

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Владимирский государственный университет

Н.А. ОРЛИН

# НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум для студентов  
специальности 020100 – химия (бакалавриат)

Владимир 2009

УДК 54(076)

ББК 24.1

О-66

Рецензенты:

Профессор зав. кафедрой химии  
Владимирского государственного гуманитарного университета  
*Н.П. Ларионов*

Кандидат химических наук, доцент кафедры химии  
Владимирского государственного гуманитарного университета  
*С.Ю. Морев*

Печатается по решению редакционного совета  
Владимирского государственного университета

**Орлин, Н. А.**

О-66 Неорганическая химия : практикум для студентов специальности  
020100 – химия (бакалавриат) / Н. А. Орлин ; Владим. гос. ун-т. – Вла-  
димир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 72 с.

ISBN 978-89368-912-9

Содержит задания для проверки знаний по отдельным темам лабораторных ра-  
бот по неорганической химии.

Предназначен для студентов 1-го курса специальности 020100 «Химия» (бака-  
лавриат).

Табл. 1. Библиогр. : 13 назв.

ББК 24.1  
УДК 54(076)

ISBN 978-5-89368-912-9

© Владимирский государственный  
университет, 2009

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Работа с лекциями.....	7
Указания к планированию самостоятельной работы студента.....	7
Лабораторный цикл.....	8
Памятка по технике безопасности при работе в лаборатории.....	9
Методические указания к выполнению лабораторных работ.....	11
Упражнения и задачи к работе «Классы неорганических соединений».....	14
Упражнения и задачи к работе «Определение эквивалентных масс».....	16
Упражнения и задачи к работе «Растворы».....	18
Упражнения и задачи к работе «Окислительно-восстановительные реакции».....	20
Упражнения и задачи к работе «Комплексные соединения».....	22
Упражнения и задачи к работе «Энергетика химических процессов».....	24
Упражнения и задачи к работе «Скорость химических реакций».....	26
Упражнения и задачи к работе «Химическое равновесие».....	27
Упражнения и задачи к работе «Определение рН растворов».....	30
Упражнения и задачи к работе «Гидролиз солей».....	31
Упражнения и задачи к работе «Смещение равновесия в растворах электролитов».....	32
Упражнения и задачи к работе «Произведение растворимости».....	34
Упражнения и задачи к работе «Гальванические элементы».....	35
Упражнения и задачи к работе «Коррозия металлов».....	35
Упражнения и задачи к работе «Электролиз».....	36
Упражнения и задачи к работе «Галогены».....	37
Упражнения и задачи к работе «Сера».....	38
Упражнения и задачи к работе «Азот и фосфор».....	40
Упражнения и задачи к работе «Углерод и кремний».....	42
Упражнения и задачи к работе «Бор».....	43
Упражнения и задачи к работе «Марганец».....	45
Упражнения и задачи к работе «Хром».....	47
Упражнения и задачи к работе «Железо».....	48
Упражнения и задачи к работе «Кобальт и никель».....	50
Упражнения и задачи к работе «Цинк и кадмий».....	52
Упражнения и задачи к работе «Алюминий».....	53

Упражнения и задачи к работе «Олово».....	55
Упражнения и задачи к работе «Свинец».....	57
Упражнения и задачи к работе «Медь».....	58
Тематика контрольных работ.....	60
Коллоквиумы.....	63
Самостоятельные расчетные работы студентов (курсовые работы).....	65
Тематика расчетных работ.....	66
Примерный вариант выполнения курсовой работы.....	67
Приложение.....	68
Рекомендательный библиографический список.....	71

## Предисловие

Неорганическая химия является одной из фундаментальных химических дисциплин, которую студенты-химики изучают на первом курсе.

Цель дисциплины – создать необходимую базу для освоения других химических и специальных дисциплин, способствовать выработке научного взгляда на мир и на экологические аспекты охраны окружающей среды.

Задачи данного курса – освоение студентами теоретических основ химии, химии элементов и их соединений. В связи с этим программа состоит из объединенных в единое целое двух разделов.

Первый раздел курса содержит основы теории, без которых невозможно понимание свойств и превращений неорганических веществ; современное представление о природе химической связи, строении вещества и межмолекулярном взаимодействии. Общие закономерности протекания химических процессов излагаются с изучением элементов химической термодинамики и кинетики.

Второй раздел посвящен систематическому обзору свойств химических элементов и их соединений и включает общую характеристику элементов, способы получения и свойства элементарных веществ, а также ряда соединений, применяемых в различных отраслях промышленности.

Курс неорганической химии делится на три цикла: лекционный цикл, цикл лабораторных работ, комплекс расчетных заданий, выполняемых в рамках самостоятельной работы студентов (СРС) и на дополнительных занятиях и консультациях. В качестве проверки освоения навыков решения химических задач и выполнения упражнений по соответствующим темам планируется проведение контрольных работ и коллоквиумов. Выполняемые студентами задания в рамках СРС представляются для проверки преподавателю. После проверки таких индивидуальных заданий преподава-

тель проводит собеседование с каждым студентом и защиту выполненной работы.

Контроль за освоением материала проводится по рейтинговой системе. Мотивационным фактором является балльная система оценки знаний, которая должна проводиться практически на каждом занятии при выполнении каждого вида заданий: лабораторных, коллоквиумов, контрольных и т.д. Эта система стимулирует систематическую работу студента и способствует накоплению и углублению знаний.

Практикум должен помочь студентам более целенаправленно подходить к каждому виду занятий. Прежде всего он должен стать своеобразным путеводителем при подготовке к аудиторным занятиям и при выполнении самостоятельных заданий.

В приложении приведены таблицы, необходимые для решения задач, связанных с энергией связи, геометрической конфигурацией молекул, плотностями растворов и т.д.

## **РАБОТА С ЛЕКЦИЯМИ**

В настоящее время лекция является эффективным способом ввода студентов в сложную структуру учебной дисциплины. Лектор в доходчивой форме объясняет студентам основные термины, понятия и законы данной дисциплины, излагает материал с учетом логики, последовательности, проблемности и глубокой научности предмета, включая последние достижения в данной области. Наличие учебника помогает усвоению материала, но не заменяет лекционную форму передачи информации. Студенту необходимо помнить, что для восполнения одной пропущенной лекции требуется четырех- или шестикратное увеличение часов самостоятельной работы.

### **УКАЗАНИЯ К ПЛАНИРОВАНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА**

Согласно стандарту любой специальности число часов, отводимое на изучение учебной дисциплины, делится на две примерно равные части. Первая часть часов посвящена аудиторной работе, а вторая – самостоятельной подготовке. Так, если на курс неорганической химии по стандарту отводится 374 часа, то это значит, что половина этих часов (187) – аудиторные работы, и они включаются в расписание учебных занятий, а вторую часть часов студенты должны использовать для самостоятельного изучения курса неорганической химии. Сюда входит работа с лекционным материалом и учебником по соответствующей теме; подготовка к выполнению лабораторных работ; оформление отчета по работам; подготовка к контрольным работам и коллоквиумам, а также выполнение индивидуальных заданий.

В связи с этим перед студентом стоит проблема организации своего свободного времени. Планирование своей рабочей недели является важной задачей каждого студента.

Всего в неделе 168 часов. Около 56 часов приходится на сон. 28 часов (без учета занятий физической культурой) отводятся расписанием на аудиторные занятия: лекции, лабораторные, практические, семинарские. 26 – 28

часов в неделю студент должен использовать на самостоятельную работу дома, в читальном зале библиотеки, кабинетах, лабораториях и т.д. Оставшиеся 50 - 55 часов тратятся на дорогу, питание, отдых, спорт, культурные и гигиенические мероприятия и др. Сюда входят и выходные дни.

Практика показывает, что успешно учатся те студенты, которые ответственно относятся к планированию своего времени (рабочего дня, рабочей недели), своевременно выполняют все задания, отводимые на самостоятельную подготовку.

Так, по неорганической химии студент в неделю должен тратить не менее 2 часов на проработку лекционного материала и 4 - 6 часов на все другие виды самостоятельной работы. Также он не должен пропускать ни одного часа аудиторных занятий. Необходимо помнить, что пропуск каждого часа лабораторных занятий требует вдвое-втрое больше часов для его восполнения.

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦИКЛ**

### *Перечень (тематика) лабораторных работ*

1. Классы неорганических соединений.
2. Определение эквивалентных масс.
3. Растворы.
4. Окислительно-восстановительные реакции.
5. Комплексные соединения.
6. Энергетика химических процессов.
7. Скорость химических реакций.
8. Химическое равновесие.
9. Определение рН растворов.
10. Гидролиз солей.
11. Смещение равновесия в растворах электролитов.
12. Произведение растворимости.
13. Гальванические элементы.
14. Коррозия металлов.
15. Электролиз.
16. Галогены.
17. Сера.
18. Азот и фосфор.
19. Углерод и кремний.

20. Бор.
21. Марганец.
22. Хром.
23. Железо.
24. Кобальт и никель.
25. Цинк и кадмий.
26. Алюминий.
27. Олово.
28. Свинец.
29. Медь.

## **ПАМЯТКА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ**

Перед началом работы в химической лаборатории все студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности и поставить свою подпись в соответствующем журнале по инструктажу.

Каждый студент должен помнить следующее:

1. Рабочее место следует содержать в образцовом порядке, не загромождать его ненужными в данный момент вещами (портфелями, головными уборами и т.д.). На лабораторном столе должны быть (кроме необходимых реактивов) только лабораторный журнал, учебник, справочные и учебные пособия, лабораторный практикум, лекционная тетрадь, пишущий инструмент и калькулятор.

2. При пользовании реактивами необходимо соблюдать особую аккуратность:

а) все пробирки и склянки с растворами, банки с сухими веществами держать закрытыми, открывать их только при необходимости;

б) закрывая пробирки и склянки, не путать пробки, так как в этом случае реактивы загрязняются и становятся непригодными для дальнейшего использования;

в) излишек взятого реактива не высыпать и не выливать обратно в сосуд, из которого он был взят, так как этим можно испортить весь реактив. Излишки отдать лаборанту или высыпать (вылить) в специальные емкости;

г) реактивы общего пользования не уносить на рабочие столы, соблюдать порядок в расстановке как реактивов общего пользования, так и реактивов на рабочих столах индивидуального пользования;

д) опыты, которые по методическому описанию должны проводиться только в вытяжном шкафу, нельзя выполнять на рабочих столах, а проводить только в вытяжных шкафах при включенной тяге;

е) категорически запрещается пробовать реактивы на вкус, поскольку многие из них в той или иной степени ядовиты;

ж) растворы кислот, щелочей, солей нельзя выливать в раковину, их сливают в специальные емкости, находящиеся в установленных местах.

3. Во избежание несчастных случаев следует строго соблюдать меры предосторожности:

а) работать с малыми количествами веществ, не превышая те их количества, которые указаны в описании опытов;

б) при нагревании не наклонять пробирки и колбы отверстием к себе или работающему рядом;

в) испытывать газы на запах нужно осторожно: отверстие пробирки следует держать на полувытянутой руке ниже уровня носа, а правой рукой направлять к себе поток газа из отверстия пробирки;

г) не зажигать никаких газов и паров, не убедившись предварительно в том, что они не содержат примесей воздуха, поскольку смесь всякого горючего газа с воздухом взрывается;

д) при разбавлении концентрированных кислот, особенно серной, необходимо вливать кислоту в воду, а не наоборот;

е) категорически запрещается принимать пищу на рабочем месте.

4. Горячие и особенно раскаленные предметы нельзя ставить непосредственно на стол, так как при этом он портится, а к предметам прилипает краска. Горячие предметы ставить только на асбестированную сетку.

5. В лаборатории соблюдать тишину.

6. Все опыты стараться выполнять индивидуально, все наблюдаемое и полученные результаты записывать в рабочую лабораторную тетрадь.

7. Первая помощь при ожогах и отравлениях:

а) при термических ожогах необходимо быстро сделать примочки раствором марганцовки и покрыть обожженное место мазью от ожогов, например сульфидной эмульсией;

б) при ожогах кислотами обожженное место сначала промыть водой, затем раствором пищевой соды (гидрокарбоната натрия);

в) при ожогах щелочами обожженное место промыть водой, а затем борной (или 1%-ной уксусной) кислотой;

г) при ожогах жидким бромом быстро промыть обожженное место спиртом и смазать мазью от ожога;

д) при попадании в глаз кислоты необходимо промыть его водой, а затем 1%-ным раствором пищевой соды (при попадании щелочи – 2%-ным раствором борной кислоты);

е) в случае вдыхания хлора или паров брома следует подышать над спиртом, а затем выйти на свежий воздух;

ж) при всех случаях ожогов и отравлений, а также механических ранений после оказания первой помощи немедленно обратиться к врачу.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Лабораторные работы студент выполняет по следующему лабораторному практикуму:

Орлин, Н. А., Кузурман, В. А. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 112 с.

Для лабораторных занятий студент должен иметь специальную тетрадь, которая служит лабораторным журналом, в ней студент будет записывать все операции и наблюдения, связанные с выполнением лабораторных опытов, обрабатывать экспериментальные данные, производить расчеты для опытов, составлять уравнения реакций, решать задачи и т.д.

Отчет по выполненным и оформленным лабораторным работам студент выполняет на листах бумаги формата А4.

Приведем пример оформления отчетов по двум темам (двум лабораторным работам, отличающимся методикой выполнения).

Первая лабораторная работа состоит из одного опыта, но в ней студент собирает установку, получает цифровые данные, производит расчеты и т.д. Вторая работа содержит ряд опытов, в которых требуется как визуальное наблюдение за течением реакции, изменением цвета растворов, образованием или растворением осадков, выделением газа и тому подобным, так и анализ происходящих процессов. Требуется также составление соответствующих уравнений реакций и квалифицированный вывод по протекающим химическим процессам.

Примерное оформление отчетов по работам:

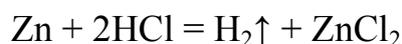
Лабораторная работа № 1 (дата)

Определение эквивалентной массы цинка

I. Теоретическое введение.

II. Экспериментальная часть.

1. Собираем прибор, изображенный на рисунке.
2. Проводим реакцию взаимодействия цинка с соляной кислотой согласно методике опыта и замеряем объем выделившегося водорода.



3. Полученные результаты записываем в таблицу.

№ п/п	Параметр	Обозначение	Единица измерения	Результат
1	Масса металла	$m_{\text{Me}}$	г	0,104
2	Объем выделившегося водорода	$V$	мл	40
3	Температура	$t$	°С	18
4	Атмосферное давление	$P$	мм рт. ст.	750
5	Давление насыщенного водяного пара при температуре опыта	$P_{\text{H}_2\text{O}}$	мм рт. ст.	15,5

4. Обрабатываем полученные данные и рассчитываем эквивалентную массу:

- а) находим парциальное давление водорода  $P_{\text{H}_2}$ :

$$P_{\text{H}_2} = P - P_{\text{H}_2\text{O}} = 750 - 15,5 = 734,5 \text{ мм рт. ст.};$$

- б) приводим объем выделившегося водорода к нормальным условиям:

$$V_0 = \frac{P_{\text{H}_2} V T_0}{P_0 T} = \frac{734,5 \cdot 40 \cdot 273}{760 \cdot 294} = 35,9 \text{ мл};$$

- в) определяем эквивалентную массу металла:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = \frac{m \cdot 11200}{V_0} = \frac{0,104 \cdot 11200}{35,9} = 32,48.$$

5. Определяем погрешность опыта:

- а) находим теоретическое значение эквивалента цинка:

$$\mathcal{E}_{\text{теор}} = \frac{A_{\text{Zn}}}{B_{\text{Zn}}} = \frac{65,4}{2} = 32,7;$$

- б) рассчитываем относительную погрешность опыта:

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{\text{теор}} - \mathcal{E}_{\text{пр}}}{\mathcal{E}_{\text{теор}}} 100 \% = \frac{32.7 - 32.48}{32.7} 100 \% = 0.67 \%$$

## 6. Выводы.

Погрешность в определении эквивалента металла незначительная, следовательно, этим методом – методом вытеснения водорода из кислоты – можно достаточно точно определить эквиваленты металлов.

Если погрешность опыта значительна, необходимо сделать анализ хода работы и определить, на какой стадии и почему получена погрешность.

Большинство лабораторных работ состоит из ряда опытов. Каждый опыт представляет собой микроисследование, которое выполняет студент индивидуально или в паре с другим студентом. Каждый опыт как отдельное исследование является законченным экспериментом. Его следует оформлять отдельно с описанием всех наблюдений и выводов. В отчете по каждому опыту должны быть правильно составленные соответствующие уравнения реакций. В качестве примера рассмотрим фрагмент лабораторной работы «Окислительно-восстановительные реакции».

## Лабораторная работа № 2 (дата)

### *Окислительно-восстановительные реакции*

I. Теоретическое введение.

II. Экспериментальная часть.

Опыт 1. Окисление гидроксида железа (II) пероксидом водорода.

1. Гидроксид железа (II) получаем взаимодействием сульфата железа (II) с раствором гидроксида натрия. Реакция протекает по следующему уравнению:



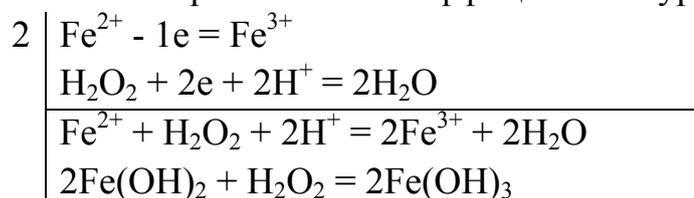
В результате реакции наблюдается образование белого студенистого осадка гидроксида железа (II), который постепенно осаждается на дно пробирки.

2. После осторожного слива жидкости к осадку  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  добавляем несколько капель раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Взаимодействие протекает по реакции



В данной реакции  $\text{H}_2\text{O}_2$  является окислителем, он окисляет  $\text{Fe}^{2+}$  до  $\text{Fe}^{3+}$ . В результате окисления  $\text{Fe}^{2+}$  в  $\text{Fe}^{3+}$  цвет осадка меняется от белого к бурому.

Составляем электронно-ионное уравнение процесса окисления-восстановления и проставляем коэффициенты в уравнении реакции.



**Вывод.** Пероксид водорода активно окисляет  $\text{Fe}^{2+}$  в  $\text{Fe}^{3+}$  и превращает  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  в  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

### Упражнения и задачи к работе «Классы неорганических соединений»

1. Дать названия следующим соединениям. Определить, к какому классу соединений они относятся. Определить валентность и степень окисления каждого элемента в соединениях:

- 1)  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{ZnSO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{MnO}_3$ ,  $(\text{ZnOH})_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ti}(\text{OH})_4$
- 2)  $\text{NH}_4\text{SCN}$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{FeOH}\text{SO}_4$
- 3)  $\text{MgS}$ ,  $\text{NaCN}$ ,  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $[\text{Cr}(\text{OH})_2]_2\text{SO}_4$
- 4)  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HAsO}_3$ ,  $\text{LiBr}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{PbOHNO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$
- 5)  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{MgHPO}_4$ ,  $\text{NaPO}_3$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{BiOH}(\text{NO}_3)_2$
- 6)  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ,  $(\text{BeOH})_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
- 7)  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ,  $\text{Co}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NiS}$ ,  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{NaHSiO}_3$ ,  $\text{SnOHNO}_3$
- 8)  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CrOHCl}_2$ ,  $\text{CaC}_2$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{CN})_3$
- 9)  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{NiOHNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Ca}_3\text{P}_2$
- 10)  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaF}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HClO}_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$
- 11)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{HSO}_3)_2$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$ ,  $\text{TiCl}_3$ ,  $\text{Mg}_3\text{P}_2$
- 12)  $\text{CuI}_2$ ,  $\text{HClO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Al}(\text{HSO}_4)_3$ ,  $\text{W}_2\text{C}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$
- 13)  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HCNS}$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HS})_2$ ,  $\text{CaOHCl}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}_2$
- 14)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Mo}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_3\text{P}_2\text{O}_7)_2$ ,  $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Bi}(\text{OH})_3$

2. Написать эмпирические и графические формулы следующих соединений:

- 1) Гидрид кальция, дифосфорная кислота, гидроксид бария, дихлорид-гидроксид алюминия, дигидроортофосфат магния, оксид фосфора (V), цианид калия.

- 2) Дихромат бария, оксид стронция, фосфид кальция, пероксид калия, нитратдигидрооксид алюминия, дигидроортоборат натрия, гидроксид свинца (II).
- 3) Сульфит натрия, гидроксид бария, хлористая кислота, гидрокарбонат стронция, сульфатгидроксид хрома (III), хлорид свинца (II).
- 4) Дикарбид кальция, хлорид титана (IV), хлорная кислота, сульфид аммония, хлогидроксид меди (II), дигидросиликат калия, оксид марганца (VI).
- 5) Перхлорат калия, силицид магния, гидроортофосфат кадмия, мышьяковая кислота, гидроксид магния, сульфатгидроксид никеля (II), оксид серы (VI).
- 6) Манганат калия, пероксид натрия, оксид хрома (IV), дигидроарсенит кадмия, сульфатгидроксид меди (II), хлорноватая кислота, гидроксид меди (II).
- 7) Дифосфат кальция, гидроксид ванадия (III), бромид фосфора (V), гидросульфид кальция, хлоридгидроксид хрома (III), хлорноватистая кислота, оксид хлора (I).
- 8) Оксид мышьяка (III), гипохлорит натрия, карбид железа, цианистоводородная кислота, гидросульфид алюминия, гидроксид кобальта (II), нитритгидроксид хрома (III).
- 9) Метафосфат магния, дигидроортоборат калия, хлорид фосфора (V), оксид молибдена (IV), мышьяковая кислота, нитритдигидроксид хрома (III), гидроксид стронция.
- 10) Сульфид бария, хромат калия, гидроксид титана (IV), хлорогидроксид кобальта (II), гидросульфат аммония, сероводородная кислота, карбид магния.
- 11) Хромат серебра (I), надпероксид калия, гидроортофосфат железа (II), сульфид молибдена (IV), роданистоводородная кислота, карбид вольфрама, сульфидгидроксид кальция.
- 12) Перманганат калия, гидрокарбонат лития, дигидрид магния, оксид марганца (VI), азотистая кислота, сульфитгидроксид титана (II), карбид кремния.
- 13) Гидроортоарсенат меди (II), метафосфорная кислота, иодид натрия, оксид вольфрама (VI), нитритгидроксид меди (II), хлорид железа (III), арсенид меди.
- 14) Метакремниевая кислота, борид магния, арсенат кальция, бромидгидроксид хрома (III), оксид азота (II), гидродифосфат кальция, гидроксид ванадия (IV).

3. Определить, между какими парами соединений, приведенных в заданиях группы 1, возможны химические взаимодействия. В том случае, когда реакция возможна, написать уравнение.

### Упражнения и задачи к работе «Определение эквивалентных масс»

1. Вычислить эквивалентные массы следующих соединений:

- 1)  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$
- 2)  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Ni}(\text{OH})_2$
- 3)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$
- 4)  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$
- 5)  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- 6)  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Bi}(\text{OH})_3$
- 7)  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{NaOH}$
- 8)  $\text{HSCN}$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- 9)  $\text{HCN}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- 10)  $\text{HClO}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$
- 11)  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Co}(\text{OH})_3$
- 12)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- 13)  $\text{HClO}_2$ ,  $\text{MgS}$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$
- 14)  $\text{HClO}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$
- 15)  $\text{HBrO}_3$ ,  $\text{NaPO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$
- 16)  $\text{AuCl}_3$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}_2\text{Si}$

2. Решить следующие задачи

- 1) При восстановлении 2,17 г оксида марганца (IV) металлическим алюминием получилось 1,7 г оксида алюминия. Вычислить эквивалентную массу марганца.
- 2) При восстановлении водородом 7,2 г оксида металла образуется 1,8 г воды. Определить эквивалентную массу металла.
- 3) Магний массой 1,46 г и железо массой 3,4 г вытесняют из кислот одинаковые количества водорода. Найти эквивалентную массу железа.
- 4) При взаимодействии 0,8 г гидразина и 2,45 г серной кислоты образовалось 3,25 г соли. Вычислить эквиваленты гидразина и образовавшейся соли.
- 5) При нейтрализации кислоты едким натром на 1,125 г кислоты расходуется 1 г сухого едкого натра. Вычислить эквивалент кислоты.

- 6) Металл массой 0,432 г образует с хлором 0,574 г хлорида. Вычислить эквивалентную массу металла, приняв эквивалент хлора равным 35,5.
- 7) На нейтрализацию 0,943 г фосфористой кислоты израсходовано 1,288 г NaOH. Вычислить эквивалентную массу кислоты.
- 8) Оксид металла содержит 20,48 % кислорода, а соединение того же металла с фтором – 48,72 % фтора. Рассчитать эквивалент фтора.
- 9) Вычислить эквивалент серы в соединении ее с железом, если на 0,165 г серы приходится 0,279 г железа и если степень окисления железа равна +2.
- 10) При восстановлении 1,1 г оксида олова водородом получено 0,28 г воды. Определить эквивалент олова.
- 11) Найти эквивалент металла, если известно, что при взаимодействии 8 г этого металла с водой выделилось 3,36 л водорода при н.у.
- 12) Сколько литров водорода при н.у. выделится при растворении в соляной кислоте 10 г металла с эквивалентом 9,0?
- 13) Металл массой 1,22 г вытеснил из раствора соли 5,62 г другого металла. Полученный металл был растворен в кислоте, при этом выделилось 1,12 л водорода (н.у.). Определить эквиваленты первого и второго металлов.
- 14) Вычислить эквивалент хлора в литрах, зная, что 0,824 г меди соединяются с 291 мл хлора, измеренного при н.у., а валентность меди равна II.
- 15) Для растворения некоторого металла потребовалось 14,7 г серной кислоты, эквивалент которой равен 49. Определить объем выделившегося водорода в литрах.
- 16) Эквивалент некоторого металла составляет 22,99. Определить, сколько литров водорода потребуется для восстановления 4,95 г его кислородного соединения.
- 17) Некоторое количество металла, эквивалент которого равен 28, вытесняет из кислоты 700 мл водорода при н.у. Определить массу металла.
- 18) На восстановление 1,8 г оксида металла израсходовано 833 мл водорода при н.у. Рассчитать эквивалент оксида и эквивалент металла.
- 19) На горение 142 г элемента было израсходовано 22,4 л водорода при н.у. Определить эквивалент металла.
- 20) При растворении в кислоте 3,06 г металла выделилось 2,8 л водорода при н.у. Определить эквивалент металла.
- 21) Определить число эквивалентов щелочи, которое вступит в реакцию с раствором, содержащим 57 г сульфата алюминия.

- 22) Рассчитать число эквивалентов гидроксида калия, который вступит в реакцию с 24 г сульфата железа (III).
- 23) Определить число граммов гидроксида бария, который вступит в реакцию с 0,5 эквивалентами кислоты.
- 24) Рассчитать число эквивалентов кислоты, которое вступит в реакцию с 2,12 г карбоната натрия.
- 25) Какой объем кислорода (н.у.) вступит в реакцию с 0,4 эквивалентами металла?
- 26) Каким количеством в граммах гидроксида бария можно заменить 8 г гидроксида натрия?
- 27) Сколько эквивалентов щелочи вступит в реакцию с 10 г соляной кислоты?
- 28) Сколько граммов кислорода вступит в реакцию с 0,2 эквивалентами магния?
- 29) При взаимодействии 1,8 г металла с серой образовалось 5 г сульфида. Вычислить эквивалент металла, если эквивалент серы равен 16.

### Упражнения и задачи к работе «Растворы»

1. Рассчитать, сколько граммов вещества необходимо для приготовления:

- 1) 120 мл 0,5 н. раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- 2) 80 мл 0,8 н. раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- 3) 230 мл 0,4 н. раствора  $\text{CuSO}_4$
- 4) 400 мл 0,2 н. раствора  $\text{AlCl}_3$
- 5) 150 мл 0,3 н. раствора  $\text{K}_3\text{PO}_4$
- 6) 160 мл 1,3 М раствора  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- 7) 125 мл 0,8 М раствора  $\text{CrCl}_3$
- 8) 600 мл 10%-ного раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$
- 9) 400 мл 0,15 н. раствора  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$
- 10) 140 мл 0,65 М раствора  $\text{NaHCO}_3$
- 11) 180 мл 0,7 н. раствора  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$
- 12) 45 мл 30%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 13) 90 мл 0,25 н. раствора  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$
- 14) 180 мл 0,45 М раствора  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$
- 15) 420 мл 0,6 н. раствора  $\text{ZnCl}_2$
- 16) 345 мл 0,25 н. раствора  $\text{AuCl}_3$

2. Рассчитать, сколько миллилитров воды необходимо прибавить:

- 1) к 120 мл 0,5 н. раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  для получения 0,1 М раствора соли;
- 2) 80 мл 0,8 н. раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  для получения 0,1 М раствора соли;
- 3) 230 мл 0,4 н. раствора  $\text{CuSO}_4$  для получения 0,3 н. раствора соли;
- 4) 400 мл 0,2 н. раствора  $\text{AlCl}_3$  для получения 0,05 М раствора соли;
- 5) 150 мл 0,3 н. раствора  $\text{K}_3\text{PO}_4$  для получения 0,05 М раствора соли;
- 6) 160 мл 1,3 М раствора  $\text{K}_2\text{SO}_4$  для получения 1,1 н. раствора соли;
- 7) 125 мл 0,8 М раствора  $\text{CrCl}_3$  для получения 0,5 н. раствора соли;
- 8) 600 мл 10%-ного раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$  для получения 0,1 н. раствора соли;
- 9) 400 мл 0,15 н. раствора  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  для получения 0,01 М раствора соли;
- 10) 140 мл 0,65 М раствора  $\text{NaHCO}_3$  для получения 0,5 н. раствора соли;
- 11) 180 мл 0,7 н. раствора  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  для получения 0,1 М раствора соли;
- 12) 45 мл 30%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  для получения 0,2 н. раствора соли;
- 13) 90 мл 0,25 н. раствора  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  для получения 0,01 М раствора соли;
- 14) 180 мл 0,45 М раствора  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  для получения 0,2 н. раствора соли;
- 15) 420 мл 0,6 н. раствора  $\text{ZnCl}_2$  для получения 0,1 М раствора соли.

3. Определить новую (молярную) концентрацию при смешивании двух растворов:

- 1) 100 мл 0,3 н. раствора  $\text{HCl}$  и 150 мл 20%-ного раствора этой кислоты;
- 2) 200 мл 0,1 н. раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 150 мл 0,2 М раствора этой кислоты;
- 3) 150 мл 0,5 н. раствора  $\text{AlCl}_3$  и 150 мл 0,8 М раствора этой соли;
- 4) 40 мл 20%-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 120 мл 0,3 н. раствора этой кислоты;
- 5) 400 мл 0,5 н. раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и 150 мл 0,8 М раствора этой соли;
- 6) 125 мл 1 н. раствора  $\text{HNO}_3$  и 200 мл 10%-ного раствора этой кислоты;
- 7) 75 мл 0,8 М раствора  $\text{CrCl}_3$  и 400 мл 0,3 н. раствора этой соли;
- 8) 300 мл 0,3 н. раствора  $\text{CuSO}_4$  и 250 мл 10%-ного раствора этой соли;

- 9) 140 мл 0,6 н. раствора  $\text{NaNO}_3$  и 240 мл 0,3 М раствора этой соли;
- 10) 180 мл 0,5 М раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и 130 мл 0,4 н. раствора этой соли;
- 11) 45 мл 0,2 н. раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и 90 мл 10%-ного раствора этой соли;
- 12) 90 мл 0,25 н. раствора  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  и 180 мл 0,3 М раствора этой соли;
- 13) 180 мл 0,45 М раствора  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  и 100 мл 0,5 н. раствора этой соли;
- 14) 420 мл 0,6 н. раствора  $\text{ZnCl}_2$  и 250 мл 0,3 М раствора этой соли;
- 15) 240 мл 1,6 н. раствора  $\text{AuCl}_3$  и 520 мл 0,03 М раствора этой соли;
- 16) 25 мл 6 н. раствора  $\text{FeCl}_2$  и 2,5 л 0,013 М раствора этой соли;
- 17) 145 мл 0,06 н. раствора  $\text{Na}_2\text{S}$  и 50 мл 0,15 М раствора этой соли;
- 18) 730 мл 15,5%-ного  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и 250 мл 0,02 М раствора этой щелочи;
- 19) 20 мл 0,2 н. раствора  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и 250 мл 32%-ного раствора этой соли.

### Упражнения и задачи к работе «Окислительно-восстановительные реакции»

1. Закончить уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций:

- |  |  |
|--|--|
| 1) $\text{Al} + \text{KBrO} + \text{KOH} =$                                    | 9) $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ |
| 2) $\text{Al} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 =$               | 10) $\text{FeCl}_2 + \text{HNO}_3 (\text{разб}) + \text{HCl} =$                        |
| 3) $\text{F}_2 + \text{Be} + \text{KOH} =$                                     | 11) $\text{KI} + \text{KMnO}_4 + \text{HNO}_3 =$                                       |
| 4) $\text{NaI} + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} =$                                 | 12) $\text{Al} + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} =$   |
| 5) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HNO}_3 =$ | 13) $\text{KCrO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} =$                                     |
| 6) $\text{Be} + \text{KMnO}_4 + \text{NaOH} =$                                 | 14) $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                   |
| 7) $\text{MgI}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$             | 15) $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HNO}_3 =$                 |
| 8) $\text{KNO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HNO}_3 =$           | 16) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{SO}_4 =$         |

2. Определить, возможны ли следующие окислительно-восстановительные реакции. Если реакция возможна, написать уравнение:

- |  |  |
|--|--|
| 1) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} =$                   | 9) $\text{Na}_2\text{S} + \text{KClO} + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ |
| 2) $\text{SnCl}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} =$                            | 10) $\text{NaBr} + \text{KBrO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$      |
| 3) $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaCrO}_2 + \text{NaOH} =$                   | 11) $\text{KI} + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$         |
| 4) $\text{NaNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HNO}_3 =$                          | 12) $\text{HCrO}_2 + \text{KBrO}_3 + \text{HCl} =$               |
| 5) $\text{SO}_2 + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} =$                       | 13) $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{NaBrO}_4 + \text{HNO}_3 =$    |
| 6) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} =$                    | 14) $\text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{NaOH} =$                |
| 7) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$    | 15) $\text{KNO}_2 + \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{KOH} =$      |
| 8) $\text{NH}_4\text{I} + \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HNO}_3 =$ | 16) $\text{Mg}_3\text{N}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} =$       |

### 3. Решить следующие задачи

- 1) Написать уравнение окислительно-восстановительной реакции взаимодействия раствора иодида калия с 200 мл 6%-ного раствора перманганата калия ( $\rho=1,04$  г/мл). Рассчитать массу йода, выделившегося в данном процессе.
- 2) Написать уравнение реакции взаимодействия иодида калия с хлоратом натрия в сернокислой среде. Рассчитать, сколько выделится соединений галогенов, если в реакцию вступило 50 мл 0,5 н. раствора хлората натрия.
- 3) Определить массу йода, выделившегося при взаимодействии иодида калия с 50 мл 0,2 н. раствора дихромата калия в сернокислой среде.
- 4) Рассчитать число эквивалентов и массу брома, вступившего во взаимодействие с 250 мл 0,2 М раствора хлорноватистой кислоты. Определить также массу образования  $\text{HBrO}_3$ .
- 5) Рассчитать число эквивалентов сероводорода, необходимых для взаимодействия с 50 мл 0,2 М раствора хлорида железа (III).
- 6) Определить, какой объём диоксида серы (н.у.) необходимо пропустить через 200 мл 0,4 н. раствора перманганата калия, чтобы последний обесцветился в кислой среде.
- 7) Рассчитать число эквивалентов тиосульфата калия, необходимое для реакции с 150 мл 0,2 М раствора перманганата калия.
- 8) Рассчитать нормальную концентрацию сероводорода, если при взаимодействии 100 мл раствора сероводорода с хлором образуется 1 г осадка. Рассчитать также объём 0,2 н. раствора гидроксида натрия, необходимый для нейтрализации сероводорода.
- 9) Определить объём оксида серы (IV), необходимый для восстановления в сернокислой среде 50 мл 5,7%-ного раствора дихромата калия (плотность 1,04 г/мл).
- 10) Определить число эквивалентов селеновой кислоты, необходимое для реакции со 120 мл 0,2 М раствора перманганата калия.
- 11) При взаимодействии 50 мл пероксида водорода с 50 мл 0,01 М раствором перманганата калия в среде  $\text{HCl}$  образуется кислород. Определить объём выделившегося кислорода ( $t = 20$  °С,  $p = 755$  мм рт.ст.) и нормальную концентрацию раствора пероксида водорода.
- 12) Определить объём оксида (II), образующегося при взаимодействии 100 мл 0,1 М раствора  $\text{KNO}_2$  с 100 мл 0,2 н. раствора иодида калия.

- 13) Рассчитать нормальную концентрацию хлорида олова (II), если на восстановление 50 мл 0,2 н. раствора дихромата калия в солянокислой среде израсходовано 200 мл раствора  $\text{SnCl}_2$ .
- 14) Написать уравнение реакции получения азотной кислоты из оксида азота (IV). Определить количество эквивалентов  $\text{NO}_2$ , необходимое для получения 200 мл 0,1 М раствора  $\text{HNO}_3$ .
- 15) На восстановление 50 мл 0,1 н. раствора дихромата натрия в присутствии соляной кислоты израсходовано 100 мл раствора хлорида олова (II). Определить нормальную концентрацию раствора  $\text{SnCl}_2$ .

### Упражнения и задачи к работе «Комплексные соединения»

1. Дать полную характеристику следующих комплексных соединений:

- определить валентность и координационное число комплексообразователя, все виды химической связи и тип гибридизации валентных орбиталей, а также пространственную структуру комплекса;

- написать уравнение диссоциации и выражение константы нестойкости комплекса;

- рассмотреть комплекс с позиций метода молекулярных орбиталей.

- 1)  $\text{K}_2[\text{Pt}(\text{NO}_2)_2(\text{OH})_2]$ ;  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$
- 2)  $\text{K}_2[\text{Pt}(\text{CNS})_2(\text{NO})_2]$ ;  $[\text{Os}(\text{NH}_3)_4\text{Br}_2]$
- 3)  $\text{K}_2[\text{Pt}(\text{NO}_2)\text{Br}_2\text{Cl}]$ ;  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
- 4)  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ;  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}_2$
- 5)  $(\text{NH}_4)_2[\text{Pd}(\text{CN})_4]$ ;  $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{NO}_3)_2$
- 6)  $(\text{NH}_4)_2[\text{Ti}(\text{OH})_4]$ ;  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4]\text{Cl}$
- 7)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})(\text{CN})_5]$ ;  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$
- 8)  $\text{K}_2[\text{Pt}(\text{CNS})_2(\text{NO}_2)_2]$ ;  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$
- 9)  $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_6]$ ;  $[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_3\text{NO}_3]\text{NO}_3$
- 10)  $\text{K}_2[\text{Pd}(\text{CNS})_4]$ ;  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]\text{Cl}_3$
- 11)  $\text{Cs}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ;  $[\text{Pd}(\text{H}_2\text{O})_2\text{ClBr}]$
- 12)  $\text{Na}_2[\text{PtCl}_4]$ ;  $[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NH}_3)_2](\text{NO}_3)_2$
- 13)  $\text{Na}_2[\text{PtNO}_2\text{Br}_2\text{Cl}_2]$ ;  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
- 14)  $\text{Mg}[\text{Pt}(\text{NO}_2)_4]$ ;  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_2]\text{Cl}$
- 15)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}$

## 2. Решить следующие задачи

- 1) Вычислить концентрацию ионов серебра в 0,1 М растворе  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ , если константа нестойкости равна  $5,89 \cdot 10^{-8}$ . Кроме комплекса в растворе содержится аммиак, 5 г/л.
- 2) Константа нестойкости иона  $[\text{CdI}_4]^{2-}$  равна  $7,94 \cdot 10^{-7}$ . Вычислить концентрацию ионов кадмия в 0,1 М растворе, содержащем еще 0,1 моль калия в 1 л раствора.
- 3) Константа нестойкости иона  $[\text{AlF}_6]^{3-}$  равна  $1,45 \cdot 10^{-20}$ . Какая масса алюминия в виде ионов содержится в 250 мл 0,24 н. раствора  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ , содержащего еще 2,5 г фторида калия?
- 4) Определить концентрацию ионов цинка в 500 мл 0,05 М раствора  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$ , содержащего еще 0,05 моль KCN. Степень диссоциации KCN равна 85 %, а константа нестойкости  $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$  равна  $10^{-16}$ .
- 5) Константа нестойкости иона  $[\text{HgI}_4]^{2-}$  равна  $1,4 \cdot 10^{-30}$ . Определить, сколько граммов ртути в виде ионов содержится в 100 мл 0,01 М раствора  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ , в котором содержится еще 5 г NaI. Выпадает ли в осадок  $\text{Hg}(\text{OH})_2$ , если к этому раствору добавить 0,0001 моль гидроксида калия, если  $PP_{\text{Hg}(\text{OH})_2} = 10^{-26}$ ?
- 6) Вычислить  $\Delta G^\circ$  процесса  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Ni}^{2+} + 4\text{CN}^-$ , если константа нестойкости равна  $10^{-22}$  при 20 °С.
- 7) Константа нестойкости  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$  при 25 °С равна  $7,08 \cdot 10^{-16}$ . Рассчитать  $\Delta G^\circ$  процесса  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^-$  и показать, какая реакция может протекать самопроизвольно.
- 8) Изменение энергии Гиббса для процесса  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^{2-} \leftrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{CN}^-$  при 25 °С равно 137 кДж/моль. Вычислить константу нестойкости комплекса.
- 9) Произойдет ли образование осадка карбоната цинка, если к 0,005 М раствору  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$ , содержащему еще 0,05 моль  $\text{NH}_4\text{OH}$ , прибавить равный объем 0,001 М раствора  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ?  $K_{\text{H}}$  комплекса равна  $10^{-24}$ ,  $PP_{\text{ZnCO}_3} = 6 \cdot 10^{-11}$ .
- 10) При какой концентрации ионов  $\text{S}^{2-}$  произойдет выпадение осадка FeS из 0,003 М раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , содержащего еще 0,01 моль KCN в 2 л раствора, если  $PP_{\text{FeS}} = 3,7 \cdot 10^{-19}$ , а  $K_{\text{H}}$  комплекса равна  $10^{-24}$ ?
- 11) Произойдет ли образование осадка  $\text{CaCO}_3$ , если к 2 л 0,05 М раствора  $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$ , содержащего избыток 0,6 М KCN, добавить 1 л 0,03 М раствора  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , если  $K_{\text{H}}$  комплекса равна  $7,66 \cdot 10^{-16}$ , а  $PP_{\text{CdCO}_3} = 2,5 \cdot 10^{-14}$ ?

- 12) Какая масса NaCN должна содержаться в 1 л раствора  $\text{Na}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$ , чтобы прибавление 0,004 г NaOH к 2 л раствора не вызвало образование осадка  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , если  $PP_{\text{Ni}(\text{OH})_2} = 1,6 \cdot 10^{-14}$ , а  $K_{\text{H}}$  комплекса равна  $10^{-22}$ ?
- 13) Константа нестойкости  $[\text{HgCl}_4]^{2-}$  равна  $6,03 \cdot 10^{-16}$ . Образуется ли осадок сульфида ртути (II), если к 1 л 0,005 М раствора соли  $\text{K}_2[\text{HgCl}_4]$ , содержащего 0,002 моль KCl, добавить 1 л 0,005 М раствора  $\text{K}_2\text{S}$ ? Образуется ли осадок гидроксида ртути (II), если к 1 л этого раствора добавить 0,02 моль KOH, если  $PP_{\text{Hg}(\text{OH})_2} = 10^{-26}$ ?

### Упражнения и задачи к работе «Энергетика химических процессов»

1. Вычислить  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$  и  $\Delta G^\circ$  приведенных ниже реакций. Сделать вывод о возможности протекания приведенных реакций в указанном направлении при 25 °С, если реакция при комнатных условиях не идет, выяснить, пойдет ли реакция при других температурах

- 1)  $\text{CuO}_{(\text{ТВ})} + \text{H}_{2(\text{Г})} = \text{Cu}_{(\text{ТВ})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{Ж})}$
- 2)  $\text{FeO}_{(\text{ТВ})} + \text{H}_{2(\text{Г})} = \text{Fe}_{(\text{ТВ})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{Ж})}$
- 3)  $\text{CuO}_{(\text{ТВ})} + \text{CO}_{(\text{Г})} = \text{Cu}_{(\text{ТВ})} + \text{CO}_{2(\text{Г})}$
- 4)  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{ТВ})} + 2\text{Al}_{(\text{ТВ})} = 2\text{Fe}_{(\text{ТВ})} + \text{Al}_2\text{O}_{3(\text{ТВ})}$
- 5)  $2\text{NaOH}_{(\text{ТВ})} + \text{C}_{(\text{ТВ})} = 2\text{Na}_{(\text{ТВ})} + \text{CO}_{(\text{Г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{Г})}$
- 6)  $2\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{ТВ})} + 2\text{Fe}_{(\text{ТВ})} = 4\text{Na}_{(\text{ТВ})} + \text{FeO}_{(\text{ТВ})} + 2\text{CO}_{2(\text{Г})}$
- 7)  $4\text{FeS}_{(\text{ТВ})} + 7\text{O}_{2(\text{Г})} = 2\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{ТВ})} + 4\text{SO}_{2(\text{Г})}$
- 8)  $2\text{PbS}_{(\text{ТВ})} + \text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{ТВ})} + 3\text{C}_{(\text{ТВ})} = 2\text{Pb}_{(\text{ТВ})} + 2\text{FeS}_{(\text{ТВ})} + 3\text{CO}_{(\text{Г})}$
- 9)  $4\text{NH}_{3(\text{Г})} + 5\text{O}_{2(\text{Г})} = 4\text{NO}_{(\text{Г})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{Г})}$
- 10)  $\text{PbS}_{(\text{ТВ})} + 4\text{O}_{3(\text{Г})} = \text{PbSO}_{4(\text{ТВ})} + 4\text{O}_{2(\text{Г})}$
- 11)  $\text{H}_2\text{S}_{(\text{Г})} + \text{SO}_{2(\text{Г})} = 3\text{S}_{(\text{ТВ})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{Ж})}$
- 12)  $4\text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{ТВ})} + \text{O}_{2(\text{Г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{Ж})} = 4\text{Fe}(\text{OH})_{3(\text{ТВ})}$
- 13)  $2\text{ZnS}_{(\text{ТВ})} + 3\text{O}_{2(\text{Г})} = 2\text{ZnO}_{(\text{ТВ})} + 2\text{SO}_{2(\text{Г})}$
- 14)  $\text{SnO}_{(\text{ТВ})} + \text{CO}_{(\text{Г})} = \text{SnO}_{(\text{ТВ})} + \text{CO}_{2(\text{Г})}$
- 15)  $\text{PbS}_{(\text{ТВ})} + 3\text{O}_{2(\text{Г})} = 2\text{PbO}_{(\text{ТВ})} + 2\text{SO}_{2(\text{Г})}$

2. Решить следующие задачи

- 1) Исходя из термохимических уравнений
 
$$\text{H}_2\text{O}_{2(\text{Ж})} + \text{H}_{2(\text{Г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{Г})}; \Delta H^\circ = -297 \text{ кДж}$$

$$\text{H}_{2(\text{Г})} + \text{O}_{2(\text{Г})} = \text{H}_2\text{O}_{2(\text{Ж})}; \Delta H^\circ = -187 \text{ кДж}$$

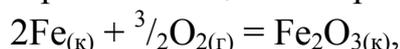
$$\text{H}_2\text{O}_{(\text{Ж})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{Г})}; \Delta H^\circ = 44 \text{ кДж}$$

- Рассчитать значение стандартной энтальпии реакции образования  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$ :  $2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$ .
- 2) Рассчитать стандартную энтальпию образования  $\Delta H_{f,298\text{Ca}(\text{OH})_2}^\circ$ , исходя из термохимических уравнений
- $$\text{Ca}_{(\text{к})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{г})} = \text{CaO}_{(\text{к})}; \Delta H^\circ = -635,6 \text{ кДж}$$
- $$\text{CaO}_{(\text{к})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} = \text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{к})}; \Delta H^\circ = -66,06 \text{ кДж}$$
- $$\text{H}_{2(\text{г})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{г})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}; \Delta H^\circ = -285,84 \text{ кДж}$$
- 3) Рассчитать стандартную энтальпию образования газообразного  $\text{PCl}_5$  ( $\Delta H_{f,\text{PCl}_5(\text{г})}^\circ$ ), исходя из термохимических уравнений
- $$2\text{P}_{(\text{к})} + 3\text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{PCl}_{3(\text{г})}; \Delta H^\circ = -560 \text{ кДж}$$
- $$\text{PCl}_{3(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = \text{PCl}_{5(\text{г})}; \Delta H^\circ = -86,9 \text{ кДж}$$
- 4) Рассчитать энтальпию реакции окисления
- $$2\text{FeO}_{(\text{к})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{г})} = \text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{к})},$$
- если теплота сгорания железа до  $\text{FeO}$  равна  $266,5 \text{ кДж/моль}$ , а теплота сгорания железа до  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  –  $822 \text{ кДж/моль}$ .
- 5) Рассчитать теплоту гидратации  $\text{SrCl}_2$ , если теплоты растворения  $\text{SrCl}_2$  и  $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  составляют  $47,7 \text{ кДж/моль}$  и  $31 \text{ кДж/моль}$  соответственно.
- 6) Рассчитать количество теплоты, которое потребуется для разложения  $1 \text{ кг}$  карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{к})} = \text{Na}_2\text{O}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$ , исходя из следующих термохимических реакций:
- $$\text{Na}_2\text{O}_{(\text{к})} + \text{SiO}_{2(\text{к})} = \text{Na}_2\text{SiO}_{3(\text{к})}; \Delta H^\circ = -243,17 \text{ кДж}$$
- $$\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{к})} + \text{SiO}_{2(\text{к})} = \text{Na}_2\text{SiO}_{3(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{г})}; \Delta H^\circ = 81,04 \text{ кДж}$$
- 7) Определить стандартную энтальпию образования оксида меди (II), если при восстановлении  $40 \text{ г}$   $\text{CuO}$  углем выделяется  $\text{CO}$  и поглощается  $27,4 \text{ кДж}$ .
- 8) Рассчитать стандартную энтальпию образования сульфида железа (II), если при взаимодействии железа массой  $21 \text{ г}$  с серой выделяется  $36,5 \text{ кДж}$ .
- 9) Рассчитать энергию связи  $\text{H}-\text{Cl}$  (т.е. тепловой эффект реакции образования  $\text{HCl}$  из атомов  $\text{H}$  и  $\text{Cl}$ ), исходя из следующих термохимических уравнений:
- $$\text{H}_2 = 2\text{H}; \Delta H^\circ = 473 \text{ кДж}$$
- $$\text{Cl}_2 = 2\text{Cl}; \Delta H^\circ = 243 \text{ кДж}$$
- $$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}; \Delta H^\circ = -184,62 \text{ кДж}$$
- 10) При разложении хлората калия
- $$\text{KClO}_{3(\text{к})} = \text{KCl}_{(\text{к})} + \frac{3}{2} \text{O}_{2(\text{г})}$$

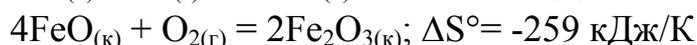
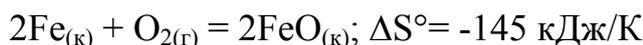
образовался кислород объёмом 4,48 л (н.у.). Какое количество теплоты при этом выделилось?

11) При сгорании фосфора массой 9,3 г выделяется 229,5 кДж теплоты. Исходя из этих данных, рассчитать стандартную энтальпию образования оксида фосфора (V).

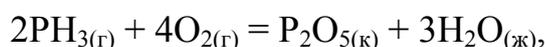
12) Рассчитать стандартную энтропию реакции образования оксида железа (III) из простых веществ по реакции



используя следующие данные:

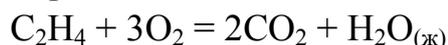


13) Определить стандартную энтальпию образования фосфина  $\text{PH}_{3(г)}$  исходя из уравнения



если  $\Delta H^\circ_{\text{х.р.}} = -2360 \text{ кДж}$ , а  $\Delta H^\circ_f, \text{P}_2\text{O}_{5(к)} = -1546,6 \text{ кДж/моль}$ .

14) При полном сгорании этилена



выделилось 6226 кДж. Рассчитать объём вступившего в реакцию кислорода (н.у.).

15) Рассчитать энтальпию перехода ромбической серы в моноклинную, зная, что энтальпия сгорания ромбической серы  $-296,53 \text{ кДж/моль}$ , а моноклинной  $-296,86 \text{ кДж/моль}$ .

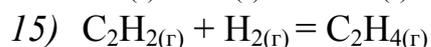
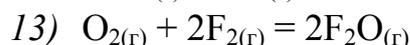
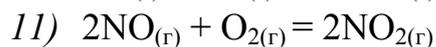
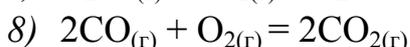
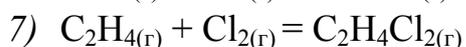
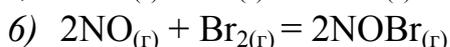
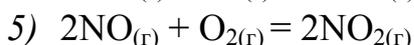
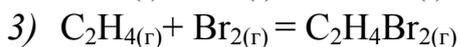
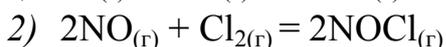
## Упражнения и задачи к работе «Скорость химических реакций»

1. Во сколько раз изменится скорость следующих реакций, если:

а) концентрацию второго вещества уменьшить в два раза;

б) увеличить концентрацию обоих веществ в два раза;

в) концентрацию первого вещества увеличить в два раза, а второго уменьшить в два раза?



2. В определенный момент времени концентрация первого вещества стала 0,05 моль/л, а второго – 0,025 моль/л, продукта реакции – 0,01 моль/л. Найти концентрации участвующих в реакции веществ в момент, когда концентрация первого вещества уменьшится на 0,012 моль/л для следующих гомогенных реакций:

- |                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1) $I_2 + H_2 = 2HI$       | 5) $2CO + O_2 = 2CO_2$          |
| 2) $O_2 + 2F_2 = 2F_2O$    | 6) $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$        |
| 3) $C_2H_2 + H_2 = C_2H_4$ | 7) $C_2H_4 + Br_2 = C_2H_4Br_2$ |
| 4) $2NO + O_2 = 2NO_2$     | 8) $CO + Br_2 = COBr_2$         |

3. Определить, во сколько раз изменится скорость нижеприведенных в общем виде гомогенных реакций, если одновременно увеличить давление в два раза и повысить температуру на 30 °С.

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1) $A + 2B = AB_2; \gamma = 2,5$    | 5) $2A + B = A_2B; \gamma = 2,7$       |
| 2) $3A + B = A_3B; \gamma = 2$      | 6) $2A + 3B = A_2B_3; \gamma = 3,5$    |
| 3) $A + 3B = AB_3; \gamma = 3$      | 7) $2A + 2B = A_2B_2; \gamma = 2,4$    |
| 4) $3A + 2B = A_3B_2; \gamma = 3,2$ | 8) $4A + 2B = A_3B + AB; \gamma = 2,5$ |

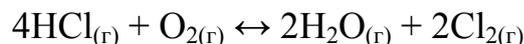
### Упражнения и задачи к работе «Химическое равновесие»

1. Определить, в какую сторону сместится равновесие в следующих системах: а) при повышении давления; б) повышении температуры; в) одновременном повышении давления в два раза и повышении температуры на 30 °С ( $\gamma$  принять равным 2):

- 1)  $COCl_2 \leftrightarrow CO + Cl_2; \Delta H_{X.P.} = +112,9 \text{ кДж}$
- 2)  $2CO \leftrightarrow CO_2 + C; \Delta H_{X.P.} = -168,1 \text{ кДж}$
- 3)  $2SO_3 \leftrightarrow 2SO_2 + O_2; \Delta H_{X.P.} = +192,3 \text{ кДж}$
- 4)  $2HBr \leftrightarrow H_2 + Br_2; \Delta H_{X.P.} = +71,1 \text{ кДж}$
- 5)  $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3; \Delta H_{X.P.} = -91,96 \text{ кДж}$
- 6)  $PCl_5 \leftrightarrow PCl_3 + Cl_2; \Delta H_{X.P.} = +129,6 \text{ кДж}$
- 7)  $N_2 + O_2 \leftrightarrow 2NO; \Delta H_{X.P.} = +179,7 \text{ кДж}$
- 8)  $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2; \Delta H_{X.P.} = -41,8 \text{ кДж}$
- 9)  $H_2 + F_2 \leftrightarrow 2HF; \Delta H_{X.P.} = -535 \text{ кДж}$
- 10)  $2HCl \leftrightarrow H_2 + Cl_2; \Delta H_{X.P.} = +183,9 \text{ кДж}$
- 11)  $PCl_3 + Cl_2 \leftrightarrow PCl_5; \Delta H_{X.P.} = -129,6 \text{ кДж}$
- 12)  $H_2 + I_2 \leftrightarrow 2HI; \Delta H_{X.P.} = +50,16 \text{ кДж}$
- 13)  $2SO_2 + O_2 \leftrightarrow 2SO_3; \Delta H_{X.P.} = -192,3 \text{ кДж}$
- 14)  $CO_2 + C \leftrightarrow 2CO; \Delta H_{X.P.} = +168,1 \text{ кДж}$
- 15)  $2NH_3 \leftrightarrow N_2 + 3H_2; \Delta H_{X.P.} = +91,96 \text{ кДж}$

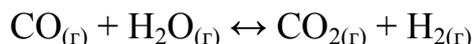
## 2. Решить следующие задачи

### 1) Равновесие гомогенной системы



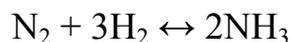
установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ:  $[\text{H}_2\text{O}]_{\text{рав}} = 0,14$ ;  $[\text{Cl}_2]_{\text{рав}} = 0,14$ ;  $[\text{HCl}]_{\text{рав}} = 0,2$ ;  $[\text{O}_2]_{\text{рав}} = 0,32$  моль/л. Вычислить исходные концентрации хлорида кислорода и водорода.

### 2) Константа равновесия гомогенной системы



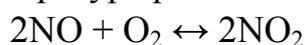
равна 1. Вычислить равновесные концентрации всех реагирующих веществ, если исходные концентрации равны:  $[\text{CO}]_{\text{исх}} = 0,10$  моль/л;  $[\text{H}_2\text{O}]_{\text{исх}} = 0,4$  моль/л.

### 3) Константа равновесия гомогенной системы



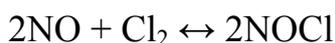
при температуре 400 °С равна 1. Равновесные концентрации водорода и аммиака соответственно равны 0,2 и 0,08 моль/л. Вычислить равновесную и начальную концентрации азота.

### 4) При некоторой температуре равновесие гомогенной системы



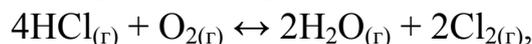
установилось при следующих концентрациях:  $[\text{NO}]_{\text{рав}} = 0,2$ ;  $[\text{O}_2]_{\text{рав}} = 0,1$ ;  $[\text{NO}_2]_{\text{рав}} = 0,1$  моль/л. Вычислить константу равновесия и исходные концентрации NO и O<sub>2</sub>.

### 5) Исходные концентрации NO и Cl<sub>2</sub> в гомогенной равновесной системе



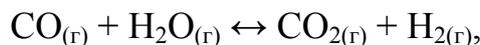
составляют соответственно 0,5 и 0,2 моль/л. Вычислить константу равновесия, если к моменту наступления равновесия прореагировало 20 % NO.

### 6) Определить, в какую сторону сместится равновесие в системе



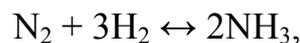
если повысить давление в системе в два раза, а температуру на 30 °С ( $\gamma^{\rightarrow} = 3$ ,  $\gamma^{\leftarrow} = 2$ ).

### 7) Определить, в какую сторону сместится равновесие в системе



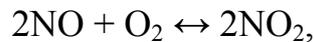
если увеличить давление в системе в 3 раза и повысить температуру на 20 °С ( $\gamma^{\rightarrow} = 2,5$ ,  $\gamma^{\leftarrow} = 2$ ).

### 8) Определить, в какую сторону сместится равновесие в системе



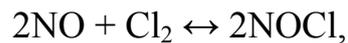
если повысить концентрацию исходных веществ в два раза и понизить температуру на 30 °С.

- 9) Определить, в какую сторону сместится равновесие в системе



если одновременно увеличить концентрацию исходных веществ в два раза и поднять температуру на 25 °С ( $\gamma^{\rightarrow} = 2$ ,  $\gamma^{\leftarrow} = 2,5$ ).

- 10) Определить, в какую сторону сместится равновесие в системе



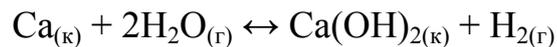
если одновременно повысить концентрацию исходных веществ в 2 раза и поднять давление от одной атмосферы до двух.

- 11) Как изменится выход оксида углерода по реакции



если общее давление в закрытой системе уменьшить в четыре раза и одновременно увеличить температуру на 40 °С. Температурные коэффициенты равны соответственно 2 и 5.

- 12) В обратимой гетерогенной реакции



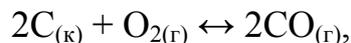
равновесие установилось при парциальных давлениях газов:  $P_{\text{H}_2\text{O}} = 40 \text{ кПа}$ ;  $P_{\text{H}_2} = 60 \text{ кПа}$ . Рассчитать новые равновесные парциальные давления газов, если общее давление в системе увеличилось в 1,5 раза.

- 13) В гетерогенной системе



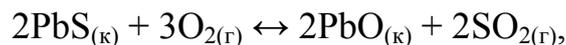
установилось равновесие с  $K_c = 0,1$ . Определить равновесные концентрации  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2$ , если в начале реакции в реакторе объемом 20 л находилось 18 г паров воды.

- 14) Как изменится общее давление в гетерогенной системе



если исходная концентрация кислорода составляла 0,1 моль/л, а к моменту равновесия прореагировало 30 % газообразного вещества? Температура 400 К.

- 15) Как изменится общее давление в гетерогенной системе



если исходная концентрация кислорода составляла 0,1 моль/л, а к моменту равновесия прореагировало 30% газообразного вещества? Температура 400 К.

## Упражнения и задачи к работе «Определение рН растворов»

1. Рассчитать концентрацию анионов при указанном значении рН в 0,01 М растворе следующих кислот:

- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1) Борной, рН = 3,5         | 9) Сернистой, рН = 6,2       |
| 2) Двухромовой, рН = 4,25   | 10) Селеновой, рН = 5,9      |
| 3) Марганцовистой, рН = 4,5 | 11) Сероводородной, рН=5,8   |
| 4) Мышьяковой, рН = 5,2     | 12) Селенистой, рН = 5,2     |
| 5) Мышьяковистой, рН = 5,4  | 13) Ортофосфорной, рН = 4,7  |
| 6) Хромовой, рН = 4,5       | 14) Двухфосфорной, рН = 5,2  |
| 7) Угольной, рН = 5,2       | 15) Селеноводородной, рН=6,0 |
| 8) Тиосерной, рН = 5,8      | 16) Циановой, рН = 4,8       |

2. Рассчитать концентрацию недиссоциированных молекул при указанном значении рН в 0,05 М растворе следующих кислот:

- |                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1) Азотной, рН = 0,5        | 9) Мышьяковистой, рН = 4,2        |
| 2) Борной, рН = 1,5         | 10) Плавиновой, рН = 4,3          |
| 3) Двухромовой, рН = 2,6    | 11) Сероводородной, рН=5,3        |
| 4) Хромовой, рН = 4,8       | 12) Сернистой, рН = 5,6           |
| 5) Ортофосфорной, рН = 5,3  | 13) Селенистой, рН = 4,9          |
| 6) Тиосерной, рН = 6,6      | 14) Роданистоводородной, рН = 4,6 |
| 7) Марганцовистой, рН = 4,2 | 15) Угольной, рН = 6,9            |
| 8) Мышьяковой, рН = 3,9     | 16) Фтористоводородной, рН=4,3    |

3. Рассчитать рН растворов следующих соединений:

- 1) 0,01 н. азотистой кислоты
- 2) 0,005 н. ортоборной кислоты
- 3) 0,001 н. соляной кислоты
- 4) 0,015 н. гидроксида натрия
- 5) 0,002 н. серной кислоты
- 6) 10%-ной азотной кислоты
- 7) 0,05 н. гидроксида калия
- 8) 0,1 н. уксусной кислоты
- 9) 0,2 н. роданистоводородной кислоты
- 10) 0,01 н. тиосерной кислоты
- 11) 15%-ного гидроксида кальция
- 12) 0,03 н. двухромовой кислоты
- 13) 5%-ной сернистой кислоты

- 14) 0,001 н. угольной кислоты
- 15) 0,025 н. хромовой кислоты
- 16) 0,004 н. циановой кислоты

### Упражнения и задачи к работе «Гидролиз солей»

1. Написать в молекулярной и краткой ионной форме уравнения гидролиза нижеприведенных солей. Если гидролиз идет по стадиям, написать уравнение гидролиза по стадиям. Указать условия, при которых происходит каждая стадия. Указать, как изменится рН среды:

- 1) хлорид алюминия, ацетат натрия, сульфид аммония;
- 2) нитрат кобальта (II), карбонат натрия, ортофосфат аммония;
- 3) нитрат никеля (II), сульфид натрия, карбонат аммония;
- 4) хлорид меди (II), ортофосфат натрия, ацетат железа (II);
- 5) сульфат аммония, борат натрия, ацетат железа (III);
- 6) нитрат железа (III), цианид натрия, ацетат никеля (II);
- 7) нитрат свинца (II), силикат натрия, ацетат марганца (II);
- 8) хлорид хрома (III), ацетат калия, сульфид аммония;
- 9) сульфат хрома (III), карбонат калия, ацетат цинка;
- 10) сульфат железа (III), сульфид калия, ацетат серебра;
- 11) сульфат цинка, ортофосфат калия, ацетат свинца (II);
- 12) нитрат меди (II), борат калия, ацетат меди (II);
- 13) хлорид железа (III), силикат калия, сульфит аммония;
- 14) нитрат алюминия, цианид калия, ацетат железа (II);
- 15) сульфат меди (II), ацетат калия, ортофосфат аммония.

2. Решить следующие задачи

- 1) Рассчитать степень гидролиза  $\beta$  и рН 0,001 М раствора  $Al_2(SO_4)_3$  при комнатных условиях.
- 2) Определить степень гидролиза  $\beta$  и рН 0,01 М раствора  $K_2SiO_3$  при комнатных условиях.
- 3) Рассчитать К гидролиза соли  $K_2S$  по первой стадии, если 0,05 М раствор этой соли дает рН=12,68.
- 4) Определить, во сколько раз степень гидролиза  $K_2S$  больше степени гидролиза  $K_2SO_4$  при комнатных условиях, если концентрации обеих солей равны 0,01 моль/л.

- 5) Рассчитать концентрацию водного раствора соли NaCN, если pH данного раствора равен 10.
- 6) Чему равна молярная концентрация гидролизованных и негидролизованных ионов в 0,01 М растворе KCN?
- 7) Рассчитать значение константы гидролизy  $K_r$  и степень гидролиза 0,1 М раствора  $\text{CH}_3\text{COOK}$ .
- 8) Рассчитать степень гидролиза  $\beta$  и pH раствора  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , если при комнатных условиях растворили 0,01 моль этой соли в литре воды.
- 9) Объяснить, почему прозрачный концентрированный раствор  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  мутнеет при разбавлении и нагревании. Рассчитать pH 0,01 М данного раствора при комнатных условиях.
- 10) Рассчитать степень гидролиза  $\beta$  0,01 М раствора  $\text{NH}_4\text{F}$ .
- 11) Вычислить степень гидролиза и pH в 0,1 М растворе формиата натрия  $\text{HCOONa}$  при комнатных условиях.
- 12) Вычислить константу гидролиза и pH в 0,1 М растворе гипохлорита калия  $\text{KOCl}$  при комнатных условиях.
- 13) Рассчитать pH 0,02 М раствора  $\text{AlCl}_3$  при комнатных условиях.
- 14) При растворении в воде медного купороса среда становится кислой. Рассчитать pH 0,01 М раствора  $\text{CuSO}_4$  при комнатных условиях.
- 15) Водный раствор соли  $\text{Na}_2\text{S}$  при комнатных условиях показал значение  $\text{pH}=12,6$ . Рассчитать молярную концентрацию этой соли.

### **Упражнения и задачи к работе «Смещение равновесия в растворах электролитов»**

1. Написать уравнения реакций в молекулярном и ионном виде между приведенными ниже веществами. Указать, образование какого соединения обуславливает протекание указанных ионных реакций:

- 1) нитратом серебра и бромидом калия;
- 2) нитратом серебра и соляной кислотой;
- 3) ортофосфатом калия и хлоридом алюминия;
- 4) сульфатом натрия и нитратом бария;
- 5) карбонатом натрия и хлоридом кальция;
- 6) нитратом меди (II) и карбонатом калия;

- 7) нитратом железа (III) и ортофосфатом натрия;
- 8) фторидом натрия и нитратом кальция;
- 9) нитратом магния и хлоридом натрия;
- 10) нитратом цинка и сульфатом натрия;
- 11) хлоридом стронция и нитратом цинка;
- 12) сульфидом натрия и ортофосфатом калия;
- 13) гидросульфатом аммония и гидроксидом кальция;
- 14) ортофосфорной кислотой и гидроксидом кальция;
- 15) нитратом кобальта (II) и гидроксидом натрия.

2. Написать ионно-молекулярные уравнения реакций, протекающих между растворами следующих соединений:

- 1) карбоната натрия и хлорида железа (III);
- 2) хлорида хрома (III) и карбоната калия;
- 3) сульфида натрия и сульфата хрома (III);
- 4) хлорида алюминия и теллурида натрия;
- 5) хлорида марганца (II) и сульфида калия;
- 6) карбоната калия и хлорида олова (II);
- 7) нитрата меди (II) и сульфата аммония;
- 8) ортофосфата калия и хлорида хрома (III);
- 9) нитрата серебра и карбоната натрия;
- 10) алюмината калия и хлорида аммония;
- 11) нитрата цинка и цинката калия;
- 12) сульфата алюминия и метаалюмината калия;
- 13) хлорида хрома (III) и метакрома натрия;
- 14) сульфата меди (II) и хромата калия;
- 15) хлорида алюминия и теллурита натрия.

3. Определить, в какую сторону (влево или вправо) и почему смещено равновесие в растворах между нижеприведенными соединениями:

- 1) нитратом натрия и уксусной кислотой;
- 2) ортофосфатом натрия и азотистой кислотой;
- 3) сульфидом калия и сернистой кислотой;
- 4) цианидом калия и сернистой кислотой;
- 5) роданидом калия и уксусной кислотой;
- 6) ортофосфатом натрия и щавелевой кислотой;

- 7) ортоарсенитом калия и сероводородной кислотой;
- 8) фторидом натрия и селенистой кислотой;
- 9) цианидом натрия и селенистой кислотой;
- 10) нитритом калия и щавелевой кислотой;
- 11) ортофосфатом натрия и сернистой кислотой;
- 12) роданидом калия и теллуристой кислотой;
- 13) ортоарсенитом натрия и сероводородной кислотой;
- 14) фторидом калия и теллуристой кислотой;
- 15) сульфитом натрия и азотистой кислотой.

### Упражнения и задачи к работе «Произведение растворимости»

1. Определить, выпадет ли осадок при сливании:

- 1) равных объемов  $10^{-6}$  М нитрата серебра и  $10^{-6}$  н. бромида калия;
- 2) 0,5 л  $10^{-6}$  М нитрата серебра и 1 л  $10^{-5}$  М бромида калия;
- 3) равных объемов  $10^{-4}$  М нитрата серебра и  $10^{-4}$  М хромата калия;
- 4) 0,5 л  $10^{-5}$  М нитрата серебра и 1 л  $10^{-5}$  М роданида натрия;
- 5) равных объемов  $10^{-4}$  М нитрата серебра и  $10^{-4}$  М оксалата калия;
- 6) 0,5 л  $10^{-3}$  М нитрата серебра и 1,5 л  $10^{-3}$  М оксалата калия;
- 7) равных объемов  $10^{-3}$  М хлорида кальция и  $10^{-3}$  М серной кислоты;
- 8) 100 мл  $10^{-3}$  М нитрата кальция и 40 мл  $10^{-1}$  М серной кислоты;
- 9) 20 мл  $10^{-4}$  М нитрата висмута (III) и 40 мл  $10^{-4}$  М иодида натрия;
- 10) 5 мл  $10^{-2}$  М хлорида бария и 5 мл  $10^{-8}$  М фторида кальция;
- 11) 10 мл  $10^{-4}$  М хлорида бария и 100 мл  $10^{-4}$  М хромата калия;
- 12) 1 л  $10^{-2}$  М нитрата серебра и 5 л  $10^{-2}$  М дихромата калия;
- 13) 5 мл  $10^{-2}$  М хлорида бария и 5 мл  $10^{-2}$  М фторида калия;
- 14) равных объемов  $10^{-4}$  М хлорида кальция и  $10^{-4}$  М оксалата калия;
- 15) равных объемов  $10^{-5}$  М хлорида бария и  $10^{-5}$  М хромата натрия.

2. Во сколько раз уменьшится концентрация анионов малорастворимой соли, если добавить к насыщенному раствору:

- 1) иодида висмута (III) 0,3 моль/л нитрата висмута (III);
- 2) хромата бария 0,8 моль/л нитрата бария;
- 3) манганата бария 0,6 моль/л хлорида бария;
- 4) сульфита кальция 0,5 моль/л хлорида кальция;
- 5) бромида меди (I) 0,2 моль/л перхлората меди (I);
- 6) сульфата стронция 0,6 моль/л хлорида стронция;
- 7) хромата кальция 0,2 эквивалента хлорида кальция;

- 8) сульфата бария 0,1 эквивалента перхлората бария;
- 9) фторида кальция 0,2 эквивалента хлорида кальция;
- 10) хлорида меди (I) 0,1 моль/л нитрата меди (I);
- 11) иодида меди (I) 0,2 моль/л перхлората меди (I);
- 12) роданида меди (I) 0,2 моль/л перхлората меди (I);
- 13) хромата меди (II) 0,5 эквивалента сульфата меди(II);
- 14) роданида серебра 0,2 эквивалента нитрата серебра;
- 15) фторида магния 0,1 моль/л хлорида магния.

### Упражнения и задачи к работе «Гальванические элементы»

Рассчитать ЭДС следующих гальванических элементов:

- 1) Pt, H<sub>2</sub> / 0,1 н. NH<sub>4</sub>OH || 0,01 н. AuNO<sub>3</sub> / Au
- 2) Pt, H<sub>2</sub> / 0,01 н. HNO<sub>2</sub> || 0,001 н. AgNO<sub>3</sub> / Ag
- 3) Pt, H<sub>2</sub> / 0,001 н. CH<sub>3</sub>COOH || 0,1 н. Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> / Pb
- 4) Pt, H<sub>2</sub> / раствор с pH = 11 || 0,5 н. CdCl<sub>2</sub> / Cd
- 5) Pt, H<sub>2</sub> / 4 мг/мл NaOH || 0,04 н. Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> / Pb
- 6) Pt, H<sub>2</sub> / 0,1 н. CH<sub>3</sub>COOH || 0,2 н. FeCl<sub>2</sub> / Fe
- 7) Pt, H<sub>2</sub> / 0,01 М HCl || 0,02 н. CdSO<sub>4</sub> / Cd
- 8) Pt, H<sub>2</sub> / 0,1 н. HI || 0,002 н. Sn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> / Sn
- 9) Pt, H<sub>2</sub> / H<sub>2</sub>O || 0,01 н. Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> / Ni
- 10) Pt, H<sub>2</sub> / 0,01 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> || 0,02 н. CuCl<sub>2</sub> / Cu
- 11) Pt, H<sub>2</sub> / 40 мг/мл NaOH || 0,4 н. ZnSO<sub>4</sub> / Zn
- 12) Pt, H<sub>2</sub> / 0,001 н. NH<sub>4</sub>OH || 0,01 н. AlCl<sub>3</sub> / Al
- 13) Pt, H<sub>2</sub> / 0,01 н. KOH || 0,03 н. MnSO<sub>4</sub> / Mn
- 14) Pt, H<sub>2</sub> / 0,1 н. HBr || 0,05 н. Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> / Cr
- 15) Pt, H<sub>2</sub> / 0,01 н. HNO<sub>3</sub> || 10%-ный раствор CuSO<sub>4</sub> / Cu

Коэффициенты активности взять из справочных таблиц при расчетных значениях ионной силы электролитов; значения степени диссоциации рассчитать по закону разбавления Оствальда.

### Упражнения и задачи к работе «Коррозия металлов»

Составить электрохимические схемы коррозионных микрогальванических элементов для приведенных ниже конструктивных узлов. Написать уравнения реакций, протекающих на анодных и катодных участках, если данный узел помещен: а) в кислую среду; б) нейтральную среду; в) щелочную среду.

Рассчитать значение ЭДС коррозионных элементов, а также значение энергии Гиббса.

Сделать вывод, в какой среде процесс коррозии наиболее интенсивен.

- 1) Медная пластина, покрытая никелем, целостность покрытия нарушена.
- 2) Контакт двух металлов: марганца и алюминия.
- 3) Луженая жесть, имеющая царапины.
- 4) Соединенные медная и железная пластины.
- 5) Оцинкованная жесть, имеющая царапины.
- 6) Соединенные вместе две проволоочки: никелевая и цинковая.
- 7) Оцинкованная медь, имеющая царапины.
- 8) Никелированные хромовые пластины, имеющие царапины.
- 9) Чугунные заготовки.
- 10) Медные пластины, покрытые кобальтом, целостность которого нарушена.
- 11) Железные заготовки, имеющие пористые кадмиевые покрытия.
- 12) Контакт двух пластин: никелевой и алюминиевой.
- 13) Серебряная проволоочка, соединенная с железной пластиной.
- 14) Хромированная медная пластина, имеющая царапины.

### Упражнения и задачи к работе «Электролиз»

1. Написать уравнения реакций, протекающих на электродах, при электролизе водных растворов следующих соединений:

- |                                |                                      |                               |                                |
|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1) $\text{AlCl}_3$             | 5) $\text{Na}_2\text{CO}_3$          | 9) $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  | 13) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ |
| 2) $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ | 6) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$        | 10) $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ | 14) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ |
| 3) $\text{NaNO}_3$             | 7) $\text{CrCl}_3$                   | 11) $\text{CoSO}_4$           | 15) $\text{AuCl}_3$            |
| 4) $\text{KClO}_4$             | 8) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ | 12) $\text{NiCl}_2$           | 16) $\text{MgSO}_4$            |

2. Определить, какова была концентрация водного раствора соли, если в течение 2 ч при силе тока 20 А выделился весь металл в следующих количествах растворов:

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1) 200 мл $\text{CuSO}_4$            | 9) 250 мл $\text{CuSO}_4$                       |
| 2) 150 мл $\text{ZnCl}_2$            | 10) 170 мл $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$           |
| 3) 300 мл $\text{AgNO}_3$            | 11) 230 мл $\text{SnSO}_4$                      |
| 4) 180 мл $\text{FeCl}_2$            | 12) 190 мл $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$           |
| 5) 240 мл $\text{CoSO}_4$            | 13) 235 мл $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ |
| 6) 320 мл $\text{NiCl}_2$            | 14) 140 мл $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$           |
| 7) 285 мл $\text{ZnSO}_4$            | 15) 170 мл $\text{NiSO}_4$                      |
| 8) 120 мл $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ | 16) 135 мл $\text{AuCl}_3$                      |

## Упражнения и задачи к работе «Галогены»

1. Написать уравнения следующих реакций:

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{KHSO}_3 + \text{NaIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                | 9) $\text{KI} + \text{KNO}_2 + \text{HCl} =$                   |
| 2) $\text{NaBr} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                   | 10) $\text{Al} + \text{KClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$      |
| 3) $\text{KBr} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ | 11) $\text{HCl} + \text{HNO}_3 =$                              |
| 4) $\text{Br}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} =$                       | 12) $\text{CrCl}_3 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} =$       |
| 5) $\text{KI} + \text{NaOBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                     | 13) $\text{CaOCl}_2 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O} =$      |
| 6) $\text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{CaOCl}_2 + \text{KOH} =$                 | 14) $\text{MnSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} =$             |
| 7) $\text{MnSO}_4 + \text{CaOCl}_2 + \text{NaOH} =$                         | 15) $\text{SO}_2 + \text{NaIO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$       |
| 8) $\text{NaI} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                    | 16) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} =$ |

2. Решить следующие задачи

- 1) При взаимодействии дихромата калия с избытком хлорида натрия в присутствии концентрированной серной кислоты выделилось 1,12 л хлора (н.у.). Сколько эквивалентов дихромата калия участвовало в реакции? Написать уравнение реакции.
- 2) При взаимодействии диоксида марганца с избытком иодида калия в присутствии концентрированной серной кислоты выделилось 12,7 г йода. Сколько эквивалентов диоксида марганца участвовало в реакции? Написать уравнение реакции.
- 3) При взаимодействии  $\text{FeCl}_3$  с избытком иодида калия выделилось 0,01 эквивалента йода. Сколько граммов  $\text{FeCl}_3$  участвовало в реакции? Написать уравнение реакции.
- 4) Сколько граммов йода выделилось при взаимодействии 0,01 эквивалента  $\text{MnO}_2$  с избытком KI в кислой среде? Написать уравнение реакции.
- 5) Сколько литров хлора (н.у.) выделилось при взаимодействии 0,1 эквивалента  $\text{MnO}_2$  с избытком концентрированной соляной кислоты? Написать уравнение реакции.
- 6) Сколько литров хлора (н.у.) выделилось при взаимодействии 0,5 эквивалента дихромата калия с избытком концентрированной соляной кислоты? Написать уравнение реакции.
- 7) При взаимодействии диоксида марганца с избытком бромида калия в сернокислой среде выделилось 4 г брома. Сколько эквивалентов диоксида марганца участвовало в реакции? Написать уравнение реакции.
- 8) Какой объем хлора (н.у.) потребуется для взаимодействия с 1 л 3,75%-ного раствора  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  ( $\rho = 1,04$  г/мл)?

- 9) Сколько граммов йода выделилось в сернокислом растворе при взаимодействии раствора иодида калия со 150 мл 6%-ного раствора перманганата калия ( $\rho = 1,04$  г/мл)?
- 10) Сколько миллилитров 7%-ного раствора  $\text{KClO}_3$  ( $\rho = 1,04$  г/мл) следует взять для того, чтобы в сернокислом растворе окислить 250 мл 20%-ного раствора  $\text{FeSO}_4$  ( $\rho = 1,21$  г/мл)? Написать уравнение реакции.
- 11) Сколько эквивалентов  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и сколько миллилитров 39%-ного раствора  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,2$  г/мл) необходимо взять, чтобы с помощью выделившегося хлора окислить 0,1 моль  $\text{FeCl}_2$ ? Написать уравнение реакции.
- 12) Сколько граммов 20%-ного раствора  $\text{NaHSO}_3$  потребуется для выделения всего йода из 1,6 л 0,4 М раствора  $\text{NaIO}_3$ ? Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов йода выделилось.
- 13) Сколько миллилитров концентрированной соляной кислоты, содержащей 39%  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,2$ ), теоретически необходимо для взаимодействия с 0,1 моль  $\text{KMnO}_4$ ? Сколько эквивалентов хлора выделится при этом? Написать уравнение реакции.
- 14) Сколько миллилитров 5%-ного раствора  $\text{HIO}_3$  ( $\rho = 1,02$ ) необходимо для окисления 100 мл 8%-ного раствора  $\text{HI}$  ( $\rho = 1,06$ )? Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов йода выделилось.
- 15) Сколько миллилитров 6%-ного раствора  $\text{KBrO}_3$  ( $\rho = 1,04$ ) необходимо для окисления в сернокислой среде 50 мл 0,5 М раствора  $\text{FeSO}_4$ ? Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов брома при этом выделилось.

### Упражнения и задачи к работе «Сера»

1. Написать уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций:

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                         | 9) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ |
| 2) $\text{Na}_2\text{S} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$      | 10) $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 =$              |
| 3) $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} =$                                      | 11) $\text{FeSO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                     |
| 4) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} =$                           | 12) $\text{K}_2\text{SO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 =$            |
| 5) $\text{SO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$              | 13) $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}_2 =$                              |
| 6) $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                      | 14) $\text{MnS} + \text{HNO}_3(\text{K}) =$                                    |
| 7) $\text{Zn} + \text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ | 15) $\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                                      |
| 8) $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{NaOH} =$                                     | 16) $\text{SO}_2 + \text{NaIO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$                       |

## 2. Решить следующие задачи

- 1) Какой объем диоксида серы (н.у.) потребуется для восстановления 0,5 эквивалента растворенного йода? Написать уравнение реакции.
- 2) Какой объем газа (н.у.) выделится при взаимодействии 0,1 эквивалента магния с разбавленной и концентрированной серной кислотой? Написать уравнения реакций.
- 3) Какой объем газа (н.у.) выделится при взаимодействии 0,1 эквивалента меди с концентрированной серной кислотой? Написать уравнение реакции.
- 4) Сколько граммов цинка прореагирует с 0,1 эквивалента концентрированной серной кислоты? Написать уравнение реакции.
- 5) Сколько граммов дихромата калия прореагирует с 0,1 эквивалента серной кислоты? Написать уравнение реакции.
- 6) Какой объем (н.у.) займет оксид серы (IV), полученный действием концентрированной серной кислоты на 0,2 моля сульфита натрия? Написать уравнение реакции.
- 7) Какие объемы  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{SO}_2$  (н.у.) должны прореагировать друг с другом, чтобы образовалось 250 г серы? Написать уравнение реакции.
- 8) Какой объем  $\text{H}_2\text{S}$  (17 °С и 740 мм рт. ст.) следует пропустить через 400 мл 6%-ного раствора  $\text{KMnO}_4$  ( $\rho = 1,04$ ), подкисленного серной кислотой, до полного восстановления  $\text{KMnO}_4$ ? Написать уравнение реакции.
- 9) Объем 560 мл  $\text{SO}_2$  (20 °С и 750 мм рт. ст.) оказался достаточным для того, чтобы в сернокислом растворе восстановить 560 мл раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Определить нормальную концентрацию  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Написать уравнение реакции.
- 10) Сколько литров диоксида серы (18 °С и 745 мм рт. ст.) потребуется для восстановления в сернокислом растворе 120 мл 6%-ного раствора  $\text{KMnO}_4$  ( $\rho = 1,04$ )? Написать уравнение реакции.
- 11) При насыщении раствора  $\text{NaOH}$  смесью газов  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{SO}_2$  при интенсивном перемешивании образуется  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Написать уравнение реакции и определить, сколько миллилитров обоих газов необходимо для получения 2,5 эквивалента тиосульфата натрия.
- 12) Сколько миллилитров концентрированной серной кислоты ( $\rho=1,84$ ), содержащей 98%-ную  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , теоретически необходи-

мо для перевода 15 г меди в раствор? Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов газа выделилось.

- 13) Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  вступило в реакцию с 200 мл 0,2 н. йода, если известно, что продуктом реакции является тетраionate натрия  $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ ? Написать уравнение реакции.
- 14) При нормальных условиях 1 объем воды поглощает 79,8 объема  $\text{SO}_2$ . Вычислить процентное содержание  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{SO}_3$  в полученном растворе.
- 15) Газ объемом 1,6 л (н.у.), содержащий  $\text{SO}_2$ , при отсутствии других восстановителей окисляется действием 100 мл 0,1 н. раствора йода. Вычислить процентное содержание  $\text{SO}_2$  в газе.

### Упражнения и задачи к работе «Азот и фосфор»

1. Написать уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций:

- |   |   |
|---|---|
| 1) $\text{NO} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                    | 9) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} =$                |
| 2) $\text{PH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                  | 10) $\text{P}_2\text{H}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$          |
| 3) $\text{Mg}_3\text{P}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} =$ | 11) $\text{P} + \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} =$                |
| 4) $\text{NO} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$  | 12) $\text{P} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$                          |
| 5) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{FeCl}_3 + \text{HCl} =$                   | 13) $\text{PH}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ |
| 6) $\text{NH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                  | 14) $\text{NaNO}_2 + \text{FeCl}_2 + \text{HCl} =$                            |
| 7) $\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                 | 15) $\text{NO}_2 + \text{F}_2 + \text{H}_2\text{O} =$                         |
| 8) $\text{KI} + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                     | 16) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{KMnO}_4 + \text{NaOH} =$                    |

2. Решить следующие задачи

- 1) Какой объем 4 н. KOH потребуется для поглощения 23 г  $\text{NO}_2$ , если при этом образуются нитрит и нитрат калия? Написать уравнение реакции.
- 2) Сколько эквивалентов йода и сколько миллилитров 36%-ного раствора  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,22$ ) следует взять для получения 1 л 21%-ного раствора  $\text{HIO}_3$  ( $\rho = 1,21$ )? Какой объем NO (н.у.) образуется? Написать уравнение реакции.
- 3) Сколько эквивалентов  $\text{KNO}_2$  потребуется для выделения всего йода из 25 мл 15%-ного раствора KI ( $\rho = 1,12$ ), подкисленного серной кислотой? Написать уравнение реакции.

- 4) Сколько миллилитров 0,05 М раствора  $\text{KMnO}_4$  потребуется для окисления в сернокислом растворе 50 мл 0,1 н.  $\text{KNO}_2$ ? Написать уравнение реакции.
- 5) Определить, сколько эквивалентов  $\text{NO}$  можно окислить в сернокислой среде 50 мл 0,2 М раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Написать уравнение реакции.
- 6) Определить, сколько миллилитров горячей воды необходимо для растворения двух эквивалентов фосфора. Написать уравнение этой окислительно-восстановительной реакции.
- 7) При взаимодействии фосфора с азотной кислотой образуется ортофосфорная кислота. Определить, сколько эквивалентов ортофосфорной кислоты образуется при взаимодействии 15 г фосфора с 25 мл 70%-ной азотной кислоты. Написать уравнение реакции.
- 8) Сколько эквивалентов меди можно перевести в раствор при действии 75 мл 33%-ного раствора азотной кислоты ( $\rho = 1,2$ )? Написать уравнение реакции и определить объем выделившегося газа.
- 9) Водородный показатель 0,1 М раствора азида натрия ( $\text{NaN}_3$ ) составляет 8,85. Вычислить концентрацию ионов  $\text{OH}^-$ , константу и степень гидролиза соли в растворе и константу диссоциации  $\text{NH}_3$ .
- 10) Каким объемом 20%-ного раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ( $\rho = 1,06$ ) можно заменить 500 мл 14%-ного раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,08$ ) для получения равного количества  $\text{NH}_3$  при действии гидроксида калия на растворы этих солей?
- 11) Коэффициент растворимости хлорида аммония и нитрита натрия при 20 °С составляет соответственно 37,2 и 84,5. Сколько граммов насыщенного раствора каждой соли требуется для получения 25 л азота (20 °С и 750 мм рт. ст.) при нагревании смеси растворов?
- 12) Вычислить молярную концентрацию иона аммония в растворе сульфата аммония, если при окислении 50 мл его раствора гипобромитом натрия в щелочной среде образовалось 56 мл азота (н.у.).
- 13) Какой объем азота (н.у.) и сколько молей кальция необходимы для получения 2 кг технического цианамид кальция, содержащего 60 %  $\text{CaCN}_2$ ?

## Упражнения и задачи к работе «Углерод и кремний»

### 1. Написать следующие реакции

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1) $C + AlPO_4 =$                  | 9) $C_2H_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 =$         |
| 2) $H_2C_2O_4 + MnO_2 + H_2SO_4 =$ | 10) $Na_2CS_3 + HCl =$                   |
| 3) $H_2C_2O_4 + KClO_3 =$          | 11) $K_2CO_3 + C + NH_3 =$               |
| 4) $C + Ag_2SeO_4 =$               | 12) $SiO_2 + C + Br_2 =$                 |
| 5) $CO + HIO_3 =$                  | 13) $SiC + NaOH + O_2 =$                 |
| 6) $CO + KMnO_4 + HCl =$           | 14) $SiH_4 + NaOH + H_2O =$              |
| 7) $CO + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 =$   | 15) $CaF_2 + SiO_2 + H_2SO_{4(конц.)} =$ |
| 8) $CaC_2 + K_2Cr_2O_7 + HCl =$    |  |

### 2. Решить следующие задачи:

- 1) Сколько граммов кремния и какой объем 32%-ного раствора NaOH ( $\rho = 1,35$ ) потребуется для получения 25 л водорода (18 °C и 750 мм рт. ст.)? Написать уравнение реакции.
- 2) Состав обычного стекла выражается формулой  $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$ . Вычислить теоретический расход сырья – соды, извествняка и кремнезема – для получения 100 кг стекла. Написать уравнение реакции.
- 3) Вычислить объемы  $CO_2$  и  $NH_3$  (20 °C и 755 мм рт. ст.), необходимые для получения 2,5 кг мочевины. Написать уравнение реакции.
- 4) Водяной газ содержит 40 % оксида углерода (II), 48 % водорода, 6 % оксида углерода (IV), 5 % азота и 1 % метана. Какой теоретический объем воздуха (21 % кислорода, н.у.) необходим для сжигания 224 л газа? (Считать, что пары воды конденсируются в жидкость).
- 5) Вычислить pH 0,01 М раствора карбоната калия.
- 6) Как химическим путем можно освободить оксид углерода (IV) от примесей оксида углерода (II)? Написать уравнения реакций.
- 7) Какой объем оксида углерода (IV) (н.у.) можно получить из 210 г гидрокарбоната натрия: а) прокаливанием; б) действием кислоты?
- 8)  $CaC_2$  получают спеканием оксида кальция и угля. Вычислить массу оксида кальция, необходимую для получения 6,4 кг карбида кальция.
- 9) При растворении 0,5 г извествняка в соляной кислоте получается 75 мл оксида углерода (IV) (23 °C и 780 мм рт.ст.). Вычислить процентное содержание карбоната кальция в извествняке. Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов кислоты израсходовано на реакцию.

- 10) Какой объем воздуха (20 °С и 755 мм рт.ст.) потребуется для сжигания 50 кг кокса, содержащего 4 % негорючих примесей, если 3/8 массы углерода, содержащегося в коксе, образуют оксид углерода (IV), а 5/8 – оксид углерода (II)? Написать уравнение реакции, определить объем образующейся газовой смеси и ее процентный состав.
- 11) Продуктами окисления щавелевой кислоты являются оксид углерода (IV) и вода. Сколько миллилитров раствора щавелевой кислоты, содержащего 7 %  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $\rho = 1,02$ ) можно окислить в серно-кислом растворе при действии 75 мл 0,08 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ ? Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов  $\text{CO}_2$  образовалось.
- 12) Вычислить процентное содержание углерода, азота и водорода в веществе, если при сжигании 0,18 г его было получено 0,132 г диоксида углерода, 0,108 г воды и выделилось 67,2 мл азота (н.у.).
- 13) Написать уравнение гидролиза  $\text{SiF}_4$  и определить, сколько эквивалентов продуктов гидролиза получится при взаимодействии с водой 25 г  $\text{SiF}_4$ .
- 14) При взаимодействии щавелевой кислоты с  $\text{KClO}_3$  образуется  $\text{ClO}_2$ . Написать уравнение реакции, определить число эквивалентов образовавшегося  $\text{ClO}_2$  при взаимодействии 25 г  $\text{KClO}_3$  с раствором щавелевой кислоты.

### Упражнения и задачи к работе «Бор»

#### 1. Написать уравнения следующих реакций:

- |   |   |
|---|---|
| 1) $\text{BF}_3 + \text{HF} =$  | 9) $\text{B} + \text{SiO}_2 =^t$                                    |
| 2) $\text{BF}_3 + \text{H}_2\text{O} =$   | 10) $\text{B} + \text{KOH} + \text{O}_2 =^t$                        |
| 3) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{Cr}_2\text{O}_3 =^t$                    | 11) $\text{BCl}_3 + \text{H}_2\text{O} =$                           |
| 4) $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} =$                                    | 12) $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ |
| 5) $\text{Mg} + \text{B}_2\text{O}_3 =$   | 13) $\text{B}_2\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O} =$                   |
| 6) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} =$ | 14) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{NaOH} =$               |
| 7) $\text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{CH}_3\text{OH} =$                                | 15) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NaOH} =$                         |
| 8) $\text{B} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} =$                                      |   |

#### 2. Решить следующие задачи

- 1) При действии  $\text{NaOH}$  на  $\text{H}_3\text{BO}_3$  образуется соль тетраборной кислоты. Определить, сколько литров 2 М раствора  $\text{NaOH}$  необходимо взять для получения 0,5 эквивалента тетраборной кислоты.

- 2) Вычислить нормальную концентрацию соляной кислоты, если на реакцию с 0,191 г  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  израсходовано 0,0205 л раствора этой кислоты. Написать уравнение реакции.
- 3) Определить массу борной кислоты и объем водорода (н.у.), образовавшихся при взаимодействии 15 л диборана  $\text{B}_2\text{H}_6$  с водой.
- 4) Определить, какой из оксидов –  $\text{B}_2\text{O}_3$  или  $\text{SiO}_2$  – легче восстанавливается углем. Значения стандартных термодинамических функций взять из таблиц.
- 5) Написать уравнение реакции  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} =$  и определить, сколько эквивалентов воды необходимо взять для взаимодействия с 45 г буры.
- 6) Определить, сколько граммов ортоборной кислоты и какой объем 23%-ного раствора карбоната натрия ( $\rho = 1,25$ ) необходимо взять для получения 2,5 кг буры.
- 7) Пероксоборат натрия  $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  получается окислением смешанного раствора буры и едкого натра пероксидом водорода. Вычислить расход реактивов буры (в граммах), объемы 30%-ного раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1,33$ ) и 3%-ного раствора пероксида водорода ( $\rho = 1,00$ ), требуемых для получения 250 г готового продукта.
- 8) Рассчитать, сколько килограммов ортоборной кислоты и какой объем 23%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ( $\rho = 1,25$ ) необходимо затратить для получения 500 кг буры.
- 9) Перборат натрия  $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  получается окислением смешанного раствора буры и едкого натра пероксидом водорода. Вычислить расход реактивов – буры (в килограммах), объемы 30%-ного раствора  $\text{NaOH}$  ( $\rho = 1,33$ ) и 3%-ного раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $\rho \approx 1$ ), требуемых для получения 500 кг готового продукта, считая, что реактивы берутся в количествах, на 20 % превышающих теоретически вычисленные.
- 10) Молекула  $\text{NB}_3$  обладает высоким сродством к гидрид-иону ( $\Delta H^\circ = -314$  кДж/моль).  
Объяснить механизм реакции образования  $\text{NB}_3^-$  из  $\text{NB}_3$  и  $\text{H}^-$ .  
Привести примеры образования других гидридоборат(боранат)-ионов.
- 11) Объяснить строение молекулы  $\text{B}_2\text{H}_6$  и выделение энергии ( $\Delta H^\circ_{298} = -117$  кДж/моль) при ее образовании из  $\text{BH}_3$ .

12) Вычислить  $\Delta G^{\circ}_{298}$  и  $\Delta G^{\circ}_{573}$  процесса получения  $\text{BCl}_3$  взаимодействием оксида бора, графита и хлора.

- а) Как влияет температура на возможность протекания реакции?
- б) Какой фактор – энтальпийный или энтропийный – определяет протекание этой реакции?

### Упражнения и задачи к работе «Марганец»

1. Написать уравнения следующих реакций:

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} =$  | 9) $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} =$             |
| 2) $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH} =$          | 10) $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{KOH} =$              |
| 3) $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaBiO}_3 + \text{HNO}_3 =$   | 11) $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 =$ |
| 4) $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ | 12) $\text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH} =$      |
| 5) $\text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} =$                         | 13) $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$         |
| 6) $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{S} =$             | 14) $\text{MnO}_2 + \text{HCl} =$                              |
| 7) $\text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} =$                         | 15) $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$  |
| 8) $\text{MnO}_2 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} =$                  | 16) $\text{TiCl}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} =$     |

2. Решить следующие задачи

- 1) Определить, какой объем хлора (  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $750\text{ мм рт. ст.}$ ) выделится при взаимодействии  $\text{HCl}$  с  $25\text{ г}$   $\text{MnO}_2$ . Написать уравнение реакции и рассчитать число эквивалентов  $\text{HCl}$ , которое израсходовано на реакцию.
- 2) Сколько миллилитров концентрированной соляной кислоты, содержащей  $39\%$   $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,2$ ), теоретически необходимо для взаимодействия с  $0,2$  моль  $\text{KMnO}_4$ ? Написать уравнение реакции и определить объем хлора, выделившегося при этом ( $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $742\text{ мм рт. ст.}$ ).
- 3) Сколько граммов йода выделится в сернокислом растворе при взаимодействии раствора  $\text{KI}$  со  $150\text{ мл}$   $6\%$ -ного раствора  $\text{KMnO}_4$  ( $\rho = 1,04$ )? Написать уравнение реакции и определить число эквивалентов иодида калия, израсходованного на реакцию.
- 4) Сколько граммов  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  можно окислить в сернокислом растворе при действии  $50\text{ мл}$   $0,2\text{ н.}$  раствора  $\text{KMnO}_4$ ? Написать уравнение реакции и определить число эквивалентов  $\text{MnSO}_4$ , образовавшихся в реакции.

- 5) Определить, сколько эквивалентов  $\text{KClO}_3$  необходимо для окисления 150 мл 0,5 М раствора  $\text{MnSO}_4$  в щелочной среде. Написать уравнение реакции.
- 6) Рассчитать, сколько граммов  $\text{MnO}_2$  вступает в реакцию с 200 мл 0,5 н. раствора  $\text{NaNO}_3$  в щелочной среде. Написать уравнение реакции и определить число эквивалентов манганата, образовавшегося в реакции.
- 7) Какой объём кислорода ( $t = 15\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 750$  мм рт. ст.) выделится при взаимодействии 50 мл раствора пероксида водорода с таким же объёмом 0,005 М раствора перманганата калия в солянокислой среде? Вычислить нормальную концентрацию раствора пероксида водорода.
- 8) Какой объём сероводорода следует пропустить через 400 мл 5%-ного раствора перманганата калия (плотность 1,3 г/мл), подкисленного серной кислотой, до полного восстановления перманганата? Сколько эквивалентов сульфата марганца получится?
- 9) Рассчитать, сколько граммов нитрата калия необходимо взять для приготовления 250 мл 0,2 М раствора, и определить, сколько эквивалентов перманганата калия вступит в реакцию с приготовленным раствором нитрата калия в серноокислой среде.
- 10) Рассчитать, сколько граммов раствора, содержащего 4,5 % иодида калия, и сколько эквивалентов оксида марганца (IV) в серноокислой среде потребуется для получения 500 г йода.
- 11) Сколько миллилитров 20%-ной соляной кислоты может быть окислено с помощью 100 мл 0,2 н. раствора перманганата калия, сколько литров (н.у.) хлора при этом образуется?
- 12) Написать уравнение реакции взаимодействия перманганата калия с иодидом калия в серноокислой среде. Какая масса йода выделится, если в реакцию вступило 300 мл 6%-ного раствора  $\text{KMnO}_4$  ( $\rho = 1,04$  г/мл)?
- 13) Какой объём займет газ (н.у.), полученный при взаимодействии перманганата калия с 50 мл 32%-ного раствора соляной кислоты (плотность 1,16 г/мл)?
- 14) Какой объём газа (при  $t = 17\text{ }^\circ\text{C}$  и  $p = 750$  мм рт. ст.) выделится при взаимодействии соляной кислоты с 25 г диоксида марганца?

## Упражнения и задачи к работе «Хром»

### 1. Написать уравнения следующих реакций:

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1) $K_2Cr_2O_7 + NO + H_2SO_4 =$     | 10) $KI + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 =$      |
| 2) $Mg_3P_2 + K_2Cr_2O_7 + HCl =$    | 11) $SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 =$  |
| 3) $PbO_2 + KCrO_2 + KOH =$          | 12) $K_2Cr_2O_7 + SO_2 + H_2SO_4 =$    |
| 4) $PbO_2 + Cr(NO_3)_3 + NaOH =$     | 13) $K_2Cr_2O_7 + HCl =$               |
| 5) $CaC_2 + K_2Cr_2O_7 + HCl =$      | 14) $NaNO_2 + Na_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 =$ |
| 6) $FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 =$ | 15) $CrCl_3 + NaClO + NaOH =$          |
| 7) $K[Cr(OH)_4] + Br_2 + KOH =$      | 16) $CuCl + K_2Cr_2O_7 + HCl =$        |
| 8) $Fe(CrO_2)_2 + O_2 + K_2CO_3 =$   | 17) $(NH_4)_2Cr_2O_7 =^t$              |
| 9) $H_2S + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 =$   |  |

### 2. Решить следующие задачи

- 1) Сколько граммов  $K_2Cr_2O_7$  и сколько миллилитров 39%-ного раствора  $HCl$  ( $\rho = 1,2$ ) следует взять, чтобы с помощью выделившегося хлора окислить 0,1 эквивалента  $FeCl_3$  и  $FeCl_2$ ? Написать уравнения реакций.
- 2) На восстановление 0,05 л 0,2 М  $K_2Cr_2O_7$  в присутствии разбавленной соляной кислоты затрачено 0,2 л раствора хлорида олова (II). Вычислить нормальную концентрацию раствора  $SnCl_2$ . Написать уравнение реакции.
- 3) Как приготовить хромокалиевые квасцы, если в качестве исходного вещества взять дихромат калия? Написать уравнение реакции, рассчитать массу  $K_2Cr_2O_7$ , необходимую для получения 500 г квасцов.
- 4) Рассчитать, сколько эквивалентов оксида азота (II) можно окислить 150 мл 0,5 М раствора  $K_2Cr_2O_7$  в сернокислой среде. Написать уравнение соответствующей реакции.
- 5) Рассчитать, сколько эквивалентов газообразных продуктов образуется при термическом разложении дихромата аммония массой 75 г. Написать уравнение реакции.
- 6) На окисление хлорида меди (I) израсходовано 200 мл 10%-ного раствора  $K_2Cr_2O_7$  ( $\rho = 1,07$ ) в среде соляной кислоты. Написать уравнение реакции, определить, сколько эквивалентов хлорида меди (II) образуется.
- 7) На реакцию взаимодействия хлорида хрома (III) с  $NaClO$  в щелочной среде израсходованы равные объемы (75 мл) растворов, причем концентрация  $NaClO$  была равной 0,5 моль/л. Написать

- уравнение реакции и определить исходную концентрацию раствора хлорида хрома (III).
- 8) На окисление 120 мл 0,6 н. раствора  $\text{NaNO}_2$  в сернокислой среде израсходовали 150 мл раствора дихромата калия. Написать уравнение реакции и рассчитать, сколько граммов  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  необходимо взять для приготовления 150 мл раствора, необходимого для данной реакции.
  - 9) Определить объем оксида серы (IV), который может быть окислен 90 мл 0,4 н. раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в сернокислой среде. Написать уравнение реакции.
  - 10) Хлорид олова (II) легко окисляется дихроматом калия в среде соляной кислоты. Написать уравнение реакции и определить, какой объем 0,2 н. раствора хлорида олова (II) может быть окислен 0,5 эквивалента дихромата калия.
  - 11) Для окисления хромата калия ( $\text{KCrO}_2$ ) в щелочной среде использовали  $\text{PbO}_2$ . Написать уравнение реакции и определить, сколько граммов  $\text{PbO}_2$  необходимо взять для окисления 150 мл 0,5 М раствора  $\text{KCrO}_2$ .
  - 12) Дихроматом калия в сернокислой среде можно окислить сульфат железа (II) и сульфид натрия. Написать уравнения соответствующих реакций и определить, сколько молей сульфата железа (II) и сколько молей сульфида натрия можно окислить 250 мл 10%-ного раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ( $\rho = 1,07$ ).
  - 13) Написать уравнение реакции и рассчитать, сколько граммов карбида кальция ( $\text{CaC}_2$ ) можно окислить 50 мл 0,5 М раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в соляной кислоте.

### Упражнения и задачи к работе «Железо»

1. Написать уравнения следующих реакций:

- |  |   |
|--|---|
| 1) $\text{Fe} + \text{HNO}_3(\text{разб.}) =$                                  | 11) $\text{KClO}_3 + \text{FeCl}_2 + \text{HCl} =$                      |
| 2) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) =$                         | 12) $\text{FeCl}_3 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} =$        |
| 3) $\text{Fe} + \text{HCl} =$  | 13) $\text{Br}_2 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$             |
| 4) $\text{Fe} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                       | 14) $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} =$               |
| 5) $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ | 15) $\text{FeSO}_4 + \text{NaClO} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} =$ |
| 6) $\text{FeCl}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} =$                              | 16) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KI} =$                          |
| 7) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} =$                           | 17) $\text{FeSO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$           |
| 8) $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} =$                | 18) $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} =$                              |
| 9) $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$          | 19) $\text{FeSO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$              |
| 10) $\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$                   | 20) $\text{Fe} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 =$                          |

## 2. Решить следующие задачи

- 1) Железо, содержащееся в 100 мл анализируемого раствора  $\text{FeSO}_4$ , окислено до железа (III) и осаждено в виде гидроксида. Масса прокаленного осадка оказывается равной 4,132 г. Вычислить молярную концентрацию  $\text{FeSO}_4$  в исходном растворе.
- 2) На окисление 150 мл раствора  $\text{FeSO}_4$  израсходовано 0,5 эквивалента концентрированной азотной кислоты. Написать уравнение реакции и определить исходную концентрацию раствора  $\text{FeSO}_4$ .
- 3) Смешали равные количества (100 мл) двух растворов: 0,5 н. раствора  $\text{FeCl}_3$  и раствора  $\text{KI}$  неизвестной концентрации. В реакции выделился в свободное состояние весь йод. Написать уравнение реакции, определить молярную концентрацию  $\text{KI}$  и число эквивалентов выделившегося йода.
- 4) Написать уравнение реакции между ферратом бария и концентрированным 39%-ным раствором  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,2$ ). Рассчитать, сколько граммов феррата бария вступит в реакцию с 120 мл 39%-ной соляной кислоты.
- 5)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  может быть восстановлен сульфатом гидразина, окисляющегося при этом в азот. Написать уравнение реакции и рассчитать, сколько граммов  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  необходимо взять для приготовления 80 мл 0,2 М раствора  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  и сколько эквивалентов  $\text{N}_2$  образовалось в результате реакции сульфата гидразина с 80 мл 0,2 М раствора  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .
- 6) Какой объем хлора (20 °С и 755 мм рт.ст.) требуется для окисления 100 г 24%-ного раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  в гексацианоферрат (III) калия? Написать уравнение реакции.
- 7) Написать уравнение реакции, происходящей при добавлении  $\text{KMnO}_4$  к подкисленным серной кислотой 200 мл 0,5 М раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и определить, сколько граммов  $\text{KMnO}_4$  необходимо взять для реакции.
- 8) На осаждение ионов  $\text{Fe}^{3+}$  из 150 мл раствора сульфата железа (III) калия потребовалось 72 мл 2,15 н. раствора  $\text{NaOH}$ . Написать уравнение реакции и вычислить молярную концентрацию раствора  $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2$ .
- 9) Какая масса гексацианоферрата (III) калия получится при взаимодействии 14 л хлора (н.у.) с 1 кг раствора гексацианоферрата (II) калия с массовой долей 32 %? Написать уравнение реакции.
- 10) Написать уравнение реакции взаимодействия сульфата железа (II) с нитратом серебра. Рассчитать массу серебра, которая выделится, если в реакции участвует 1,2 л 8%-ного раствора  $\text{FeSO}_4$  ( $\rho = 1,08$ ).

- 11) Сколько граммов тиосульфата натрия вступит в реакцию с 250 мл 0,1 М раствора хлорида железа (III)? Сколько эквивалентов соли образуется? Назвать соль.
- 12) Рассчитать, сколько 7%-ного раствора  $\text{KClO}_3$  ( $\rho=1,04$  г/мл) необходимо взять для того, чтобы в сернокислой среде окислить 250 мл 20%-ного раствора сульфата железа (II) ( $\rho=1,22$  г/мл).
- 13) Какая масса соляной кислоты содержится в 250 мл раствора  $\text{HCl}$  с массовой долей 10,5 % ( $\rho=1,05$  г/мл)? Сколько эквивалентов железа можно растворить этим количеством кислоты?

### Упражнения и задачи к работе «Кобальт и никель»

#### 1. Написать уравнения следующих реакций:

- |   |   |
|---|---|
| 1) $\text{CoBr}_2 + \text{O}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} =$ | 10) $\text{CoO} + \text{HNO}_3 =$                           |
| 2) $\text{Ni(OH)}_3 + \text{HCl} =$                                 | 11) $\text{Co(OH)}_2 + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} =$ |
| 3) $\text{Ni} + \text{HNO}_3(\text{разб.}) =$                       | 12) $\text{Co}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$       |
| 4) $\text{NiO} + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} =$                       | 13) $\text{NiS} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} =$              |
| 5) $\text{Ni(OH)}_2 + \text{HBr} =$                                 | 14) $\text{NaOH} + \text{Co(OH)}_2 =$                       |
| 6) $\text{Co(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 =$                       | 15) $\text{KCNS} + \text{Co(CNS)}_2 =$                      |
| 7) $\text{Ni(OH)}_2 + \text{NaClO} =$                               | 16) $\text{NiCl}_2 + \text{NH}_3 =$                         |
| 8) $\text{Co(OH)}_2 + \text{NH}_3(\text{раствор}) =$                | 17) $\text{NiSO}_4 + \text{KCN} =$                          |
| 9) $\text{Ni(OH)}_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} =$                   | 18) $\text{Co} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) =$     |

#### 2. Решить следующие задачи

- 1) При нагревании  $\text{Co(OH)}_2$  с раствором  $\text{NaOH}_{(\text{конц})}$  образуется комплексное соединение. Написать уравнение и рассчитать, сколько миллилитров 0,5 М раствора  $\text{Co(OH)}_2$  взять для получения 1,2 эквивалента комплекса.
- 2) Как известно, смешанный оксид кобальта  $\text{Co}_3\text{O}_4$  получается осторожным нагреванием нитрата кобальта (II). Написать уравнение реакции и рассчитать, сколько эквивалентов  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Co}^{3+}$  образуется из одного эквивалента нитрата кобальта (II).
- 3) Металлический никель легко растворяется в разбавленной азотной кислоте. Написать уравнение реакции и определить, сколько граммов никеля может раствориться в 100 мл 30%-ной азотной кислоты ( $\rho = 1,18$ ) и сколько эквивалентов оксида азота выделится в результате реакции.

- 4) Гидроксид кобальта (II) можно перевести в гидроксид кобальта (III) действием раствора  $\text{NaClO}$ . Написать уравнение реакции и рассчитать молярную концентрацию раствора  $\text{NaClO}$ , используемого для окисления 1 эквивалента гидроксида кобальта (II), если объем окислителя равен 150 мл.
- 5) При растворении оксида кобальта (III) в серной кислоте образуется сульфат кобальта (II). Написать уравнение реакции и определить, какой объем кислорода выделится в результате взаимодействия с кислотой 25 г оксида кобальта (III).
- 6) При окислении сульфида никеля (II) концентрированной азотной кислотой выделяется в свободном виде сера. Написать уравнение реакции и рассчитать, сколько миллилитров 70%-ной азотной кислоты необходимо для окисления одного эквивалента сульфида никеля (II). Сколько граммов серы при этом выделится?
- 7) В реакции взаимодействия гидроксида никеля (III) с раствором соляной кислоты триоксид никеля выступает окислителем. Определить, сколько миллилитров 2 н. раствора  $\text{Ni}(\text{OH})_3$  потребуется для выделения 5,6 л хлора (18 °C и 750 мм рт.ст.).
- 8) При взаимодействии концентрированного раствора  $\text{NaOH}$  и 0,025 М раствора  $\text{Co}(\text{OH})_2$  при нагревании образуется комплексное соединение. Рассчитать объем раствора  $\text{Co}(\text{OH})_2$ , необходимый для получения 0,6 эквивалента комплекса.
- 9) При нагревании  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  получается оксид  $\text{Co}_3\text{O}_4$ . Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Co}^{3+}$  может образоваться из 2 эквивалентов  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ .
- 10) Написать уравнение реакции и определить, сколько граммов металлического никеля может раствориться в 50 мл 30%-ной  $\text{HNO}_3$  ( $\rho=1,18$  г/мл). Сколько эквивалентов оксида азота выделится при этом?
- 11) Оксид кобальта (III)  $\text{Co}_2\text{O}_3$ , растворяясь в серной кислоте, образует сульфат кобальта (II)  $\text{CoSO}_4$ . Определить объем кислорода, выделившегося в результате взаимодействия с серной кислотой 30 г оксида кобальта (III).
- 12) Сульфид никеля (II) окисляется концентрированной азотной кислотой. Рассчитать объем 70%-ной  $\text{HNO}_3$ , необходимый для окисления 0,5 эквивалента  $\text{NiS}$  и определить, сколько граммов серы при этом выделится.

## Упражнения и задачи к работе «Цинк и кадмий»

1. Написать уравнения следующих реакций:

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1) $K_2[Zn(OH)_4] + HNO_{3(изб)} =$ | 11) $[Cd(NH_3)_4](OH)_2 + H_2SO_{4(изб)} =$ |
| 2) $NaNO_3 + Zn + KOH =$            | 12) $ZnSO_4 + NH_3 =$                       |
| 3) $KNO_2 + Zn + KOH =$             | 13) $Zn(OH)_2 + NH_3 =$                     |
| 4) $Zn + KMnO_4 + H_2SO_4 =$        | 14) $Cd(OH)_2 + HNO_3 + H_2O =$             |
| 5) $Zn + H_3AsO_3 + HCl =$          | 15) $Zn(OH)_2 + KOH =$                      |
| 6) $Zn + N_2H_4 + KOH + H_2O =$     | 16) $Cd(OH)_2 + KOH_{(конц.)} =$            |
| 7) $Zn + HNO_{3(разб.)} =$          | 17) $Zn(OH)_2 + KOH_{(сплавнение)} =$       |
| 8) $Cd + HNO_{3(разб.)} =$          | 18) $ZnO + KOH + H_2O =$                    |
| 9) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} =$        | 19) $ZnO + HNO_3 + H_2O =$                  |
| 10) $Zn(OH)_2 + HNO_3 =$            | 20) $CdCO_3 + HI =$                         |

2. Решить следующие задачи

- 1) Сколько эквивалентов цинка растворится в 120 мл 30%-ной  $HNO_3$  ( $\rho = 1,175$ )? Написать уравнение, определить объем выделившегося газа.
- 2) Цинк массой 20 г опущен в 2 М раствор  $KMnO_4$ , подкисленный серной кислотой. Написать уравнение реакции и рассчитать, какой объем перманганата калия необходим для окисления всего цинка.
- 3) Вычислить, какая масса дихромата калия потребуется для приготовления 0,3 л 0,2 н. раствора  $K_2Cr_2O_7$ . Определить также, сколько эквивалентов цинка может быть окислено этим раствором в сернокислой среде.
- 4) При взаимодействии 4 г гидроксида цинка в 150 мл водного раствора аммиака образуется комплекс. Написать уравнение реакции и определить процентную концентрацию аммиака.
- 5) Определить массовые доли (%) компонента в смеси карбоната с оксидом цинка, если при прокаливании 4,68 г смеси получилось 4,02 г оксида цинка.
- 6) Рассчитать, сколько граммов сульфата цинка необходимо взять для приготовления 180 мл 0,5 н. раствора и определить, сколько молей аммиака вступает в реакцию с этим раствором соли цинка, если в результате взаимодействия образуется комплекс.
- 7) В 25%-ный раствор  $HNO_3$  опущен кадмий массой 25 г. Написать уравнение реакции и определить, какой объем 25%-ной азотной кислоты ( $\rho = 1,15$ ) необходимо взять для растворения всей массы кадмия.

- 8) Какое количество технического цинка, содержащего 96 % цинка и 27,5 %-ного раствора соляной кислоты ( $\rho = 1,14$ ), должно быть израсходовано для получения 2 л 3 н. раствора хлорида цинка?
- 9) Какой объем 8 н. раствора KOH способен прореагировать с 250 г оксида цинка, содержащего 18,6 % примесей, не растворяющихся в щелочах?
- 10) Рассчитать, сколько эквивалентов сероводорода потребуется для взаимодействия с 200 мл 2 М раствора хлорида цинка. Определить также массу образовавшегося осадка.
- 11) Цинковый порошок массой 25 г смешали с 2 н. раствором перманганата калия, подкисленного серной кислотой. Рассчитать, какой объем раствора  $\text{KMnO}_4$  необходим для полного окисления цинка.
- 12) Кадмий массой 20 г опущен в 25%-ный раствор азотной кислоты ( $\rho=1,15$  г/мл). Определить объем  $\text{HNO}_3$ , необходимый для окисления всей массы взятого кадмия.
- 13) Написать уравнение реакции взаимодействия цинка с раствором  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , подкисленным серной кислотой. Определить, сколько эквивалентов и какая масса цинка вступит в реакцию с 250 мл 0,2 н. раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

### Упражнения и задачи к работе «Алюминий»

1. Написать уравнения следующих реакций:

- |  |  |
|--|--|
| 1) $\text{Al} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$   | 14) $\text{Al}_2\text{S}_3 + \text{H}_2\text{O} =$                                   |
| 2) $\text{Al} + \text{LiOH} + \text{H}_2\text{O} =$                          | 15) $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{разб.})} =$                            |
| 3) $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O} =$                       | 16) $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} =$                            |
| 4) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 =$                        | 17) $\text{Al} + \text{HNO}_{3(\text{разб.})} =$                                     |
| 5) $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O} =$                        | 18) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 =^t$                    |
| 6) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} =$               | 19) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7 =^t$                     |
| 7) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 =$                        | 20) $\text{AlCl}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$                  |
| 8) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2] + \text{CO}_2 =$ | 21) $\text{AlCl}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} =$                 |
| 9) $\text{Na}_3[\text{AlF}_6] + \text{H}_2\text{O} =$                        | 22) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} =$ |
| 10) $\text{Al} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} =^t$                          | 23) $\text{AlCl}_3 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$                           |
| 11) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HF} + \text{Na}_2\text{CO}_3 =$          | 24) $\text{AlF}_3 + \text{NaF} =$  |
| 12) $\text{Al}_2\text{SO}_4 + \text{NaF} =$                                  | 25) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} =$          |
| 13) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 =^t$                |  |

## 2. Решить следующие задачи

- 1) Сколько эквивалентов алюминия вступит в реакцию с 80 мл 30%-ной азотной кислотой ( $\rho = 1,185$ )? Определить объем выделившегося газа.
- 2) Рассчитать массу  $\text{KA}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  для приготовления 500 мл 0,5 н. раствора сульфата алюминия. Сколько граммов гидроксида калия нужно взять для осаждения всего алюминия в виде гидроксида?
- 3) В 200 мл 0,2 М раствора дихромата калия, подкисленного серной кислотой, опустили кусочек алюминия массой 5 г. Написать уравнение реакции и определить число эквивалентов образующегося  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .
- 4) В 150 мл 5%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,035$ ) растворили эквивалентное количество алюминиевой стружки. Определить объем газа.
- 5) Алюминий массой 25 г растворили в избытке раствора гидроксида натрия. Рассчитать число эквивалентов полученного соединения алюминия.
- 6) При взаимодействии  $\text{AlF}_3$  и  $\text{NaF}$  образуется комплексное соединение. Рассчитать, сколько граммов обоих фторидов необходимо взять для получения 0,5 эквивалента комплексного соединения.
- 7) Определить, сколько граммов  $\text{Al}_2\text{O}_3$  можно растворить в 150 мл 10%-ного раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Сколько эквивалентов продукта получится?
- 8) Порошок алюминия массой 15 г поместили в колбу, содержащую 100 мл 2 н. раствора перманганата калия, и содержимое подкислили серной кислотой. Написать уравнение реакции и определить число эквивалентов образовавшегося сульфата алюминия.
- 9) Написать уравнение реакции получения гидроксида алюминия из сульфида алюминия и рассчитать, сколько граммов гидроксида можно получить из 2 эквивалентов сульфида алюминия. Определить также, сколько эквивалентов комплексного соединения получится при взаимодействии полученного количества гидроксида алюминия с 250 мл 2 н. раствора  $\text{KOH}$ .
- 10) При взаимодействии  $\text{NaF}$  и  $\text{AlF}_3$  образуется комплексное соединение. Рассчитать, сколько граммов фторида натрия и фторида алюминия необходимо взять для приготовления 1,5 эквивалентов комплексного соединения.

- 11) Оксид алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$  способен взаимодействовать с раствором гидроксида кальция. Рассчитать, сколько граммов  $\text{Al}_2\text{O}_3$  может раствориться в 100 мл 12%-ного гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Определить также, сколько эквивалентов продукта получится.
- 12) К 200 мл 1 М раствора  $\text{KMnO}_4$  добавили порошкообразный алюминий массой 10 г и подкислили серной кислотой. Написать уравнение реакции и определить число эквивалентов образовавшегося сульфата алюминия.
- 13) Определить массу алюминия, которая может прореагировать со 100 мл 30%-ного раствора  $\text{HNO}_3$  (плотность 1,185 г/мл). Определить также объём выделившегося газа.

### Упражнения и задачи к работе «Олово»

#### 1. Написать уравнения следующих реакций:

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{Sn} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} =$                | 10) $\text{SnS}_2 + \text{HCl} =$                      |
| 2) $\text{Sn} + \text{HNO}_{3(\text{разб.})} =$                   | 11) $\text{SnS}_2 + \text{Na}_2\text{S} =$             |
| 3) $\text{Sn} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} =$                   | 12) $\text{SnS}_2 + \text{KOH} + \text{KNO}_3 =$       |
| 4) $\text{SnCl}_2 + \text{NaOH} =$                                | 13) $\text{Na}_2\text{SnS}_3 + \text{HCl} =$           |
| 5) $\text{SnO} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} =$               | 14) $\text{SnCl}_4 + \text{H}_2\text{O} =$             |
| 6) $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$ | 15) $\text{H}_2[\text{SnCl}_6] + \text{H}_2\text{O} =$ |
| 7) $\text{SnCl}_2 + \text{S} + \text{HCl} =$                      | 16) $\text{Sn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$ |
| 8) $\text{SnO}_2 + \text{KOH} =$                                  | 17) $\text{SnCl}_2 + \text{HNO}_3 =$                   |
| 9) $\text{SnO}_2 + \text{HCl} =$                                  |  |

#### 2. Решить следующие задачи

- 1) Олово массой 15 г растворили в 75%-ной серной кислоте ( $\rho = 1,68$ ). Написать уравнение реакции и определить объём кислоты, израсходованной на реакцию. Сколько эквивалентов газа выделилось, если олово окисляется до  $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$ ?
- 2) При растворении дисульфида олова в концентрированной азотной кислоте сера окисляется до серной кислоты, а олово образует оловянную кислоту. Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов кислоты образуется из 20 г  $\text{SnS}_2$ .
- 3) При приготовлении раствора хлорида олова (II) воду подкисляют соляной кислотой. Почему? Рассчитать, сколько граммов хлорида необходимо взять для приготовления 75 мл 1,5 н. рас-

- твор. Что происходит с хлоридом олова (II) при растворении в обычной (неподкисленной) воде? Написать уравнение реакции.
- 4) Как, исходя из металлического олова, получить тиостаннат натрия? Написать уравнение реакции и рассчитать, сколько граммов олова необходимо взять для приготовления 0,5 эквивалента тиостанната натрия.
  - 5) При растворении металлического олова в концентрированной серной кислоте одним из продуктов реакции является газообразное вещество. Написать уравнение реакции и рассчитать, сколько эквивалентов газа выделится при растворении 70 г. олова в серной кислоте.
  - 6) Металлическое олово окисляется разбавленной азотной кислотой до двухвалентного состояния. Написать уравнение реакции и определить, сколько граммов металлического олова вступило в реакцию, если образовалось 8 л газа, измеренного при 20 °С и 747 мм рт. ст.
  - 7) Рассчитать, сколько миллилитров 10%-ного раствора  $\text{SnCl}_2$  ( $\rho = 1,06$ ) вступит в реакцию со 150 мл 0,2 н. раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , подкисленного  $\text{HCl}$ . Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов  $\text{SnCl}_4$  образуется.
  - 8) Написать уравнение реакции получения гексахлорооловянной кислоты из хлорида олова (IV) и рассчитать, сколько миллилитров 0,5 н. раствора кислоты можно получить из 2 молей хлорида олова (IV).
  - 9) Определить, сколько миллилитров газа образуется при взаимодействии 2 молей олова с 500 мл 2,5 н. раствора азотной кислоты.
  - 10) Написать уравнение реакции получения оловянной кислоты в результате действия на олово азотной кислоты и рассчитать, сколько миллилитров 2,5 М раствора  $\text{HNO}_3$  потребуется для приготовления 2 эквивалентов оловянной кислоты.
  - 11) Рассчитать, сколько эквивалентов гексахлорооловянной кислоты образуется при взаимодействии 0,5 хлорида олова (IV) с 300 мл 15%-ного раствора соляной кислоты.
  - 12) На восстановление 100 мл 0,1 н. раствора дихромата калия в присутствии соляной кислоты затрачено 200 мл раствора хлорида олова (II). Вычислить нормальную концентрацию хлорида олова (II).

## Упражнения и задачи к работе «Свинец»

### 1. Написать уравнения следующих реакций:

- |  |  |
|--|--|
| 1) $\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} =$  | 10) $\text{PbO} + \text{CaClO}_2 =$  |
| 2) $\text{Pb} + \text{NaOH}_{(\text{конц})} =$           | 11) $\text{PbO} + \text{KClO}_3 =$   |
| 3) $\text{PbO} + \text{HNO}_3 =$                         | 12) $\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{HNO}_3 =$                                   |
| 4) $\text{PbO} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} =$      | 13) $\text{Pb}(\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O} =$                          |
| 5) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{OH} =$   | 14) $\text{PbCO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} =$                              |
| 6) $\text{PbCl}_2 + \text{HCl}_{(\text{конц})} =$        | 15) $\text{Pb} + \text{HNO}_{3(\text{разб})} =$                                |
| 7) $\text{PbCl}_2 + \text{H}_2\text{S} =$                | 16) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$ |
| 8) $\text{PbSO}_4 + \text{KOH} =$                        | 17) $\text{MnSO}_4 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 =$                            |
| 9) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{CrO}_4 =$ |  |

### 2. Решить следующие задачи

- 1) Вычислить массу сульфата свинца (II), полученного при взаимодействии 150 мл 8%-ного раствора нитрата свинца (II) и 70 г 6%-ного раствора сульфида натрия и последующим воздействием на полученный осадок разбавленной азотной кислотой. Написать уравнение всех происходящих реакций.
- 2) Смесь газов, полученная в результате термического разложения 0,1655 кг нитрата свинца (II), растворена в 0,1 л воды. Чему равна массовая доля (%) образовавшейся кислоты? Какой объем раствора гидроксида натрия с массовой долей NaOH 10 % ( $\rho = 1,116$ ) необходим для нейтрализации полученного раствора кислоты?
- 3) Металлический свинец растворяется при нагревании в щелочах. В результате реакции выделяется газообразный продукт. Написать уравнение реакции и рассчитать, сколько литров газа образовалось, если растворено 50 г свинца.
- 4)  $\text{PbO}_2$  массой 45 г поместили в раствор сульфата марганца (II), подкисленный 30%-ной серной кислотой. Содержимое нагрели. Написать уравнение реакции и определить, сколько эквивалентов перманганата калия образовалось.
- 5) Рассчитать, сколько миллилитров 2 н.  $\text{KClO}_3$  необходимо для окисления 20 г  $\text{PbO}$ . Написать уравнение реакции.
- 6) Сульфат свинца (II) взаимодействует с раствором гидроксида калия. Рассчитать, сколько миллилитров 0,5 н. раствора  $\text{PbSO}_4$  вступит в реакцию с 1,5 эквивалента щелочи.

- 7) Рассчитать, сколько граммов сульфата свинца (IV) необходимо взять для приготовления 200 мл 0,5 н. раствора. Какие реакции происходят при нагреве этого раствора? Написать уравнение реакции.
- 8) Рассчитать, сколько граммов сульфида свинца (II) и сколько миллилитров 15%-ного раствора азотной кислоты необходимо взять, чтобы получить 36 л газа (н.у.).
- 9) Написать уравнение реакции получения оксида свинца (IV) из ацетата свинца и рассчитать, сколько граммов оксида можно получить из 0,5 эквивалента ацетата свинца.
- 10) Определить, сколько миллилитров газа образуется при взаимодействии 5 г свинца со 150 мл 2 н. раствора азотной кислоты.

### Упражнения и задачи к работе «Медь»

#### 1. Написать уравнения следующих реакций:

- |  |  |
|--|--|
| 1) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} =$    | 9) $\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{KOH}_{(\text{конц})} =$ |
| 2) $\text{Cu} + \text{HNO}_{3(\text{разб})} =$             | 10) $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} =$                 |
| 3) $\text{Cu} + \text{NaCN} + \text{H}_2\text{O} =$        | 11) $\text{CuO} + \text{NaOH}_{(\text{конц})} =$           |
| 4) $\text{CuSO}_4 + \text{KI} =$                           | 12) $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 =$        |
| 5) $\text{CuCl}_2 + \text{NH}_3 =$                         | 13) $\text{CuCl} + \text{HCl}_{(\text{конц})} =$           |
| 6) $\text{CuO} + \text{HCl}_{(\text{конц})} =$             | 14) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_3 =$             |
| 7) $\text{CuS} + \text{HNO}_{3(\text{разб})} =$            | 15) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI} =$               |
| 8) $\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{HCl}_{(\text{конц})} =$ |  |

#### 2. Решить следующие задачи

- 1) Аммиачный и солянокислый растворы хлорида меди (I) окисляются кислородом воздуха с образованием соответствующих производных меди (II). Написать уравнение реакции и рассчитать исходную концентрацию хлорида меди (I), необходимую для получения 0,5 эквивалента продукта реакции, если брать объем раствора 150 мл.
- 2) Смешиванием 25 мл раствора  $\text{CuCl}_2$  с раствором  $\text{KI}$  выделилось 0,3173 г йода. Написать уравнение реакции и определить нормальную концентрацию раствора  $\text{CuCl}_2$ .
- 3) Исходя из формулы двойной соли арсенита и ацетата меди  $3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2 \cdot \text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , вычислить теоретический расход мышьяковистого ангидрида  $\text{As}_2\text{O}_3$  и медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  на 2,5 кг готового продукта.
- 4) При промышленном получении медного купороса медный лом окисляется при нагревании кислородом воздуха и полученный оксид рас-

- творяется в серной кислоте. Вычислить теоретический расход меди и 80%-ной серной кислоты на 1,5 кг  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  готового продукта.
- 5) Насыщенный раствор медного купороса содержит 27 %  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Вычислить молярную концентрацию  $\text{CuSO}_4$  в данном растворе. Написать уравнение гидролиза медного купороса.
  - 6) При растворении меди в 70%-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho=1,615$ ) образовалось 8 л  $\text{SO}_2$  (20 °С и 745 мм рт. ст.). Написать уравнение реакции, определить объем израсходованной 70%-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и массу меди в данной реакции.
  - 7) Растворили 25 г  $\text{CuS}$  в 25%-ной азотной кислоте ( $\rho=1,15$ ). Написать уравнение реакции и определить объем 25%-ной  $\text{HNO}_3$ , израсходованной на реакцию, и число эквивалентов образовавшегося оксида азота.
  - 8) Определить качественный состав смеси меди с углем, если при действии избытка концентрированной серной кислоты на эту смесь выделяется 71,68 л газов, а после пропускания их через раствор перманганата калия остаются не поглощенными 22,4 л газа. Написать уравнение всех протекающих реакций и определить количество образовавшихся в результате реакции сульфатов различных металлов (меди, калия, марганца).
  - 9) Определить количественный состав смеси меди, железа и алюминия, если при действии на 13 г этой смеси раствора гидроксида натрия выделяются 6,72 л газа, а при действии соляной кислоты без доступа воздуха – 8,96 л газа (н.у.).
  - 10) При действии избытка раствора щелочи на 122,5 г смеси алюминия, оксида меди (II) и оксида железа (III) выделилось 33,6 л газа (н.у.), а при восстановлении этой же смеси водородом образовалось 1,3 моля воды. Определить состав исходной смеси.
  - 11) Рассчитать, сколько миллилитров 68%-ного раствора азотной кислоты ( $\rho=1,4$  г/мл) потребуется для приготовления 500 мл 0,1 н. раствора и сколько граммов меди можно окислить этим количеством кислоты. Сколько эквивалентов соли образуется?
  - 12) Сульфид меди (II) массой 20 г растворили в 25%-ной азотной кислоте ( $\rho=1,15$  г/мл). Написать уравнение реакции, определить объем азотной кислоты, вступившей в реакцию, а также количество эквивалентов образовавшегося газа.
  - 13) Смешали по 30 мл растворов  $\text{KI}$  и  $\text{CuCl}_2$ . В результате реакции выделилось 0,38 г йода. Написать уравнение реакции и определить концентрацию раствора  $\text{CuCl}_2$ .

## ТЕМАТИКА КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

За весь курс неорганической химии предусмотрено шесть контрольных работ: по три в каждом семестре.

### 1-й семестр

#### *Первая контрольная работа*

В эту работу включены задачи и упражнения по темам «Эквиваленты. Закон эквивалентов», «Способы выражения концентрации растворов», «Окислительно-восстановительные реакции».

1. Определить число эквивалентов соли, образовавшейся при взаимодействии 300 мл 0,3 М раствора HCl с 300 мл 0,3 М раствора Ca(OH)<sub>2</sub>.
2. Рассчитать, сколько миллилитров 92%-ной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> необходимо взять при приготовлении 300 мл 0,5 н. раствора серной кислоты.
3. Определить, возможна ли следующая окислительно-восстановительная реакция: H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> + I<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O = . Если реакция идет, то написать ее уравнение.
4. При смешивании 150 мл 0,1 М раствора сульфата марганца (II) с 150 мл KBrO в щелочной среде образовывается оксид марганца (IV). Определить нормальную концентрацию раствора KBrO, число эквивалентов каждого продукта реакции. Написать уравнение реакции.

#### *Вторая контрольная работа*

В данную работу включены задачи и упражнения по темам «Строение атома», «Химическая связь», «Комплексные соединения».

1. Написать электронную формулу иона Pb<sup>4+</sup>. Устойчивы ли соединения с данной степенью окисления? Почему?
2. Предсказать валентные возможности атома Ni. Определить валентные электроны и написать для них значения четырех квантовых чисел.
3. Определить тип гибридизации в молекуле CrO<sub>3</sub>. Изобразить геометрическую конфигурацию данной молекулы.
4. Определить число связей в молекуле H<sub>2</sub>S<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. Дать полную характеристику каждой связи.
5. Составить энергетическую диаграмму по методу молекулярных орбиталей молекулярной частицы F<sub>2</sub><sup>2-</sup>. Написать ее электронную формулу.
6. Определить, сколько граммов комплексообразователя в виде ионов содержится в 120 мл 0,8 н. раствора K[Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>], если в данном растворе кроме комплексообразователя растворено еще 26,5 г K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Дать полную характеристику комплексного соединения.

### *Третья контрольная работа*

В работу включены задачи по темам «Энергетика химических процессов», «Гидролиз солей», «рН растворов».

1. Расчет  $\Delta G_{x.p.}$  доказать возможность протекания следующей окислительно-восстановительной реакции, закончив сначала уравнение данной реакции:  $\text{NH}_4\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{HCl} =$ .
2. Определить число эквивалентов  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ , вступивших в реакцию с 650 мл 0,5 М раствора  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ .
3. Вычислить степень гидролиза (%) соли  $\text{Na}_3\text{GeO}_3$  в 0,14 н. растворе при комнатных условиях.
4. Рассчитать, сколько граммов  $\text{Na}_3\text{GeO}_3$  необходимо взять для получения 255 мл 0,14 н. раствора.
5. Определить рН раствора, полученного при смешивании 400 мл 0,1 н. раствора  $\text{HNO}_3$  и 130 мл 0,07 н. раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Коэффициент активности взять из таблицы по расчетному значению ионной силы раствора.

### **2-й семестр**

#### *Первая контрольная работа*

В работу включены темы «Произведение растворимости», «Гальванический элемент», «Электролиз», «Коррозия металлов».

1. Какова должна быть концентрация раствора  $\text{NaCl}$  (моль/л), чтобы добавлением к этому раствору равного объема 0,0005 н. раствора  $\text{AgNO}_3$  вызвало появление осадка?
2. Рассчитать ЭДС, написать уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде, для следующего гальванического элемента  
 $\text{Pt}, \text{H}_2 / 0,05 \text{ н. HCN} \parallel 0,025 \text{ н. CoCl}_2 / \text{Co}$   
Коэффициент активности  $f$  взять из таблицы по расчетному значению ионной силы раствора, коэффициент  $\alpha$  рассчитать по закону разбавления Освальда.
3. Рассчитать, сколько времени должен длиться электролиз, чтобы повысить концентрацию 500 мл раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с 0,5 М до 0,8 М. Сила тока равна 10 А.
4. Железные изделия покрыты свинцом, на котором имеются поры и трещины. Написать уравнения реакций всех процессов, которые будут происходить при коррозии изделия в нейтральной, кислой и щелочной средах.

## Вторая контрольная работа

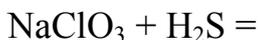
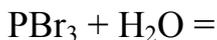
Работа посвящена свойствам неметаллов и их соединений.

1. Охарактеризуйте тип гибридизации, геометрическую конфигурацию и химическую связь в частицах и молекулах  $\text{PI}_3$ ,  $\text{Br}_2\text{O}$ . Какова реакционная способность этих соединений? Свои выводы подтвердите написанием уравнений реакций.

2. Напишите формулу двусерной кислоты. Напишите ее структурную формулу и определите валентность серы. Напишите уравнение окислительно-восстановительной реакции с этой кислотой (восстановитель подберите сами). Рассчитайте массу кислоты, необходимую для приготовления 150 мл 0,5 н. раствора. Определите сумму эквивалентов всех продуктов реакции со 150 мл 0,5 н. раствора двусерной кислоты.

3. Напишите уравнение реакции, протекающей при получении кислоты растворением в воде оксида  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ . Дайте название кислоты и соли, образованной ею. Рассчитайте, сколько миллилитров 0,2 н. раствора кислоты можно получить из двух эквивалентов данного оксида фосфора.

4. Закончите уравнения следующих реакций:



Если реакция не идет, то укажите почему.

5. В лаборатории имеется только два осушающих вещества: концентрированная серная кислота и едкий натр (в гранулах). Какое из них можно применить для осушения: а) хлора; б) хлористого водорода? Ответ обоснуйте уравнением возможных реакций.

## Третья контрольная работа

Это последняя, итоговая работа по курсу общей и неорганической химии. Поэтому в нее включены вопросы и задачи из основных разделов всего курса химии.

1. Рассчитать ЭДС следующего гальванического элемента:



2. Смешали 200 мл 0,5 н. раствора  $\text{CuSO}_4$  и 300 мл 2,5 М раствора  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . В результате реакции образовался комплекс.

1. Написать уравнение реакции и охарактеризовать полученный комплекс.

2. Рассчитать молярную концентрацию образовавшегося комплекса.
3. Определить, достаточно ли 0,01 М раствора NaOH для разрушения комплекса. Ответ обосновать расчетом. Если реакция идет, написать ее уравнение.
3. Что произойдет, если смешать равные объемы концентрированных  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HCl}$ ? Ответ обосновать. Если реакция идет, написать уравнение.
4. Для получения кадмия из 3 н. раствора  $\text{CdCl}_2$  использовали электролиз силой тока 12 А в течение одного часа. За это время на катоде выделилось 1300 мл водорода. Оставшуюся часть кадмия после электролиза вытеснили алюминиевой стружкой. Исходная масса алюминия была 18 г, после реакции масса металла стала равной 21,5 г. Определить:
  - 1) массу кадмия, полученного электролизом;
  - 2) массу кадмия, вытесненного алюминием;
  - 3) массу алюминия, израсходованного на вытеснение кадмия;
  - 4) исходный объем 3 н. раствора  $\text{CdCl}_2$ , взятый для электролиза;
  - 5) объем газа, выделившегося на аноде (20 °С и 765 мм рт.ст.).
5. Рассчитать, сколько граммов  $\text{NiS}$  необходимо взять для реакции с 250 мл 10%-ного раствора в сернокислой среде. Также определить:
  - 1) сколько эквивалентов серы выделилось в результате реакции;
  - 2) какова молярная концентрация сульфата никеля (II) будет после реакции, если объем  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , взятый для реакции, был 50 мл.

## КОЛЛОКВИУМЫ

В переводе с латинского «коллоквиум» означает «разговор», «беседа». Это одна из форм учебных занятий, беседа преподавателя со студентом для выяснения знаний. Таких «бесед» (коллоквиумов) в курсе общей и неорганической химии предусмотрено две, т.е. по одному коллоквиуму в каждом семестре.

### **1-й семестр**

Коллоквиум посвящен темам «Строение атома», «Химическая связь», «Периодическая система элементов». Примерный перечень вопросов, включенных в первый коллоквиум.

## Элемент № 26 Железо

1. Изобразить структуру ядра атома железа, зная его порядковый номер и атомную массу.
2. Написать электронную формулу.
3. Определить валентные электроны.
4. Написать значения четырех квантовых чисел для валентных электронов.
5. Распределить по ячейкам электроны двух последних квантовых уровней, соблюдая принцип Паули и правило Гунда.
6. Определить вид химической связи в галогенидах железа.
7. Определить число  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в оксидах железа. Дать объяснение каждой связи.
8. Может ли железо образовывать соединения с донорно-акцепторной связью?
9. К подгруппе каких типических элементов или полных электронных аналогов относится железо? Перечислите эти элементы.
10. Для железа радиус атома, энергия ионизации и электроотрицательность больше или меньше, чем для марганца и рутения, и почему?
11. Дать определение валентности элемента и объяснить, почему высшая валентность кислорода не достигает шести, т.е. не равна номеру группы.

## 2-й семестр

Коллоквиум посвящен темам «Гальванические элементы», «Коррозия металла», «Электролиз».

Примерный вариант вопросов и задач, включенных в этот коллоквиум:

1. Вычислить ЭДС и составить электрохимическую схему гальванического элемента, составленного из следующих электродов:

а) Pt,  $H_2$  / 0,1 н.  $NH_4OH$ ;

б) Pb / 0,05 М  $Pb(NO_3)_2$ .

Коэффициент активности  $f$  взять из таблицы по расчетному значению ионной силы раствора, коэффициент  $\alpha$  рассчитать по закону разбавления Освальда. Указать, какой электрод является анодом, а какой катодом.

2. Написать уравнение реакции, протекающей на катоде гальванического элемента, приведенного в п. 1.

3. Написать уравнение реакции, протекающей на аноде гальванического элемента, приведенного в п. 1.

4. Как изменяется pH раствора в катодном пространстве при электролизе водного раствора  $Na_2S$ ?

5. Написать уравнение реакции наиболее вероятного процесса при электролизе водного раствора  $K_2SO_4$ , если анод изготовлен из латуни Л 62 (62 % меди, 38 % цинка).

6. Определить, какое количество электричества необходимо пропустить через раствор, чтобы разложить 1 моль воды на водород и кислород.

7. Через раствор хлорида двухвалентного металла пропускали электроток силой 2,5 А в течение 5,36 ч; при этом масса соли в растворе уменьшилась на 32,5 г. Какая из приведенных солей ( $CaCl_2$ ,  $CoCl_2$ ,  $ZnCl_2$ ,  $CdCl_2$ ,  $SnCl_2$ ) находилась в растворе?

8. На изделие из углеродистой стали нанесено пористое покрытие из кадмия. Написать уравнение процессов, протекающих на аноде в 3%-ном растворе хлорида натрия ( $\varphi_{O_2} = +0,805$  В,  $\varphi_{H_2} = -0,413$  В).

9. Медное изделие с пористым покрытием из серебра опущено в 0,1 н. раствор соляной кислоты. Написать уравнение реакции процесса, протекающего на катодных участках ( $\varphi_{Cu} = +0,154$  В,  $\varphi_{Ag} = +0,277$  В,  $\varphi_{O_2} = +1,713$  В,  $\varphi_{H_2} = -0,059$  В).

10. Железная конструкция эксплуатируется в морской воде. С каким металлом (цинком или хромом) нежелателен контакт этой конструкции ( $\varphi_{Fe} = -0,255$  В,  $\varphi_{Zn} = -0,772$  В,  $\varphi_{Cr} = -0,02$  В)?

## **САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (КУРСОВЫЕ РАБОТЫ)**

При изучении курса неорганической химии наряду с лекционными и лабораторными циклами большую роль играет выполнение самостоятельной расчетной работы, называемой курсовой работой.

Тематика курсовой работы в 1-м и 2-м семестрах, как правило, связана с тематикой лекционного цикла. В каждом семестре курсовая работа (самостоятельная) представляет собой набор упражнений, расчетных задач, а также заданий для составления уравнений химических процессов.

В начале семестра преподаватель выдает каждому студенту задания для выполнения индивидуальной работы. Это шифр номеров заданий из каждой темы, содержащихся в пособии «Общая и неорганическая химия» - практикуме для студентов (автор Н.А. Орлин).

Выполнение семестровой контрольной работы разделено на три этапа. Каждый этап работы студент выполняет к указанному в графике сроку и сдает работу на проверку преподавателю. После проверки работы происходит ее защита. Полученные за выполнение и защиту каждой части курсовой работы баллы добавляются к рейтингу студента.

## Тематика расчетных работ

### **1-й семестр**

Первый этап:

1. Эквиваленты.
2. Растворы.
3. Окислительно-восстановительные реакции.

Второй этап:

1. Строение атомов.
2. Химическая связь.
3. Комплексные соединения.

Третий этап:

1. Энергетика химических процессов.
2. Скорость химической реакции. Химическое равновесие.
3. Гидролиз солей.

### **2-й семестр**

Первый этап:

1. Произведение растворимости.
2. Гальванические элементы.
3. Электролиз.
4. Электрохимическая коррозия.

Второй этап:

1. Элементы VII A группы.
2. Элементы VI A группы.
3. Элементы V A группы.
4. Элементы IV A группы.

Третий этап:

1. Получение металлов.
2. Физико-химические свойства металлов.
3. Металлы как комплексообразователи.
4. Окислительно-восстановительные свойства металлов.

При необходимости по каждой теме студент получает консультацию у преподавателя. Выполненную часть курсовой работы оформляют в виде соответствующего отчета.

## ПРИМЕРНЫЙ ВАРИАНТ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

*Эквивалент. Закон эквивалентов*

1. Определить число эквивалентов гидроксида кальция, содержащихся в 500 мл 0,1 М раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Решение

1. 0,1 М раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ : в 1000 мл раствора содержится 0,1 моль гидроксида кальция.

Определяем число молей вещества в 500 мл раствора:

в 1000 мл содержится 0,1 моля;

в 500 мл содержится  $x$  моля.  $x = 500 \cdot 0,1 / 1000 = 0,01$  моля.

2. Определяем число эквивалентов, содержащихся в 0,01 моля:

$$Э_{\text{Ca}(\text{OH})_2} = M / 2; \quad 2Э = M.$$

Из этого соотношения видно, что для  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  число эквивалентов в 2 раза больше, чем число молей. Следовательно, 0,01 моля  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , содержащихся в 500 мл раствора, соответствует 0,02 эквивалента.

Ответ: В 500 мл 0,1 М раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  содержится 0,02 эквивалента гидроксида кальция.

*Растворы*

2. Сколько граммов  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  необходимо взять для приготовления 100 мл 0,1 М раствора?

Решение

1. 0,1 молярный раствор: в 1000 мл раствора содержится 0,1 моля  $\text{CuSO}_4$ . Определяем число молей вещества в 100 мл раствора:

в 1000 мл содержится 0,1 моля;

в 100 мл содержится  $x$  моля.  $x = 100 \cdot 0,1 / 1000 = 0,01$  моля.

2. Рассчитаем молекулярную массу  $\text{CuSO}_4$  и определим число граммов  $\text{CuSO}_4$ , содержащееся в 0,01 моля сульфата меди:

$$M_{\text{CuSO}_4} = 160 \text{ г/моль}, \quad 160 \text{ г} - 1 \text{ моль}$$
$$x \text{ г} - 0,01 \text{ моля} \quad x = 1,6 \text{ г.}$$

3. Рассчитаем массу кристаллогидрата.

$$M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 250 \text{ г/моль}, \quad 160 \text{ г} - 250 \text{ г}$$
$$1,6 \text{ г} - x \text{ г} \quad x = 2,5 \text{ г.}$$

Ответ: Для приготовления 100 мл 0,1 М раствора  $\text{CuSO}_4$  необходимо взять 2,5 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

### Энергия связи (атомизации) и длина связи для двухатомных молекул, радикалов и ионов

Вещество	$E_{св}$ , кДж/моль	$l_{св}$ , пм	Вещество	$E_{св}$ , Дж/моль	$l_{св}$ , пм
AgI	234	255	BF	757	125
BaCl	448	268	BeCl	389	180
CCl	397	164	CuCl	382	205
CH	339	112	CS	714	154
FeCl	350	209	CoCl	397	209
HS	349	134	NH	313	104
NO	632	115	NuCl	372	214
PCl	289	204	PF	464	159
PH	343	143	PbBr	240	255
PbCl	300	218	TiCl	494	230
SiCl	456	206	ZnCl	22	---
CN	762	117	CaCl	397	244

Таблица П2

### Пространственная ориентация гибридных орбиталей молекул и ионов состава АВ<sub>n</sub>

Вид гибридизации	Конфигурация орбиталей	Число связей	Валентный угол $\alpha$ , °
sp dp	Линейная	2	180
sp <sup>2</sup> dp <sup>2</sup> sd <sup>2</sup>	Плоская, треугольная	3	120
sp <sup>3</sup> sd <sup>3</sup>	Тетраэдрическая	4	109°28'
s <sup>2</sup> pd <sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>	Плоская, квадратная	4	90
sp <sup>3</sup> d <sub>z<sup>2</sup></sub>	Тригонально-бипирамидальная	5	$\alpha_1 = 90$ $\alpha_2 = 120$
sp <sup>3</sup> d <sup>2</sup> (d <sub>z<sup>2</sup></sub> d <sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub> )	Октаэдрическая	6	90

Таблица П3

### Плотности растворов сульфата натрия и сульфата алюминия

Массовая доля, %	Плотность раствора, г/мл		Массовая доля, %	Плотность раствора, г/мл	
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
5	1,044	1,050	10	1,091	1,105
6	1,053	1,061	11	1,101	1,117
7	1,063	1,072	12	1,111	1,129
8	1,072	1,083	13	1,121	1,140
9	1,082	1,094	14	1,141	1,152

Таблица П4

**Стандартные энтальпии образования ( $\Delta H^{\circ}_{\text{обр.298}}$ , кДж/моль)  
и стандартные энтальпии ( $S^{\circ}_{298}$ , кДж/моль·К) некоторых веществ**

Вещество	Состояние	$\Delta H^{\circ}_{\text{обр.298}}$	$S^{\circ}_{298}$	Вещество	Состояние	$\Delta H^{\circ}_{\text{обр.298}}$	$S^{\circ}_{298}$
Ag	К	0	42,6	Fe(OH) <sub>3</sub>	К	-827,2	105,0
AgBr	К	-100,7	107,2	H <sub>2</sub>	Г	0	130,7
AgCl	К	-126,8	96,0	Cl <sup>-</sup>	Р	-167,5	55,1
AgI	К	-64,2	114,2	HCl	Г	-92,4	186,9
Al	К	0	28,4	H <sub>2</sub> O	Ж	-286,0	70,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	К	-1675	51,0	H <sub>2</sub> O	Г	-242,0	188,0
Ba	К	0	84,9	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	Р	-286,0	0
BaCO <sub>3</sub>	К	-1202	112,1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Р	-811,3	156,9
Br <sub>2</sub>	Ж	0	152,3	I <sub>2</sub>	К	0	116,7
Br <sub>2</sub>	Г	-30,9	245,3	I <sub>2</sub>	Ж	22,6	137,3
C	Графит	0	2,4	Mg	К	0	32,6
C	Алмаз	0	5,7	MgCO <sub>3</sub>	К	-112,4	65,9
Ca	К	0	41,6	MgO	К	-602,1	27,0
CaCO <sub>3</sub>	К	-1206	92,9	Mn	К	0	32,0
CaO	К	-635,1	39,7	MnO <sub>2</sub>	К	-521,8	53,2
Cl <sub>2</sub>	Г	0	223,1	N <sub>2</sub>	Г	0	191,6
CH <sub>4</sub>	Г	-74,9	186,4	NH <sub>3</sub>	Г	-45,8	192,8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Г	226,2	201,0	NO	Г	90,3	210,7
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Г	52,5	219,4	NO <sub>2</sub>	Г	33,5	240,3
HCOOH	Ж	-425,8	129,0	NOCl	Г	52,5	261,8
CH <sub>3</sub> COOH	Ж	-484,4	159,9	O <sub>2</sub>	Г	0	205,2
CO	Г	-110,6	197,7	OH <sup>-</sup>	К	-230,2	-10,9
CO <sub>2</sub>	Г	-393,8	213,8	Pb	К	0	64,9
Cu	К	0	31,1	PbO	К	-217,8	68,8
CuCl <sub>2</sub>	К	-205,9	113,2	PbO <sub>2</sub>	К	-276,8	52,0
CuO	К	-162,1	42,7	PbSO <sub>4</sub>	К	-921,2	148,7
Cu <sub>2</sub> O	К	-173,3	93,0	S	К	0	31,9
Fe	К	0	27,2	SO <sub>2</sub>	Г	-297,1	248,2
FeO	К	-265,0	58,8	SO <sub>3</sub>	Г	-396,1	256,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	К	-822,7	90,0	Zn	К	0	41,7
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	К	-1118	151,5	ZnO	К	-350,9	48,7
Fe(OH) <sub>2</sub>	К	-562,0	88,0	BaO	К	-556,6	70,3

**Степень диссоциации кислот, оснований и солей  
в водных растворах\* (0,1н., 18 °С)**

Соединение	$\alpha$ , %	Соединение	$\alpha$ , %
<b>КИСЛОТА</b>		<b>ОСНОВАНИЕ</b>	
Азотная $\text{HNO}_3$	92	Гидроксид калия $\text{KOH}$	89
Соляная $\text{HCl}$	91	Гидроксид натрия $\text{NaOH}$	84
Бромоводородная $\text{HBr}$	90	Гидроксид кальция $\text{CaOH}$	72
Иодоводородная $\text{HI}$	90	Гидроксид аммония $\text{NH}_4\text{OH}$	1,3
Серная $\text{H}_2\text{SO}_4$	58	<b>СОЛЬ</b>	
Ортофосфорная $\text{H}_3\text{PO}_4$	36	Типа $\text{Me}^+\text{A}^-$ (например $\text{KCl}$ )	83
Сернистая $\text{H}_2\text{SO}_3$	20	Типа $\text{Me}_2^+\text{A}^{2-}$ (например $\text{K}_2\text{SO}_4$ )	73
Уксусная $\text{CH}_3\text{COOH}$	1,3	Типа $\text{Me}^{2+}\text{A}_2^-$ (например $\text{BaCl}_2$ )	75
Угльная $\text{H}_2\text{CO}_3$	0,17	Типа $\text{Me}_3^+\text{A}^{3-}$ (например $\text{K}_3\text{PO}_4$ )	65
Сероводородная $\text{H}_2\text{S}$	0,07	Типа $\text{Me}^{3+}\text{A}_3^-$ (например $\text{AlCl}_3$ )	65
Ортоборная $\text{H}_3\text{BO}_3$	0,01	Типа $\text{Me}^{+2}\text{A}^{-2}$ (например $\text{CuSO}_4$ )	40
Циановодородная $\text{HCN}$	0,007		

\*Для сильных электролитов приведены их кажущиеся степени диссоциации. Данные для многоосновных кислот относятся к первой ступени диссоциации.

## РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ахметов, Н. С.* Общая и неорганическая химия : учеб. для вузов / Н. С. Ахметов. – М. : Высш. шк., 2002. – 743 с. – ISBN 5-06-003363-5.
2. *Угай, Я. А.* Общая и неорганическая химия : учеб. для вузов / Я. А. Угай. – М. : Высш. шк., 2002. – 527 с. – ISBN 5-06-004140-9.
3. *Степин, Б. Д.* Неорганическая химия / Б. Д. Степин, А. А. Цветков. – М. : Высш. шк., 1994. – 608 с.
4. *Суворов, А. В.* Общая химия : учеб. для вузов / А. В. Суворов, А. Б. Никольский. – СПб. : Химиздат, 2000. – 624 с. – ISBN 5-7245-1018-9.
5. *Задачи и упражнения по общей химии : учеб. пособие / под ред. Н. В. Коровина.* – М. : Высш. шк., 2003. – 255 с. – ISBN 5-06-004140-9.
6. *Ахметов, Н. С.* Лабораторные и семинарские занятия по неорганической химии / Н. С. Ахметов, М. К. Азизова, Л. И. Бадыгин. – М. : Высш. шк., 1988. – 303 с.
7. *Орлин, Н. А.* Общая и неорганическая химия : учеб. пособие. В 3 ч. Ч.1 / Н. А. Орлин, В. А. Кузурман ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2002. – 95 с. – ISBN 5-89368-361-7.
8. *Лидин, Р. А.* Справочник по неорганической химии / Р. А. Лидин, Л. А. Андреева, В. С. Молочко. – М. : Химия, 1987. – 319 с.
9. *Рабинович, В. А.* Краткий химический справочник / В. А. Рабинович, З. Я. Хавина. – СПб. : Химия, 1994. – 432 с.
10. *Орлин, Н. А.* Общая и неорганическая химия : учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 2 / Н. А. Орлин, В. А. Кузурман ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2003. – 108 с. – ISBN 5-89368-432-X.
11. *Лурье, Ю. Ю.* Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – М. : Химия, 1967. – 390 с.
12. *Орлин, Н. А.* Общая и неорганическая химия : учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 3 / Н. А. Орлин, В. А. Кузурман ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2005. – 80 с. – ISBN 5-89368-587-3.
13. *Орлин, Н. А.* Лабораторный практикум по общей и неорганической химии / Н. А. Орлин, В. А. Кузурман ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2007. – 112 с.

Учебное издание

ОРЛИН Николай Александрович

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум для студентов специальности 020100 – химия (бакалавриат)

Подписано в печать 29.01.09.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 4,18. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.