОН)6] + 3Н2O2 = 2Na2CrO4 + 8H2O + 2NaOH.

**Ионы d-элементов VIIB группы**

Реакции обнаружения ионов марганца Мn2+

Действие группового реагента (NH4)2S. Сульфид аммония образует в растворах солей Мn2+ осадок сульфида марганца бледно-розового (телесного) цвета:

MnSO4 + (NH4)2S = MnS + (NH4)2SO4,

Mn2+ + S2- = MnS.

Действие гидроксидов щелочных металлов. Растворы гидроксидов щелочных металлов (NaOH, КОН) образуют с растворами солей Мn2+ (растворы солей Мn2+ имеют бледно-розовый цвет) белый осадок гидроксида марганца (II) Мn(ОН)2, растворимый в кислотах, но не растворимый в щелочах:

МnС13 + 2NaOH = Мn(ОН)2 + 2NaCl.

Осадок Мn(ОН)2 кислородом воздуха постепенно окисляется до бурого оксида-гидроксида марганца (IV) МnО(ОН)2, который также легко образуется при окислении растворов Mn2+ пероксидом водорода Н2Сl2:

Мn(ОН)2 + Н2O2 = MnO(OH)2 + Н2O.

**Ионы d-элементов VIII группы**

Реакции обнаружения ионов железа Fe2+

Действие группового реагента (NH4)2S. Сульфид аммония оса дает из растворов солей Fe2+ черный осадок сульфида железа (II):

FeSO4 + (NH4)2S = FeS + (NH4)2SO4,

Fe2+ + S2- = FeS.

Действие гексацианоферрата (III) калия K3[Fe(CN)6]. Гексацианоферрат(Ш) калия окисляет Fe2+ в Fe3+:

Fe2+ + [Fe(CN)6]3- = Fe3+ + [Fe(CN)6]

Образовавшиеся ионы Fe3+ образуют с анионами гексацианноферрата(II) новый комплексный анион:

Fe3+ + К+ + [Fe(CN)6]4- = KFe3+[Fe2+(CN)6].

Соединение KFe3+[Fe2+(CN)6] носит название турнбулевой cини.

Действие гидроксидов щелочных металлов. Растворы гидроксидов щелочных металлов (NaOH, КОН) осаждают из растворов ее лей Fe2+ гидроксид железа (II) Fe(OH)2, который в обычных условиях на воздухе имеет грязно-зеленоватый цвет в результате частичного окисления до Fе(ОН)3:

FeCl2 + 2NaOH = Fe(OH)2 + 2NaCl,

4Fe(OH)2 + О2 + 2H2O == 4Fе(ОН)3.

Реакции обнаружения ионов железа Fe3+

Действие группового реагента (NH4)2S. Сульфид аммония дае солями Fe3+ черный осадок сульфида железа (II) FeS:

2FеСl3 + 3(NH4)2S = 2FeS + 6NH4C1 + S,

2Fe3+ + 3S2- = 2FeS + S.

Действие гексацианоферрата (II) калия K4[Fe(CN)6]. Гексацианоферрат (II) калия K4[Fe(CN)6] образует с растворами солей Fe3+ (имеет желтую окраску) темно-синий осадок гексацианоферрата (II) железа (III) (берлинскую лазурь), который, по данным рентгеноструктурного анализа, идентичен турнбулевой сини:

FеС13 + К4[Fе(СN)6] = KFe[Fe(CN)6] + ЗКС1.

Действие гидроксидов щелочных металлов. Растворы гидроксидов щелочных металлов (NaOH, КОН) образуют с растворами солей Fe3+ красно-бурый осадок гидроксида железа (III) Fе(ОН)3, практически не обладающий амфотерными свойствами:

FеС13 + 3NaOH = Fе(ОН)3 + 3NaCl.

Реакции обнаружения ионов кобальта Со2+

Действие группового реагента (NH4)2S. Сульфид аммония дает с солями Со2+ черный осадок сульфида кобальта CoS:

CoCl2 + (NH4)2S = CoS + 2NH4C1,

Co2+ + S2- = CoS.

Действие гидроксидов щелочных металлов. Растворы щелочей (NaOH, КОН) образуют с растворами солей Со2+ (имеют розовую окраску) синий осадок основной соли гидроксохлорида кобальта CoOHCl, который в избытке щелочи переходит в осадок гидроксида кобальта (II) розового цвета:

CoCl2 + NaOH = СоОНСl + NaCl,

CoOHCl + NaOH = Со(ОН)2 + NaCl.

Реакции обнаружения ионов никеля Ni2+

Действие группового реагента (NH4)2S. Сульфид аммония дает солями Ni2+ черный осадок сульфида никеля NiS:

Ni(NO3)2 + (NH4)2S == NiS + 2NH4NO3,

Ni2+ + S2- = NiS.

Действие гидроксидов щелочных металлов. Растворы гидроксидов щелочных металлов (NaOH, КОН) образуют с растворами солей Ni2+ (имеют зеленую окраску) зеленый осадок гидроксида никеля (II) Ni(OH)2, растворимый в избытке раствора аммиака с об разованием соли комплексного катиона — гексаамминникеля (II) синего цвета:

Ni(NO3)2 + 2NaOH = Ni(OH)2 + 2NаNО3,

Ni(NO3)2 + 6NH4OH = [Ni(NН3)6](NО3)2 + 6Н2O.