

**Московский государственный университет имени М.В.
Ломоносова
Химический факультет**

*Утверждено методической
комиссией кафедры
неорганической химии химического
факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова*

**ВОПРОСЫ БАЗОВОГО УРОВНЯ
К КОЛЛОКВИУМАМ
ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Часть II

**Методическое пособие по неорганической химии
для студентов I курса
химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова**

Москва, 2010

Вопросы для настоящего пособия составлены преподавателями кафедры неорганической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова на основе многолетнего опыта. Вопросы базируются на материале, который рассматривается студентами 1 курса на лекциях и семинарах по неорганической химии, а также практических занятиях. Для систематизации материала и облегчения восприятия, вопросы представлены отдельными главами. Каждая глава обычно посвящена одной группе периодической таблицы. Перечисленные вопросы являются минимальными требованиями к студентам для сдачи коллоквиумов по соответствующим темам и получению минимальной оценки за данный вид деятельности. Авторы благодарят проф. П.Е. Казина и доц. Е.В. Карпову за помощь в подготовке сборника к изданию.

Составители: к.х.н., доц. Е.И. Ардашникова, к.х.н., доц. Г.Н. Мазо, к.х.н., доц. М.Е. Тамм, д.х.н., проф. А.В. Шевельков.

Под редакцией д.х.н., проф. А.В. Шевелькова

ВОПРОСЫ К ТЕМЕ «ЭЛЕМЕНТЫ 1 ГРУППЫ»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 1 группы? Как изменяются первые потенциалы ионизации в ряду Li – Na – K – Rb – Cs? Какие степени окисления проявляют эти элементы?
2. Как в ряду Li – Na – K – Rb – Cs изменяются атомный и ионный радиусы?
3. Как в ряду Li – Na – K – Rb – Cs изменяется радиус гидратированного иона? Нарисуйте зависимость стандартного электродного потенциала от порядкового номера элемента в водном растворе.
4. В виде каких соединений щелочные металлы встречаются в природе? Приведите основные реакции, протекающие в процессе получения металлического Na (Li)? Как на практике получают K и более тяжелые металлы?
5. Соединения какого состава образуются при сгорании щелочных металлов на воздухе или в кислороде? От чего зависит их состав? Из каких структурных единиц построены эти соединения?
6. Напишите уравнения реакций получения K_2O , K_2O_2 , KO_2 , KO_3 . Как эти соединения реагируют с водой и с CO_2 ?
7. Приведите уравнения реакций, лежащих в основе методов получения растворов щелочей? Как можно получить безводную щелочь?
8. Приведите уравнения реакций получения карбоната натрия по методу Сольвэ и по методу Леблана. Почему метод Сольвэ нельзя использовать для получения $KHCO_3$?
9. Приведите примеры малорастворимых солей лития, натрия, калия, рубидия, цезия? В чем причина их низкой растворимости?
10. Приведите примеры комплексных соединений щелочных металлов. Из каких структурных единиц построена кристаллическая структура глауберовой соли?

11. Как изменяется устойчивость аквакомплексов и комплексов с полидентатными лигандами в ряду $\text{Li} - \text{Na} - \text{K} - \text{Rb} - \text{Cs}$?

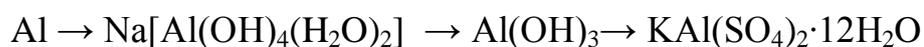
ВОПРОСЫ К ТЕМЕ «ЭЛЕМЕНТЫ 2 ГРУППЫ И АЛЮМИНИЙ»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 2 группы и алюминия? Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите примеры соединений.
2. Как меняются по группе Be – Mg – Ca – Sr – Ba а) радиусы атомов, б) первые ионизационные потенциалы?
3. В виде каких соединений встречаются Be, Mg, Ca, Al в природе? Как получают эти металлы в промышленности? Напишите уравнения соответствующих реакций.
4. В каких кислотах можно растворить Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Al? Какие из этих металлов растворяются в растворах щелочей? Напишите уравнения соответствующих реакций. Как меняется активность металлов по ряду Be – Mg – Ca – Sr – Ba?
5. Свойства гидроксидов $\text{Э}(\text{OH})_2$ по ряду Be – Mg – Ca – Sr – Ba меняются от амфотерных до основных. Для подтверждения предложенной закономерности, приведите примеры реакций.
6. Приведите примеры малорастворимых соединений элементов 2 группы и алюминия. Какие из них растворяются в кислотах?
7. Как распознать (используя минимальное количество реакций) содержимое трех пробирок, если в каждой из них находится по одной бесцветной соли: BeCl_2 , BaCl_2 , AlCl_3 ?
8. Какими способами получают безводные хлориды элементов 2 группы и алюминия? Напишите уравнения соответствующих реакций.
9. Предложите несколько способов перевода BeO , MgO и Al_2O_3 в растворимые соединения.
10. Напишите формулу алюмокалиевых квасцов. Какие продукты образуются при их гидролизе, какой становится среда? Каким способом можно усилить гидролиз? Как можно подавить гидролиз?

11. Напишите химическую формулу дикарбонатобериллата аммония.

Укажите состав и заряд комплексной частицы, координационное число центрального атома. Приведите примеры других комплексных соединений элементов 2 группы. Как меняется устойчивость комплексных соединений по группе от Be до Ba?

12. Напишите уравнения реакций, используя для каждого превращения минимальное число стадий, укажите условия их проведения:



ВОПРОСЫ К ТЕМЕ «ЭЛЕМЕНТЫ 4 И 5 ГРУППЫ»

1. Напишите электронные конфигурации атомов элементов 4 и 5 группы. Какие степени окисления проявляют эти элементы? Как изменяются атомные радиусы в рядах Ti – Zr – Hf, V – Nb – Ta? Почему плотность металлического Hf в два раза превышает плотность Zr?
2. Как изменяется относительная устойчивость соединений с низкими степенями окисления в ряду Ti – Zr – Hf? Ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций.
3. Какие координационные числа характерны для элементов 4 группы? Приведите примеры комплексов Ti(III), Ti(IV) и Zr(IV), существующих в твердой фазе и в растворе.
4. В виде каких соединений Ti, Zr, Hf встречаются в природе? Способы получения металлов.
5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно перевести TiO_2 в растворимые соединения титана.
6. Напишите уравнения реакций взаимодействия титана с соляной кислотой и со смесью азотной и плавиковой кислот.
7. Объясните различную окраску хлоридных растворов Ti(III) и Ti(IV) используя ТКП.
8. Почему тетрахлорид титана «дымит» во влажном воздухе? Напишите уравнения реакции, объясняющей это явление.
9. Как обнаружить присутствие соединений титана в растворе?
10. Какие степени окисления проявляет ванадий? Приведите примеры соединений. Какие координационные числа характерны для элементов 5 группы?
11. Почему ванадий, ниобий и тантал относят к рассеянным элементам? Как можно получить ванадий из V_2O_5 ?

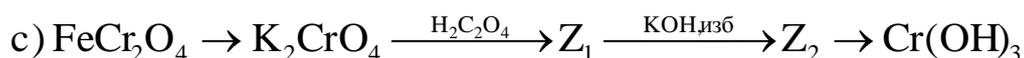
12. Какие хлориды получаются в результате взаимодействия ванадия, ниобия и тантала с газообразным хлором? Напишите уравнения реакций.
13. Как последовательно изменяется цвет раствора при взаимодействии ванадата натрия с цинком в кислой среде? Напишите уравнения соответствующих реакций.
14. Напишите реакции взаимодействия VCl_2 , VCl_3 , $VOCl_2$, $VOCl_3$ со щелочью. Как изменяются кислотно-основные свойства в ряду V(II) – V(III) – V(IV) – V(V)?
15. Напишите уравнения следующих реакций и укажите условия их протекания:



ВОПРОСЫ К ТЕМЕ «ЭЛЕМЕНТЫ 6 ГРУППЫ»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 6 группы? Какие степени окисления они имеют? Приведите примеры соответствующих соединений Cr, Mo, W.
2. Укажите, как меняются по группе: а) радиусы атомов, б) первые потенциалы ионизации, в) координационные числа, г) температуры плавления простых веществ.
3. Как меняется активность металлов по ряду Cr – Mo – W? Какие кислоты растворяют эти металлы? Напишите уравнения реакций хрома с растворами хлороводородной и азотной кислот.
4. Как меняется устойчивость соединений Cr, Mo, W в степенях окисления II и III? Обсудите особенности строения $\text{Cr}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
5. Как меняется устойчивость соединений Cr, Mo, W высших степеней окисления? Для подтверждения Вашего утверждения для соединений Cr(VI), Mo(VI) и W(VI) напишите реакции: а) взаимодействия с H_2S в среде раствора аммиака, б) взаимодействия с Zn в среде концентрированного раствора HCl.
6. Как меняются кислотно-основные свойства соединений в ряду Cr(II) – Cr(III) – Cr(VI)? Напишите уравнения реакций взаимодействия карбоната натрия с растворами а) CrCl_2 , б) CrCl_3 , в) CrO_3 .
7. Нарисуйте энергетическую диаграмму расщепленных *d*-орбиталей и распределение электронов (ТКП) для гексааквакомплексов Cr^{+2} и Cr^{+3} . Сравните для этих комплексов: а) величину расщепления (Δ_0), б) термодинамическую устойчивость (ЭСКП), в) кинетическую устойчивость (лабильность, инертность), г) магнитный момент (мБ). Что изменится в строении этих комплексов, если воду заменить цианид-ионом?

8. По данным химического анализа соединение содержит 19.5 масс % Cr, 40.0 масс % Cl, 4.5 масс % H, 36.0 масс % O. Изобразите строение всех изомеров этого вещества.
9. Рассмотрите диаграмму Латимера для хрома и обсудите окислительно-восстановительные свойства соединений хрома в степенях окисления +2, +3, +6. В каких условиях, и какими реагентами можно восстановить и окислить Cr(III) в растворе? Напишите уравнения реакций. Каковы продукты восстановления Cr(VI) в кислой, щелочной среде и при сплавлении?
10. При растворении металлического хрома в соляной кислоте сначала образовался голубой раствор, который со временем превратился в зеленый. При добавлении к этому раствору избытка щелочи выпавший в начале сизый осадок растворился с образованием ярко-зеленого раствора. После приливания к полученному раствору избытка бромной воды раствор приобрел желтую окраску, которая переходит в оранжевую при подкислении. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
11. Напишите реакцию восстановления дихромата калия сернистым газом в кислой среде. Определите возможность протекания этой реакции при pH=5, если для pH=0 $E^{\circ}(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,33\text{В}$, $E^{\circ}(\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{SO}_3) = 0,17\text{В}$, а активности всех остальных участников реакции равны единице.
12. Напишите уравнения химических реакций, укажите условия их проведения:



ВОПРОСЫ К ТЕМЕ «ЭЛЕМЕНТЫ 7 ГРУППЫ»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 7 группы? Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите примеры соответствующих соединений Mn и Re. Какие координационные числа характерны для этих элементов?
2. Как меняются по группе Mn – Tc – Re а) радиусы атомов, б) первые ионизационные потенциалы?
3. В виде каких соединений встречается марганец в природе? Напишите уравнения реакций получения металлического марганца: а) методом алюмотермии (из пиролюзита MnO_2), б) электролитическим методом (из $MnSO_4$).
4. Как меняется активность металлов в ряду Mn – Tc – Re по отношению к кислотам? Напишите уравнения реакций:



5. Напишите уравнения приведенных реакций:

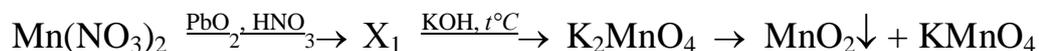


Используя эти примеры, назовите наиболее сильный окислитель среди анионов MO_4^- ($M = Mn, Tc, Re$) и укажите, как меняется устойчивость соединений элементов в высших степенях окисления в ряду Mn – Tc – Re?

6. Напишите уравнения реакций взаимодействия MnO , MnO_2 , K_2MnO_4 и $KMnO_4$ с соляной кислотой. Для уравнивания ОВР используйте электронно-ионный баланс. Какие из этих реакций используются как лабораторные методы получения хлора?

7. Что происходит при добавлении к раствору, содержащему перманганат-ион, раствора щелочи? Как меняется окраска раствора? Какой газ выделяется? Напишите уравнение реакции.

8. Напишите уравнения реакций следующих превращений, укажите условия их проведения:



9. При взаимодействии KMnO_4 с $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в присутствии $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в водном растворе образуется триоксалатоманганат (III) калия. Напишите уравнение реакции. Для образовавшегося октаэдрического комплексного иона:

а) укажите полную электронную конфигурацию центрального иона ($1s^2 2s^2 \dots$);

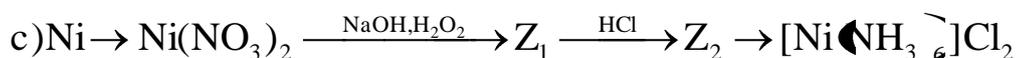
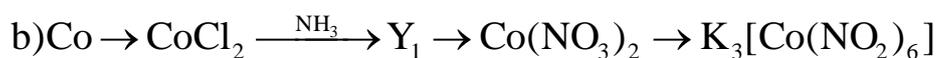
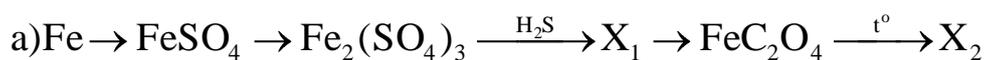
б) изобразите на диаграмме расщепленных d -орбиталей центрального иона (ТКП) распределение электронов и рассчитайте энергию стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП), учитывая, что $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ - лиганд слабого поля;

в) рассчитайте эффективный магнитный момент (в магнетонах Бора) для $[\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$.

ВОПРОСЫ К ТЕМЕ «ЭЛЕМЕНТЫ ТРИАДЫ ЖЕЛЕЗА»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов Fe, Co, Ni? Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите пример соответствующих соединений.
2. В виде каких соединений встречается железо в природе? Как из них можно получить металл? Чем он может быть загрязнен?
3. Укажите, как меняются в периоде: а) радиусы атомов, б) первые потенциалы ионизации.
4. Рассмотрите диаграмму Латимера для Fe, Co, Ni и скажите:
 - 1) Как меняется восстановительная способность металлов? Приведите примеры реакций этих металлов с концентрированной и разбавленной кислотами (HCl, H₂SO₄, HNO₃).
 - 2) Двухзарядный ион какого металла легче окислить? Напишите уравнения реакций взаимодействия соединений Fe²⁺, Co²⁺, Ni²⁺ с: а) кислородом и б) бромной водой в щелочной среде.
 - 3) Соединения Fe³⁺ или Co³⁺ являются более сильными окислителями? Напишите уравнения реакции Fe(OH)₃ и Co(OH)₃ с раствором: а) хлороводородной кислоты, б) азотной кислоты.
 - 4) Напишите уравнения реакции Co(OH)₃ и K₂FeO₄ с раствором серной кислоты.
5. Нарисуйте энергетическую диаграмму расщепленных *d*-орбиталей и распределение электронов (ТКП) для цианидных комплексов Fe²⁺ и Fe³⁺. Рассчитайте их магнитный момент. Сравните для этих комплексов:
 - а) величину расщепления (Δ_o), б) ЭСКП (термодинамическую устойчивость), в) кинетическую устойчивость (лабильность, инертность). Что изменится в строении этих комплексов, если цианид-ион заменить фторид-ионом?

6. Для комплексного иона $[\text{Co}(\text{en})_2\text{Br}_2]^+$ изобразите все пространственные изомеры (en - это $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{CH}_2\text{-NH}_2$).
7. Нарисуйте энергетическую диаграмму расщепленных d -орбиталей и распределение электронов (ТКП) для аквакомплекса Co^{+2} и цианидного комплекса Co^{+2} . Сравните для этих комплексов: а) величину расщепления (Δ_0), б) ЭСКП (термодинамическую устойчивость), в) магнитный момент (мБ).
8. Значение pH раствора FeCl_2 больше, чем раствора FeCl_3 . Объясните это явление с точки зрения кислотно-основных взаимодействий. Что можно сказать об изменении кислотно-основных свойств в ряду $\text{Fe(II)} - \text{Fe(III)} - \text{Fe(VI)}$?
9. Какие бинарные соединения железа и серы вы знаете? Можно ли осадить сульфид железа сероводородом? Качественно (без численных выкладок) объясните это с помощью понятий Pr и $K_a(\text{H}_2\text{S})$.
10. Каковы качественные реакции на ионы Fe^{2+} и Fe^{3+} ? Напишите уравнения реакций. Как можно различить растворы солей Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} ?
11. Напишите уравнения химических реакций, укажите условия их проведения:

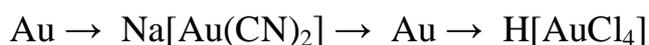


ВОПРОСЫ К ТЕМЕ «ЭЛЕМЕНТЫ 11 ГРУППЫ»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 11 группы? Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите примеры соответствующих соединений.
2. Как меняются по группе Cu – Ag – Au а) радиусы атомов, б) первые ионизационные потенциалы? Почему у элементов 11 группы радиусы атомов меньше, чем у соответствующих щелочных металлов, а ионизационные потенциалы значительно выше? Сопоставьте характер связи (ионный, ковалентный?) в хлоридах элементов 1 и 11 групп. Как это проявляется в их свойствах, какие хлориды более легкоплавки?
3. В виде каких соединений встречаются элементы 11 группы в природе? Как получают соответствующие металлы в промышленности? Напишите уравнения основных соответствующих реакций.
4. В каких кислотах можно растворить Cu, Ag, Au? Напишите уравнения соответствующих реакций. Почему эти металлы в стандартных условиях не растворяются в соляной кислоте? Как меняется активность металлов по ряду Cu – Ag – Au?
5. Будет ли металлическое железо вытеснять медь из солей Cu^{2+} , металлическая медь – железо из солей Fe^{3+} ? Напишите уравнения соответствующих реакций.
6. Как получить гидроксид меди (II)? Можно ли для этого использовать: а) раствор аммиака, б) раствор NaOH? В чем растворяется гидроксид меди(II)? Можно ли для этого использовать: а) раствор аммиака, б) концентрированный раствор NaOH, в) раствор соляной кислоты? Проявляет ли $\text{Cu}(\text{OH})_2$ амфотерные свойства? Напишите уравнения соответствующих реакций.
7. Как, исходя из CuCl_2 , получить CuCl ? В чем можно растворить CuCl ? Объясните, почему при разбавлении водой солянокислого раствора

хлорида меди (I) выпадает белый осадок. Напишите уравнения соответствующих реакций.

8. При пропускании в синий раствор $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]\text{SO}_4$ бесцветного газа H_2S выделяется черный осадок. Напишите уравнение соответствующей реакции.
9. Приведите примеры не растворимых в воде соединений серебра. Обсудите условия перевода их в растворимое состояние. Напишите уравнения соответствующих реакций.
10. Получите Ag_2O_2 из AgNO_3 . Какие степени окисления проявляет серебро в этих соединениях? Напишите уравнения соответствующих реакций и условия их проведения.
11. Напишите уравнения реакций следующих превращений, укажите условия их проведения:



12. Нарисуйте энергетическую диаграмму расщепления d -орбиталей и распределение электронов центрального атома иона $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ (электронная конфигурация d^9). Почему этот ион окрашен, а Cu^+ (электронная конфигурация d^{10}) в CuCl - бесцветен?

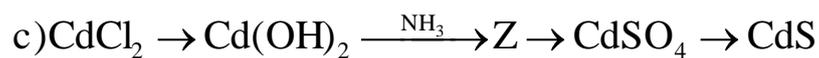
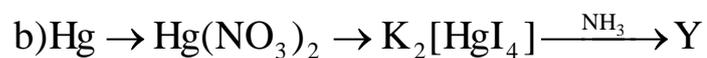
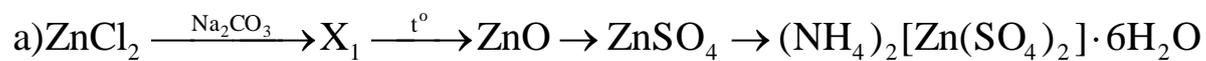
ВОПРОСЫ К ТЕМЕ «ЭЛЕМЕНТЫ 12 ГРУППЫ»

1. Какова электронная конфигурация атомов элементов 12 группы? Какие степени окисления они имеют? В чем заключается особое положение Zn, Cd и Hg в семействе переходных металлов?
2. Как изменяется активность металлов в ряду Zn – Cd – Hg? Какие из этих металлов растворяются в хлороводородной кислоте? В чем можно растворить ртуть?
3. Гидроксид цинка – амфотерное основание. Приведите примеры реакций, подтверждающих это утверждение.
4. Приведите примеры комплексных соединений цинка и кадмия. Каковы координационные числа центральных атомов и геометрия комплексов?
5. Приведите примеры соединений, содержащих Hg_2^{2+} , которые устойчивы при нормальных условиях? Что происходит при взаимодействии нитрата ртути (I) с: а) NaOH, б) H_2S , в) $NH_3 \cdot H_2O$?
6. а) При растворении в воде нитрата ртути (II) раствор становится мутным, а нитрата кадмия – нет. Объясните это явление с точки зрения кислотно-основных взаимодействий.
б) Значение pH раствора $ZnCl_2$ меньше, чем раствора $CdCl_2$. Объясните это явление с точки зрения кислотно-основных взаимодействий.
в) Что можно сказать об изменении силы оснований в ряду $Hg(II)$ – $Cd(II)$ – $Zn(II)$?
7. Как меняется растворимость сульфидов элементов 12 группы? Какие сульфиды можно осадить сероводородом в кислой среде? Качественно (без численных выкладок) объясните это с помощью понятий P_r и $K_a(H_2S)$. В чем можно растворить сульфид ртути?
8. При взаимодействии хлорида ртути (II) с аммиаком может получиться либо $HgNH_2Cl$, либо $Hg(NH_3)_2Cl_2$. Какие условия необходимы для получения этих соединений, каково их строение и какова их растворимость в воде?

9. Предложите способ выделения хлоридов цинка, кадмия и ртути из водного раствора, содержащего все три соли.

10. Предложите способ получения металлов 12 группы из их сульфидов.

11. Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:



ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ «КОМПЛЕКСЫ»

1. Что такое комплексные соединения? Дайте определения понятиям «лиганд», «координационная сфера» и «координационное число».
2. Назовите основные типы изомерии? Приведите примеры оптических и гидратных изомеров.
3. Приведите примеры цис-транс изомеров в квадратном и октаэдрическом комплексах и гран-ос изомеров в октаэдрическом комплексе.
4. Назовите приведенные ниже комплексы по номенклатуре ИЮПАК: $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$, $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]^{2+}$.
5. Приведите химические формулы указанных ниже соединений: пентахлороникелат(II), гексаакваванадий(III), гексацианоферрат(III) калия.
6. Приведите электронную конфигурацию элементов в соответствующих степенях окисления, продолжая её за конфигурацией благородного газа: Cr^{2+} , Cu^{2+} , Nb^{4+} , W^{6+} .
7. Приведите электронное строение комплекса $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ с точки зрения МВС и укажите формальный тип гибридизации.
8. Объясните, чем различаются внутриорбитальный и внешнеорбитальный комплексы с точки зрения МВС. Приведите примеры соответствующих комплексов.
9. Перечислите основные положения ТКП.
10. Нарисуйте диаграмму расщепления d -орбиталей в полях октаэдрической и тетраэдрической симметрии.
11. Постройте диаграммы расщепления d -орбиталей для комплексных ионов $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-}$ и $[\text{CoF}_6]^{4-}$.
12. Что такое энергия стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП)? Как она рассчитывается для октаэдрических и тетраэдрических комплексов d -металлов? Приведите примеры.

13. Нарисуйте диаграмму расщепления d -орбиталей Mn^{2+} в ионах $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$ и $[Mn(CN)_6]^{4-}$ и определите $\mu_{эфф}$ комплексных ионов.
14. Что такое термодинамическая устойчивость комплексов? Как связана термодинамическая устойчивость комплексов с ЭСКП?
15. Что такое лабильные и инертные комплексы? Приведите по одному примеру из каждой группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Е. Тамм, Ю.Д. Третьяков. Неорганическая химия. Т. 1. Физико-химические основы неорганической химии. - М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 240 с.
2. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Неорганическая химия. Т. 2. Химия непереходных элементов. Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 368 с.
3. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Неорганическая химия. Т. 3. Химия переходных элементов. Кн. 1. Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр «Академия», 2007. - 352 с.
4. А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов. Неорганическая химия. Т. 3. Химия переходных элементов. Кн. 2. Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр «Академия», 2007. - 400 с.
5. Н.С. Ахметов. Общая и неорганическая химия. – М.: Высш.школа. 2001
6. Практикум по неорганической химии. Под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 384 с.
7. Е.И. Ардашникова, Г.Н. Мазо, М.Е. Тамм. Сборник задач по неорганической химии. Под ред. Ю.Д. Третьякова. М.: Изд. центр «Академия», 2008. - 208 с.
8. Ю.М. Коренев, А.Н. Григорьев, Н.Н. Желиговская, К.М. Дунаева. Задачи и вопросы по общей и неорганической химии с ответами и решениями. – М.: Мир. 2004.
9. Ю.Д. Третьяков, Л.И. Мартыненко, А.Н. Григорьев, А.Ю. Цивадзе. Неорганическая химия. Химия элементов. Учебник в 2 томах. - М.: ИКЦ «Академкнига». 2007.
10. Ф. Коттон, Дж. Уилкинсон. Современная неорганическая химия: в 3 т. – М.: Мир. 1969.