Государственное образовательное учреждение физико-математический лицей 1568

Реферат по теме

«Микрокристаллоскопия»

Реферат подготовил

ученик 9 класса

Снигиров Антон

Москва, 28 марта 2010 года

План реферата:

1. **Микрокристаллоскопия – раздел аналитической химии.**
2. **Реакции обнаружения катионов:**
   * **Классификация катионов;**
   * **Обнаружение катионов:** 
     + 1. I группы;
       2. II группы;
       3. III группы;
       4. IV группы;
       5. V группы;
       6. VI группы.
3. **Реакции обнаружения анионов:**
   * **Классификация анионов;**
   * **Обнаружение анионов:**
     + 1. I группы;
       2. II группы;
       3. III группы.
4. **Вывод.**
5. **Список использованной литературы.**

**Аналитическая химия**

**Аналитическая химия** — раздел химии, изучающий химический состав и структуру веществ. Она занимается разработкой и совершенствованием аналитических методов. Аналитическая химия разделяется на качественный и количественный анализы.

**Качественный анализ** направлен на обнаружение в образце какого-то определённого вещества.

Основоположником качественного анализа считается Р. Бойль, который ввёл представление о химических элементах как о неразлагаемых основных частях сложных веществ и систематизировал все известные в его время качественные реакции.

Большое влияние на развитие аналитической химии оказало открытие периодического закона Д. И. Менделеева. Это дало возможность использовать аналогию в свойствах элементов для разработки новых реакций и методов определения новых элементов.

Большой вклад в развитие аналитической химии внесла гидратная теория растворов Д. И. Менделеева и теория электролитической диссоциации С. Аррениуса.

На протяжении всего XIX века методы качественного анализа непрерывно развивались. В 1860 году Р. Бунзеном и Г. Кирхгофом был разработан метод спектрального анализа, благодаря которому были открыты такие элементы, как индий и таллий. М. С. Цвет предложил хроматографический метод анализа, а М. А. Ильинский и Л. А. Чугаев – использование в анализе органических реагентов

**Микрокристаллоскопия**

**Микрокристаллоскопия** — метод качественного обнаружения неорганических и органических веществ по образованию характерных кристаллических осадков при действии аналитических реактивов. Образовавшиеся кристаллы исследуют под микроскопом (увеличение в 60 и более раз); о составе осадка судят главным образом по форме кристаллов, а также по их цвету и размеру. Образующиеся кристаллы приобретают характерную форму только при медленном выделении, то есть в разбавленных растворах. При высоких концентрациях осаждаемых веществ, а также при наличии посторонних соединений возможно искажение формы кристаллов. В таких случаях для идентификации осадка определяют под поляризационным микроскопом кристаллографические и кристаллооптические характеристики кристаллов (например, углы между гранями), зависящие не от их формы, а от химического состава.

Т. Е. Ловиц изучил формы кристаллов около ста различных «соляных налётов», свёл их в таблицу и тем самым сделал микрокристаллоскопию практически важным методом качественного анализа.

**Обнаружение катионов**

Впервые принципы разделения катионов металлов на аналитические группы был разработан Т. О. Бергманом в конце XVIII века. Тем самым он заложил фундамент систематического качественного анализа.

Катионы разделяют на шесть основных групп по способам их обнаружения:

|  |  |
| --- | --- |
| Группа | Катионы |
| I | Li(I)[[1]](#footnote-1) NH4+ Na(I) K(I) Mg(II) |
| II | Ca(II) Sr(II) Ba(II) |
| III | Ag(I) Hg(I) Pb(II) W(VI) |
| IV | Zn(II) Al(III) Sn(II, IV) V(V) Cr(III) Mo(VI) |
| V | Ti(IV) Zr(IV) Sb(II, V) Bi(III) Mn(II) Fe(II, III) |
| VI | Co(II) Ni(II) Cd(II) Hg(II) Cu(II) Mg(II) |

Аналитическая классификация ионов в принципе отличаются от распределения химических элементов по группам в периодической системе элементов, но её никак нельзя назвать искусственной, так как в основе её лежат определённые закономерности, связанные с растворимостью определённых гироксидов элементов. Поскольку Химические свойства ионов обусловлены зарядом ядра и электронной конфигурацией иона, то естественно, что в аналитические группы часто входят ионы, образованныеэлементами разных групп периодической системы.

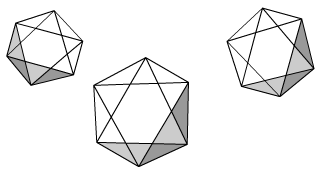
**Обнаружение катионов I группы**

Соли катионов первой аналитической группы представляют собой бесцветные кристаллические вещества. В окрашенных солях цвет определяется анионом, например, кристаллы KMnO4 имеют фиолетовую окраску, а K2Cr2O7 – оранжевую.

Большинство солей, содержащих катионы первой группы, хорошо растворимы в воде. Однако, известны несколько солей, обладающих низкой растворимостью. Они-то и используются для осаждения катионов первой группы. Например, для осаждения ионов натрия используют антимонат калия (при этом выпадают белые кристаллы нерастворимого антимоната натрия Na[Sb(OH)6]).

К первой аналитической группе также относят катион аммония, который по ионному радиусу занимает промежуточное положение между катионами K+ и Rb+ и вступает в реакции на катион калия.

При анализе полного состава катионы первой группы подразделяют на две подгруппы. Первая подгруппа – это катионы NH4+, K+, Rb+ и Сs+. Данные катионы осаждаются общими реагентами (Na3[Co(No2)6] или NaHC4H4O6), а катионы второй группы – Li+ и Na+ общего реагента не имеют.



**Обнаружение катионов Na+.** На предметное стекло помещается капля исследуемого образца и выпаривается досуха. Осадок обрабатывается каплей раствора уранилацетата UO2(CH3COO)2, рассматриваемые под микроскопом кристаллы натрийуранилацетата имеют такую форму:



**Обнаружение катионов K+.** На предметное стекло помещается капля исследуемого раствора, а рядом с ним помещают каплю Na2PbCu(NO2)6. Две капли соединяют стеклянной палочкой. Образующиеся кристаллы K2PbCu(NO2)6 имеют такую форму:

**Обнаружение катионов Mg2+.** Гидрофосфат магния образуется при действии на растворы солей магния в присутствие аммиака при Рh=9:



Mg2+ + HPO42- + NH3 => MgNH4PO4

При анализе кислого раствора рекомендуется прибавлять аммиак до Ph=9.

При медленной кристаллизации образуются кристаллы, изображенные на верхнем рисунке, а при более быстрой кристаллизации – изображённые на нижнем рисунке.



**Обнаружение катионов II группы**

Ко второй группе относят ионы щёлочно-земельных металлов, составляющих подгруппу А периодической системы элементов. Химические и физические свойства данных катионов изменяются по мере увеличения атомной массы и ионного радиуса. Например, растворимость сульфатов и хроматов последовательно уменьшается в ряду Ca2+>Sr2+>Ba2+>Ra2+, и лишь растворимость фторидов изменяется в обратном направлении: Ba2+>Sr2+>Ca2+.

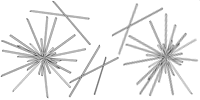
Групповой реагент этой группы – разбавленная серная кислота. Растворимости сульфатов радия, бария и стронция низкие и эти соли выпадают осадок при действии на раствор, содержащий данные катионы серной кислотой. Но произведение растворимости CaSO4 – 9,1\*10^-6, и из-за этого осаждение ионов Ca2+ Серной кислотой неполное. Поэтому, чтобы не «потерять» ионы Ca2+ при анализе, необходимо провести проверочную реакцию на катионы Ca2+ после осаждения катионов второй группы.

Но ионы Be2+ и Mg2+ вследствие малых радиусов их атомов и относительно большого заряда их ядер обладают иными свойствами по сравнению с катионами второй группы. Ни ион Be2+, ни Mg2+ не осаждаются разбавленной серной кислотой.

Гидроксид магния – слабое основание, малорастворимое в воде. Осаждается из растворов солей магния щелочами. Поэтому его относят к шестой аналитической группе.

Гидроксид бериллия же амфотерен и по своим свойствам близок к гидроксиду алюминия. Поэтому его относят к четвёртой аналитической группе.

**Обнаружение катионов Ca2+.** Одну каплю исследуемого раствора помещают на предметное стекло, добавляют разбавленную серную кислоту и осторожно нагревают на маленьком пламени газовой горелки до появления белой каймы.



По краям капли образуются игольчатые кристаллы в виде звёздочек:

**Обнаружение катионов III группы**

Ко второй аналитической группе относятся катионы металлов, входящих в В подгруппу первой группы периодической системы элементов: Сu+, Ag+ и Au+, а также близкие к ним по химическим свойствам катионы [Hg2]2+, Tl+ и Pb2+.

Хотя медь, серебро и золото имеют по одному S-электрону на внешнем подуровне и после отдачи его переходят в однозарядные катионы, тем не менее свойства их резко отличаются от свойств катионов первой аналитической группы. Это объясняется тем, что после отдачи внешнего S-электрона они принимают 3d10-, 4d10- и 5d10-электронную конфигурацию, которая и обуславливает их свойства, способность образовывать ионы разной степени окисления и проявлять свойства комплексообразователей.

К этим катионам близки по своим электронным конфигурациям катионы двухатомной однозаряднй ртути, однозарядного таллия и двухзарядного свинца.

Низкозарядные катионы с законченными 18-электронными оболочками или с 18+2 электронами являются сильными поляризаторами и сами способны к значительной поляризации. Поляризация приводит к уменьшению расстояния между ионами, увеличению энергии связи между ними, к переходу ионных связей в полярные. Взаимодействуя с поляризующимися ионами (Cl-, Br-, I-, CN-, CO3-, SO42-, Po43-), они образуют малополярные ковалентные соединения, труднорастворимые в воде.

Таким образом, большинство солей катионов второй аналитической группы нерастворимы в воде. Они также могут образовывать многочисленные комплексные соединения, которые используются в анализе для разделения и открытия катионов.

Групповой реагент третьей аналитической группы – разбавленная хлороводородная кислота, которая осаждает катионы этой руппы в виде хлоридов, представляющих собой ковалентные малорастворимые соединения.

**Обнаружение катионов Ag+.** При медленной кристаллизации из растворов Ag(NH3)2Cl выпадает в виде мелких характерных кристаллов – треугольников, шестиугольников и звёздочек:



К 2-3 каплям исследуемого на ионы серебра раствора, подкисленного азотной кислотой и добавляют 2-3 капли 2 М соляной кислоты. Образующийся аморфный белый осадок центрифугируют, промывают и обрабатывают 2-3 каплями концентрированного раствора аммиака. Каплю полученного раствора помещают на предметное стекло и после испарения растворителя образовавшиеся кристаллы рассматривают под микроскопом.

**Обнаружение катионов Pb2+.** Ионы свинца осаждаются иодид-ионами в виде жёлтого осадка PbJ2,легкорастворимого при нагревании и вновь выпадающего при охлаждении раствора.



К 2-3 каплям исследуемого раствора добавляют 2-3 капли 2М раствора Ch3CooH и 2-3 капли KJ. Образующийся жёлтый осадок нагревают до кипения и охлаждают. Выпадает золотисто-жёлтый осадок в виде красивых блестящих лепестков:

**Обнаружение катионов IV группы**

Четвёртую группу образуют катионы гидроксидов, растворимых в щелочах. К ней относят катионы, гидроксиды которых обладают амфотерностью. В периодической системе амфотерные элементы занимают средние места в периодах по диагонали из верхнего левого к правому нижнему углу. Типичные элементы, образующие амфотерные гидроксиды: бериллий, алюминий, хром, цинк, германий, мышьяк, олово, сурьма, свинец. P-орбитали у атомов этих элементов не достроены, за исключением хрома, у которого во внешнем слое находятся пять электронов на D-орбитали и один – на S-орбитали. Хром – переходный металл с хорошо выраженной способностью к комплексообразованию.

Катионы сурьмы и висмута хотя и обладают амфотерностью, но при систематическом ходе анализа они оказываются в осадке вместе с катионами пятой группы. Так, например, щёлочи и аммиак осаждают из солей висмута (III) белый осадок гидроксида висмута, превращающегося в гидроксид висмутила BiO(OH), который не растворяется в избытке реагента. Поэтому эти катионы относят к пятой аналитической группе.

Групповой реагент катионов четвёртой группы – раствор едкого натра или едкого кали. Действуя на смесь катионов четвёртой группы избытком щёлочи, получают соли, которые хорошо растворяются и центрифугированием или фильтрованием отделяются от катионов пятой и шестой групп и анализируются дробным или систематическим путём.



**Обнаружение катионов Zn2+.** С тетрароданомеркуратом аммония в слабокислой среде ионы цинка образуют характерные кристаллы – кресты, дендриты; в подкисленных минеральной кислотой или разбавленных растворах кристаллы имеют вид неравносторонних треугольников и клиньев.



На предметное стекло помещают каплю исследуемого раствора, рядом помещают каплю реагента. Капли соединяют стеклянной палочкой и рассматривают образовавшиеся кристаллы под микроскопом.

**Обнаружение катионов V группы**

К пятой аналитической группе относят ионы переходных элементов семейства железа: Ti4+, Mn2+, Fe2+, Fe3+, а также Sb3+, Sb5+ и Bi3+, осаждаемые концентрированным раствором аммиака.

Переходные элементы характеризуются рядом общих свойств: все они являются типичными металлами; почти все проявляют переменную степень окисления, благодаря чему способны участвовать в окислительно-востановительных реакциях; их ионы и соединения, как правило, окрашены. Переходные элементы обладают ярко выраженной тенденцией к комплексообразованию. Все эти особенности переходных элементов используются в качественном анализе.

Пятая аналитическая группа катионов характеризуется тем, что их гидроксиды не обладают амфотерностью и не образуют растворимых комплексных аммиакатов.

Реакции обнаружения катионов пятой группы основаны либо на реакциях окисления-восстановления, либо на реакциях комплексообразования, либо на реакциях гидролиза.

**Обнаружение катионов Bi3+.** Комплексные ионы BiI52+ c ионами Cs+ и Rb+ образуют оранжево-красные кристаллы состава Cs2BiI5\*2,5H2O.



На предметном стекле к капле исследуемого раствора добавляют каплю 2М HCl, каплю раствора KJ и кристаллик CsCl или RbCl, образовавшиеся кристаллы рассматривают под микроскопом.

**Обнаружение катионов VI группы**

Шестую аналитическую группу составляют катионы, гидроксиды которых образуют с раствором аммиака комплексные аммиакаты.

Все катионы шестой группы относятся к переходным элементам, в которых идёт достройка D-уровней. При взаимодействии переходных элементов с веществами, являющимися донорами электронных пар, происходит образование ковалентных связей по донорно-акцепторному механизму, в результате чего и образуются комплексы. Так, при действии группового реагента – раствора аммиака все катионы шестой группы переходят в раствор в виде комплексных аммиакатов следущего состава: [Cu(NH3)4]2+, [Hg(NH3)4]2+, [Cd(NH3)6]2+, [Ni(NH3)6]2+.

Из катионов других аналитических групп этим свойством обладают лишь катионы Ag+ и Zn2+, которые также можно отнести к шестой группе, но исходя из последовательности химического анализа и, следовательно, из практической целесообразности, катион Ag+ отнесён к III группе, а катион Zn2+ - к четвёртой аналитической группе.

**Обнаружение катионов Cu2+.** При действии (NH4)2Hg(SCN)4 в уксуснокислой среде Cu2+ в присутствии Zn2+ образует изоморфные кристаллы фиолетового цвета СuHg(SCN)4 (на верхней картинке) и ZnHg(SCN)4 (на нижней картинке). Но чтобы эта реакция удалась, необходимо брать очень разбавленный раствор меди, иначе вместо фиолетового выделяется жёлто-зелёный осадок CuHg(SCN)4.



К капле исследуемого раствора добавляют каплю 30% раствора CH3COOH и каплю раствора реагента. Образуются характерные кристаллы желтовато-зелёного цвета CuHg(SCN)4 в виде звёздочек. Они рассматриваются под микроскопом.

**Обнаружение анионов**

Анионы делятся на три аналитические группы, в зависимости от растворимости их бариевых и серебряных солей:

|  |  |
| --- | --- |
| Группа | Анионы |
| I | SO42-, SO32-, CO32-? PO43-, SiO32- |
| II | Cl-, Br-, J-, S2- |
| III | NO3-, NO2-, CHCOO- |

**Обнаружение анионов I группы**

К первой аналитической группе анионов относят сульфат-ион, сульфит-ион, карбонат-ион, фосфат-ион и силикат-ион. Эти анионы образуют с катионами Ba2+ соли, малорастворимые в воде, но, за исключением сульфата бария, хорошо растворимые в минеральных кислотах. Поэтому выделить анионы этой группы в виде осадка групповым реагентом – хлоридом бария можно только в нейтральной или слабощелочной среде. Анионы первой группы образуют с катионами серебра соли, растворимые в разбавленной азотной кислоте, а сульфат серебра растворим даже в воде.

При анализе на анионы первой группы сначала исследуют раствор на эти ионы групповым реагентом, и в случае выпадения осадка (нерастворимой соли бария) исследуют раствор на каждый из анионов.

**Обнаружение анионов SO42-.** Существует множество способов обнаружения этого аниона, в частности:

-хлорид бария образует с ним белый нерастворимый в кислотах осадок BaSO4:

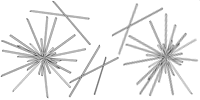
BaCl2 + SO42- => BaSO4

-нитрат серебра при взаимодействии с этим анионом образует белый осадок сульфата серебра, растворимый в азотной кислоте:

2Ag+ + 2NO3- + SO42- => Ag2SO4+ 2NO3-

Однако при выполнении последней реакций следует учесть, что осадок сульфата серебра будет выпадать только из концентрированных растворов.

Возможна и микрокристаллоскопическая реакция на сульфат-ион: одну каплю исследуемого раствора помещают на предметное стекло, добавляют раствор нитрата кальция и осторожно нагревают на маленьком пламени газовой горелки до появления белой каймы.



По краям капли образуются игольчатые кристаллы в виде звёздочек:

**Обнаружение анионов SO32-.** Выбор реакций на этот анион не менее богат, например: окисление йодом или бромом серы от +4 до +6 (при этом йодная или бромная вода обесцвечивается); образование при взаимодействии с хлоридом бария растворимого в кислотах осадка сульфита бария; образование при взаимодействии с нитратом серебра растворимого в азотной кислоте осадка сульфита серебра.

Так же возможно восстановление сульфит-иона до сероводорода. К исследуемому раствору добавляют разбавленную хлороводородную кислоту и кусочек цинка при этом протекают слудующие реакции:

SO32- + 2HCl => 2CL- + H2O + SO2

3Zn + 6HCL + SO2 => 3 ZnCL2+ 2H2O + H2S

Выделяющийся при этом сероводород можно узнать по запаху или по чернению бумаги, смоченной ацетатом свинца. Реакция протекает при Ph=4 и если испытуемый раствор не содержит восстановителей.

**Обнаружение анионов СO32-.** Хлорид бария осаждает анион CO32-, образуя белый осадок карбоната бария, растворимый в кислотах:

Ba2+ + CO32- => BaCO3 + 2Cl-

Нитрат серебра также образует с этим анионом белый осадок, растворимый в кислотах.

Кислоты разлагают соли угольной кислоты с выделением углекислого газа, который можно обнаружить известковой водой.

**Обнаружение анионов PO43-.** Хлорид бария образует с анионом PO43- белый осадок гидрофосфата бария, растворимый в кислотах, а нитрат серебра даёт жёлтый осадок фосфата серебра, растворимый в азотной кислоте.

Магнезиальная смесь (MgCl2, NH3\*H2O, NH4CL) с анионами PO43- образует белый кристаллический осадок:

HPO42- + NH3\*H2O + Mg2+ => MgNH4PO4 + H2O

**Обнаружение анионов II группы**

Ко второй аналитической группе относятся хлорид-ион, бромид-ион, йодид-ион и сульфид-ион. Эти анионы образуют с катионом Ag+ соли, нерастворимые в воде и разбавленной азотной кислоте. Групповой реагент второй группы – нитрат серебра в присутствии азотной кислоты. Хлорид бария с анионами второй группы осадков не образует.

При анализе на анионы второй группы следует сначала доказать наличие в растворе на этих ионов групповым реагентом, и в случае выпадения осадка (нерастворимой соли серебра) приступить к исследованию раствора на каждый из анионов.

При анализе на катионы второй группы удобно использовать нитрат серебра,

так как галогениды серебра (кроме фтористого серебра) нерастворимы в воде и легко различимы по цвету: хлорид серебра – белый творожистый осадок; бромид серебра – слабо-жёлтый, йодид серебра – ярко жёлтый, а сульфид серебра – чёрный.

Хлорид серебра растворяется в астворе аммиака, образуя комплексную соль серебра [Ag(NH3)2]Cl, которая под действием азотной кислоты вновь разлагается на хлорид серебра и аммиак. Однако, обнаружение хлорид-иона в присутствии бромид-иона не предоставляется возможным. Йодид серебра имеет значительно меньшее произведение растворимости и практически нерастворим в растворе аммиака, тогда как бромид серебра растворяется в аммиачной воде и в дальнейшем мешает открытию хлорид-иона. Для понижения растворимости бромида серебра осадки AgCl, AgBr и AgJ обрабатывают 12-процентным раствором карбоната аммония. Хлорид серебра перейдёт в раствор в виде комплексной соли – диаминоаргентахлорида. После отеления осадка в центрифугате открывают хлорид-ион действием раствора бромида калия.

Существуют и другие способы обнаружения ионов второй группы:

-Окислеие хлорид-иона до свободного хлора (йодид- и бромид-ионы мешают протеканию этой реакции);

-Окисление хлором брома -1 до молекулярного брома, а йода -1 до молекулярного йода (однако, избыток хлорной воды может вызвать образование хлорида брома или хлорида йода).

-Реакция ионного обмена сульфидов с кислотами, при этом выделяется сероводород.

Также возможна микрокристаллическая реакция по обнаружению йодид-иона: катионы Pb2+ образуют с йодид-ионом золотистые кристаллы PbJ2.

К 2-3 каплям исследуемого раствора добавляют 2-3 капли 2М раствора Ch3CooH и 2-3 капли Pb(NO3)2. Образующийся жёлтый осадок нагревают до кипения и охлаждают. Выпадает золотисто-жёлтый осадок в виде красивых блестящих лепестков:



**Обнаружение анионов III группы**

К последней, третьей аналитической группе анионов относятся нитрат-ион, нитрит-ион и ацетат-ион. Ни один из этих анионов не образует осадка с катионами серебра или бария. Третья группа не имеет группового реагента.

**Обнаружение анионов NO3-.** Нитрат-ион возможно обнаружить в растворе несколькими способами:

-Появление интенсивно-синей окраски при окислении дифениламина нитрат-ионом.

-Восстановление нитрат-иона до моноксида углерода металлической медью в присутствии серной кислоты:

2NO3- + 8H+ + 3Cu => 3Cu2+ + 4H2O +2NO

(монооксид азота, в свою очередь, доокисляется кислородом воздуха до бурого газа)

-Образование комплексной соли [Fe(NO)]SO4 бурого цвета при реакции с сульфатом железа (II) в присутствии серной кислоты:

6FeSO4 + 2NO3- + 4H2SO4 => 3 Fe2(SO4)3 + SO42- + 4H2O + 2NO

2NO + 2FeSO4 => 2[Fe(NO)]SO4

-Восстановление нитратов до аммиака металлическим алюминием в сильнощелочной среде.

Существует также и микрокристаллическая реакция на нитрат-ион:



На каплю раствора, содержащего нитрат-ион, действуют каплей 10-процентного раствора нитрона в 5-процентной уксусной кислоте. Выпадают характерные пучки игл нитратнитрона.

**Обнаружение анионов NO2-.** Нитрит-ион может быть разложен кислотой, при этом выделяются окислы азота:

2NO22- + H2SO4 => 2HNO2 + SO42-

2HNO2 => NO + NO2 + H2O

Иодид калия в присутствии разбавленной серной кислоты окисляется нитритами до молекулярного йода:

2I- + 2NO2- + 4H+ => I2 + 2H2O + 2NO

**Обнаружение анионов CH3COO-.** При взаимодействии спиртов с растворам ацетатов образуются эфиры, которые узнаются по запаху.

**Вывод.**

Микрокристаллоскопия – довольно молодой, но быстро развивающийся раздел аналитической химии. На практике микрокристаллоскопия удобна тем, что позволяет обнаружить очень небольшие количества данных ионов в растворе. Однако, микрокристаллоскопия требует наличия специального оборудования (микроскопа) и большой точности и аккуратности в операциях. Список использованной литературы:

Ю. А. Золотов «Основы аналитической химии» (Москва, «Высшая школа», 2001);

Н. Я. Логинов «Аналитическая химия» (Москва, «Просвещение», 1979);

Интернет:

Wikipedia.org .

1. В книге Ю.А.Золотова (стр.16; см. список литературы) вместо зарядов катионов в скобках отмечен модуль заряда, причём римской цифрой. Например, вместо Ca2+ - Ca(II). [↑](#footnote-ref-1)