



МЧС РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»

ХИМИЯ

**Методические указания к лабораторным работам
специальность 40.05.03
СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА**

Екатеринбург

2022

Химия[Электронный ресурс]: Методические рекомендации к лабораторным работам. Специальность 40.05.03 Судебная экспертиза. / сост. Т.В.Якубова, М.Л.Кондратьева, – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. – 39 с.

Авторы-составители: Якубова Т.В., доцент кафедры химии и процессов горения Уральского института ГПС МЧС России, к.х.н.

Кондратьева М.Л. старший преподаватель кафедры химии и процессов горения Уральского института ГПС МЧС России, к.х.н., доцент.

Методические указания к лабораторным работам разработаны для студентов 1 курса в соответствии с рабочей учебной программой по дисциплине «Химия» (специальность 40.05.03 Судебная экспертиза). Пособие содержит инструкцию по технике безопасности при работе в лаборатории, методики выполнения и формы отчетов лабораторных работ по дисциплине «Химия».

Инструкция по технике безопасности при работе в лаборатории химии

1. Работать одному в лаборатории запрещается. Приступать к работе можно только в присутствии преподавателя.
2. Во время работы в лаборатории соблюдайте тишину, чистоту и порядок на своем рабочем месте. Нельзя отвлекаться от работы и отвлекать других студентов.
3. Запрещается держать на лабораторном столе портфель, сумку и другие посторонние предметы. Для них должно быть отведено специальное место.
4. В лаборатории запрещается пить воду, принимать и хранить пищу, курить.
5. Работать с ядовитыми, раздражающими органы дыхания и сильно пахнущими веществами необходимо только в вытяжном шкафу в резиновых перчатках. Сыпучие реактивы отбирайте только сухим шпателем или специальной ложкой.
6. Приступая к выполнению работы, ознакомьтесь со свойствами веществ (огнеопасность, токсичность и т. д.).
7. Прежде чем взять необходимое количество вещества, внимательно прочитайте надпись на этикетке лабораторной посуды, в которой содержится вещество.
8. Нельзя держать при нагревании пробирку или колбу отверстием к себе или в сторону стоящего рядом человека.
9. Не наклоняйтесь близко к прибору, в котором идет реакция, нагревание или перемешивание химических веществ.
10. Запрещается выливать в раковины остатки кислот и щелочей, огнеопасных и ядовитых, плохо смываемых и сильно пахнущих жидкостей. Для этого в вытяжном шкафу или около раковины должна стоять специальная емкость, хорошо закрываемая и небьющаяся (например, пластмассовая).
12. Не разрешается бросать в раковины бумагу, вату, стекло от разбитой химической посуды.
13. Запрещается пробовать химические вещества на вкус, всасывать ртом любые жидкие вещества в пипетки. При исследовании запаха жидкости следует осторожно направлять к себе ее пары легким движением руки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ СВОЙСТВА

Опыт 1. ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДОВ И ИХ СВОЙСТВА

Ход опыта 1.1. Кусочек магния тигельными щипцами внести в пламя спиртовки. Полученный порошок положить на часовое стекло, добавить 2-3 капли воды и испытать раствором фенолфталеина.

НАБЛЮДЕНИЯ

Горение магния сопровождается _____

При добавлении фенолфталеина _____

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Уравнение реакции горения магния:

При растворении _____ в воде протекает реакция в соответствии с уравнением:
(формула)

Изменение окраски фенолфталеина свидетельствует о _____
(кислой, нейтральной, щелочной)

среде раствора.

ВЫВОДЫ

Оксиды можно получить _____
(охарактеризовать способ)

Полученный _____ является _____ оксидом,

(название)

(кислотным, амфотерным, основным)

Ход опыта 1.2. В колбу налить 10-15 мл дистиллированной воды. Железной ложечкой взять небольшое количество серы и внести в пламя спиртовки. Ложечку с горящей серой опустить в колбу с водой и держать над водой. Периодически вынимать ложечку и перемешивать содержимое колбы. После сгорания серы ложечку необходимо вынуть и оставить под тягой, а в колбу добавить несколько капель метилоранжа и хорошо перемешать.

НАБЛЮДЕНИЯ

При горении серы наблюдается _____

При добавлении метилоранжа в раствор наблюдается изменение окраски с _____ на _____ .

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Уравнение реакции горения серы

При растворении _____ в воде протекает реакция в соответствии с уравнением:
(формула)

Изменение окраски метилоранжа свидетельствует о _____
(кислой, нейтральной, щелочной)
среде раствора.

ВЫВОДЫ

Одним из способов получения _____ оксидов является
(кислотных, амфотерных, основных)

Растворение _____ оксидов в воде приводит к образованию

(кислотных, амфотерных, основных)

Опыт 2 ПОЛУЧЕНИЕ ОСНОВАНИЙ И ИХ СВОЙСТВА

Ход опыта В пробирку налить 3 мл воды, добавить небольшое количество негашеной извести (CaO). Содержимое пробирки встряхнуть и испытать раствором фенолфталеина.

НАБЛЮДЕНИЯ

При добавлении фенолфталеина _____

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

При растворении _____ в воде протекает реакция в соответствии с уравнением:
(формула)

Изменение окраски фенолфталеина свидетельствует о _____
(кислой, нейтральной, щелочной)
среде раствора.

ВЫВОДЫ

Оксид кальция является _____ оксидом.
(кислотным, амфотерным, основным)

Растворимые в воде основания можно получить _____
(охарактеризовать способ)

Опыт 3. ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ГИДРОКСИДОВ НИКЕЛЯ И ЦИНКА

Ход опыта. Налейте в пробирку 2-3 мл раствора сульфата никеля (II) и добавьте по каплям раствор щелочи до выпадения осадка. Осадок разделите на две пробирки и добавьте в одну из них 2-3 мл раствора щелочи, в другую 2-3 мл раствора серной кислоты. Аналогично получите гидроксид цинка и исследуйте отношение его к кислоте и щелочи.

НАБЛЮДЕНИЯ

Гидроксид			Отношение к реагентам (растворяется, не растворяется)	
название	формула	цвет	кислота	щелочь
гидроксид никеля (II)				
гидроксид цинка				

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Уравнения реакций получения гидроксидов (нерастворимые вещества отметить ↓):

- Уравнения *наблюдаемых* реакций растворения гидроксидов в кислоте и щелочи (см. таблицу):

Формулы и названия полученных солей никеля (II) и цинка:

Выводы

Нерастворимые гидроксиды получают _____
(охарактеризовать способ получения)

Характер гидроксида можно определить _____

Гидроксид никеля (II) обладает _____ свойствами;
(основными, амфотерными)

гидроксид цинка – _____ свойствами.
(основными, амфотерными)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие вещества называются простыми, по каким свойствам они подразделяются на металлы и неметаллы?
2. Среди оксидов (CaO , SnO , NO , SO_3) найти амфотерный и показать его амфотерность уравнениями реакций.
3. Распределите предложенные соединения (Na_2SO_3 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, HAlO_2 , SbOCl , $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, $\text{AlOH}(\text{NO}_3)_2$, KHSO_4 , K_2S) по классам: кислоты, основания, соли. Приведите названия всех веществ.
4. Из каких кислот (HCl , $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{разб.})}$, $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})}$, $\text{HNO}_{3(\text{разб.})}$, $\text{HNO}_{3(\text{конц.})}$, H_3PO_4) можно получить водород при их взаимодействии с цинком?
5. Напишите продукты возможных реакций:
 $\text{Ag} + \text{CuSO}_4 =$
 $\text{Mg} + \text{ZnSO}_4 =$
 $\text{Cu} + \text{MgSO}_4 =$
 $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 =$
 $\text{Ag} + \text{ZnSO}_4 =$
 $\text{Ag} + \text{MgSO}_4 =$
6. Определите массовую долю примесей в 100 г известняка (CaCO_3), если при его термическом разложении выделилось 20 л CO_2 .
7. Чем отличается протекание реакций между гидроксидами алюминия и натрия в растворе и расплаве? Напишите уравнения реакций.

8. Приведите определение понятий эквивалент и эквивалентная масса химического элемента и соединения.
9. Эквивалентная масса какого элемента равна 1?
10. Вычислите молярную массу эквивалента элемента, оксид которого содержит 22,2 % кислорода.
11. Чему равна молярная масса эквивалента ортофосфорной кислоты, если 1 моль H_3PO_4 провзаимодействовал с 1 моль гидроксида калия?
12. Молярная масса эквивалента металла равна 56,2 г/моль. Вычислите массовую долю металла в его оксиде.
13. Какой объем кислорода (н.у.) потребуется для реакции с 15 г элемента, имеющего молярную массу эквивалента 3 г/моль?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Опыт 1. Влияние концентрации реагирующих веществ на скорость реакции в гомогенной системе

Реакция взаимодействия тиосульфата натрия с серной кислотой протекает в соответствии с уравнением:



Ход опыта. Предварительно провести качественный опыт: в пробирку налить 1 мл раствора тиосульфата натрия и добавить 1-2 капли раствора серной кислоты. Отметить через некоторое время появление помутнения раствора от выпавшей свободной серы.

Время от сливания растворов до заметного помутнения зависит от скорости реакции.

В три пронумерованные пробирки налейте 0,25 н раствор тиосульфата натрия: в первую пробирку – 1 мл, во вторую – 2 мл, в третью – 3 мл. К содержимому первой пробирки прилейте 2 мл воды, ко второй – 1 мл. Содержимое пробирок №1 и №2 осторожно встряхните.

Таким образом, условная концентрация будет:

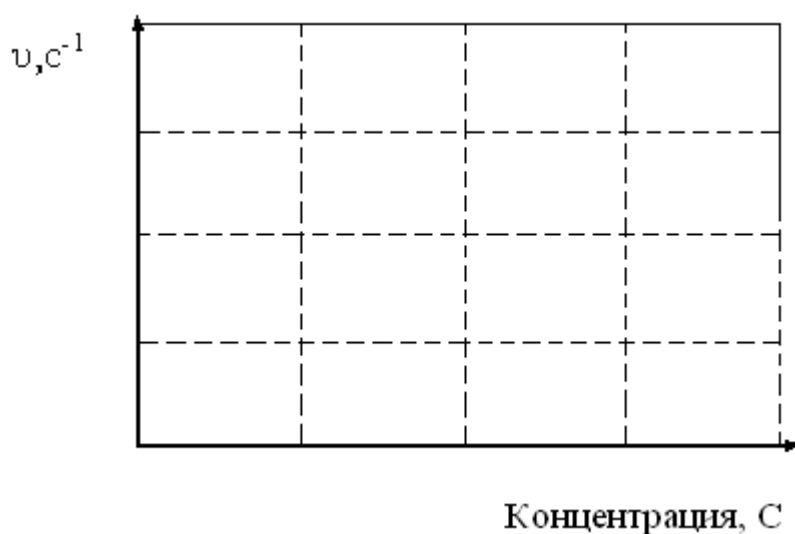
в пробирке № 1 – 1С; в пробирке № 2 – 2С; в пробирке № 3 – 3С.

В пробирку № 1 с раствором тиосульфата натрия добавьте 1 каплю раствора серной кислоты, встряхните ее для перемешивания содержимого и включите секундомер. Отметьте время от сливания растворов до появления опалесценции.

Опыт повторите с пробирками №2 и №3, добавляя тоже по одной капле раствора серной кислоты и определяя время протекания реакции.

НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

№	Содержимое пробирок			Раствор H_2SO_4 , капли	Время протекания реакции τ , с	Условная скорость реакции, $v = 1/\tau$, s^{-1}
	Раствор $Na_2S_2O_3$, мл	Вода H_2O , мл	Условная концентрация			
1						
2						
3						



Вывод

Полученные данные свидетельствуют, что увеличение концентрации реагентов приводит к _____ скорости реакции.
(увеличению, снижению)

Опыт 2. ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Ход опыта. В три пробирки налейте по 3 мл 0,1 н раствора тиосульфата натрия. Замерьте температуру воздуха в лаборатории. Внесите в одну из пробирок 1 каплю раствора серной кислоты, быстро встряхните ее для перемешивания и включите секундомер. Отметьте время появления опалесценции.

Другую пробирку с раствором тиосульфата натрия поместите в водяную микробаню и поднимите температуру на 10 градусов выше комнатной. После того как в пробирке установится необходимая температура, внесите в нее 1 каплю раствора серной кислоты, встряхните, включите секундомер. Отметьте время появления опалесценции.

Аналогично проведите опыт с третьей пробиркой, нагрев ее на водяной бане до температуры на 20 градусов выше комнатной.

НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Номер пробирки	Температура опыта, $t^{\circ}\text{C}$	Время течения реакции τ , с	Условная скорость реакции $v = 1/\tau$, с^{-1}
1			
2			
3			

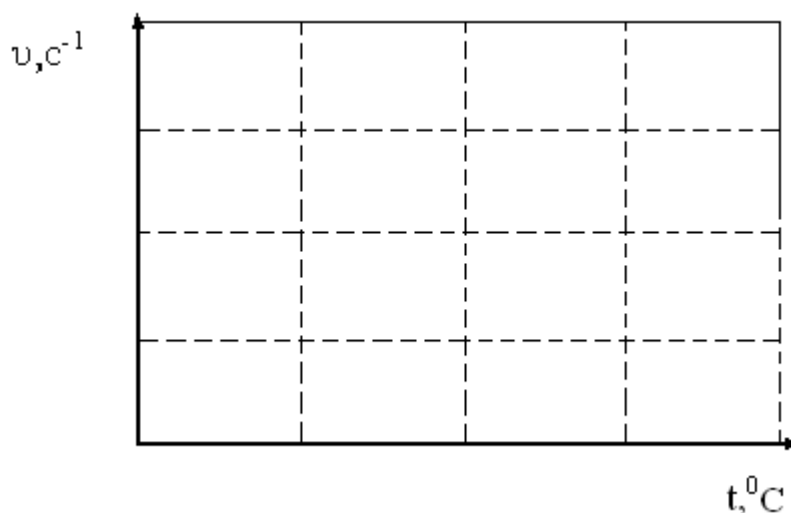


Рис. 2. Зависимость скорости реакции от температуры.

ВЫВОД

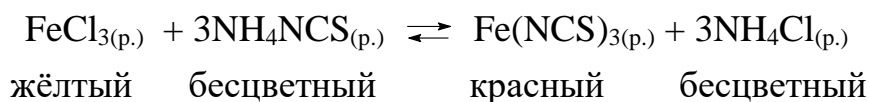
Согласно правилу Вант-Гоффа _____
(формулировка правила)

Полученные данные свидетельствуют, что увеличение температуры приводит к _____ скорости химической реакции, что _____
(увеличению, снижению) (согласуется, не согласуется)

с правилом Вант-Гоффа.

Опыт 3. Влияние концентрации реагирующих веществ на состояние химического равновесия

Реакция



является обратимой. Наиболее интенсивно окрашенное соединение в системе – $\text{Fe}(\text{NCS})_3$ – тиоцианат железа (III). По изменению интенсивности окраски раствора вследствие внешних воздействий можно судить об увеличении или уменьшении концентрации $\text{Fe}(\text{NCS})_3$ и, следовательно, о направлении смещения равновесия.

Ход опыта

Стакан вместимостью 100 мл наполовину заполнить дистиллированной водой, добавить по 1-2 капли растворов FeCl_3 и NH_4NCS , полученный раствор перемешать до однородной окраски и разлить в четыре пробирки.

Прибавить:

- в первую пробирку – 1-2 капли раствора FeCl_3 ;
- во вторую пробирку – 1-2 капли раствора NH_4NCS ;
- в третью пробирку – микрошпатель кристаллического NH_4Cl .

Четвёртую пробирку оставить в качестве эталона окраски раствора в состоянии начального равновесия.

НАБЛЮДЕНИЯ

- В состоянии начального равновесия (четвёртая пробирка) раствор окрашен в _____ цвет.
- Наблюдаемые изменения интенсивности окраски в пробирках 1-3:

Номер пробирки	Изменение интенсивности окраски (увеличение или уменьшение)
1	
2	
3	

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

В изучаемой реакции

_____ (уравнение)

в равновесии находятся:

_____ (формулы и названия веществ)

Выражение константы равновесия:

_____,
где $[\text{FeCl}_3]$, $[\text{NH}_4\text{NCS}]$, $[\text{Fe}(\text{NCS})_3]$, $[\text{NH}_4\text{Cl}]$ – _____

**Изменение концентрации веществ и смещение химического равновесия
(анализ на основании изменения окраски растворов):**

Номер пробирки	Внешнее воздействие	Изменение концентрации (увеличение - ↑ или уменьшение - ↓)				Направление смещения равновесия (вправо, влево)
		Fe(NCS) ₃	FeCl ₃	NH ₄ NCS	NH ₄ Cl	
1	↑ C _{FeCl₃}		—			
2	↑ C _{NH₄NCS}			—		
3	↑ C _{NH₄Cl}				—	

Вывод

Согласно принципу Ле Шателье _____
(формулировка)

При увеличении концентрации исходных веществ равновесие системы смещается в сторону _____ реакции, при увеличении (прямой, обратной)

концентрации продукта реакции – в сторону _____ реакции, (прямой, обратной)

что _____ с принципом Ле Шателье.
(согласуется, не согласуется)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как называются реакции, идущие с выделением тепла, с поглощением? Какой знак имеют значения их энтальпий?
2. Почему энтальпия взаимодействия гидроксида натрия с различными сильными кислотами имеет одинаковое значение?

3. Вывести формулу для расчета постоянной калориметра, зная удельную теплоемкость стеклянного стакана и раствора. Почему в расчет не входит масса внешнего стакана?
4. Почему процесс нейтрализации всегда происходит с выделением тепла, а растворение твердых солей не всегда?
5. Сравнив графики изменения температуры раствора в двух калориметрах, выберите калориметр с лучшими характеристиками и обоснуйте свой выбор. Т, К
6. Экспериментально установлено, что при взаимодействии 2,3 г натрия с водой выделяется 14,0 кДж теплоты. Вычислите энтальпию реакции.
7. По какому признаку реакции подразделяются на простые и сложные, гомогенные и гетерогенные?
8. Какие реакции называются сложными? Какая стадия сложной реакции является лимитирующей?
9. Перечислите факторы, от которых зависит скорость реакции.
10. Как формулируется и как записывается в математическом виде правило Вант-Гоффа?
11. Какая энергия называется энергией активации? Как она влияет на скорость химической реакции? Зависит ли она от температуры?
12. Каков физический смысл предэкспоненциального множителя в уравнении Аррениуса? От чего он зависит и не зависит?
13. Кинетическое уравнение реакции имеет вид $V = k \cdot C_A \cdot C_B^0$. Как изменится скорость при увеличении концентраций А и В в 2 раза? Как при этом изменится константа скорости?
1. Напишите выражение для константы равновесия реакции $H_2 + I_2 \leftrightarrow 2HI$
Как изменится константа равновесия при увеличении концентрации продукта реакции (иодоводорода) в 2 раза?
2. Для реакции $Na_2CO_{3(к)} + CO_{2(г)} + H_2O_{(г)} \leftrightarrow 2NaHCO_{3(к)}$ записать выражение для константы равновесия через равновесные концентрации (K_C) и равновесные парциальные давления (K_P).
3. Как повлияет на равновесие обратимой реакции
 $Fe_2O_{3(к)} + 3CO_{(г)} \leftrightarrow 2Fe_{(к)} + 3CO_{2(г)}$ увеличение давления?
4. Как повлияет на равновесие обратимой реакции $CaCO_{3(к)} \leftrightarrow CaO_{(к)} + CO_{2(г)}$; $\Delta H^\circ = 171,4$ кДж повышение температуры?
5. Какую среду имеют раствор дихромата калия и раствор хромата калия в воде?
6. Какие условия (температура, давление, концентрации участников реакции, катализатор) необходимы для повышения выхода хлора по обратимой реакции $4HCl_{(г)} + O_{2(г)} \leftrightarrow 2Cl_{2(г)} + 2H_2O_{(г)}$; $\Delta H^\circ = -116,4$ кДж

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Опыт 1. СМЕЩЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ ДИССОЦИАЦИИ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Ход опыта 1.1. В две пробирки внести 5-7 капель раствора уксусной кислоты. В каждую пробирку прибавить 1-2 капли раствора метилоранжа. Одну пробирку оставить в качестве эталона, в другую – внести несколько кристаллов ацетата натрия (CH_3COONa).

НАБЛЮДЕНИЯ

При добавлении метилоранжа к раствору уксусной кислоты _____

Добавление кристаллов ацетата натрия приводит к _____

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Изменение окраски метилоранжа в растворе уксусной кислоты свидетельствует о наличии в растворе ионов _____, появление которых обусловлено диссоциацией кислоты:

_____ (уравнение диссоциации)

Уксусная кислота – _____ электролит.
(сильный, слабый)

Математическое выражение и численное значение константы диссоциации:

Ацетат натрия является _____ электролитом и диссоциирует в

(сильным, слабым)

водном растворе в соответствии с уравнением:

(уравнение диссоциации)

Увеличение в растворе концентрации ионов _____ способствует
(формула)

смещению химического равновесия в сторону _____.
(недиссоциированного вещества, продуктов диссоциации)

Ход опыта 1.2. В две пробирки внести 5-7 капель раствора гидроксида аммония. В каждую пробирку прибавить 1-2 капли раствора фенолфталеина. Одну пробирку оставить в качестве эталона, в другую – внести несколько кристаллов хлорида аммония.

НАБЛЮДЕНИЯ

При добавлении фенолфталеина к раствору гидроксида аммония _____

Добавление кристаллов хлорида аммония приводит к _____

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Изменение окраски фенолфталеина в растворе свидетельствует о наличии в растворе ионов _____, появление которых обусловлено диссоциацией
(формула)
гидроксида аммония:

(уравнение диссоциации)

Гидроксид аммония – _____ электролит.
(сильный, слабый)

Математическое выражение и численное значение константы диссоциации:

Хлорид аммония является _____ электролитом и диссоциирует в
(сильным, слабым)

водном растворе в соответствии с уравнением:

_____ (уравнение диссоциации)

Увеличение в растворе концентрации ионов _____ способствует
(формула)

смещению химического равновесия в сторону _____.
(недиссоциированного вещества, продуктов диссоциации)

Вывод

Введение в раствор слабого электролита одноименного иона (в составе соли этого электролита) способствует смещению химического равновесия в сторону

_____, что приводит к _____.
(недиссоциированного вещества, продуктов диссоциации) (увеличению, снижению)
степени диссоциации.

Опыт 2.

Получение основной соли - гидроксосульфата меди (II)

Ход опыта

В две пробирки налить 0,5-1 мл раствора сульфата меди (II). В одну пробирку добавить раствор гидроксида натрия (щёлочи) до образования обильного осадка - гидроксида меди (II). В другую пробирку добавить несколько капель раствора гидроксида натрия до появления помутнения – осадка основной соли, гидроксосульфата меди (II). Через 3 минуты отметить цвета осадков гидроксида и основной соли меди (II). Разделить осадок основной соли в две пробирки, а затем в одну из них добавить 1 мл раствора серной кислоты, в другую - 1 мл раствора гидроксида натрия (щёлочи).

Наблюдения

Цвета осадков:

гидроксида меди (II) – _____ ;

основной соли меди – _____ .

Осадок основной соли _____ в кислоте и
(растворяется, не растворяется)

_____ в щёлочи.
(растворяется, не растворяется)

При взаимодействии со щёлочью цвет осадка меняется на _____ .

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

- Молекулярное и ионное уравнения реакции образования гидроксида меди (II) (нерастворимые вещества отметить ↓):

- Молекулярное и ионное уравнения реакции образования гидроксосульфата меди (II) (нерастворимые вещества отметить ↓):

- Молекулярное и ионное уравнения реакции взаимодействия гидроксосульфата меди (II) с серной кислотой (нерастворимые вещества отметить ↓):

- Молекулярное и ионное уравнения реакции взаимодействия гидроксосульфата меди (II) с гидроксидом натрия (нерастворимые вещества отметить ↓):

Выводы

Один из способов получения основных солей – взаимодействие

Основные соли можно перевести в средние действием _____

Основные соли взаимодействуют со щелочами, при этом образуются

Основные соли _____
(растворимы или нерастворимы в воде)

Опыт 3. Реакция среды в растворах различных солей

Ход опыта. С помощью универсального индикатора определите pH растворов ZnSO_4 , Na_3PO_4 , Na_2SO_4 .

Обработка результатов

Формула соли	Среда	pH	Протекание гидролиза (возможно, невозможно)

Сульфат цинка – соль, образованная _____ основанием _____
(сильным, слабым) (формула)

и _____ кислотой _____.
(сильной, слабой) (формула)

Уравнение реакции гидролиза (по первой ступени) сульфата цинка:

Фосфат натрия – соль, образованная _____ основанием _____
(сильным, слабым) (формула)

и _____ кислотой _____.
(сильной, слабой) (формула)

Уравнение реакции гидролиза (по первой ступени) фосфата натрия:

Сульфат натрия – соль, образованная _____ основанием _____
(сильным, слабым) (формула)

и _____ кислотой _____.
(сильной, слабой) (формула)

Выводы

Соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой, подвергаются гидролизу по _____, их растворы имеют _____ среду.
(катиону, аниону) (кислую, нейтральную, щелочную)

Соли, образованные слабым основанием и сильной кислотой, подвергаются гидролизу по _____, их растворы имеют _____ среду.
(катиону, аниону) (кислую, нейтральную, щелочную)

Растворы солей, образованных сильным основанием и сильной кислотой,

имеют _____ среду.
(кислую, нейтральную, щелочную)

Опыт 4. НЕОБРАТИМЫЙ ГИДРОЛИЗ (СОВМЕСТНЫЙ ГИДРОЛИЗ ДВУХ СОЛЕЙ)

Ход опыта. В пробирку налейте 2 мл раствора хлорида хрома (III) и добавьте 2 мл раствора карбоната натрия.

НАБЛЮДЕНИЯ

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Хлорид хрома (III) – соль, образованная _____ основанием _____
(сильным, слабым) (формула)

и _____ кислотой _____.
(сильной, слабой) (формула)

Карбонат натрия – соль, образованная _____ основанием _____
(сильным, слабым) (формула)

и _____ кислотой _____.
(сильной, слабой) (формула)

При сливании растворов этих солей происходит их совместный гидролиз:

(уравнения реакций диссоциации и совместного гидролиза)

Выводы

В реакцию совместного гидролиза вступают соли образованные

и

Совместный гидролиз является _____ реакцией, идущей до
(обратимой, необратимой)
образования _____

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите формулы для вычисления всех способов выражения концентрации растворов: массовой доли, молярной, эквивалентной, моляльности, титра и мольной доли растворённого вещества.
2. Выведите формулы перехода от молярной концентрации к массовой доле растворенного вещества, моляльности и титру раствора.
3. Рассчитайте объем раствора гидроксида натрия с плотностью 1,15 г/мл, необходимый для приготовления 250 мл 0,08 М раствора.
4. Для нейтрализации 10 мл раствора гидроксида бария израсходовано 7 мл 0,1 н. азотной кислоты. Определите молярную концентрацию гидроксида бария.
5. Выведите математическое выражение закона химических эквивалентов применительно к растворам.
6. Выведите математическое выражение для расчета массы растворенного вещества, если известны его массовая доля, объём и плотность раствора.
7. Приведите два примера реакций с образованием практически нерастворимых и малорастворимых солей. Напишите их уравнения в молекулярном и ионно-молекулярном виде.
8. Приведите по одному-два примера реакций с образованием практически нерастворимых и малорастворимых кислот и оснований. Напишите их уравнения в молекулярном и ионно-молекулярном виде. 77
9. Приведите два примера реакций с образованием газообразных малорастворимых в воде веществ. Напишите их уравнения в молекулярном и ионно-молекулярном виде.
10. Приведите три примера реакций с образованием слабых электролитов. Напишите их уравнения в молекулярном и ионно-молекулярном виде.
11. Приведите по одному примеру реакций перевода кислой и основной соли в нормальные (средние) соли. Напишите их уравнения в молекулярном и ионно-молекулярном виде.
12. Напишите в молекулярном и ионно-молекулярном виде уравнения реакций амфотерного гидроксида хрома с серной кислотой и с раствором гидроксида калия.

13. Объясните и подтвердите расчетом, почему сульфид цинка взаимодействует с соляной кислотой (напишите уравнения в молекулярном и ионно-молекулярном виде), а сульфид кадмия не взаимодействует.
14. Приведите примеры растворимых в воде солей, среда растворов которых нейтральная, кислая, щелочная. Напишите уравнения их гидролиза в молекулярном и ионно-молекулярном виде.
15. Приведите примеры солей, гидролиз которых идет только по катиону, только по аниону, и по катиону и по аниону одновременно. Напишите уравнения их гидролиза в молекулярном и ионно-молекулярном виде.
16. Приведите примеры солей, гидролиз которых возможен по одной, двум и трем ступеням. Напишите уравнения их гидролиза в молекулярном и ионно-молекулярном виде.
17. Напишите в молекулярном и ионном виде уравнения совместного гидролиза: а) сульфата хрома (III) и карбоната натрия и б) нитрата алюминия и сульфида калия.
18. Как влияет добавление растворов KOH, $ZnCl_2$, Na_2S , соляной кислоты и твердого NaCl на гидролиз карбоната калия (гидролиз усиливает, ослабляется, влияния не наблюдается).
19. Как влияет добавление растворов NaOH, Na_2CO_3 , $Al_2(SO_4)_3$, серной кислоты и твердого K_2SO_4 на гидролиз хлорида цинка (гидролиз усиливает, ослабляется, влияния не наблюдается).
20. Напишите в молекулярном и ионном виде уравнения трех степеней гидролиза хлорида железа (III). Объясните, почему при комнатной температуре гидролиз идет только по первой ступени, а при кипячении раствора – по всем трем.
21. В одномолярном растворе нитрата цинка водородный показатель (pH) равен 2. Чему равна степень гидролиза соли (%)?
22. Напишите схему гетерогенного химического равновесия между осадком малорастворимой соли Ag_2CrO_4 и её ионами в растворе. Напишите выражение для константы равновесия этого процесса и произведения растворимости этой соли.
23. Вычислите молярную концентрацию хлорида свинца (II) в насыщенном растворе, если произведение растворимости этой соли по справочным данным равно $2,0 \cdot 10^{-5}$.
3. Вычислите объем воды, в котором может раствориться один грамм сульфата свинца (II), произведение растворимости которого равно $2,0 \cdot 10^{-8}$.
4. Определите направление реакций переосаждения (двойного обмена):
- 1) $PbCrO_4 + K_2SO_4 = PbSO_4 + K_2CrO_4$
- 2) $2AgI + Na_2S = Ag_2S + 2NaI$
5. Определите, выпадет ли осадок $AgNO_2$ (ПР = $6,0 \cdot 10^{-4}$) при смешивании одинаковых объемов сантимолярных растворов нитрата серебра и нитрита калия. Приведите соответствующие вычисления.

6. Расположите вещества сульфат бария BaSO_4 ($\text{ПР} = 1 \cdot 10^{-10}$), гидроксид хрома $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ($\text{ПР} = 4 \cdot 10^{-15}$) и гидроксид магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ($\text{ПР} = 8 \cdot 10^{-12}$) в ряд по увеличению их растворимости в воде

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

«ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ»

Опыт 1. Влияние среды на состав продуктов восстановления перманганата калия

Ход опыта

- В три пробирки налить по 0,5-1 мл раствора перманганата калия (KMnO_4).
- Добавить:
 - в первую пробирку - 5-10 капель раствора серной кислоты;
 - во вторую пробирку - 0,5-1 мл раствора гидроксида натрия.
- Во все три пробирки внести по одному микрошпателью кристаллического сульфита натрия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И НАБЛЮДЕНИЯ

Исходная окраска раствора перманганата калия – _____ .

В результате реакции в пробирках произошли следующие изменения:

Номер пробирки	Среда	Наблюдения	
		осадок или раствор	цвет
1	кислая		
2	щелочная		
3	нейтральная		

Обработка результатов

- Степень окисления марганца в составе перманганат-иона _____ – _____, следовательно, MnO_4^- в окислительно- восстановительных (высшая, промежуточная, низшая) реакциях проявляет _____ свойства.
(окислительные, окислительно-восстановительные, восстановительные)

- Степень окисления серы в составе сульфит-иона _____ – _____, следовательно, SO_3^{2-} в окислительно-восстановительных (высшая, промежуточная, низшая)

реакциях проявляет _____ свойства.

(окислительные, окислительно-восстановительные, восстановительные)

- В присутствии окислителя _____ ион SO_3^{2-} является _____.
(формула) (окислителем, восстановителем)

- В ходе опыта проходит окислительно-восстановительная реакция между перманганатом калия и сульфитом натрия.

- Уравнения полуреакций, ионное и молекулярное уравнения реакций:

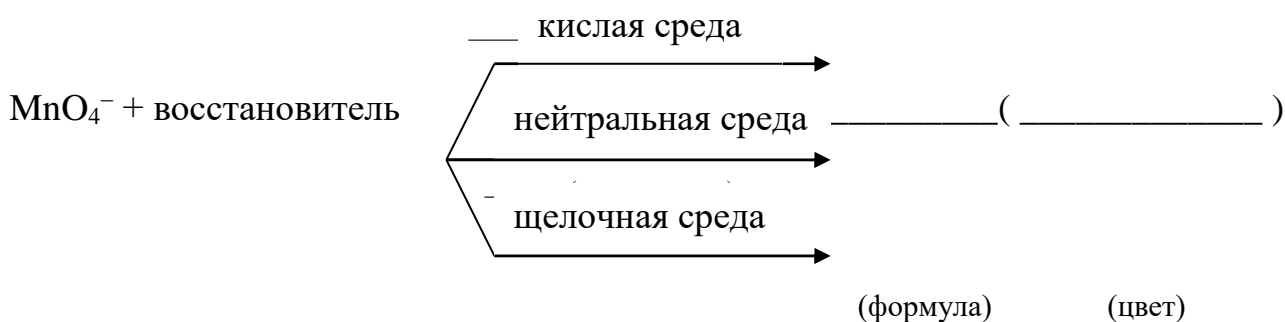
– в кислой среде $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$

– в щелочной среде : $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + \text{SO}_4^{2-}$

– в нейтральной среде: $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-}$.

Вывод

- В ходе окислительно-восстановительных реакций с участием перманганата калия зависимости от среды могут быть получены различные продукты восстановления перманганат-иона MnO_4^- :



Опыт 2. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома

Ход опыта 2.1.

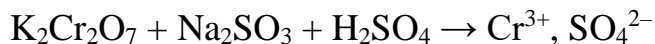
- В пробирку налить 1-2 мл раствора дихромата калия.
- Подкислить содержимое пробирки 3-4 каплями разбавленной серной кислоты.
- Внести в пробирку один микрошпатель кристаллического сульфита натрия.

Результаты и наблюдения

При протекании ОВР между раствором дихромата калия и сульфитом натрия в кислой среде _____

Обработка результатов

Уравнения полуреакций, ионное и молекулярное уравнения реакции:



Ход опыта 2.2.

- В пробирку налейте 5-6 капель раствора сульфата хрома (III).
- Прилейте по каплям раствор гидроксида натрия до растворения первоначально выпавшего осадка.
- К полученному раствору хромита натрия добавьте 10 капель 3 %-ного раствора пероксида водорода.
- Содержимое пробирки нагрейте на пламени спиртовки.

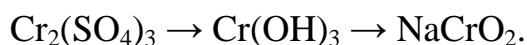
РЕЗУЛЬТАТЫ И НАБЛЮДЕНИЯ

При протекании ОВР между раствором хромита натрия и пероксидом водорода

в кислой среде _____

Обработка результатов

Получение хромита натрия происходит согласно схеме:



При взаимодействии раствора сульфата хрома с раствором щелочи протекает реакция образования гидроксида хрома (уравнение реакции в молекулярной и ионной формах):

При последующем добавлении щелочи происходит образование хромита натрия (уравнение реакции в молекулярной и ионной формах):

Уравнения полуреакций, ионное и молекулярное уравнения реакции:



ВЫВОДЫ

Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома

Формула	С.О. хрома		Свойства в ОВР (окисл., восст, окисл.-восст.)
	Численное значение	Высшая, промежуточная, низшая	
NaCrO_2			
Na_2CrO_4			
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$			

Опыт 3. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НИТРИТ-ИОНА

Ход опыта 3.1.

- В пробирку налить 1 мл раствора нитрита натрия.
- Подкислить содержимое пробирки 3-4 каплями разбавленной серной кислоты.
- Добавить в пробирку 1-2 капли раствора иодида калия.
- Прилить к содержимому пробирки 0,5 мл раствора крахмала.

РЕЗУЛЬТАТЫ И НАБЛЮДЕНИЯ

При добавлении раствора крахмала наблюдается _____

Обработка результатов

Изменение окраски при добавлении раствора крахмала свидетельствует об образовании _____ .

Уравнения полуреакций, ионное и молекулярное уравнения реакции:



Ход опыта 3.2.

- В пробирку налить 3-4 капли раствора перманганата калия.
- Подкислить содержимое пробирки 3-4 каплями разбавленной серной кислоты.
- Добавить в пробирку 3-4 капли раствора нитрита натрия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И НАБЛЮДЕНИЯ

При протекании ОВР между растворами нитрита калия и перманганата калия в кислой среде наблюдается _____

Обработка результатов

Уравнения полуреакций, ионное и молекулярное уравнения реакции:



Выводы

- Степень окисления азота в составе нитрит-иона _____ (высшая степень окисления азота _____, низшая – _____), в связи с чем в ОВР ион NO_2^- проявляет _____ свойства.

(только окислительные, только восстановительные, и окислительные и восстановительные)

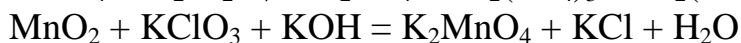
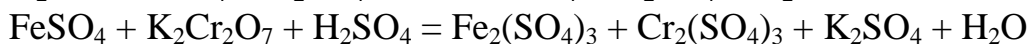
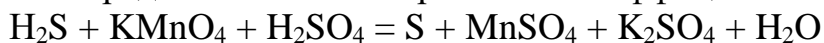
- В присутствии восстановителя _____ ион NO_2^- является _____, (формула) (окислителем, восстановителем)

в присутствии окислителя _____ ион NO_2^- является _____.
(формула) (окислителем, восстановителем)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

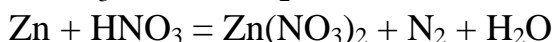
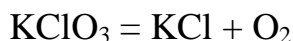
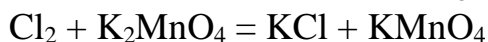
1. Среди веществ – хлорид железа (II), хлорид железа (III), металлическое железо сероводород, сульфит натрия, серная кислота – укажите восстановитель, окислитель и вещество с окислительно-восстановительной двойственностью.

2.. Определите стехиометрические коэффициенты в реакциях:



Укажите в них окислитель, восстановитель и среду.

3. Укажите уравнения реакций: межмолекулярной, внутримолекулярной и диспропорционирования; в уравнении реакции диспропорционирования определите стехиометрические коэффициенты:



Лабораторная работа 5

«ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРОВ СОЛЕЙ»

Опыт 1. ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРА СУЛЬФАТА МЕДИ (II)

С ГРАФИТОВЫМ И МЕДНЫМ АНОДАМИ

Опыт проводят в простейшем электролизёре, представляющем собой U-образную стеклянную трубку с раствором, в который погружают графитовые стержни – электроды. На электроды через выпрямитель и понижающий трансформатор подают напряжение от сети.

Ход опыта

- Электролизёр наполовину объёма заполнить раствором сульфата меди (II).
- Опустить в раствор предварительно зачищенные наждачной бумагой и тщательно промытые графитовые электроды.
- Присоединить электроды к источнику постоянного тока (включить вилку в розетку на лабораторном столе) и наблюдать признаки электролиза.
- Через 2-3 минуты отключить напряжение.
- Поменять полюса электродов (повернуть вилку на 180° и снова включить в розетку).
- Наблюдать ход электролиза.

Результаты и наблюдения

На одном электроде наблюдаем _____,
на другом – _____.

Обработка результатов

В водном растворе сульфат меди (II) находится в диссоциированном состоянии:

Соответствующая схема электролиза:

К (–) _____ (формулы частиц)	А (+) _____ (формулы частиц)
На катоде протекает реакция _____ (восстановления, окисления)	На аноде протекает реакция _____ (восстановления, окисления)
Стандартный или практический (с учетом перенапряжения) потенциалы возможных катодных полуреакций:	Ион SO_4^{2-} _____ (способен, не способен) _____, так как (восстанавливаться, окисляться)

в ходе электролиза растворов солей на катоде возможно _____
(восстановление, окисление)

ионов металлов, потенциал которых ____ -1 В
(<,<=,>)

(электродная полуреакция)

Стандартный или практический (с учетом перенапряжения) потенциалы возможных анодных полуреакций:

(электродная полуреакция)

- После смены полюсов анодом становится электрод, покрытый медью, который принимает участие в анодной реакции.

При электролизе сульфата меди (II) с медным анодом наблюдается:

- Соответствующая схема электролиза:

К (-) _____
(формулы частиц)

(электродная полуреакция)

А (+) Cu _____
(формулы частиц)

(электродная полуреакция)

Выводы

- В ходе электролиза с инертными электродами вещество электродов

_____ химическому превращению.
(подвергается, не подвергается)

- Активные аноды _____ химическому превращению, материал анода в ходе электролиза _____
(подвергаются, не подвергаются)

Опыт 2. ЭЛЕКТРОЛИЗ РАСТВОРА ЙОДИДА КАЛИЯ С ГРАФИТОВЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Ход опыта

- Электролизёр наполовину объёма заполнить раствором йодида калия.
- Опустить в раствор графитовые электроды.
- Присоединить электроды к источнику постоянного тока (включить вилку в розетку на лабораторном столе) и наблюдать признаки электролиза.
- Через 1-2 минуты в катодное пространство электролизёра (см. схему электролиза) добавить 2-3 капли раствора фенолфталеина, в анодное пространство – 2-3 капли раствора крахмала.
- Отметить признаки протекания процессов в катодном и анодном пространствах.
- Отключить напряжение.

Результаты и наблюдения

В процессе электролиза:

на одном электроде наблюдаем _____

на другом – _____

При добавлении фенолфталеина раствор в катодном пространстве

окрашивается в _____ цвет.

При добавлении крахмала раствор в анодном пространстве окрашивается в

_____ цвет.

Обработка результатов

В водном растворе йодид калия находится в диссоциированном состоянии:

К (–) _____
(формулы частиц)

На катоде протекает реакция

(восстановления, окисления)

Стандартный или практический (с учетом

А (+) _____
(формулы частиц)

На аноде протекает реакция

(восстановления, окисления)

Стандартный или практический (с

перенапряжения) потенциалы возможных
катодных полуреакций:

учетом перенапряжения) потенциалы
возможных анодных полуреакций:

Соответствующая схема электролиза:

в ходе электролиза растворов солей на
катоде возможно _____

(восстановление,

окисление)

ионов металлов, потенциал которых __ -1 В

(< , = , >)

(электродная полуреакция)

Ион I^- _____
(способен, не способен)

_____, так как
(восстанавливаться, окисляться)

на аноде возможно _____
(восстановление, окисление)

анионов, потенциал которых __ 1,8 В
(< , = , >)

(электродная полуреакция)

Выводы

- При электролизе водного раствора KI на катоде происходит выделение _____
(формула)

В результате катодного процесса в растворе образуются ионы _____ ,
(формула)

что подтверждается изменением окраски фенолфталеина.

- На аноде образуется _____ , наличие которого подтверждает изменение
(формула)

окраски раствора в присутствии крахмала.

Опыт 3. Электролиз раствора сульфата натрия

Ход опыта

- Электролизёр наполовину объёма заполнить раствором сульфата натрия.

- Опустить в раствор предварительно зачищенные наждачной бумагой и тщательно промытые графитовые электроды.
- Присоединить электроды к источнику постоянного тока (включить вилку в розетку на лабораторном столе) и наблюдать признаки электролиза.
- Через 2-3 минуты отключить напряжение.
- В катодное пространство добавить 2-3 капли фенолфталеина.
- В анодное – 2-3 капли метилоранжа.

Результаты и наблюдения

- На катоде _____.
- При добавлении фенолфталеина _____.
- На аноде _____.
- При добавлении метилоранжа _____.

Обработка результатов

В водном растворе сульфат натрия находится в диссоциированном состоянии:

Соответствующая схема электролиза:

К (–) _____
(формулы частиц)

На катоде протекает реакция

(восстановления, окисления)

Стандартный или практический (с учетом перенапряжения) потенциалы возможных катодных полуреакций:

в ходе электролиза растворов солей на катоде возможно _____
(восстановление,

окисление)

ионов металлов, потенциал которых ____ -1 В
(< , = , >)

А (+) _____
(формулы частиц)

На аноде протекает реакция

(восстановления, окисления)

Ион SO_4^{2-}

(способен, не способен)

_____, так как
(восстанавливаться, окисляться)

Стандартный или практический (с учетом перенапряжения) потенциалы возможных анодных полуреакций:

(электродная полуреакция)

(электродная полуреакция)

Выводы

- При электролизе водного раствора Na_2SO_4 на катоде происходит выделение _____.
(формула)

В результате катодного процесса в растворе образуются ионы _____,
(формула)

что подтверждается изменением окраски фенолфталеина.

- На аноде выделяется _____.
(формула)

В результате анодного процесса в растворе образуются ионы _____,
(формула)

что подтверждается изменением окраски метилоранжа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расположите металлы железо, медь, марганец, магний, серебро в ряд по увеличению окислительных свойств их катионов.
2. Среди металлов свинец, золото, кадмий, кальций, медь укажите:
а) взаимодействующие с соляной и разбавленной серной кислотами;
б) вытесняющие никель из растворов его солей.
3. Вычислите значение электродного потенциала цинка, если цинк находится в растворе своей соли с концентрацией катионов $0,01 \text{ M}$, а температура раствора равна 15°C .
4. Вычислите значение электродного потенциала меди, если электрод находится в растворе соли меди (II) с концентрацией катионов $0,1 \text{ M}$, температура раствора равна 10°C .
5. Напишите электрохимическую схему гальванического элемента, составленного из медного и марганцевого электродов с растворами солей меди (II) и марганца (II). Вычислите ЭДС элемента при стандартных условиях и при концентрации катионов в растворах $0,1 \text{ M}$ (температура стандартная).
6. Напишите схему двух гальванических элементов, в одном из которых цинк является катодом, а в другом анодом; вычислите их ЭДС.
7. Приведена электрохимическая схема гальванического элемента: $(-)\text{Mn} \mid \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \parallel \text{Ag} \mid \text{AgNO}_3 (+)$ Напишите схему катодного и анодного процессов, уравнение токообразующей реакции в молекулярном и ионном виде. Определите ЭДС элемента при стандартных условиях.

8. Приведите примеры металлов, которые можно получить электролизом растворов их солей.
9. Установите последовательность восстановления металлов из расплава смеси: AlCl_3 , CuCl_2 , FeCl_2 , CdCl_2 .
10. Рассчитайте минимальное напряжение разложения, которое необходимо приложить к электродам для начала электролиза расплава хлорида алюминия.
11. Газообразными продуктами электролиза каких солей являются только хлор и водород?
12. Электролиз раствора какой соли приводит к увеличению её концентрации в растворе: FeCl_3 , NaNO_3 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, NaCl ?
13. На рисунке изображен электролизер с угольными электродами. Какая соль находится в растворе: Na_2CO_3 , CuSO_4 , Na_2S , AgNO_3 ? Объясните свой выбор. Напишите уравнения происходящих процессов.
14. Вычислите объем газа, выделившегося на аноде при электролизе раствора нитрата натрия за 1 час, если сила тока равна 5 А, а выход по току 90 %.
15. Приведите примеры газовой, или химической коррозии металлов.
16. Какой металл разрушается при электрохимической коррозии в микрогальванопаре: Fe или Mg, Fe или Cd, Fe или Ni?
17. Какие процессы происходят при повреждении поверхностного слоя никелированного железа?
18. Какие металлы используются для протекторной защиты железных изделий от коррозии?
19. Какое железо называется лужёным, а какое оцинкованным?
20. Какие процессы протекают на катоде и аноде при коррозии оцинкованного железа в сернокислой среде?
21. Какая операция в технике получила название «воронение» стали?
22. Какими металлами легирована нержавеющая сталь X18H9T?
23. Какие металлы, из предложенных в перечне, взаимодействуют с водой при обычных условиях: Ni, Na, Mg, Fe, Cu, Ca?
24. Покажите с помощью уравнений реакции механизм взаимодействия алюминия с раствором щелочи, учитывая, что его поверхность покрыта оксидной плёнкой.
25. Напишите несколько уравнений взаимодействия цинка с азотной кислотой. Протекание какой реакции наиболее вероятно при стандартных условиях? Уравняйте её методом полуреакций.
26. Наиболее сильным окисляющим воздействием обладает смесь двух кислот – азотной и фтороводородной. Напишите уравнение реакции взаимодействия вольфрама с этой смесью.
27. Приведите формулы соединений, имеющих названия: турнбулева синь, берлинская лазурь, роданид железа (III).
28. Какое явление называется пассивацией металла?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметов Н.С., Азизова М.К., Бадыгина Л. И. Лабораторные и семинарские занятия по неорганической химии. – М.: ВШ, 1988. – 303 с.
2. Васильева З. Г., Грановская А. А., Таперова А. А. Лабораторные работы по общей и неорганической химии. – Л.: Химия, 1986. – 287 с.
3. Васильев А. А., Стась Н. Ф., Юрмазова Т. А. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии. – Томск: изд. ТПУ, 1997. – 64 с.
4. Дорофеев А. И., Федотова М. И. Практикум по неорганической химии. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.
5. Жарский И. М., Кузьменко А. Л., Орехова С. Е. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии. – М.: Дизайн ПРО, 1998. – 224 с.
6. Зайцев О. С. Исследовательский практикум по общей химии. – М.: Изд-во Московского университета, 1994. – 480 с.
7. Захаров Л. Н. Техника безопасности в химических лабораториях. – Л.: Химия, 1991. – 336 с.
8. Князева Е. М., Стась Н. Ф. Лабораторные работы по неорганической химии. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 68 с.
9. Краузер Б., Фримантл М. Лабораторный практикум: Учебное пособие / Пер с англ. – М.: Химия, 1995. – 320 с.
10. Коровин Н. В., Мингулина Э. И., Рыжова Н. Г. Лабораторные работы по химии: Учебное пособие для вузов. – М.: ВШ, 2001. – 256 с.
11. Плакидкин А. А., Стась Н. Ф. Лабораторные работы по общей химии. – Томск: Изд. ТПУ, 2002. – 132 с.
12. Практикум по неорганической химии. Под ред. Воробьева А. Ф. и Дракина С. И.. – М.: Химия, 1984. – 246 с.
13. Практикум по общей химии. Под ред. Соколовской Е. М., Зайцева О. С. – М.: Изд-во Московского университета, 1981. – 400 с.
14. Практикум по общей и неорганической химии. Под ред. Павлова Н. Н., Петрова С. В. – М.: ВШ, 1986. – 298 с. 206
15. Рачинский Ф. Ю., Рачинская М. Ф. Техника лабораторных работ. – Л.: Химия, 1982. – 431 с.
16. Стёпин Б. Д. Техника лабораторного эксперимента в химии: Учебное пособие для высшей школы. – М.: Химия, 1999. – 600 с.
17. Фишер Х. Практикум по общей химии: Вводный курс по экологически безопасной программе с экспериментами по регенерации химических реактивов. Часть I. Общая и неорганическая химия / Пер с англ. – Новосибирск: Наука, 1996. – 387 с.
18. Фролов В. И. и др. Практикум по общей и неорганической химии: Учебное пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2002. – 304 с.