

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ
ЗАПОРОЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ И КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ
ПО МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

Тема: Биогенные S-P-D-элементы

Запорожье 2015 г.

Рецензенты:

зав кафедрой органической химии д. фарм. н., *Коваленко С.И.*
проф. кафедры биологической химии д. фарм. н., *Романенко Н.И.*

Методическое пособие подготовили сотрудники кафедры физической и коллоидной химии Запорожского государственного медицинского университета:

- д. фарм. н., *Каплаушенко А.Г.*;
- доц. *Похмёлкина С.А.*;
- доц. *Чернега Г.В.*;
- доц. *Пряхин О.Р.*;
- ст. пр. *Авраменко А.И.*;
- асс. *Юрченко И.А.*;
- ст. лаб. *Щербак М.А.*

Методические указания к практическим занятиям по медицинской химии для студентов медицинского факультета. Тема: Биогенные S-P-D- элементы / А. Г. Каплаушенко [и др.]. – Запорожье : [ЗГМУ], 2015. – 34 с.

Рассмотрено и утверждено на заседании цикловой методической комиссии химических дисциплин Запорожского государственного медицинского университета (протокол №__ от _____ 2015года)

Предисловие

Биологическая и медицинская роль химических элементов представляют собой проблему, имеющую важное практическое значение. Врач сталкивается с вопросами, связанными с этой проблемой при изучении результатов биохимического анализа, при вызовах по поводу отравления химическими веществами, при оценке состояния окружающей среды. А студент медицинского института – при изучении биохимии, физиологии, некоторых разделов терапии. В настоящее время имеется много литературы по бионеорганической химии, однако она отчасти малодоступна для студентов, отчасти не соответствует объему программы по курсу общей химии для медицинских институтов. Кроме того в имеющейся литературе очень редко выдерживаются оптимальное соотношение между вопросами общей и неорганической химии, биохимии, физиологии и патологии. В одних случаях в руководствах уделяется слишком много места чисто химическим вопросам, в других материал сводится к перечислению фактов изменения содержания микроэлементов при различных физиологических и патологических состояниях. В результате фактически теряется связь химии с медициной.

Поэтому представляется желательным снабдить студентов небольшим по объему пособием, в котором медико-биологическая роль элементов излагается на основе их общехимических свойств и иллюстрируется как примерами из области химии, так и простыми моделями.

БИОГЕННЫЕ S,P,D – ЭЛЕМЕНТЫ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ, ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ

Цель занятия (общая): сформировать системные знания студентов о физико-химических и биологических свойствах s-, p- и d-элементов, их важнейших соединений, применение в медицине, а также развить логику и глубину мышления, умение работать с литературой, химической посудой и реактивами.

Целевые задачи:

- изучить общую характеристику s-, p- и d – элементов.
- получить представление о строении атомов и свойствах s,p,d-элементов, а так же их соединений.
- изучить биологическую роль и применение важнейших соединений s,p,d – элементов в медицине.
- получить практические навыки экспериментальной работы по определению биогенных элементов.
- усвоить тестовый материал по теме занятия

Студент должен знать:

- основные теоретические вопросы, связанные с биогенными s-, p- и d-элементами, а именно строение атома, положение в периодической системе элементов Д.И. Менделеева;
- биологические свойства данных элементов и их соединений;
- основные аналитические методы определения биогенных элементов.

Студент должен уметь:

- правильно использовать химическую посуду;
- пользоваться аналитическими реактивами для проведения качественного анализа;
- определять катионы биогенных металлов и анионы солей;
- правильно давать оценку полученным аналитическим результатам.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЗАНЯТИЯ

1 S-Элементы. Биологическая роль, применение в медицине.

Элементы IA-группы — Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, элементы IIА-группы — Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra а так же водород и гелий принадлежат к блоку s-элементов. Электронная формула внешней оболочки элементов IA-группы и водорода — ns^1 , а элементов IIА-группы и гелия - ns^2 , где n - номер периода.

Химические свойства s-элементов IA- и IIА-групп подобны. s-Элементы легко отдают валентные s-электроны, то есть они - сильные восстановители. При потере s-электронов получают стабильные ионы с внешней электронной оболочкой инертного газа. Радиусы ионов увеличивается в группах с ростом порядкового номера элемента и уменьшается при переходе от IA- к IIА-группе. Близость ионных радиусов Li^+ , K^+ , Ba^{2+} играет важную роль в биохимии этих металлов.

s-Элементы характеризуются маленькими значениями энергии ионизации при больших радиусах атомов и ионов. В основном s-элементы образуют соединения с ионным типом связи, за исключением водорода, для которого в соединениях даже с элементами с наибольшей электроотрицательностью характерна ковалентная связь.

Водород – первый элемент периодической системы элементов.

Водород входит в состав практически всех органических веществ и присутствует во всех живых клетках. В живых клетках по числу атомов на водород приходится почти 50%. В организме человека водород содержится в виде разных соединений, в частности воды.

Натрий, калий - если в геосфере ионы Na^+ и K^+ встречаются всегда вместе, и их разделение представляет непростую задачу, то в биосфере эти ионы распределяются по разные стороны клеточных мембран так как они относятся к внеклеточным (натрий) и внутриклеточным (калий) катионам.

Эти ионы непрерывно движутся по ионным каналам в обоих направлениях, причем против градиента концентраций, т.е. от области

меньших концентраций в сторону больших. Самопроизвольно такой процесс протекать не может, и энергию ему сообщает реакция гидролиза АТФ.

Можно объяснить действие K^+/Na^+ -насоса и иначе, учитывая способность клеточных мембран «выворачиваться наизнанку» при изменении электростатического заряда на её поверхности. При этом захваченный внутрь клетки ион Na^+ при выворачивании мембраны оказывается во внеклеточном пространстве.

Магний, кальций - внутри клетки ионов Mg^{2+} во много раз больше, чем во внеклеточном пространстве, тогда как Ca^{2+} преимущественно внеклеточный катион. Ион Mg^{2+} - более сильный комплексообразователь, чем ион Ca^{2+} . Он служит центром некоторых металлоферментов, например, катализирует столь важный гидролиз АТФ. Комплекс магния с АТФ входит в субстрат фермента киназы, отвечающего за перенос фосфатных групп. Киназы управляются кальмодулином и другими белками и являются основой сигнальной системы у высших организмов.

Содержание Ca^{2+} в организме составляет ~1%, кальций – 5-й по распространённости *in vivo* элемент после С, Н, О, N.

2 Р-Элементы. Биологическая роль, применение в медицине.

К р- относят 30 элементов IIIA-VIIIA групп периодической системы, р-элементы входят во II и III малые периоды, а также в четвертый - шестой большие периоды. У элементов IIIA группы появляется первый электрон на р-орбитали. В других группах IVA- VIIIA происходит последовательное заполнение р-подуровня до 6 электронов.

Среди р-элементов есть такие, которые могут быть как катионами, так и анионами (Al, Ga, In, Sn, Pb, Bi, Sb, Bi) либо только анионами (B, C, Si, N, P, As, O, Te, S, Se, I, At). Все катионы, за исключением Al^{3+} , имеют строение внешней электронной оболочки $(n-1)d^{10}ns^2$, где n - номер периода. Повышенной устойчивостью характеризуется внешняя электронная

оболочка элементов VI периода, поскольку $6S^2$ электронам предшествуют $4f^{14}5d^{10}$, которые экранируют ядро.

Физические свойства простых веществ р-элементов значительно отличаются, в группах и периодах изменяются не монотонно. Характер таких изменений не всегда легко связать со строением электронных оболочек атомов, типом химической связи, координационным числом.

У р-элементов различия в свойствах соседних элементов как внутри группы, так и в периоде выражены значительно ярче, чем у s-элементов. Все р-элементы и особенно р-элементы II и III периодов образуют многочисленные соединения между собой с s-, d- и f-элементами. Большинство известных на земле соединений - это соединения р-элементов.

Бор относится к примесным микроэлементам. Известно, что бор входит в состав зубов и костей, вероятно, в виде малорастворимых солей борной кислоты. Избыток бора вреден для организма. Есть сведения о том, что большой избыток бора угнетает амилазы, протеиназы, уменьшает активность адреналина. Предполагается, что снижение активности адреналина, который является производным полифенола, связано с его взаимодействием с ортоборной кислотой.

Алюминий, как и бор, относится к примесным микроэлементам. Суточное употребление алюминия взрослым человеком составляет 47 мг. Алюминий влияет на развитие эпителиальной и соединительной тканей, регенерацию костной ткани, обмен фосфора, ферментативные процессы. В основном катион Al^{3+} замещает ионы E^{2+} -активаторы ферментов, например, ионы Mg^{2+} , Ca^{2+} .

Углерод проявляет склонность к образованию длинных гомоцепей. Молекулы, содержащие связи между двумя атомами углерода, могут иметь линейное, разветвленное и циклическое строение. Различные органические молекулы, которые содержат соединенные между собой атомы углерода с различными заместителями, образуют огромное количество биомолекул. Имея промежуточное значение электроотрицательности, углерод образует

малополярные связи с жизненно важными элементами - водородом, кислородом, азотом, серой и др. Остальные элементы этой группы образуют связи преимущественно через атом кислорода, а свинец - через серу. Склонность свинца образовывать связи с атомами серы определяет его токсическое действие (блокировка сульфгидрильных групп белков).

Кремний относится к примесным микроэлементам. Поскольку природный оксид кремния (IV) плохо растворяется в воде, то в организм человека кремний попадает не столько через тракт пищеварения, сколько воздушным путем через легкие в виде пылевидного SiO₂. С нарушением обмена кремния связывают появление гипертонии, ревматизма, язвенной болезни, малокровия. Установлено, что кремний находится в коже, в хрящах, входит в состав мукополисахаридов, где он прочно связан эфирными связями с гидроксидными группами углеводов.

По содержанию в организме человека (10⁻⁴%) **станум** принадлежит к микроэлементам. Сведения о его биологической роли противоречивы. Станум попадает в организм человека с кислыми продуктами, консервированными в жестяных банках, покрытых слоем олова. В кислой среде станум растворяется и попадает в кровь, проявляя токсическое действие:



Однако в опытах на крысах установлено, что станум в малых количествах проявляет стимулирующее действие на рост крыс. Это дает основания предполагать его необходимость и для человека. Безусловно, выяснения биологической роли этого микроэлемента требует дополнительного изучения.

Свинец и его соединения, особенно органические, очень токсичны. Вступая в реакцию с цитоплазмой микробных клеток и тканей, ионы свинца образуют желеобразные альбуминаты. В небольших дозах соли свинца проявляют вяжущее действие, вызывая драглефикацию белков. Образование

желе мешает проникновению микробов внутрь клеток и уменьшает воспалительную реакцию. На этом основано действие свинцовых примочек.

Азот относится к макроэлементам. Однако немногие организмы способны усваивать газообразный азот.

Растения могут использовать в качестве источника азота растворимые нитраты, а для животных необходим аммиак и аминокислоты. С усвоением растениями азота возникает проблема истощения почв. Поэтому, из-за необходимости внесения в почву азотных удобрений, уже в начале XX века были приняты меры по использованию атмосферного воздуха для получения соединений азота, так называемая азотфиксация.

На сегодня синтез аммиака из водорода и азота - основной способ связывания атмосферного азота. Однако такой способ азотфиксации очень энергоемкий, следовательно, дорогой. Поэтому в последнее время многие ученые исследуют возможность связывания атмосферного азота с помощью разных комплексных соединений.

Вместе с кислородом, водородом и углеродом азот образует жизненно важные соединения - аминокислоты - биоорганические вещества, которые играют роль строительных блоков для образования белков - основы жизни.

По содержанию в организме человека **фосфор**, как и азот, относится к макроэлементам и играет исключительно важную роль в обмене веществ. Живые организмы не могут обходиться без фосфора. Значение фосфора состоит в том, что моносахариды и глицерин не могут быть использованы клетками как источник энергии без предварительного фосфорилирования.

Обмен фосфора в организме тесно связан с обменом кальция. С биологической точки зрения чрезвычайно важными являются, бионеорганические производные дифосфорной кислоты $H_4P_2O_7$ и невыделенной в свободном виде трифосфорной кислоты $H_5P_3O_{10}$. Это аденозиндифосфорная кислота (АДФ) и аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). При pH 7,4 АТФ и АДФ существуют практически в виде анионов ATP^{4-} и ADP^{3-} , т.е. их фосфатные группы полностью

ионизированные. Многие реакции биосинтеза происходят благодаря переносу фосфатных групп от высокоэнергетического акцептора к низкоэнергетическому.

В отличие от фосфора, у которого токсичны только соединения фосфора (III), **мышьяк** токсичен и в степени окисления +5. Это обусловлено тем, что в организме человека мышьяк (V) легко восстанавливается до мышьяка (III). Механизм токсического действия объясняют способностью мышьяка блокировать сульфгидрильные группы ферментов и других биологически активных соединений.

Кроме того, мышьяк заменяет йод, селен, фосфор.

Физиологическая роль **сурьмы**, очевидно, подобна мышьяку. Ионы мышьяка As^{3+} , сурьмы Sb^{3+} и, в меньшей степени, Bi^{3+} являются синергистами. Так, известно, что в биогеохимических провинциях с избытком мышьяка в организмах увеличивается содержание не только мышьяка, но и сурьмы. При этом оба элемента накапливаются в щитовидной железе жителей, подавляют ее функцию и вызывают эндемический зоб.

Кислород относится к макроэлементам. Он незаменим и относится к числу важнейших элементов, составляющих основу живых систем, то есть органогенам. Кислород входит в состав всех жизненно важных органических веществ - белков, жиров, углеводов. Без кислорода невозможны многочисленные важнейшие жизненные процессы: например, дыхание, окисление аминокислот, жиров, углеводов. Только немногие из микроорганизмов, называемые анаэробными, могут обойтись без кислорода.

Фагоцитарные (защитные) функции организма также связаны с наличием кислорода.

Сера – макроэлемент. Как и кислород, он жизненно необходим. Суточная потребность взрослого человека в сере 4-5 г. Сера входит в состав многих биомолекул: белков, аминокислот (цистеина, цистина, метионина и т.п.), гормонов (инсулина), витаминов (В). Много серы содержится в волосах, костях, нервной ткани.

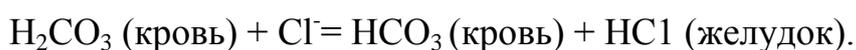
Селен относится к микроэлементам. Недостаток селена вызывает уменьшение концентрации фермента глутатионпероксидазы что, в свою очередь, приводит к окислению липидов и серосодержащих аминокислот. В активном центре глутатионпероксидазы содержится остаток аминокислоты - селеноцистеина.

Хорошо известна также способность селена защищать организм от отравления ртутью Hg и кадмием Cd. В больших дозах селен токсичен.

По содержанию в организме человека **хлор** (0,15%) относится к макроэлементам, а остальные галогены являются микроэлементами (содержание $10^{-5}\%$). Галогены в виде различных соединений входят в состав тканей человека и животных.

Масса **фтора** в организме человека составляет около 7 мг ($10^{-5}\%$). Недостаток фтора в организме вызывает кариес зубов. Минеральную основу зубных тканей - дентина - составляют гидроксилapatит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, хлорapatит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ и фторapatит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$.

Cl⁻ присутствует в организме в макроколичествах. Соляная кислота является необходимым компонентом желудочного сока, ее массовая доля составляет около 0,3%. Для образования соляной кислоты в желудке необходим NaCl (поваренная соль). Соляная кислота образуется по схеме:



Масса **брома** в организме человека составляет около 7 мг ($10^{-5}\%$). Есть данные, что соединения брома подавляют функцию щитовидной железы и усиливают активность коры надпочечников. К действию ионов Br⁻ наиболее чувствительна центральная нервная система.

Йод относится к числу незаменимых биогенных элементов, и его соединения играют важную роль в процессе обмена веществ. Йод влияет на синтез некоторых белков, жиров, гормонов щитовидной железы - трийодтиронина и тироксина.

3.d-Элементы. Биологическая роль, применение в медицине.

D-элементы принадлежат к микроэлементам. Металлы-микроэлементы имеют определенные общие свойства:

- 1) они достаточно распространены, то есть доступны для усвоения из почвы;
- 2) имеют высокую комплексообразующую способность по отношению к различным донорным атомам, имеют различные устойчивые степени окисления и легко переходят с одной степени окисления в другую.

Эти свойства микроэлементов обеспечивают активное участие в важнейших процессах, проходящих в клетках:

- 1) ферментативный катализ реакций синтеза и реакций клеточной энергетики;
- 2) перенос электронов, ионов, молекул и молекулярных ферментов;
- 3) регулирование активности механизмов и систем клетки.

Свободных ионов d-металлов в организме не существует, чаще всего в биохимических реакциях d-элементы участвуют в виде бионеорганических комплексов металлов.

Жизненно необходимые элементы Zn, Cu, Fe, Mn, Co, Mo называют металлами жизни.

Медь является необходимым микроэлементом растительных и животных организмов. В настоящее время известно около 25 медьсодержащих белков и ферментов.

Часть ферментов катализирует взаимодействие кислорода с субстратом. Они входят в группу так называемых оксигеназ.

Цинк входит в состав более 40 металлоферментов, катализирующих гидролиз пептидов, белков, некоторых эфиров и альдегидов. Постоянная степень окисления определяет его роль в реакциях гидролиза, протекающих без переноса электронов.

Одним из наиболее изученных являются цинкосодержащий фермент - карбоангидраза. Этот фермент крови содержится в эритроцитах и

встречается в трех формах, которые отличаются активностью. Фермент состоит примерно из 260 аминокислотных остатков и представляет собой бионеорганический комплекс, в котором координационное число цинка равно 4 - три координационные места заняты аминокислотными остатками, четвертая орбиталь цинка связывает воду (или группу - OH).

Марганец является участником в синтезе витаминов С и В, синтезе хлорофила. Известно, что переносчиком и аккумулятором химической энергии в организме является система АТФ-АДФ. Существуют следующие ферментативные реакции, в которых роль донора фосфатных групп выполняет комплекс $MnATP^{2-}$.

Большая часть **железа** сконцентрирована в гемоглобине крови («70%). Железо входит в состав многих ферментов. В связанной форме железо находится в некоторых белках, которые выполняют роль переносчиков железа.

Кобальт в качестве микроэлемента выполняет разнообразные функции, так как образует каталитически активные центры многих ферментов, необходимых для синтеза ДНК и метаболизма аминокислот. Некоторые из его комплексы с белками являются переносчиками молекулярного кислорода.

В организме кобальт находится в виде витамина B_{12} . В качестве кофермента B_{12} участвует в двух процессах:

- 1) переносе метательных CH_3 -групп (реакции метилирования)
- 2) переносе ионов водорода.

Кобальт влияет на углеводный, минеральный, белковый, жировой обмен, а также участвует в процессе кроветворения. Изотоп радиоактивного кобальта нашел применение в лечении злокачественных опухолей, а комплекс кобальта с никотиновой кислотой (коамид) - в лечении анемии.

Молибден входит в состав ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции в растительных и животных организмах. К ним относятся ксантиндегидрогеназа, ксантинооксидаза, альдегидоксидаза. Эти

ферменты катализируют реакции, связанные с переносом кислорода. Ксантиноксидаза катализирует окисление ксантина кислородом в мочевую кислоту.

При участии молибдена происходит отщепление электронов и протонов от субстрата.

Ванадий входит в состав одного из важнейших ферментов азотфиксирующих микроорганизмов почвы, который восстанавливает молекулярный азот до аммиака - ванадийнитрогеназы.

Как микроэлемент **хром** изучен еще недостаточно, но его существенная биогенная роль в растительных и животных организмах не вызывает сомнений. Он входит в состав некоторых ферментов, осуществляющих окислительно-восстановительные реакции в клетках. Хром входит также в состав пепсина, расщепляющего белки в пищеварительном тракте животных, участвует в регуляции усвоения глюкозы тканями животных. Хром, который содержится в дрожжах в виде комплекса с никотиновой кислотой и алифатическими аминокислотами, считают "фактором толерантности к глюкозе", необходимым для нормального углеводного обмена в организме человека. Его действие заключается в усилении гипогликемического действия инсулина.

Никель по сравнению с железом и кобальтом играет более скромную роль в организме. Однако есть данные, что никель, подобно кобальту участвует в кроветворении, влияет на углеводный обмен. Для Ni^{2+} характерно образование комплексов с аминокислотами, карбоновыми кислотами и другими биологически активными соединениями, которые имеют N - или O-донорные группы. Очевидно, из-за образования многочисленных комплексов никель стимулирует синтез аминокислот в клетке, ускоряет регенерацию белков плазмы крови, нормализует содержание гемоглобина в крови.

Аргентум - примесный микроэлемент растительных и животных организмов. Как и большинство тяжелых металлов, этот элемент не играет важной роли, но, как и все тяжелые металлы, попадая в организм, проявляет

токсическое действие: соединяясь с белками, содержащими серу, аргентум инактивирует ферменты, разрушает и коагулирует белки, образуя нерастворимые альбуминаты. Это же свойство образовывать альбуминаты обуславливает бактерицидные свойства Аргентума и его соединений.

Высокая токсичность соединений **кадмия** объясняется, прежде всего, вытеснением ионами кадмия ионов цинка из многих ферментов, а также конкуренцией с ионами кальция в костных тканях (ионы кальция и кадмия имеют близкие по размеру радиусы).

Токсичность соединений **ртути** выше токсичности соединений кадмия. Уже в небольших дозах ртуть поражает мозг и нервную систему. Сулема (HgCl_2) - один из сильнейших ядов. Серьезные отравления вызывает также газообразная металлическая ртуть. Соединения Cu и Hg вызывают нарушение белкового обмена, что приводит к выводу белков плазмы почками (протеинурия). Токсическое действие объясняется еще и тем, что ионы этих металлов взаимодействуют с серой сульфгидрильных групп белков, ферментов и некоторых аминокислот. Блокировка сульфгидрильных групп приводит к угнетению активности ферментов и коагуляции белков.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

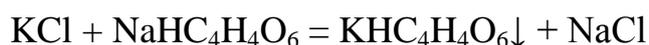
1. Общая характеристика s-элементов (особенности строения атомов, закономерности изменения радиуса атома, энергии ионизации);
2. Общие закономерности изменения характера оксидов и гидроксидов s-элементов I и II групп (кислотно-основных свойств).
3. Биологическая роль s-элементов (Na , K , Ca , Mg) и применение их соединений в медицине.
4. Положение p-элементов в периодической системе, особенности строения их атомов.
5. Закономерности изменения окислительно-восстановительных свойств p-элементов в зависимости от степени окисления.

6. Изменение кислотно-основных свойств оксидов и гидроксидов р-элементов по группам.
7. Биологическая роль р-элементов (O, N, P, галогенов) и применение их соединений в медицине.
8. Общая характеристика d-элементов (O, N, P, галогенов), их биологическая роль и применение соединений в медицине.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Работа 1. *Осаждение катионов калия из растворов. Обнаружение катиона калия гидротартратом натрия $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$.*

Гидротартрат натрия (кислая соль винной кислоты) в нейтральной среде при комнатной температуре образует с солями калия белый кристаллический осадок гидротартрата калия:

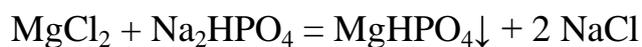


Аналогичный осадок с данным реактивом образуют соли кальция, поэтому перед проведением реакции открытия катиона калия следует убедиться в отсутствии этих ионов в растворе.

В две пробирки берут по 2 капли раствора хлорида калия, в каждую из них добавляют по 2 капли раствора реактива $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ и протирают стенки пробирки стеклянной палочкой до образования осадка. Отмечают цвет и характер осадка. В первую пробирку добавляют 3–4 капли соляной кислоты, а во вторую — 3–4 капли раствора щелочи (KOH или NaOH) и пробирки встряхивают до растворения осадка. Записывают уравнения реакций образования и растворения осадка в кислоте и щелочи. Делают вывод об условиях проведения реакций.

Работа 2. *Магний и его соединения. Реакция с карбонатом аммония $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$*

В две пробирки берут по 2 капли раствора хлорида магния, в каждую из них добавляют по 2 капли раствора гидрофосфата натрия и наблюдают выпадение белого аморфного осадка гидрофосфата магния:



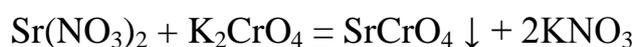
В первую пробирку добавляют 3–4 капли соляной кислоты, а во вторую — 3–4 капли уксусной кислоты и обе пробирки встряхивают до растворения осадков. Записывают уравнение реакций образования и растворения осадка. Делают вывод об условиях ее выполнения и применении. Данная реакция используется для обнаружения ионов магния в растворах.

Работа 3. Кальций и его соединения. Реакция с хроматом калия K_2CrO_4

В пробирку берут 3 капли раствора хлорида кальция, добавляют 3 капли насыщенного раствора хромата калия и стенки пробирки протирают стеклянной палочкой. Отмечают результат опыта (осадок выпал, не выпал) и делают вывод о растворимости хромата кальция.

Работа 4. Стронций и его соединения. Реакция с хроматом калия K_2CrO_4

Реакция используется для обнаружения ионов стронция в растворах. В две пробирки берут по 2 капли раствора нитрата стронция, в каждую из них добавляют по 2 капли раствора хромата калия и стенки пробирки протирают стеклянной палочкой до образования желтого кристаллического осадка хромата стронция:

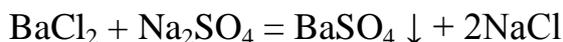


В первую пробирку добавляют 4–5 капель соляной (азотной) кислоты, а во вторую 4–5 капель уксусной. Пробирки встряхивают и наблюдают действие кислот на осадок в первой и второй пробирке.

Записывают уравнения реакций образования и растворения осадка. Делают вывод об условиях выполнения реакций и ее использовании.

Работа 5. Барий и его соединения. Реакция с сульфатом натрия Na_2SO_4

В пробирку берут 2 капли раствора хлорида бария, добавляют 2 капли раствора сульфата натрия и наблюдают выпадение белого мелкокристаллического осадка сульфата бария:



К осадку добавляют 4–5 капель соляной (азотной) кислоты и наблюдают действие кислоты на осадок. Записывают уравнение реакции образования осадка и делают вывод о растворимости сульфата бария в воде и сильных кислотах.

Работа 6. *Получение и изучение кислотно-основных свойств гидроксида алюминия. Осаждение ионов Al^{3+} из раствора тетрагидрокси(III)алюмината.*

В 2 пробирки вносят по 4 капли раствора сульфата алюминия и прибавляют по каплям раствор гидроксида натрия (все время осторожно встряхивая пробирку) до образования осадка $\text{Al}(\text{OH})_3$ белого цвета. В одну пробирку добавляют избыток щелочи, в другую – несколько капель соляной (серной) кислоты, отмечают результат. Делают вывод о химическом характере гидроксида алюминия. Записывают уравнения реакций получения гидроксида алюминия и растворения его в щелочи и кислоте.

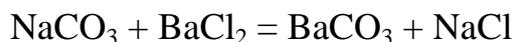


К полученному раствору тетрагидрокси(III)алюмината натрия добавляют несколько капель насыщенного раствора хлорида аммония и наблюдают выпадение осадка гидроксида алюминия (если осадок сразу не выпадает – раствор кипятят).



Работа 7. *Образование малорастворимых карбонатов – реакция с хлоридом бария.*

В 2 пробирки берут по 2 капли раствора карбоната натрия и добавляют по 2 капли раствора хлорида бария. Отмечают образование осадка BaCO_3 белого цвета.



Испытывают растворимость осадка в уксусной и соляной (азотной) кислотах. Записывают уравнения реакций образования осадка и растворения его в кислотах.

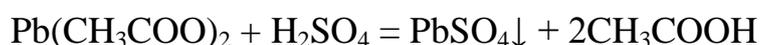
Работа 8. *Получение и изучение свойств гидроксида свинца (II).*

В две пробирки вносят по 2 капли раствора ацетата свинца (II) и прибавляют по каплям раствор гидроксида натрия до образования осадка гидроксида свинца (II) Pb(OH)_2 белого цвета. В одну пробирку добавляют избыток щелочи, в другую – несколько капель азотной кислоты. Отмечают результат и делают вывод о химическом характере гидроксида свинца. Записывают уравнения реакций получения гидроксида и его растворения в кислоте и щелочи (образуется гексагидрокси(II)плюмбат натрия).



Работа 9. *Обнаружение ионов Pb^{2+} осаждением серной кислотой.*

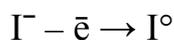
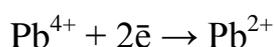
К 2 каплям раствора ацетата свинца (II) $\text{Pb(CH}_3\text{COO)}_2$ добавляет две капли раствора серной кислоты. К полученному осадку добавляют 8 капель раствора едкого натра, смесь нагревают и наблюдают растворение осадка.



Работа 10. *Окислительные свойства соединений свинца (IV).*

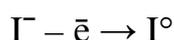
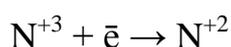
В пробирку вносят по 3 капли растворов иодида калия и серной кислоты и небольшое количество оксида свинца (IV) PbO_2 . Пробирку нагревают на песчаной бане и отмечают появление желтой окраски раствора (после

отстаивания осадка). В электронном уравнении указывают окислитель и восстановитель



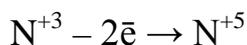
Работа 11. *Окислительные свойства нитритов (NO_2^-). Обнаружение NO_2^- -ионов.*

В пробирку вносят по 2 капли растворов иодида калия и уксусной кислоты, затем прибавляют 1 каплю раствора нитрита калия KNO_2 и отмечают появление красно-бурой (желтой) окраски раствора.



Работа 12. *Восстановительные свойства нитритов.*

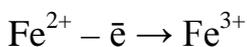
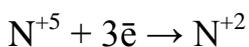
К двум каплям раствора перманганата калия прибавляют одну каплю раствора серной кислоты и 2 капли раствора нитрита калия. Отмечают обесцвечивание раствора перманганата.



Работа 13. *Окислительные свойства нитратов. Обнаружение иона NO_3^- .*

К 4 каплям сульфата железа (II) прибавляют 2 капли раствора нитрата калия и перемешивают. Затем, наклонив пробирку, по стенке осторожно прибавляют 4 капли концентрированной серной кислоты так, чтобы

жидкости не смешивались. На границе двух слоев жидкости появляется темно-бурое кольцо комплексной соли $[\text{Fe}(\text{NO})]\text{SO}_4$.



Работа 14. *Реакция с растворимыми солями кадмия. Обнаружение сульфид-ионов в растворе.*

К 2 каплям раствора сульфида натрия прибавляют 2 капли раствора сульфата кадмия (II) CdSO_4 и отмечают образование желтого осадка сульфида кадмия CdS . Записывают уравнение реакции получения осадка.

Работа 15. *Осаждение ионов SO_3^{2-} в растворах.*

К 2 каплям раствора сульфита натрия прибавляют 2 капли раствора хлорида бария. Отмечают образование белого осадка сульфита бария BaSO_3 . Испытывают растворимость осадка в соляной (азотной) кислоте. Записывают уравнения реакций получения осадка и растворения его в кислоте.

Работа 16. *Осаждение сульфат-ионов из растворов. Обнаружение ионов SO_4^{2-} реакцией с хлоридом бария.*

К 2 каплям раствора натрия Na_2SO_4 прибавляют 1 каплю раствора хлорида бария, отмечают образование белого осадка сульфата бария BaSO_4 и испытывают растворимость осадка в соляной (азотной) кислоте. Записывают уравнение реакции получения осадка.

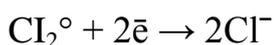
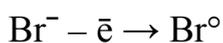
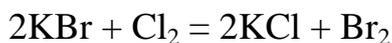
Работа 17. *Осаждение бромид-ионов из растворов — реакция с нитратом серебра.*

К 3 каплям раствора бромида калия KBr прибавляют 2 капли раствора нитрата серебра. Отмечают образование желтоватого творожистого осадка

бромида серебра AgBr и проверяют действие на осадок азотной кислоты. Записывают уравнение реакции образования осадка.

Работа 18. *Восстановительные свойства бромид-ионов. Реакция с хлорной водой. Обнаружение Br^- -ионов в растворе.*

К 3 каплям раствора бромида калия прибавляют 2 капли раствора серной кислоты, 6–8 капель хлороформа (бензола), 3 капли хлорной воды и содержимое пробирки энергично встряхивают. Отмечают появление свободного брома в растворе по желтому (красно-бурому) цвету слоя хлороформа.



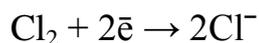
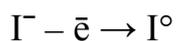
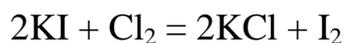
Работа 19. *Осаждение иодид-ионов из растворов – реакция с нитратом серебра.*

К 2 каплям раствора иодида калия прибавляют 2 капли раствора нитрата серебра. Отмечают образование светло-желтого осадка иодида серебра AgI . Проверяют действие на осадок азотной кислоты. Записывают уравнение реакции получения осадка.

Работа 20. *Восстановительные свойства иодид-ионов. Реакция с хлорной водой. Обнаружение I^- -ионов в растворе.*

К 2 каплям раствора йодида калия прибавляют 2 капли раствора серной кислоты, 6–8 капель хлороформа (бензола), затем 3 капли хлорной воды и содержимое пробирки энергично встряхивают. Отмечают появление свободного йода в растворе по фиолетово-малиновой окраске слоя хлороформа. Сравнивают результаты опытов 13 и 15.

Избыток хлорной воды обесцвечивает фиолетовую окраску хлороформа вследствие окисления свободного йода до йодноватой кислоты HIO_3 .



ТЕСТОВЫЙ САМОКОНТРОЛЬ

1. Какие из перечисленных осушителей можно использовать для удаления влаги из SO_2 :

а) H_2SO_4 (конц.)

б) KOH (конц.),

в) P_2O_5 ,

г) K_2CO_3 .

2. С какими из перечисленных веществ взаимодействует HBr :

а) $\text{Ca}(\text{OH})_2$

б) H_2SO_4 (конц.)

в) HI

г) Mg

д) KClO_3

3. При взаимодействии с $\text{Mg}(\text{OH})_2\text{HBr}$ проявляет свойства:

а) кислоты

б) основания

в) окислителя

г) восстановителя.

4. В растворе находится ион NO_3^- . С помощью какого реактива можно определить этот ион:

а) Al

б) AgNO_3

в) HCl

г) BaCl_2

д) NaOH

5. В растворе находится ион SO_4^{2-} . С помощью какого реактива можно определить этот ион:

- а) BaCl_2
- б) AgNO_3
- в) HCl
- г) NaOH

6. В растворе находится ион Na^+ . С помощью какого реактива можно определить этот ион:

- а) NaOH
- б) HCl
- в) $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$
- г) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

7. В растворе находится ион Ca^{2+} . С помощью какого реактива можно определить этот ион:

- а) NaOH
- б) HCl
- в) $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$
- г) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

8. Какой ион можно определить при помощи пирохимической реакции:

- а) Al^{3+}
- б) Na^+
- в) K^+
- г) Fe^{3+}

9. Соли какого металла в реакции с 8-оксихинолином при $\text{pH}=9$ образуют зеленовато-желтый кристаллический осадок.

- а) Mg^{2+}
- б) Ca^{2+}
- в) Sr^{2+}
- г) Ba^{2+}

10. Какое соединение бария не токсично при пероральном применении:

- а) бария сульфат
- б) бария хлорид
- в) бария карбонат
- г) бария гидроксид
- д) бария нитрат

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Напишите уравнение реакции взаимодействия пероксида натрия с оксидом углерода (IV). Составьте электронный баланс и укажите, для каких практических целей используется данная реакция.

2. Напишите уравнение реакции взаимодействия гидрида калия с водой. Составьте электронный баланс и укажите окислитель и восстановитель.

3. Рассчитайте массовую долю щелочи в растворе, полученном при взаимодействии натрия массой 20 г и воды объемом 100 мл.

4. Кальций какой массы необходимо растворить в 150 мл воды, чтобы получить раствор с массовой долей 10%?

Укажите формулу комплексного соединения с суммарным составом $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$, если $KЧ(\text{Pt}^{4+}) = 6$?

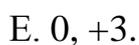
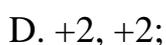
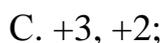
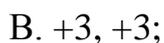
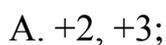
- A. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$;
- B. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$;
- C. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$;
- D. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_3]\text{Cl}$;
- E. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$.

Среди приведенных комплексных ионов комплексным анионом являются:

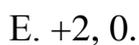
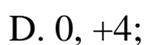
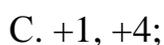
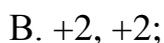
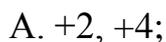
- A. $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$;
- B. $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Br}]^{2+}$;



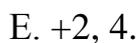
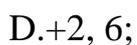
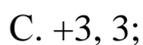
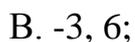
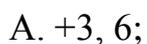
Чему равна степень окисления комплексообразователя в комплексных ионах: $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ и $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{F}_2]^+$?



Степень окисления центрального атома в комплексных соединениях $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ и $\text{K}_2[\text{Pt}(\text{OH})_2\text{Cl}_4]$ равна:



Угидроксикомплексов $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ степень окисления и КЧ центрального атома соответственно равны:



Чему равны заряд и КЧ комплексообразователя в соединении $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{SCN})_2]\text{Cl}$?

A. +3, 6;

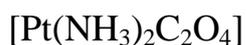
B. +2, 6;

C. +3, 4;

D. +6, 6;

E. +2, 4.

Укажите степень окисления и КЧ центрального атома в соединении



A. +2, 4;

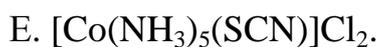
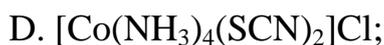
B. +2, 3;

C. +3, 4;

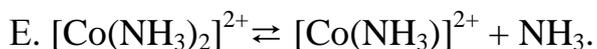
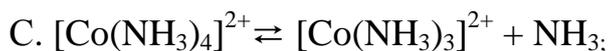
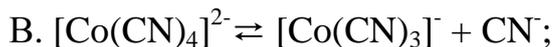
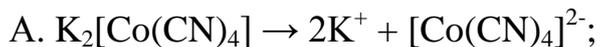
D. +4, 3;

E. +4, 4.

Растворкакого из приведенных комплексных соединений практически не проводит электрический ток?



Какое из уравнений выражает процесс первичной диссоциации комплексной соли?



Реакция взаимодействия аммиакатах платины (IV) с раствором AgNO_3 описывается уравнением: $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3 + 2\text{Ag}^+ \rightarrow 2\text{AgCl}\downarrow + [\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^{2+}$.

Какая координационная формула соответствует начальной комплексной составе?

- A. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$;
- B. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$;
- C. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_3$;
- D. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$;
- E. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$.

Укажите формулу нитрата диакватетраминикеля(II)?

- A. $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2](\text{NO}_3)_2$;
- B. $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2](\text{NO}_2)_2$;
- C. $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$;
- D. $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]\text{NO}_2$;
- E. $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]\text{NO}_3$;

Какой из комплексных ионов наиболее устойчив в растворе?

- A. $[\text{HgI}_4]^{2-}$;
- B. $[\text{HgBr}_4]^{2-}$;
- C. $[\text{HgCl}_4]^{2-}$;
- D. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$;
- E. $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Среди указанных пар комплексных соединений ионизационными изомерами являются:

- A. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{SO}_4]\text{Br}$ и $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$;
- B. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- C. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ и $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$;
- D. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ и $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$;

Е. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ и $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4$.

В хелатном комплексе, который входит в состав гемоглобина крови комплексообразователем выступает ион:

- А. Fe^{2+} ;
- В. Fe^{3+} ;
- С. Mg^{2+} ;
- Д. Zn^{2+} ;
- Е. Co^{3+} .

Комплексоны - это полидентатные лиганды, являющиеся производными:

- А. полиаминополикарбоновых кислот;
- В. высших жирных кислот;
- С. ненасыщенных органических кислот;
- Д. остатков минеральных кислот;
- Е. фенолокислот.

Укажите, какое соединение образуется при действии избытка щелочи (гидроксида калия) на гидроксид алюминия. Составьте уравнение реакции ее получения.

- А. гексагидроксоалюминат (III) калия;
- В. пентагидроксоалюминат (III) калия;
- С. алюминат калия;
- Д. гексагидроксоалюминат (III) натрия;
- Е. алюминат натрия.

ЗАДАЧИ

1) В комплексных ионах $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]^-$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]^{2+}$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$, $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NH}_3)_4]^{3+}$, $[\text{HgI}_4]^{2-}$, определить ион-

комплексообразователь, лиганды, координационное число и степень окисления центрального атома.

2) Записать в виде комплексных соединений кобальта эмпирические формулы состава: $\text{CoCl}_3 \times 3\text{NH}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$, $3\text{NaNO}_2 \times \text{Co}(\text{NO}_2)_3$, $2\text{KNO}_2 \times \text{NH}_3 \times \text{Co}(\text{NO}_2)_3$, $\text{KCN} \times \text{Co}(\text{CN})_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_3 \times 4\text{H}_2\text{O}$. Координационное число кобальта (III) равно шести. Составить уравнение диссоциации этих соединений.

3) Определить степень окисления комплексного иона в соединениях: $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]$, $[\text{Pb}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$, $\text{H}_2[\text{PtCl}_4(\text{OH})_2]$, $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]\text{Cl}$, $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4](\text{NO}_3)_2$.

4) Написать выражение констант нестойкости для комплексных соединений: $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$, $\text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, $\text{H}_2[\text{CoCl}_4]$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$, $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]\text{NO}_3$, $\text{K}[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_5]$.

5) При действии нитрата на раствор комплексной соли $\text{CoCl}_3 \times 6\text{NH}_3$ осаждаются все хлорид-ионы, а при действии на раствор $\text{CoCl}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ только $\frac{2}{3}$ хлорид-ионы. Написать координационные формулы обеих солей, уравнения их диссоциации и выражение констант нестойкости комплексных ионов.

6) Составить формулы комплексных соединений: дитиосульфатоаргентат (I) натрия, нитрит тиоцианатопентааминкобальт (II), дигидроксотетрахлороплатинат (IV) калия, хлорид гексааквахром (III), триоксалатоманганат (III) калия, бромид трибромоаминпаладий (IV), бромопентанитроферат (III) калия.

7) Вычислить концентрацию ионов Ag^+ в 0,01 М растворах $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ и $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ (значение $K_{\text{нест}}$ соответственно равны $5,8 \times 10^{-8}$ та $1,4 \times 10^{-20}$).

8) Вычислить концентрацию ионов Hg^{2+} в 0,01 М растворе $\text{K}_2[\text{Hg}(\text{CN})_4]$, содержащий в избытке 1 моль NaCN ($K_{\text{нест}} = 4 \times 10^{-41}$).

ЭТАЛОНЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример №1.

В комплексном ионе $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ определить ион-комплексообразователь, лиганды, координационное число и степень окисления центрального атома.

Решение.

Комплексообразователем в комплексном ионе является Cu^{2+} , лигандами – NH_3 . Поскольку лиганды монодентатны, каждая образует по одной связи с центральным атомом, то координационное число равно 4. Степень окисления центрального атома определяем, исходя из того, что лиганды электронейтральные (в данном случае), то есть общий заряд молекулы аммиака равен нулю, а отсюда степень окисления центрального атома равна +2.

Пример №2.

Записать в виде комплексного соединения железа эмпирическую формулу состава $3\text{KCN} \times \text{Fe}(\text{CN})_3$. Координационное число железа (III) равно шести. Назвать соединение.

Решение.

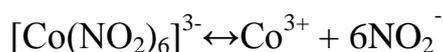
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ - гексацианоферрат (III) калия.

Пример №3.

Написать выражение константы нестойкости для соединения $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ -

Решение.

Вторичной диссоциации соответствует уравнение:



Константа нестойкости описывает вторичную диссоциацию и имеет выражение:

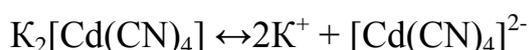
$$K_{\text{нест}} = \frac{[\text{Co}^{3+}][\text{NO}_2^-]^6}{[[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}]}$$

Пример №4.

Вычислить концентрацию ионов Cd^{2+} в 1 л 0,01 М раствора $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$, содержащий в избытке 1 моль калий цианида ($K_{\text{нест}} = 1,4 \times 10^{-9}$).

Решение.

Как сильный электролит $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$ диссоциирует по первой ступени полностью:



Поэтому концентрация ионов $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$ в растворе равна концентрации самой соли (0,01 моль). Вторичная диссоциация характеризуется константой нестойкости и протекает очень незначительно, поэтому концентрацию ионов CN^- в растворе можно принять равной концентрации цианид-ионов, обусловленной присутствием в растворе соли KCN , т.е. 1 моль. Тогда:

$$K_{\text{нест}} = \frac{[\text{Cd}^{2+}][\text{CN}^-]^4}{[[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}]}$$

$$1,4 \times 10^{-19} = \frac{[\text{Cd}^{2+}] \times 1^4}{0,01}$$

откуда $[\text{Cd}^{2+}] = 1,4 \times 10^{-21}$ моль/л.

Ответ: концентрация ионов Cd^{2+} равна $1,4 \times 10^{-21}$ моль/л.

Пример №5.

При действии нитрата на раствор комплексной соли $\text{PtCl}_3 \times 3\text{NH}_3$ осаждается 1/4 хлорид-ионов. Написать координационную формулу комплексной соли.

Решение.

Поскольку AgNO_3 может осаждасть только хлорид-ионы внешней сферы, то во внешнюю сферу входит только $1/4$ хлорид-ионов. Комплексное соединение имеет формулу $-\text{[Pt(NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$.

Рекомендуемая литература

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия М Высшая школа, 2002.
2. Біонеорганічна, фізична, колоїдна і біоорганічна хімія. Вибрані лекції, навч посібник /Л.О. Гоцуляк, О.О. Мардашко, С.Г. Єригова - Одеса: Одес. держмедун-т, 1999.
3. Глинка Н.Л.Общая химия -М.: Интеграл-Пресс, 2000.
4. Григор'єва В.В. Самійленко В.М., Сич А.М.Загальна хімія К.: Вища школа, 1991.
5. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.Си др. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов М.: Высшая школа, 1993.
6. КалібабчукВ.О., Грищенко Л.І., ГалинськаВ.І. Медична хімія. -К.: Інтермед, 2006
7. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия, 1981
8. Мороз А.С., Луцевич Д.Д., Яворська Л.П. Медична хімія. Вінниця. Світ, 2006.
9. Миронович Л.М., Мардашко О.О. Медична хімія. - К.: Каравела, 2007.
- 10.Основы аналитической химии. Под ред. Ю.А. Золотова. Т.1, Т.2. - М.: Высшая школа, 2002
- 11.Пономарев В.Д. Аналитическая химия. - М.: Медицина, 1982