

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического
факультета, профессор РАН



/С.С. Кар-
лов/

«30» августа 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОС)

для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):

Неорганическая химия

Уровень высшего образования:

Специалитет

Направление подготовки (специальность):

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль) ОПОП:

Аналитическая химия, Биохимия и биотехнология, Медицинская химия,
Молекулярная биология и биоорганическая химия, Нефтехимия,
Органическая химия, Радиохимия, Теория и методика обучения химии,
Физическая химия, Химия неорганических веществ и материалов, Химия и
технология композиционных и полимерных материалов, Экологическая
химия и экоадаптивные технологии

Форма обучения:

очная

ФОС рассмотрен и одобрен
Учебно-методической комиссией факультета
(протоколы №16 от 07.06.2023, №23 от 25.03.2025 г.)

Москва 2025

Фонд оценочных средств по дисциплине Неорганическая химия разработан в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019, № 609 от 10 июня 2021 года, № 700 от 29 мая 2023 года, № 1108 от 30 августа 2024 года, № 476 от 07 апреля 2025 года, решения Ученого совета МГУ от 25 апреля 2023 года).

1. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) Неорганическая химия

Компетенция	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>ОПК-1 (на уровне специалиста). Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов</p>	<p>ОПК-1.1. Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных</p>	<p>Знать: теоретические основы неорганической химии, включающие современные представления о строении атома, Периодический закон Д.И.Менделеева, модели химической связи в неорганических соединениях (кристаллы, молекулярные структуры и комплексные соединения);</p> <p>Знать: основные свойства химических элементов и их соединений, закономерности в изменении этих свойств;</p> <p>Знать: методы получения неорганических веществ, в том числе из природных объектов, и иметь представление об их роли в современном мире;</p> <p>Знать: базовые представления химической термодинамики и кинетики, химического равновесия, кислотно-основных и окислительно-восстановительных процессов</p>
	<p>ОПК-1.3. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии</p>	<p>Уметь: использовать теоретические модели для обоснования строения и реакционной способности неорганических соединений;</p> <p>Уметь: интерпретировать результаты синтетических работ в области неорганической химии на основе знаний теоретических основ неорганической химии</p>
	<p>ОПК-1.4. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности</p>	<p>Уметь: формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных и собственных экспериментальных данных в области неорганической химии</p>
<p>ОПК-2 (на уровне специали-</p>	<p>ОПК-2.1. Работает с химически-</p>	<p>Знать: правила техники безопасности при работе в химической</p>

<p>тета). Способен проводить химический эксперимент с соблюдением норм безопасного обращения с химическими материалами, адекватно оценивая возможные риски с учетом свойств веществ</p>	<p>ми веществами с соблюдением норм техники безопасности</p>	<p>лаборатории Уметь: работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p>
	<p>ОПК-2.2. Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик</p>	<p>Знать: стандартные приемы синтеза неорганических веществ и материалов Уметь: проводить синтез неорганических веществ и материалов по заданной методике Уметь: пользоваться стандартным оборудованием химической лаборатории при решении учебных задач курса неорганической химии</p>
	<p>ОПК-2.С. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе</p>	<p>Знать: теоретические основы методов определения химического и фазового состава неорганических веществ и материалов Уметь: корректно интерпретировать результаты определения химического и фазового состава неорганических веществ и материалов Владеть: стандартными инструментальными методами исследования неорганических веществ и материалов</p>
<p>ОПК-3 (на уровне специалиста). Владеет методами регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании</p>	<p>ОПК-3.2. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений</p>	<p>Знать: требования к оформлению и представлению результатов синтетических работ в области неорганической химии Владеть: навыками оформления протоколов неорганического синтеза</p>
	<p>ОПК-3.3. Оценивает возможные источники ошибок при проведении эксперимента и корректность полученных данных</p>	<p>Уметь: оценить выход целевого продукта при неорганическом синтезе, объяснить возможные причины его отличия от теоретически возможного</p>
<p>ОПК-7 (на уровне специалиста). Способен собирать, анализировать, обрабатывать и представлять информацию с использованием современных компьютерных технологий, общих и профессиональных баз данных.</p>	<p>ОПК-7.1 Использует современные компьютерные технологии при сборе информации химического профиля с использованием общих и профессиональных баз данных</p>	<p>Знать: основные базы данных химического профиля Уметь: корректно составлять поисковый запрос информации химического содержания Владеть: навыками работы с профессиональными базами данных химического профиля</p>

2. Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

2.1. Текущий контроль

- Контрольные вопросы (вопросы контрольных работ).

1. Напишите уравнения следующих химических превращений и укажите условия их проведения (приводится «цепочка» превращений соединений, в которой часть продуктов и реагирующих веществ скрыта).
2. В растворе присутствуют CoCl_2 , CuCl_2 , HgCl_2 . Предложите способ разделения указанной смеси солей и выделите кобальт в виде $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, медь и ртуть в форме любых соединений. Напишите уравнения всех предложенных Вами реакций.
3. Используя диаграммы Латимера (приводится соответствующая диаграмма),
 - а) вычислите величину константы равновесия процесса $[\text{AuCl}_2]^- \rightleftharpoons \text{Au}^+ + 2\text{Cl}^-$;
 - б) определите, будет ли окисляться $[\text{AuCl}_2]^-$ до $[\text{AuCl}_4]^-$ кислородом в стандартных условиях, если $E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1.23 \text{ В}$? Напишите уравнение возможной реакции в ионной форме. Ответ подтвердите расчетом значения $\Delta_r G^\circ_{298}$.
4. Смесь двух металлов А и В обработали раствором соляной кислоты. При этом образовался светло-зеленый раствор соли С, который отделили от металла В. При добавлении к полученному раствору С раствора H_2O_2 получается желто-коричневый раствор соли D. Если к раствору D прилить раствор KOH , то выпадает коричневый осадок E, который реагирует с бромом при нагревании с образованием красного осадка F. Осадок F растворяется в конц. соляной кислоте. При этом выделяется газ и образуется раствор D. Если к раствору D добавить насыщ. раствор $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$, то образуется зеленый раствор соединения I. Металл В растворяется при нагревании в конц. HNO_3 с образованием бесцветного раствора G. Если к этому раствору добавить раствор KI , то выпадает желтоватый осадок H, растворимый в насыщ. растворе $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Определите все неизвестные вещества. Напишите уравнения соответствующих реакций.
5. Даны два раствора Na_2CO_3 и NaHCO_3 одинаковой концентрации. Не проводя расчётов, обоснованно укажите pH какого раствора будет меньше.
6. Рассчитайте pH и степень гидролиза α водного 0.02 М раствора Na_2CO_3 предполагая, что протолитическая реакция протекает только по первой ступени. Для угольной кислоты $K_{a1} = 4.5 \cdot 10^{-7}$, $K_{a2} = 4.8 \cdot 10^{-11}$ при 25 °С. В реакции протолитического равновесия укажите сопряжённые пары кислот и оснований.
7. Определите массу осадка CaCO_3 ($\text{PP} = 3.8 \cdot 10^{-9}$), выпадающего при смешении 0.2 л 0.002 М раствора Na_2CO_3 и 300 мл 0.001 М раствора CaBr_2 . Гидролизом пренебречь, плотность всех растворов примите равной 1 г/мл.
8. Как изменяется способность благородных газов в ряду Ar, Kr, Xe реагировать со фтором? Для любого реально существующего фторида одного из указанных элементов запишите уравнение его взаимодействия с водой.

9. На рисунке (рисунок приведен) схематически представлены диаграммы Фроста для серы и селена при рН 0. а) Какая из этих диаграмм относится к сере, а какая к селену? Подтвердите ваш выбор сравнением окислительно-восстановительных свойств соединений в двух различных степенях окисления для каждого элемента. Приведите примеры соответствующих реакций в кислой среде. б) Отметьте на диаграмме приблизительно положение точек, соответствующих с.о. теллура -2 и $+6$. в) Используя диаграмму, определите в какой с.о., $+4$ или $+6$, сера является термодинамически более сильным окислителем? Ответ мотивируйте.

10. Постройте, соблюдая масштаб, схемы молекулярных орбиталей для частиц CN^+ и F_2 . 1) Укажите тип магнетизма частиц. 2) Вычислите порядок (кратность) связи в этих частицах. 3) Сравните длины связей $C-N$ в частицах CN^+ и CN ? Ответ обоснуйте. 4) Сравните ($<$, $>$, $=$) значения 1-ого потенциала ионизации иона CN^+ и атома углерода. Ответ поясните.

• Вопросы теоретического минимума (вопросы коллоквиумов).

1. Сформулируйте первый закон термодинамики. Запишите выражение I-го начала термодинамики.
2. Рассчитайте $\Delta_r H^\circ_{298}$ следующих реакций, используя табличные значения $\Delta_f H^\circ$ соответствующих веществ (указаны вещества и реакции).
3. Изобразите схему P-T фазовой диаграммы воды. Укажите на диаграмме: а) линии, соответствующие зависимости давления насыщенного пара над жидкостью, над твердым веществом; б) тройную точку; в) область существования твердой фазы. Какое равновесие осуществляется при T и P, соответствующих тройной точке? Что такое температура кипения, от каких факторов она зависит?
4. Возможно ли селективно окислить перманганатом калия хлорид-ионы в присутствии бромид-ионов? Возможно ли такое селективное окисление другим окислителем? Для ответа на вопрос используйте значения стандартных электродных потенциалов (приведены соответствующие данные).
5. Каково пространственное строение анионов оксокислот хлора $HClO$, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$? Назовите эти кислоты и их соли. Как меняется сила кислот в этом ряду кислот? Для какой соли, $KClO$ или $KClO_3$, значение рН растворов с одинаковой концентрацией будет больше и почему?
6. Какая из кислот, серная или сернистая, является более сильным окислителем? Ответ подтвердите примерами уравнений реакций.
7. Нарисуйте энергетическую диаграмму расщепленных d-орбиталей и распределение электронов (ТКП) для аквакомплексов Cr^{+2} и Cr^{+3} . Сравните для этих комплексов: а) величину расщепления (Δ_o), б) термодинамическую устойчивость (ЭСКП), в) кинетическую устойчивость (лабильность, инертность), г) магнитный момент (мБ). Что изменится в строение этих комплексов, если воду заменить цианид-ионом?
8. Напишите реакцию восстановления дихромата калия сульфитом калия в кислой среде. Определите возможность протекания этой реакции при рН=5, если для рН=0 $E^\circ(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}) = 1,33B$, $E^\circ(SO_4^{2-}/H_2SO_3) = 0,17B$, а все остальные активности равны единице.
9. Какие бинарные соединения железа и серы вы знаете? Можно ли осадить сульфид железа сероводородом? Качественно (без численных выкладок) объясните это с помощью понятий $PP(FeS)$ и $K_a(H_2S)$.

10. Получите Ag_2O_2 из AgNO_3 . Какие степени окисления проявляет серебро в этих соединениях? Напишите уравнения соответствующих реакций и условия их проведения.

- Образцы тестов.

Тест 1

Вопрос 1. В атмосфере какого окисла азота гаснет тлеющая лучинка?

- 1 NO
- 2 NO_2
- 3 N_2O

Ответ 1

Вопрос 2. Каков один из продуктов взаимодействия и сумма коэффициентов в правой части уравнения реакции $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{CuCl}_2$ в щелочной среде?

- 1 Cu 8
- 2 Cu 11
- 3 Cu_2O 17
- 4 Cu_2O 8

Ответ 3

Вопрос 3. Какое соединение образуется при взаимодействии белого фосфора с избытком раствора AgNO_3 ?

- 1 H_3PO_3
- 2 H_3PO_2
- 3 H_3PO_4
- 4 $(\text{HPO}_3)_x$

Ответ 3

Вопрос 4. Какое соединение образуется при взаимодействии раствора H_3PO_3 с AgNO_3 при нагревании ?

- 1 PH_3
- 2 H_3PO_4
- 3 Ag_3PO_4
- 4 H_3PO_2

Ответ 2

Вопрос 5. Какое соединение является наиболее сильным окислителем?

- 1 KBiO_3
- 2 NaH_2PO_4

- 3 Na_3AsO_4
- 4 $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$

Ответ 1

Вопрос 6. При какой температуре будет устойчива смесь NO_2 и N_2O_4 , в которой $P(\text{NO}_2) = P(\text{N}_2\text{O}_4) = 1$ атм? Необходимые термодинамические константы взять из `Практикума`.

- 1 46 °C
- 2 0 °C
- 3 100 °C
- 4 319 °C

Ответ 1

Вопрос 7. Напишите уравнение реакции $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ и подсчитайте сумму коэффициентов в правой части уравнения. Укажите продукт окисления Na_2HPO_3 .

- 1 5 P_2O_5
- 2 15 $(\text{HPO}_3)_n$
- 3 16 H_3PO_4
- 4 10 Na_2HPO_4

Ответ 3

Вопрос 8. Как меняются окислительные свойства высших кислородсодержащих кислот элементов VA группы (рассмотреть RedOx-пары NO_3^-/N_2 ; $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{P}_4$; $\text{H}_3\text{AsO}_4/\text{As}$; $\text{HSb}(\text{OH})_6/\text{Sb}$; $\text{Bi}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}/\text{Bi}$; $\text{pH}=0$).

- 1 $\text{Bi} > \text{N} > \text{As} > \text{Sb}$ приближенно равны P
- 2 $\text{N} > \text{P} > \text{As} > \text{Sb} > \text{Bi}$
- 3 $\text{N} > \text{Bi} > \text{As}$ приближенно равны $\text{Sb} > \text{P}$
- 4 $\text{Bi} > \text{N} > \text{P}$ приближенно равны $\text{As} > \text{Sb}$

Ответ 1

Тест 2

Вопрос 1. Какой из щелочных металлов является самым сильным восстановителем в водном растворе?

- 1 K
- 2 Cs
- 3 Li
- 4 Na

Ответ: 3

Вопрос 2. Какое соединение следует добавить к раствору BeCl_2 , чтобы умень-

	шить гидролиз ?	
1	HCl	
2	NaOH	
3	NaCl	
4	NH ₃	Ответ: 1
Вопрос 3.	Какой гидроксид проявляет амфотерные свойства?	
1	Be(OH) ₂	
2	Ba(OH) ₂	
3	Ca(OH) ₂	
4	Mg(OH) ₂	Ответ: 1
Вопрос 4.	Какой хлорид можно получить в кристаллическом виде упариванием его водного раствора?	
1	BeCl ₂ · 4H ₂ O	
2	CaCl ₂	
3	MgCl ₂ · 6H ₂ O	
4	CaCl ₂ · 6H ₂ O	Ответ: 4
Вопрос 5.	Какой из гидроксидов наиболее растворим в воде?	
1	Ba(OH) ₂	
2	Be(OH) ₂	
3	Mg(OH) ₂	
4	Al(OH) ₃	Ответ: 1
Вопрос 6.	Подсчитайте сумму коэффициентов в правой части уравнения при взаимодействии Na ₂ O ₂ с KI в водной среде.	
1	6	
2	8	
3	5	
4	10	Ответ: 5
Вопрос 7.	Рассчитать pH 0.01M раствора BeCl ₂ . K ₂ (Be(OH) ₂)= 5 · 10 ⁻¹¹	
1	3.5	
2	4.0	
3	2.0	
4	2.8	Ответ: 1
Вопрос 8.	Сколько граммов осадка выпадет при обработке 1 л насыщенного	

	раствора $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ($\text{PP} = 1.1 \cdot 10^{-11}$) 1 л 0,01М раствора $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$?	
1	0.0246	
2	0.0064	
3	0.0328	
4	0.041	Ответ: 1

• **Полный перечень вопросов к коллоквиумам.**

1. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Теплота и работа различного рода. Энтальпия. Стандартное состояние и стандартная энтальпия химических реакций. Энтальпия образования. Термохимические расчеты, основанные на законе Гесса. Второй закон термодинамики, его формулировки. Энтропия, её статистическое толкование. Зависимость энтропии от температуры. Стандартная энтропия. Изменение энтропии при фазовых переходах и химических реакциях. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Константа химического равновесия как мера глубины протекания процессов. Факторы, влияющие на величину константы равновесия. Принцип Ле-Шателье.

2. Фазовые равновесия. Основные понятия: компонент, фаза, степень свободы. Правило фаз Гиббса. Диаграмма состояния однокомпонентной системы. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем.

3. Представление об истинных и коллоидных растворах. Процессы растворения. Способы выражения состава растворов. Понятие о коллигативных свойствах растворов неэлектролитов и электролитов: давление насыщенного пара, понижение температуры замерзания (криоскопия), повышение температуры кипения (эбулиоскопия), осмос и осмотическое давление в неорганических и биологических системах. Кисотно-основное равновесие. Понятия "кислота" и "основание". Стандартный электродный потенциал. Ряд напряжений. Уравнение Нернста, связь константы равновесия со стандартными потенциалами. Ряды Латимера, диаграммы «вольт-эквивалент — степень окисления», ВЭ-СО (диаграммы Фроста).

4. Скорость химической реакции, ее зависимость от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок и молекулярность реакции. Константа скорости и ее зависимость от температуры. Уравнение Аррениуса. Понятие о гомогенном и гетерогенном катализе и аутокатализе.

5. Структура Периодической системы и ее связь с электронной структурой атомов. Периодичность в изменении величин радиусов, энергий ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности атомов в группе и по периоду. Периодичность в изменении свойств простых веществ и основных классов химических соединений (оксиды, гидроксиды, галогениды). Вертикальные, горизонтальные и диагональные аналогии в Периодической системе.

6. Основные типы химической связи. Характеристики химической связи в молекулах: энергия, длина, валентный угол, порядок (кратность) и полярность. Представление о гибридизации атомных орбиталей. Геометрия многоатомных молекул: модель Гиллепси на примере частиц H_2O , SF_4 , ICl_4 .

7. Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Метод МО ЛКАО. Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы двухатомных гомоядерных молекул, образованных элементами 1-го и 2-го периодов. Корреляции между порядком связи, энергией ионизации и магнитными свойствами на примере частиц O_2^+ , O_2 , O_2^- , O_2^{2-} .

8. Основные понятия химии комплексных соединений: центральный атом и его координационное число; лиганды, дентатность, донорный атом, внутренняя и внешняя координационные сферы. Изомерия комплексных соединений. Понятие о классификации комплексных соединений. Хелатный эффект.

9. Теория кристаллического поля (ТКП). Симметрия *d*-орбиталей. Изменение энергии *d*-орбиталей в сферическом, октаэдрическом и тетраэдрическом поле лигандов. Энергия стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП). Влияние на величину энергии расщепления природы центрального атома (заряда, радиуса, электронной конфигурации), природы, числа и расположения лигандов. Спектрохимический ряд.

10. Окраска и магнитные свойства комплексов. Эффект Яна—Теллера, тетрагональное искажение октаэдрических комплексов. Плоскоквадратные комплексы. Сравнение строения комплексных ионов $NiCl_4^{2-}$ и $[Ni(CN)_4]^{2-}$.

11. Элементы 1-й группы (Li, Na, K, Rb, Cs). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергий ионизации атомов. Диагональное сходство литий — магний. Получение и сравнение устойчивости соединений Li_2O_2 и Na_2O_2 ; Li_2O и Na_2O .

12. Элементы 2-й группы (Be, Mg, Ca, Sr, Ba). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергий ионизации атомов. Диагональное сходство бериллий - алюминий. Получение гидроксидов $M(OH)_2$ и сравнение их кислотно-основных свойств в ряду Be-Mg-Ca-Sr-Ba.

13. Элементы 13-й группы (B, Al, Ga, In, Tl). Закономерности в изменении электронной конфигурации, размеров атомов, энергий ионизации, сродства к электрону, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Химические способы разделения соединений алюминия и бериллия. Получение, строение, свойства диборана B_2H_6 .

14. Элементы 14-й группы (C, Si, Ge, Sn, Pb). Закономерности в изменении электронной конфигурации размеров атомов, энергий ионизации, сродства к электрону, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Кислородные соединения элементов 14-ой группы. Сопоставление строения и свойств CO_2 и SiO_2 .

15. Элементы 15-й группы (N, P, As, Sb, Bi). Закономерности в изменении электронной конфигурации, размеров атомов, энергий ионизации, сродства к электрону, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Сопоставление прочности одинарных (Э—Э), двойных (Э=Э) и тройных (Э≡Э) связей. Получение, сопоставление строения и свойств (кислотных, окислительной активности и термической устойчивости) HNO_2 и HNO_3 .

16. Элементы 16-й группы (O, S, Se, Te, Po). Закономерности в изменении электронной конфигурации, величин радиусов, энергии ионизации, сродства к электрону, характерных степеней окисления, электроотрицательности и координационных чисел атомов. Отличительные свойства кислорода, кратность связи и особенности катенации (образования гомоядерных цепей) в ряду O – S – Se – Te. Получение, сопоставление строения и свойств (кислотных, окислительной активности и термической устойчивости) H_2SO_3 и H_2SO_4 .

17. Элементы 17-й группы (F, Cl, Br, I). Закономерности в изменении электронной конфигурации, величин радиусов, энергий ионизации, сродства к электрону, характерных степеней окисления атомов. Особенности фтора. Межмолекулярные взаимодействия и физические свойства простых веществ. Строение и свойства (термодинамическая устойчивость, окислительные, кислотно-основные свойства) кислот и оксоанионов хлора по ряду Cl(I) — Cl(III) — Cl(V) — Cl(VII).

18. Элементы 3 группы (Y, Sc, La, Ac). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергий ионизации, характерных степеней окисления, координационных чисел атомов. Сопоставление строения и свойств одготипных соединений в ряду Y(III) — Sc(III) — La(III) (оксиды, гидроксиды, галогениды). Изменение кислотно-основных характеристик в указанном ряду. Способы получение металлов в промышленности.

19. Элементы 4-й группы (Ti, Zr, Hf). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергий ионизации, характерных степеней окисления, координационных чисел атомов. Сопоставление строения и свойств одготипных соединений в ряду Ti(IV) — Ti(III) — Ti(II) (оксиды, гидроксиды, галогениды). Комплексные соединения Ti.

20. Элементы 5-й группы (V, Nb, Ta). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергий ионизации, степеней окисления, координационных чисел атомов. Строение и химические свойства катионных и анионных форм соединений ванадия (V) в водном растворе. Получение и сопоставление окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств соединений V(II) – V (III) – V (IV) – V (V) в водном растворе.

21. Элементы 6-й группы (Cr, Mo, W). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергий ионизации, характерных степеней окисления, координационных чисел атомов. Кисотно-основные, окислительно-восстановительные свойства соединений хрома в ряду Cr (VI)—Cr (III)—Cr (II). Получение, сопоставление строения и свойств (кислотных свойств, термодинамической устойчивости и окислительной активности) оксидов ЭО₃ (Э=Cr, Mo, W).

22. Элементы 7-й группы (Mn, Tc, Re). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергий ионизации, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Кисотно-основные, окислительно-восстановительные свойства соединений марганца в ряду Mn(II)-Mn(III)-Mn(IV)-Mn(VI)-Mn(VII). Получение, сопоставление строения и свойств (термодинамической устойчивости, кислотно-основных, окислительно-восстановительных) соединений Mn (VII) – Tc (VII) – Re (VII).

23. 3d элементы 8-й, 9-й и 10-й групп (Fe, Co, Ni). Закономерности в изменении электронной конфигурации, радиусов, энергий ионизации, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Кисотно-основные, окислительно-восстановительные свойства гидроксидов M(OH)₂ и M(OH)₃ в ряду Fe-Co-Ni. Получение и сопоставление свойств (термодинамической устойчивости, кислотно-основных, окислительно-восстановительных) соединений Fe (II), Fe (III) и Fe (VI).

24. Элементы 11-й группы (Cu, Ag, Au). Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации, характерных степеней окисления и координационных чисел атомов. Термодинамическая устойчивость, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства оксидов и гидроксидов M(II), M=Cu и Ag. Получение, строение и диспропорционирование соединений Cu⁺.

25. Элементы 12-й группы (Zn, Cd, Hg). Закономерности в изменении электронных конфигураций, радиусов, энергий ионизации, характерных степеней окисления, координационных чисел атомов. Кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства гидроксидов $M(OH)_2$ в ряду Zn-Cd-Hg. Получение, строение и диспропорционирование соединений Hg_2^{2+} .

26. РЗЭ элементы. Лантаниды и актиниды. Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергий ионизации, характерных степеней окисления, координационных чисел атомов. Сопоставление строения и свойств одготипных соединений в ряду 4f и 5f элементов (оксиды, гидроксиды, галогениды). Способы разделения и получения металлов и их соединений в промышленности.

2.2. Самостоятельная работа

Варианты для самопроверки (домашние задания).

1. Напишите уравнения реакций следующих превращений, используя для каждого превращения минимальное число стадий. Для выделенной стадии составьте электронно-ионные уравнения полуреакций. (Приведена «цепочка» превращений химических веществ, в которой часть продуктов и реагирующих веществ скрыта.)

2. В четырех пробирках находятся сухие соли $CaCO_3$, NH_4Cl , $Pb(NO_3)_2$, Na_2S .

1) Используя минимальное число реактивов, распознайте химическим путем, что находится в каждой пробирке. Проведите идентификацию каждого вещества на основе характерных для него реакций. Напишите уравнения всех предложенных Вами реакций.

2) Сравните восстановительные свойства Na_2S и Na_2Se в водных растворах. Подтвердите Ваш вывод уравнениями реакций.

3) Определите pH 0.01M раствора NH_4Cl ($K_b(NH_3 \cdot H_2O) = 1.8 \cdot 10^{-5}$). Напишите уравнение реакции гидролиза в ионной форме.

3. На рисунке (приведен рисунок) представлен фрагмент p - T диаграммы серы (до $p=2$ атм).

1) Обозначьте на диаграмме фазовые поля.

2) Определите координаты тройной точки A , если известно, что температурная зависимость давления насыщенного пара над ромбической серой описывается уравнением $\lg p(\text{Па}) = 16.527 - 5172/T$, а над моноклинной $\lg p(\text{Па}) = 16.277 - 5080/T$.

3) Покажите на диаграмме точку кипения серы при 1 атм.

4) Пары серы нагрели до 700°C и резко охладили. Полученную серу растворили в CS_2 . Температура кипения раствора, содержащего 1.92 г серы в 100 г сероуглерода на 0.23°C выше, чем температура кипения чистого CS_2 ($E=2.29$). В то же время известно, что раствор ромбической серы такой же концентрации кипит на 0.172° выше, чем чистый сероуглерод. Объясните такое различие. Ответ подтвердите расчетом.

4. Черное кристаллическое вещество A реагирует с раствором H_2O_2 с образованием белого осадка. Взаимодействие 3.591 г вещества A с кислородом приводит к образованию твердого вещества B оранжевого цвета и 33.6 мл бесцветного газа C (подтвердите расчетом). Вещество B реагирует с раствором HNO_3 . При этом образуется темный осадок D и раствор вещества E , при добавлении к которому раствора KI наблюдается образование ярко-желтого раствора. Если к веществу D прилить конц. Раствор соляной кислоты, то выделяется

желто-зеленый газ. Газ **C** поглощается раствором NaOH. При этом образуется раствор соли **F**. Если к веществу **A** прилить раствор соляной кислоты, то выделяется резко пахнущий газ **G**, пропускание которого через водный раствор **C**, приводит к образованию желтоватого осадка **H**. Вещество **H** реагирует с раствором **F** при нагревании. При этом образуется раствор вещества **I**, обесцвечивающего иодную воду. Определите соединения **A-I** и напишите уравнения всех химических реакций.

5. Стандартная энтропия образования оксида азота (II) составляет 12.32 Дж/моль·К.

1) Определите, при каких температурах возможен синтез оксида азота (II) из простых веществ, если $E^\circ(\text{NO}_{(г.)}/\text{N}_{2(г.)})=1.68$ В и $E^\circ(\text{O}_{2(г.)}/\text{H}_2\text{O}_{(ж.)})=1.23$ В при $\text{pH}=0$ и $T=298$ К. Напишите полуреакции, соответствующие данным потенциалам. При проведении расчетов зависимостью $\Delta H^\circ_{\text{T}}$ и $\Delta S^\circ_{\text{T}}$ реакции от температуры следует пренебречь.

2) Возможен ли синтез из простых веществ других оксидов азота? Напишите уравнения соответствующих реакций. Какие знаки имеют $\Delta_r H^\circ_{\text{T}}$ и $\Delta_r S^\circ_{\text{T}}$ этих реакций? Объясните, почему $\Delta_r H^\circ_{\text{T}}$ и $\Delta_r S^\circ_{\text{T}}$ имеют именно такие знаки.

3) Предложите способ синтеза хлорида гидроксилamina, используя в качестве единственного источника азота и хлора кристаллический нитрат натрия и газообразный хлор, соответственно.

6. Как обозначаются атомные орбитали со значениями квантовых чисел $n = 4, l = 2$? Сколько атомных орбиталей и электронов в атоме могут иметь данный набор квантовых чисел?

7. Используя модель Гиллеспи, опишите пространственное строение и форму расположения электронных пар для молекулы OF_2 . Оцените ($>$, $<$, $= 90^\circ$, 109.5° , 120° , 180°) величину валентного угла в этой частице.

8. Приведите пример частиц (молекулы или иона), обладающих геометрией: а) дисфеноид, б) тригональная пирамида, в) Т-образная. Опишите предложенные Вами частицы, используя модель Гиллеспи.

9. Слили по 500 мл $0.5 \cdot 10^{-2}$ М раствора перхлората цинка и $3 \cdot 10^{-2}$ М раствора селенита натрия. Рассчитайте молярную концентрацию ионов Zn^{2+} в получившемся растворе, учитывая, что ПР селенита цинка составляет $1.60 \cdot 10^{-7}$. Какова масса выпадающего осадка ZnSeO_3 ? Изменением объема раствора при выпадении осадка и возможным гидролизом солей пренебрегите.

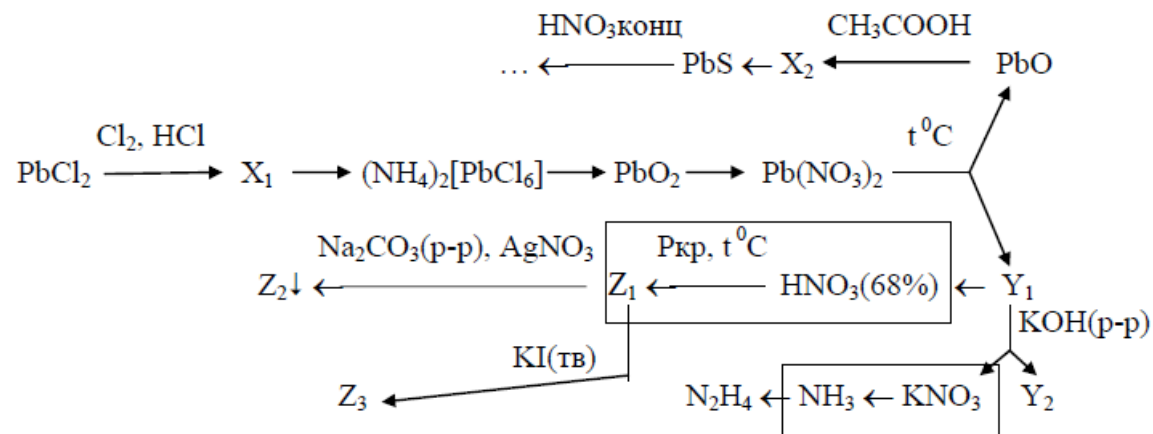
10. Смесь минералов церуссита PbCO_3 и доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ обработали избытком раствора азотной кислоты. Предложите дальнейший путь разделения соединений свинца, магния и кальция, и получения индивидуальных гексахлороплюмбата (IV) аммония, безводного хлорида кальция и среднего карбоната магния. Напишите все уравнения, предложенных реакций и укажите условия их проведения.

3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

3.1. Экзамен:

I семестр. Вариант 1.

1. Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения. Для выделенных реакций напишите электронно-ионный баланс.



X_i – вещества, содержащие свинец; Y_i – вещества, содержащие азот; Z_i – вещества, содержащие фосфор.

2. 1) Как и почему меняется сила кислот в ряду HF – HCl – HBr – HI?

2) Сравните окислительные свойства H_2SO_3 и H_2SO_4 (в растворах одинаковой концентрации). Ответ подтвердите уравнениями реакций.

3) Опишите строение NH_3 , используя МОЭПВО (модель Гиллеспи).

4) Как и почему меняются основные свойства в ряду NH_3 – PH_3 – AsH_3 – SbH_3 ?

3. В четырех пробирках находятся растворы солей KI, KNO_2 , K_2SO_3 , K_2SeO_3 .

1) Используя минимальное число реактивов, распознайте химическим путем, что находится в каждой пробирке. Проведите идентификацию каждого вещества на основе характеристических реакций. Напишите все предложенные Вами реакции.

2) Сколько граммов $\text{K}_2\text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 100 мл 3%-ного раствора ($\rho = 1.01$ г/мл, $T = 298$ К). Определите pH полученного раствора. Приведите уравнения соответствующих реакций. $K_2(\text{H}_2\text{SO}_3) = 6.2 \cdot 10^{-8}$.

3) Определите растворимость (моль/л) PbI_2 в водном растворе, $\text{PP}(\text{PbI}_2) = 1.1 \cdot 10^{-9}$, $T = 298$ К. Будет ли выпадать осадок PbI_2 при смешивании 5 мл 0.01М раствора KI и 10 мл 0.05М раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$? Ответ подтвердите расчетом. Считайте, что конечный объем раствора равен сумме объемов исходных растворов.

4. Определите, возможно ли избирательно окислить перманганатом калия бромид-ионы в присутствии хлорид-ионов в растворе, и если возможно, то в каком диапазоне значений pH. Считайте активности всех реагентов равными 1, кроме ионов водорода. $E^\circ (\text{Br}_2/\text{Br}^-) = 1.087$ В, $E^\circ (\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1.358$ В, $E^\circ (\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1.507$ В (pH = 0). Напишите уравнения соответствующих реакций.

5. На рисунке схематично представлен фрагмент p – T диаграммы ICl (до p = 2 атм).

1) Обозначьте на диаграмме фазовые поля.

2) Определите координаты тройной точки, если известно, что температурная зависимость давления насыщенного пара над твердым ICl описывается уравнением $\lg p(\text{мм.рт.ст.}) = 8.5 - 2079/T$, а над жидким ICl $\lg p(\text{мм.рт.ст.}) = 10.4 - 2660/T$.

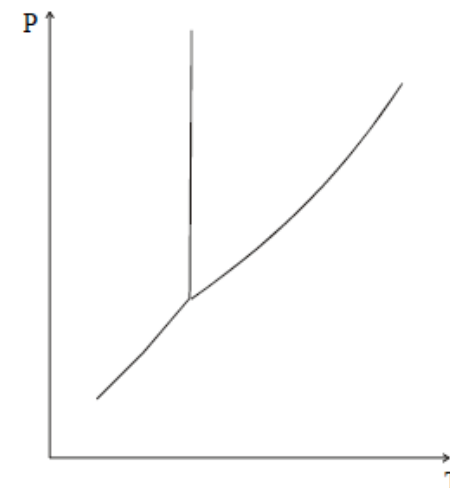
3) Определите, какова температура кипения ICl при давлении 1 атм (расчет). Отметьте эту точку на диаграмме.

4) Определите степень диссоциации ICl(г) в газовой фазе при температуре 400 К и p = 1 атм.

5) Определите, как изменение давления в системе будет влиять на степень превращения ICl(г)?

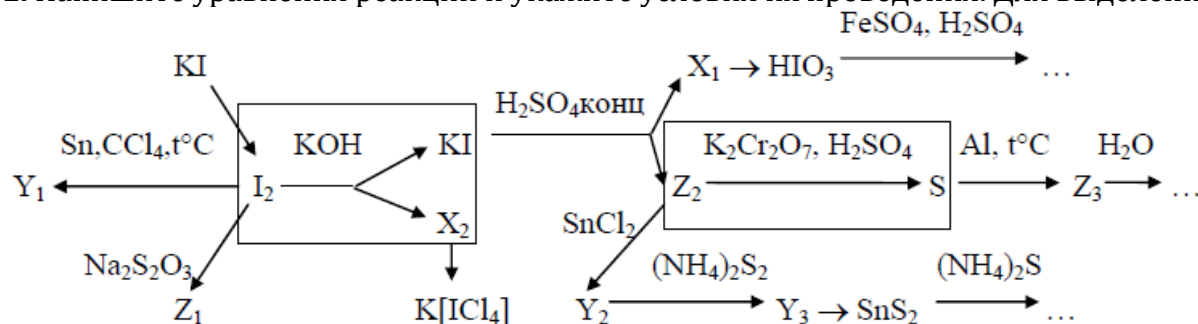
Для п.п. 4 и 5 проведите расчеты и дайте обоснованные ответы, используя данные таблицы, и считая, что $\Delta_f H^\circ_T$ и $\Delta_f S^\circ_T$ не зависят от температуры.

	Cl ₂ (г)	ICl(г)	I ₂ (г)
$\Delta_f H^\circ_{298}$, кДж/моль	0	17.41	62.43
S°_{298} , Дж/моль·К	223.0	247.4	260.6



I семестр. Вариант 2.

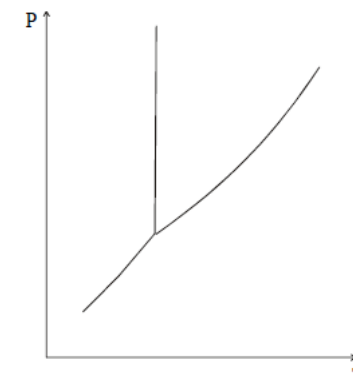
1. Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения. Для выделенных реакций напишите электронно-ионный баланс.



X_i – вещества, содержащие иод; Y_i – вещества, содержащие олово; Z_i – вещества, содержащие серу.

2. 1) Как и почему меняется сила кислот в ряду HClO – HClO₂ – HClO₃ – HClO₄?

2) Сравните окислительные свойства HNO₂ и HNO₃ (в растворах одинаковой концентрации). Ответ подтвердите уравнениями реакций.



- 3) Используя МОЭПВО (модель Гиллеспи), опишите строение CH_4 .
 4) Как и почему меняется термическая устойчивость в ряду $\text{CH}_4 - \text{SiH}_4 - \text{GeH}_4 - \text{SnH}_4$?

3. В четырех пробирках находятся растворы солей NaCl , NaClO_3 , Na_2CO_3 , NaNO_2 .

- Используя минимальное число реактивов, распознайте химическим путем, что находится в каждой пробирке. Проведите идентификацию каждого вещества на основе характеристических реакций. Напишите все предложенные Вами реакции.
- Сколько граммов $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 100 мл 2%-ного раствора ($\rho = 1.01$ г/мл, $T = 298$ К). Определите pH полученного раствора. Приведите уравнения соответствующих реакций. $K_2(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.8 \cdot 10^{-11}$.
- Определите растворимость (моль/л) Ag_2CO_3 в водном растворе, $\text{PP}(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = 1.2 \cdot 10^{-12}$, $T = 298$ К. Будет ли выпадать осадок Ag_2CO_3 при смешивании 10 мл 0.01М раствора Na_2CO_3 и 20 мл 0.01М раствора AgNO_3 ? Ответ подтвердите расчетом. Считайте, что конечный объем раствора равен сумме объемов исходных растворов.

4. На рисунке схематично представлен фрагмент p – T диаграммы NOCl (до p = 2 атм).

- Обозначьте на диаграмме фазовые поля.
- Определите координаты тройной точки, если известно, что зависимость давления насыщенного пара от температуры над твердым NOCl описывается уравнением $\lg p(\text{мм.рт.ст.}) = 9.37 - 1660/T$, а над жидким NOCl $\lg p(\text{мм.рт.ст.}) = 7.92 - 1347/T$.
- Определите, какова температура кипения NOCl при давлении 1 атм (расчет). Отметьте эту точку на диаграмме.
- Определите температуру, при которой степень диссоциации $\text{NOCl}(\text{г})$ в газовой фазе равна 1% при p = 1 атм.
- Объясните, как изменение давления в системе будет влиять на степень превращения $\text{NOCl}(\text{г})$?

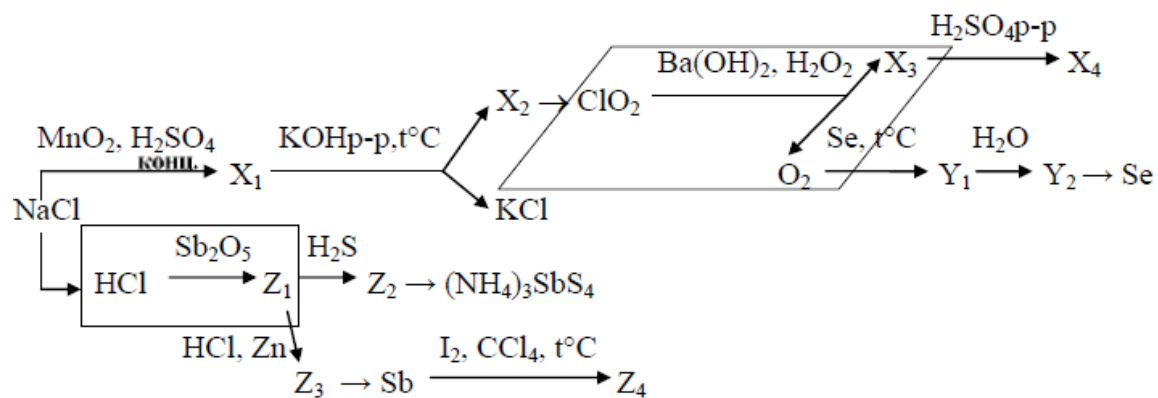
Для п.п. 4 и 5 проведите расчеты и дайте обоснованные ответы, используя данные таблицы, и считая, что $\Delta_f H^\circ_T$ и $\Delta_f S^\circ_T$ не зависят от температуры.

	$\text{Cl}_2(\text{г})$	$\text{NO}(\text{г})$	$\text{NOCl}(\text{г})$
$\Delta_f H^\circ_{298}$, кДж/моль	0	90.2	52.5
S°_{298} , Дж/моль·К	223.0	210.6	261.5

5. Определите, возможно ли избирательно окислить дихроматом калия иодид-ионы в присутствии хлорид-ионов в растворе, и если возможно, то в каком диапазоне значений pH. Считайте активности всех реагентов равными 1, кроме ионов водорода. $E^\circ(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1.358$ В, $E^\circ(\text{I}_2/\text{I}^-) = 0.536$ В, $E^\circ(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1.330$ В (pH = 0). Напишите уравнения всех соответствующих реакций.

I семестр. Вариант 3.

1. Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения. Для выделенных реакций напишите электронно-ионный баланс.



X_i – вещества, содержащие хлор; Y_i – вещества, содержащие селен; Z_i – вещества, содержащие сурьму.

2. 1) Как и почему меняется сила кислот в ряду $\text{H}_3\text{PO}_2 - \text{H}_3\text{PO}_3 - \text{H}_3\text{PO}_4$?

2) Сравните восстановительные свойства солей NH_4^+ и N_2H_5^+ (в растворах одинаковой концентрации). Ответ подтвердите уравнениями реакций.

3) Используя МОЭПВО (модель Гиллеспи), опишите строение H_2O .

4) Как и почему меняются кислотные свойства в ряду $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{S} - \text{H}_2\text{Se} - \text{H}_2\text{Te}$?

3. В четырех пробирках находятся растворы солей Na_2S , Na_2HPO_3 , Na_3PO_4 , NaNO_3 .

1) Используя минимальное число реактивов, распознайте химическим путем, что находится в каждой пробирке. Проведите идентификацию каждого вещества на основе характеристических реакций. Напишите все предложенные Вами реакции.

2) Сколько граммов $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 100 мл 1%-ного раствора ($\rho = 1.01$ г/мл, $T = 298$ К). Определите pH полученного раствора. Приведите уравнения соответствующих реакций. $K_2(\text{H}_2\text{S}) = 2.5 \cdot 10^{-13}$.

3) Определите растворимость (моль/л) Sb_2S_3 в водном растворе, ПП $\text{Sb}_2\text{S}_3 = 1.6 \cdot 10^{-93}$, $T = 298$ К. Будет ли выпадать осадок Sb_2S_3 при смешивании 10 мл 0.001М раствора Na_2S и 30 мл 0.01М раствора SbCl_3 ? Ответ подтвердите расчетом. Считайте, что конечный объем раствора равен сумме объемов исходных растворов.

4. Определите, возможно ли избирательно окислить оксидом марганца (IV) иодид-ионы в присутствии бромид-ионов в растворе, и если возможно, то в каком диапазоне значений pH. Считайте активности всех реагентов равными 1, кроме ионов водорода. $E^\circ(\text{Br}_2/\text{Br}^-) = 1.087$ В, $E^\circ(\text{I}_2/\text{I}^-) = 0.536$ В, $E^\circ(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}) = 1.224$ В (pH = 0). Напишите уравнения соответствующих реакций.

5. На рисунке схематично представлен фрагмент $p - T$ диаграммы H_2O (до $p = 2$ атм).

1) Обозначьте на диаграмме фазовые поля.

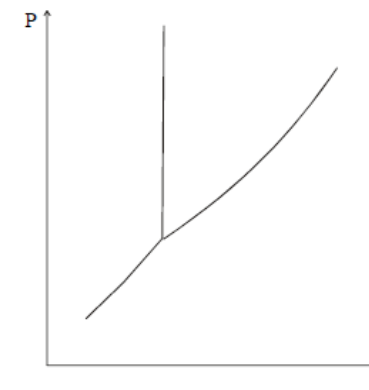
2) Определите координаты тройной точки, если известно, что температурная зависимость давления насыщенного пара над льдом описывается уравнением $\lg p(\text{Па}) = 12.465 - 2650.69/T$, а над жидкой водой $\lg p(\text{Па}) = 11.26 - 2321.75/T$.

3) Определите, какова температура кипения H_2O при давлении 2 атм (расчет). Отметьте эту точку на диаграмме.

4) Определите температуру, при которой степень диссоциации $H_2O(g)$ в газовой фазе равна 0.1% при $p = 1$ атм.

5) Объясните, как изменение давления в системе будет влиять на степень превращения $H_2O(g)$?

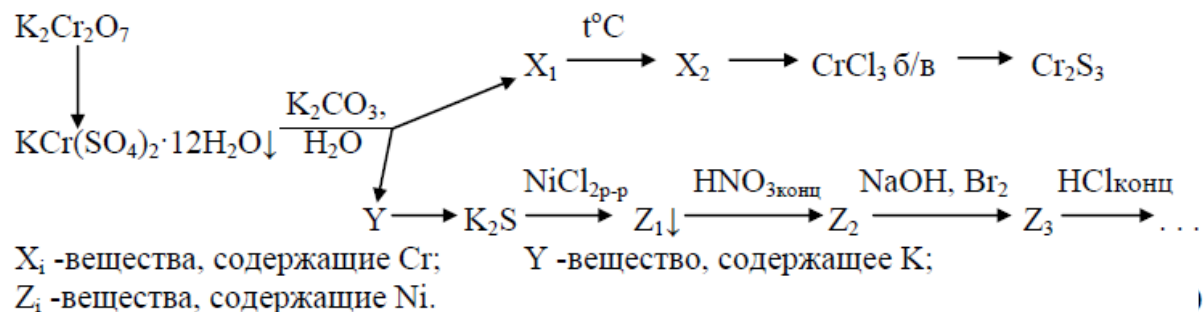
Для п.п. 4 и 5 проведите расчеты и дайте обоснованные ответы, используя данные таблицы, и считая, что $\Delta_f H^\circ_T$ и $\Delta_f S^\circ_T$ не зависят от температуры.



	$O_2(g)$	$H_2(g)$	$H_2O(g)$
$\Delta_f H^\circ_{298}$, кДж/моль	0	0	-241.8
S°_{298} , Дж/моль·К	205.0	130.5	188.9

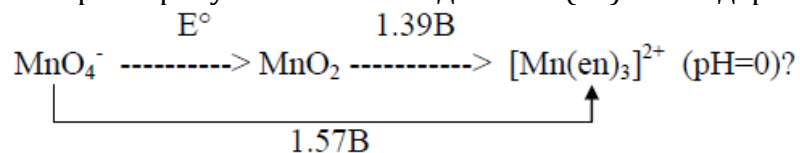
II семестр. Вариант 1.

1. Напишите уравнения следующих химических превращений:



2. 1) Как меняются ионные радиусы двухзарядных катионов в парах Ca-Zn, Sr-Cd и Ca-Sr, Zn-Cd? Ответ поясните.
 2) Какой характер (с позиции кислотно-основных равновесий) имеют гидроксиды двухвалентных Ca, Sr, Zn и Cd? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
 3) Что происходит при добавлении к гидроксидам Zn и Cd раствора аммиака? Напишите уравнения реакций. Какие координационные числа характерны для Zn(II) и Cd(II)?
 4) Напишите уравнения реакций:
 (а) хромата и молибдата натрия с избытком Na_2S в щелочной среде;
 (б) хромата и молибдата натрия с избытком H_2S в кислой среде.
 Сравните окислительную способность в ряду соединений Cr(VI) – Mo(VI).

3. Будет ли протекать реакция взаимодействия марганца(II) с перманганатом калия с образованием оксида марганца (IV) в водном растворе в присутствии этилендиамина(en) в стандартных условиях, если



- 1) Рассчитайте $E^\circ(\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_2)$ при $\text{pH}=0$.
- 2) Напишите уравнение реакции.
- 3) Ответ подтвердите расчетом $\Delta_r G^\circ_{298}$.
- 4) Как меняется pH среды в процессе этой реакции? Ответ обоснуйте.
- 5) Изобразите распределение электронов по d -орбиталям центрального иона в $[\text{Mn}(\text{en})_3]^{2+}$ с позиций ТКП, рассчитайте (по модулю) величину энергии стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП), если параметр расщепления (Δ_o) равен 260 кДж/моль, а энергия спаривания P равна 285.0 кДж/моль.
- 6) Рассчитайте величину эффективного магнитного момента ($\mu_{\text{эфф}}$).
- 7) Изобразите возможные изомеры для $[\text{Mn}(\text{en})_3]^{2+}$.
- 8) Приведите пример комплексного октаэдрического иона, для которого возможно образование *гран*- и *ос*- изомеров. Изобразите эти изомеры.

4. На рис.1 изображена схема фазовой диаграммы системы CoO-TiO₂.

- 1) Определите составы соединений А и В.
- 2) Укажите, используя правило фаз Гиббса, какие фазы находятся в равновесии и рассчитайте число степеней свободы в системе в состояниях, соответствующих фигуративным точкам 1, 2, 3 на диаграмме.

3) Можно ли из расплава состава 90 мол.% CoO получить при охлаждении до 1000°C только соединение А? Если нельзя, то каков будет фазовый состав полученной смеси?

4) Определите, какое из соединений, присутствующих на данной фазовой диаграмме, имеет структуру, приведенную на рис.2. Укажите координационное число и координационный полиэдр катионов и анионов в данной структуре.

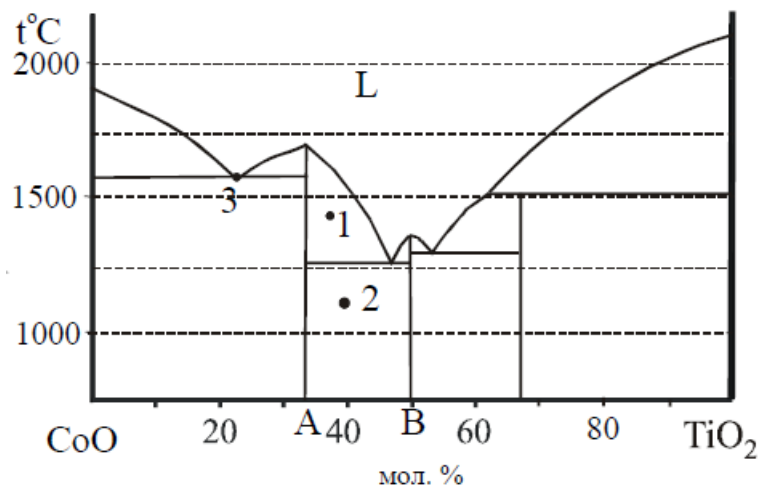


Рис.1

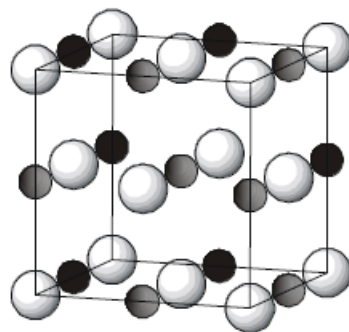


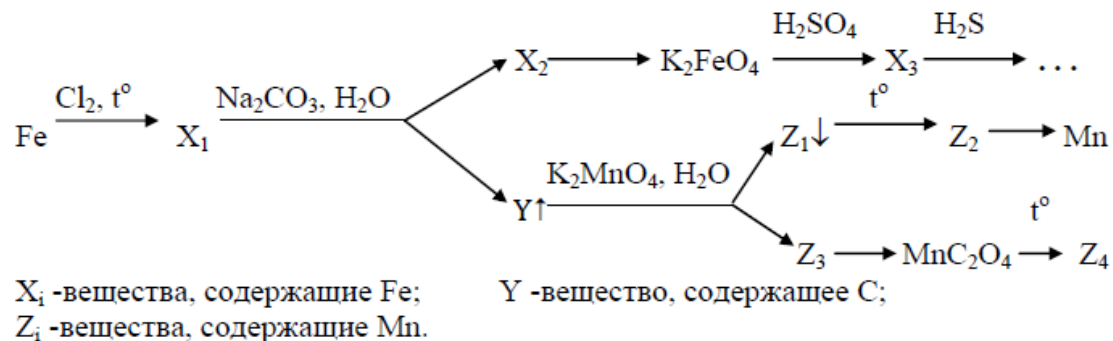
Рис.2

5. Минерал серпентин $3\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ содержит примеси железа (II) и вкрапления минерала аваруита Ni_3Fe . Данный материал кипятили в концентрированной соляной кислоте. Укажите состав полученного раствора и состав нерастворившегося остатка (писать уравнение не надо). Предложите:

- схему разделения соединений магния, железа и никеля из получившегося солянокислого раствора;
 - схему дальнейшего выделения этих элементов в виде безводных хлоридов;
 - способ доказательства отсутствия железа в нерастворившемся остатке минерала.
- Напишите уравнения всех необходимых для выполнения п.п. а) – в) реакций.

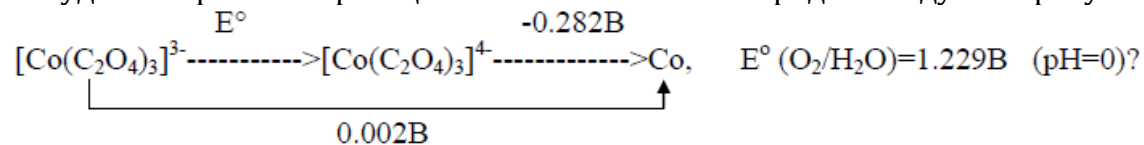
II семестр. Вариант 2.

1. Напишите уравнения следующих химических превращений:



- 1) Как меняются ионные радиусы двухзарядных катионов в парах Sr-Ba, Cd-Hg и Sr-Cd, Ba-Hg? Ответ поясните.
 - 2) Какой характер (с точки зрения кислотно-основных равновесий) имеют гидроксиды двухвалентных Sr, Ba, Cd и Hg? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
 - 3) Что происходит при добавлении к хлоридам Cd(II) и Hg(II) раствора аммиака? Напишите уравнения реакций. Какие координационные числа характерны для Cd(II) и Hg(II)?
 - 4) Напишите уравнения реакций:
 - (a) MnO_2 и $\text{VO}(\text{OH})_2$ с подкисленным раствором $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{HCl}$;
 - (б) MnO_2 и $\text{VO}(\text{OH})_2$ с концентрированной HCl .
- Сравните окислительную способность в ряду соединений Mn(IV) – V(IV).

3. Будет ли протекать реакция окисления Co^{2+} кислородом воздуха в присутствии оксалат-ионов в стандартных условиях, если



- 1) Рассчитайте $E^\circ([\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}/[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-})$ при $\text{pH}=0$.
- 2) Напишите уравнение реакции.
- 3) Ответ подтвердите расчетом $\Delta_r G^\circ_{298}$ реакции.
- 4) Как меняется pH среды в процессе реакции окисления $[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}$? Ответ обоснуйте.
- 5) Изобразите распределение электронов по d -орбиталям центрального иона в $[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}$ с позиций ТКП, рассчитайте (по модулю) величину энергии стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП), если параметр расщепления (Δ_o) равен 215 кДж/моль, а энергия спаривания равна 250 кДж/моль.
- 6) Рассчитайте величину эффективного магнитного момента ($\mu_{\text{эфф}}$).

7) Изобразите возможные изомеры для $[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}$.

8) Приведите пример комплексного октаэдрического иона, для которого возможно образование *цис*- и *транс*- изомеров. Изобразите эти изомеры.

4. На рис. 1 изображена схема фазовой диаграммы системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{TiO}_2$.

1) Определите составы соединений А и В.

2) Укажите, используя правило фаз Гиббса, какие фазы находятся в равновесии в системе и рассчитайте число степеней свободы в состояниях, соответствующих фигуративным точкам 1, 2, 3 на диаграмме.

3) Можно ли из расплава состава 70 мол.% Na_2O получить при охлаждении до 1000°C только соединение А? Если нельзя, то каков будет фазовый состав полученной смеси?

4) Определите, какое из соединений, присутствующих на данной фазовой диаграмме, имеет структуру, приведенную на рис. 2. Укажите координационное число и координационный полиэдр катионов и анионов в данной структуре. (катионы изображены в виде шариков белого цвета, анионы – черного).

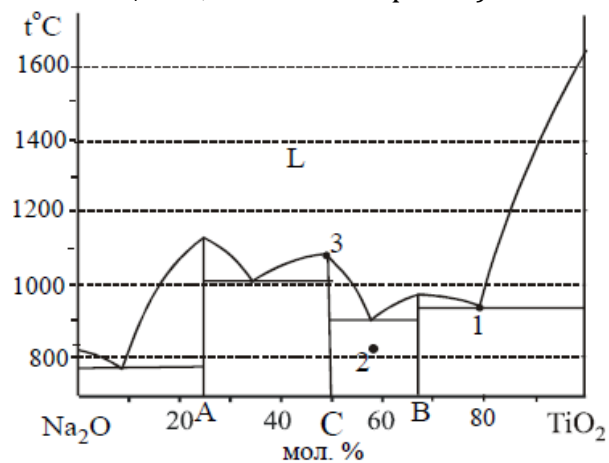


Рис.1

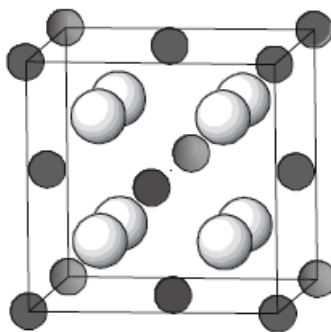


Рис.2

5. Совместно присутствующие минералы тодорокит $[\text{Mn}^{2+}, \text{Ca}^{2+}]\text{Mn}_3\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и вудрафит $[\text{Mn}^{2+}, \text{Zn}^{2+}]\text{Mn}_3\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ сплавили с гидроксидом и пероксидом натрия. Затем плав обработали раствором NaOH . Напишите состав полученного раствора (уравнение писать не надо). Предложите:

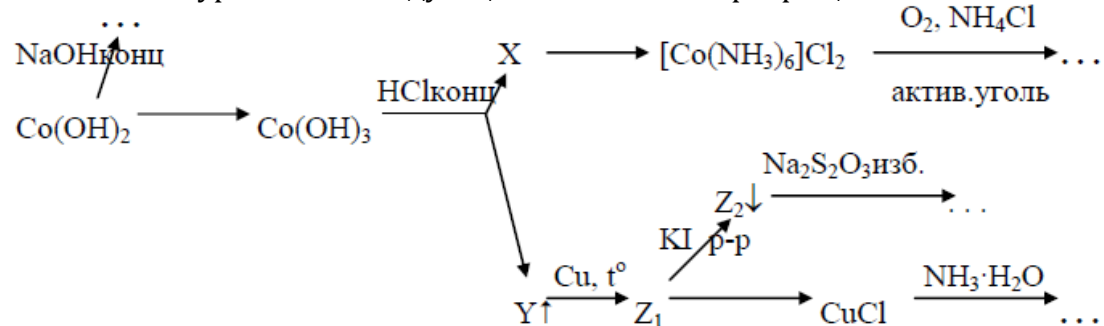
а) схему разделения соединений марганца, цинка и кальция из получившегося щелочного раствора;

б) схему дальнейшего выделения чистых металлов;

в) способ доказательства присутствия Mn(IV) в $[\text{Mn}^{2+}, \text{Ca}^{2+}]\text{Mn}_3\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
 Напишите уравнения всех необходимых для выполнения п.п. а) – в) реакций.

II семестр. Вариант 3.

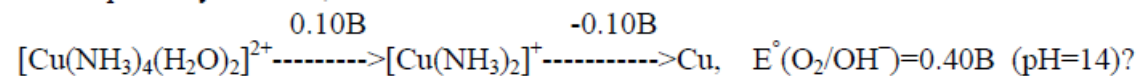
1. Напишите уравнения следующих химических превращений:



X_i – вещество, содержащие Co, Y – вещество, содержащее Cl, Z_i – вещество, содержащее Cu.

2. 1) Как меняются ионные радиусы катионов в парах Li-Na, Be-Mg и Li-Be, Na-Mg? Ответ поясните.
- 2) Какой характер (с точки зрения кислотно-основных равновесий) имеют гидроксиды Li, Na, Be и Mg? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
- 3) Что происходит при добавлении к хлоридам Be и Mg раствора карбоната аммония. Напишите уравнения реакций. Какие координационные числа характерны для Be(II) и Mg(II)?
- 4) Напишите уравнения реакций:
 - (а) взаимодействия Co(OH)_2 и Ni(OH)_2 с пероксидом водорода в щелочной среде;
 - (б) взаимодействия Co(OH)_2 и Ni(OH)_2 с броматом калия в щелочной среде.
 Сравните восстановительную способность в ряду соединений Co(II)-Ni(II).

3. Будет ли протекать реакция взаимодействия меди с кислородом воздуха с образованием $[\text{Cu(NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ в водном растворе в среде $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в стандартных условиях, если



- 1) Рассчитайте $E^\circ([\text{Cu(NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}/\text{Cu})$.
- 2) Напишите уравнение реакции.
- 3) Определите $\Delta_r G_{298}^0$ реакции окисления меди в присутствии NH_3 в стандартных условиях.

- 4) Как меняется pH среды в процессе реакции окисления меди в аммиачном растворе? Ответ обоснуйте.
- 5) Изобразите распределение электронов по d -орбиталям центрального иона в $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ с позиций ТКП (искажением октаэдра пренебрегите), рассчитайте (по модулю) величину энергии стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП), если параметр расщепления (Δ_o) равен 93 кДж/моль.
- 6) Рассчитайте величину эффективного магнитного момента ($\mu_{\text{эфф.}}$).
- 7) Изобразите изомеры для $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$.
- 8) Приведите пример комплексного октаэдрического иона, для которого возможно образование оптических изомеров. Изобразите эти изомеры.

4. На рис. 1 изображена схема фазовой диаграммы системы BeF_2 - LiF .

- 1) Определите состав соединения А.
- 2) Укажите, используя правило фаз Гиббса, какие фазы находятся в равновесии в системе и рассчитайте число степеней свободы в состояниях, соответствующих фигуративным точкам 1, 2, 3 на диаграмме.
- 3) Можно ли из расплава состава 40 мол.% BeF_2 получить при охлаждении до 400°C только соединение А? Если нельзя, то каков будет фазовый состав полученной смеси?
- 4) Определите, какое из соединений, присутствующих на данной фазовой диаграмме, имеет структуру, приведенную на рис. 2. Укажите координационное число и координационный полиэдр катионов и анионов в данной структуре.

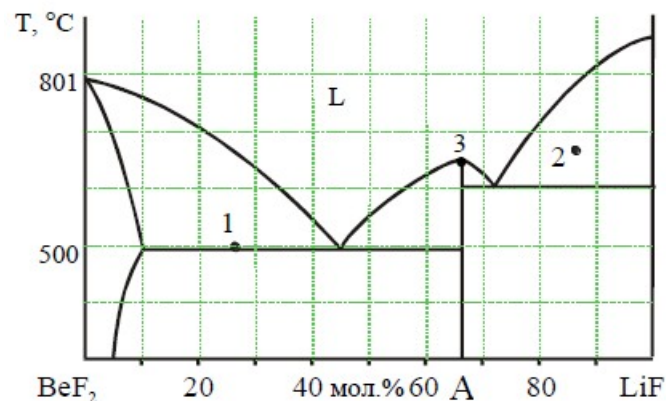


Рис.1

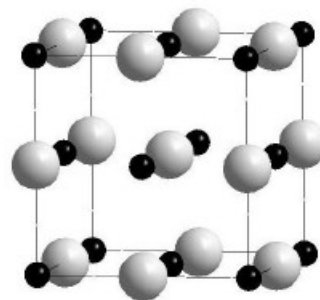


Рис.2

5. При нагревании минерала аверьевита $\text{Cu}_5\text{O}_2(\text{VO}_4)_2 \cdot \text{CsCl}$ с концентрированной серной кислотой при нагревании образуется раствор и выделяется газ. Укажите состав полученного раствора и состав газа (писать уравнение не надо). Предложите:
 - а) схему разделения соединений меди, ванадия и цезия из получившегося сернокислого раствора;

- б) схему дальнейшего выделения меди в виде CuCl , ванадия в виде V_2O_5 , цезия в виде Cs_2CO_3 ;
 в) способ доказательства отсутствия ванадия в полученном CuCl .
 Напишите уравнения всех необходимых для выполнения п.п. а) – в) реакций.

3.3. Шкала и критерии оценивания

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) Неорганическая химия				
Оценка	2	3	4	5
Результат				
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

Критерии оценивания устного ответа на экзамене

Критерии оценки	Характеристика требований к результатам аттестации
Полнота знаний программного материала	Обучающийся дал полный и правильный ответ, который изложен в определенной логической последовательности. Правильно и полно давал ответы на дополнительные вопросы ИЛИ допустил незначительные ошибки.
	Обучающийся продемонстрировал достаточную полноту знаний, при наличии несущественных неточностей, ответ изложен в логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы допустил незначительные ошибки.
	Обучающийся продемонстрировал фрагментарные знания и допускает неточности в определении понятий. При ответах на дополнительные вопросы допускал ошибки.

	Обучающийся продемонстрировал незнание значительной части материала. Не смог дать ответы на дополнительные вопросы.
Системность и обобщенность знаний	Обучающийся продемонстрировал полное понимание материала, изложение материала системное, раскрыл вопрос с опорой на аргументы, которые сформулированы четко
	Обучающийся продемонстрировал достаточно глубокое понимание материала, изложение материала системное, приводятся связанные между собой и другими компонентами аргументации понятия или положения
	Обучающийся допустил ошибки, нарушил системность изложения материала, использовал определения, положения и выводы, не связанные непосредственно с раскрываемым вопросом
	Обучающийся продемонстрировал непонимание материала, не смог обосновать свои суждения и привести свои примеры
Корректность употребления терминологического аппарата дисциплины	Обучающийся продемонстрировал хорошее знание терминов дисциплины, корректность их употребления при ответах на вопросы, в том числе дополнительные.
	Обучающийся продемонстрировал знание основных терминов дисциплины. Допущено не более 2–3-х ошибок в употреблении терминов при ответах на вопросы, в том числе дополнительные
	Обучающийся продемонстрировал знание основных терминов дисциплины. Допущено некорректное их употребление при ответах на вопросы.
	Обучающийся продемонстрировал незнание основных терминов дисциплины. Допущены серьезные ошибки при их употреблении в ответах на вопросы
Самостоятельные оценочные суждения	Обучающийся продемонстрировал способность обосновывать и излагать свои оценочные суждения, доказывать, отстаивать свою точку зрения
	Обучающийся продемонстрировал способность излагать свои оценочные суждения, доказывать, отстаивать свою точку зрения
	Обучающийся продемонстрировал умение излагать свои оценочные суждения, неубедительно доказывает свою точку зрения
	Обучающийся не продемонстрировал умение излагать свои оценочные суждения, не доказывает и не отстаивает свою точку зрения

ПОЛОЖЕНИЕ О РЕЙТИНГОВОМ КОНТРОЛЕ ЗНАНИЙ ПРЕДМЕТА

Система рейтинга на 1 семестр

Рейтинговая оценка успеваемости студентов складывается из трех пунктов:

1. Оценка преподавателя

1.1. Проверочные работы по теоретической подготовке студентов по темам практикума. Всего – **3 темы**, соответствующие темам 1-2, 3 и 4 коллоквиумов. Темы оцениваются следующим образом:

- 1) Очистка веществ, химическое равновесие, растворы, кинетика – **10 баллов**;
- 2) Водород, элементы 1, 2, 13 и 14 групп – **10 баллов**;
- 3) Элементы 15, 16 и 17 групп – **10 баллов**.

1.2. Проверочные работы по теоретической подготовке студентов к синтезам. **Всего 4 синтеза – 4 работы**. При этом как минимум один из синтезов выполняется в практикуме усложненных синтезов. Максимальная оценка за одну работу – **5 баллов**.

1.3. Оценка теоретической подготовки студентов по разделам курса в форме коллоквиумов. Всего **4 коллоквиума**, оцениваются каждый максимально в **25 баллов**. Коллоквиум считается принятым, если студент получил положительную оценку за практикум по этой теме и усвоил **не менее 50%** теоретического материала (**12.5 баллов** рейтинга). При неоднократной сдаче коллоквиума возможна оценка **менее 50%**.

2. Контрольные работы. В семестре выполняются **4 курсовые** (по **25 баллов** максимально каждая) контрольные работы. Студенты, пропустившие курсовую контрольную работу по уважительной причине, пишут ее в день разбора. Последний срок написания – **26.12.23**.

3. Экзамен, максимально **110 баллов**.

Максимально за семестр студент может набрать (без экзамена):

по пунктам **1.1.** и **1.2.** – **50 баллов** ; по пункту **1.3.** – **100 баллов**; по пункту **2.** – **100 баллов**; всего – **250 баллов**.

Получение оценки по итогам работы в семестре без экзамена.

Оценку без экзамена может получить студент, сдавший к **26 декабря** все коллоквиумы и темы практикума, причем не менее, чем на 50% баллов - каждый коллоквиум и каждую тему.

Оценку **отлично** получает студент, набравший к **26 декабря** не менее **215 баллов** (из них не менее **80 баллов** за курсовые контрольные работы).

Оценку **хорошо** может получить студент, набравший к **26 декабря** не менее **190 баллов** (из них не менее **65 баллов** за курсовые контрольные работы).

Вывод общей оценки за семестр с экзаменом:

290 баллов и выше, при этом **не менее 80 баллов** за экзамен – *отлично*;

240 – 289 баллов, при этом **не менее 65 баллов** за экзамен – *хорошо*;

170 – 239 баллов, при этом **не менее 45 баллов** за экзамен – *удовлетворительно*,

Ниже 170 баллов, либо **менее 45 баллов** за экзамен – *неудовлетворительно*.

Рейтинговая оценка успеваемости студентов во 2-м семестре учебного года складывается из трех пунктов.

1. Оценка преподавателя

1.1. Проверочные работы по теоретической подготовке студентов по темам практикума. Всего **3 темы**, соответствующих темам 1-го, 2-го и 3-го коллоквиумов. Темы оцениваются следующим образом:

1) Элементы 4 и 5 групп – **6 баллов**.

2) Элементы 6, 7, 8 групп – **8 баллов**.

3) Элементы 9, 10, 11, 12 групп, лантаниды – **9 баллов**.

1.2. Проверочные работы по теоретической подготовке студентов к синтезам, включая выполняемые в "Малом практикуме". Всего **9 синтезов – 9 работ**. (Каждый студент должен выполнить не менее одного синтеза в "Малом практикуме"). Максимальная оценка за одну работу – **3 балла**.

1.3. Оценка теоретической подготовки студентам по разделам курса в форме коллоквиумов. Всего **3 коллоквиума**, каждый из которых оценивается максимально в **25 баллов**. Коллоквиум считается принятым, если студент усвоил **не менее 50%** материала (**12.5 баллов** рейтинга). При неоднократной сдаче коллоквиума возможна оценка **менее 50%**.

2. Контрольные работы. В семестре выполняются **3 курсовые** (по **25 баллов** максимально каждая) контрольные работы. Студенты, пропустившие контрольную работу по уважительной причине, пишут ее в день разбора.

3. Экзамен, максимально **90 баллов**.

Максимально за семестр студент может набрать (без экзамена):

по пунктам **1.1.** и **1.2.** – **50 баллов** ; по пункту **1.3.** – **75 баллов**;

по пункту **2.** – **75 баллов**;

всего – **200 баллов**.

Получение оценки по итогам работы в семестре без экзамена.

оценку *отлично* получает студент, набравший к **25 мая** текущего учебного года **не менее 172 баллов** (из них **не менее 60 баллов** на курсовых контрольных работах),

оценку *хорошо* может получить студент, набравший к 25 мая текущего учебного года не менее 152 баллов (из них не менее 50 баллов на курсовых контрольных работах).

Вывод общей оценки за семестр с экзаменом:

232 баллов и выше, при этом не менее 65 баллов за экзамен – *отлично*;

193 – 231 баллов, при этом не менее 55 баллов за экзамен – *хорошо*;

137 – 192 балла, при этом не менее 40 баллов за экзамен – *удовлетворительно*,

Ниже 137 баллов, либо менее 40 баллов за экзамен – *неудовлетворительно*.

Разработчики:

чл.-корр. РАН, д.х.н., профессор Шевельков А.В.,

чл.-корр. РАН, д.х.н., профессор Гудилин Е.А.