

В.Н. Пророков  
Л.П. Барбетова  
Н.И. Пименова  
В.В. Кузнецов

# ХИМИЯ

сборник вопросов и задач



Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Ивановский государственный химико-технологический университет

В. Н. ПРОРОКОВ, Л. П. БАРБЕТОВА,  
Н. И. ПИМЕНОВА, В. В. КУЗНЕЦОВ

# **Х И М И Я**

## **Сборник вопросов и задач**

Под редакцией В. Н. Пророкова

2-е издание,  
переработанное и дополненное

Иваново 2009

УДК 373.167.1:54

**Пророков В.Н.**

Химия. Сборник вопросов и задач: учебное пособие для старшеклассников / В.Н. Пророков, Л.П. Барбетова, Н.И. Пименова, В.Н. Кузнецов; под ред. В.Н. Пророкова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Изд. 2-е; перераб. и доп. – Иваново, 2009, – 172 с.  
ISBN 978-5-9616-0309-5

Предлагаемый сборник включает в себя вопросы, упражнения и задачи разного уровня сложности по всем основным разделам школьной программы по химии. Приводится решение типовых задач и к большинству задач даются ответы или указания к решению.

Пособие поможет учащимся привести в систему знания по химии, понять специфику химической науки, выработать логику мышления в процессе решения задач, осмысленно используя и закрепляя теоретический материал, а также подготовиться к сдаче выпускного экзамена и поступлению в вуз.

Предназначено для химического лицея и подготовительных курсов при ИГХТУ, учащихся старших классов общеобразовательных школ, лицеев, классов с углублённым изучением химии. Пособие может быть полезно учителям химии и студентам младших курсов.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ГОУ ВПО Ивановского государственного химико-технологического университета.

*Рецензенты:* кафедра общей, биоорганической и биологической химии Ивановской государственной медицинской академии; профессор Л.А. Кочергина (Ивановский государственный химико-технологический университет).

ISBN 978-5-9616-0309-5

© ГОУ ВПО Ивановский  
государственный химико-  
технологический ун-т, 2009

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие предназначено для учащихся средних школ, лицеев и специализированных классов при вузах, будет полезно преподавателям химии, а также студентам младших курсов. Составлено в соответствии с программой курса химии в школах и других средних учебных заведениях.

Весь материал разбит на три части (I часть – «Общая химия», II часть – «Неорганическая химия», III часть – «Органическая химия»), каждая содержит вопросы и задачи по основным разделам химии. Решение предложенных задач позволяет глубже усвоить и научиться применять генетическую связь между различными классами соединений, систематизировать знания по химии, понять и полюбить её как науку, а преподавателю подготовиться к уроку.

Задания в разделах расположены в порядке повышения их сложности. Кроме упражнений по закреплению фундаментальных химических знаний, в пособие вошли оригинальные задачи и вопросы, задачи химических олимпиад, тестовый материал для подготовки к сдаче ЕГЭ по химии.

Большинство задач снабжено ответами и необходимыми указаниями к решению, а для оказания помощи в самостоятельной работе для некоторых задач представлены решения. Отдельный раздел посвящён типичным реакциям в органической химии.

Основная цель учебного пособия – сознательное усвоение теоретического материала по химии, формирование умения использовать теоретические знания при решении задач, развитие логического мышления, приобретение необходимых навыков работы с учебной литературой.

*Авторы*

# 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ

1.1. Определите, какое количество вещества (моль) содержат:

- а) 25,8 г  $\text{HNO}_3$ ; б) 4,66 г  $\text{BaSO}_4$ ;  
в)  $7,2 \cdot 10^{15}$  молекул  $\text{N}_2$ ; г) 4,18 л (н.у.)  $\text{CO}_2$ .

1.2. Рассчитайте массу (в граммах):

- а) 4,5 моль  $\text{NH}_3$ ; б) 3,24 л (н.у.)  $\text{Ag}$ ;  
в)  $1,12 \cdot 10^{21}$  молекул  $\text{Cl}_2$ ; г) одного атома  $\text{Na}$ .

1.3. Определите, какой объем (в литрах, н.у.) занимают:

- а) 0,12 моль  $\text{H}_2\text{S}$ ; б)  $1,5 \cdot 10^{26}$  молекул  $\text{O}_2$ ;  
в) 3,14 г  $\text{N}_2$ ; г)  $5,4 \cdot 10^{21}$  молекул  $\text{CO}$ .

1.4. Определите, какое число молекул содержат:

- а) 1,25 моль  $\text{O}_2$ ; б) 8,96 л (н.у.)  $\text{H}_2$ ;  
в) 6,6 г  $\text{CO}_2$ ; г) 14,7 г  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

1.5. Сколько атомов кислорода содержится в 1 г сульфата натрия? Какова массовая доля ( $\omega$ ) кислорода в этом веществе?

1.6. Сколько атомов водорода содержится в 1 г сульфата аммония? Какова массовая доля ( $\omega$ ) водорода в этом веществе?

1.7. Сколько атомов фосфора содержится в 1 кг ортофосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ? Какова массовая доля ( $\omega$ ) фосфора в этом веществе?

1.8. Какое количество вещества атомов углерода и сколько молекул  $\text{C}_6\text{H}_6$  содержится в 15,6 г бензола?

1.9. Какое количество вещества атомов водорода и сколько молекул  $\text{CH}_3\text{COOH}$  содержится в 15,6 г уксусной кислоты?

1.10. Вычислите абсолютную массу атома углерода, молекулы кислорода, 100 молекул оксида углерода(IV).

1.11. Вычислите массу (в г): а) 1 атома кислорода, б) 1 л газообразного кислорода (н.у.), в) 22,4 л (н.у.) газовой смеси азота и аргона, объемная доля аргона в которой составляет 10%.

1.12. Сколько молекул содержится в 1,28 г оксида серы(IV) (сернистого газа)? Какой объем они занимают: а) при н.у., б) при  $t = 25^\circ\text{C}$  и  $p = 99$  кПа?

1.13. Сколько молекул содержится в 11 г оксида углерода(IV) (углекислого газа)? Какой объем они занимают: а) при н.у., б) при  $t = 27^\circ\text{C}$  и  $p = 125$  кПа?

1.14. Сколько молекул содержится в 1,12 л  $\text{SO}_2$  при н.у.? Вычислите массу этого количества сернистого газа, его плотность ( $\rho$ ) при нормальных условиях и относительную плотность по воздуху ( $D_{\text{возд}}$ ).

**1.15.** Сколько молекул содержится в  $1 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$  при н.у.? Вычислите массу этого количества углекислого газа, его плотность ( $\rho$ ) при нормальных условиях и относительную плотность по кислороду ( $D_{\text{O}_2}$ ).

**1.16.** Где содержится больше атомов водорода: в 1 л жидкой воды или в 100 л газообразного аммиака при нормальных условиях?

**1.17.** Где содержится больше атомов водорода: в 90 г воды, в 80 г метана или в 112 л газообразного аммиака (н.у.)?

**1.18.** Где больше атомов кислорода: а) в 1 г  $\text{H}_2\text{O}$  или в 1 г  $\text{CO}_2$ ; б) в 1 мл жидкой воды или в 1 л углекислого газа (н.у.)?

**1.19.** Вычислите, где содержится больше атомов азота: в  $1 \text{ м}^3$  (н.у.) воздуха (объёмная доля молекулярного азота в воздухе составляет 78%), в 2 кг нитрата аммония, или в 50 моль аммиака.

**1.20.** Вычислите, где содержится больше атомов углерода: в 1 л углекислого газа (н.у.), в 1 мл бензола (плотность 0,879 г/мл), или в алмазе массой 0,6 г.

**1.21.** Сколько атомов азота содержится: а) в 17 моль аммиака, б) в 17 г аммиака, в) в 17 л аммиака (н.у.)?

**1.22.** Сколько атомов водорода содержится: а) в 2 моль метана, б) в 2 г метана, в) в 2 л метана при  $T = 298 \text{ К}$  и  $p = 100 \text{ кПа}$ ?

**1.23.** Сколько атомов водорода содержится: а) в 5 моль бензола, б) в 5 г бензола, в) в 5 л бензола (плотность 0,88 г/мл)?

**1.24.** Какое количество вещества карбоната кальция, количество вещества атомов углерода и сколько атомов углерода содержится в 100г доломита  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ , содержащего 8% некарбонатных примесей?

**1.25.** Какое количество вещества  $\text{H}_2\text{O}$  содержится в 50 г пентагидрата сульфата меди(II)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ? Вычислите массовую долю кристаллизационной воды в этом соединении.

**1.26.** Какое количество вещества  $\text{H}_2\text{O}$  содержится в 6,44 г декагидрата сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (глауберовой соли)? Вычислите массовую долю кристаллизационной воды в этом соединении.

**1.27.** Какое количество вещества  $\text{H}_2\text{O}$  содержится в 0,5 моль декагидрата карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (соды)? Вычислите массовую долю безводной соли и её массу, содержащуюся в 0,5 кг данного кристаллогидрата.

**1.28.** Какое количество вещества  $\text{H}_2\text{O}$  и сколько атомов водорода содержится: а) в 1 л жидкой воды, б) в 100 л водяного пара при  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $p = 100 \text{ кПа}$ ?

**1.29.** Какое количество вещества этана и сколько атомов водорода содержится: а) в 150 г этана, б) в 150 л этана при  $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $p = 750 \text{ мм рт. ст.}$ ?

**1.30.** В какой массе пропана содержится  $4,515 \cdot 10^{23}$  атомов углерода? Какой объём занимает данная масса пропана при нормальных условиях?

**1.31.** В какой массе дигидрата сульфата кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (гипса) содержится  $3,62 \cdot 10^{22}$  атомов кислорода?

**1.32.** Вычислите массу красного железняка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , содержащего 5,6 г железа.

**1.33.** Молекула некоторого вещества имеет массу  $1,76 \cdot 10^{-22}$  г. Определите молярную и молекулярную массу вещества.

**1.34.** Молекула некоторого вещества имеет массу  $4,65 \cdot 10^{-23}$  г. Вычислите молярную массу и относительную молекулярную массу этого вещества.

**1.35.** Масса  $9,03 \cdot 10^{22}$  молекул вещества равна 14,7 г. Определите молярную и молекулярную массу вещества.

**1.36.** Масса пяти молекул вещества равна  $1,496 \cdot 10^{-22}$  г. Определите молярную и молекулярную массу вещества.

**1.37.** Масса 0,15 моль вещества равна 14,7 г. Определите молекулярную массу этого вещества.

**1.38.** В каком количестве вещества оксида серы(IV) содержится такое же число атомов серы, что и в 1 кг дисульфида железа  $\text{FeS}_2$ ?

**1.39.** В каком количестве вещества оксида серы(IV) содержится такое же число атомов серы, что и в 60 г пирита, содержащего 80%  $\text{FeS}_2$ ?

**1.40.** В каком количестве вещества озона содержится такое же число атомов кислорода, что и в 1 л жидкой воды?

**1.41.** Смесь состоит из 46 г этанола и 72 мл воды. Определите количество вещества атомов кислорода в смеси и их число. Плотность жидкой воды 1 г/мл.

**1.42.** В каком объёме газообразного аммиака (при н.у.) содержится такое же число атомов азота, что и в 1 кг нитрата аммония (аммонийной селитры)?

**1.43.** В каком количестве вещества бензола ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) и в каком объёме (н.у.) ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) содержится столько же атомов углерода, сколько их содержится в алмазе массой 0,72 г?

**1.44.** В какой массе глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  содержится столько же атомов, сколько их содержится в 5,6 литрах этана  $\text{C}_2\text{H}_6$  (н.у.)?

**1.45.** В какой массе ортофосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  содержится столько же молекул, сколько всего атомов содержится в 4,26 г оксида фосфора(V)?

**1.46.** В какой массе ортофосфорной кислоты содержится столько же молекул, сколько всех атомов содержится в 49 г серной кислоты?

**1.47.** В каком объёме аммиака при нормальных условиях содержится столько же атомов водорода, сколько всех атомов содержится в 26,5 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ?

**1.48.** Имеются образцы бензола и сульфида натрия, содержащие одинаковое число атомов. Во сколько раз масса одного из образцов больше массы другого?

**1.49.** Плотность некоторого газа по воздуху ( $D_{\text{возд}}$ ) равна 1,52. Вычислите массу  $1 \text{ м}^3$  этого газа при  $T = 283 \text{ К}$  и  $p = 106,6 \text{ кПа}$ . Какой это может быть газ?

**1.50.** Относительная плотность некоторого газа по водороду  $D_{\text{H}_2} = 22$ . Вычислите массу 1 л этого газа (при н.у.) и его относительную плотность по воздуху.

**1.51.** Масса 1 л газа при нормальных условиях равна 1,429 г. Вычислите молярную и молекулярную массу этого газа и его относительную плотность по азоту.

**1.52.** Масса 1 л воздуха при нормальных условиях равна 1,293 г. Вычислите молярную массу воздуха, его среднюю молекулярную массу и относительную плотность по кислороду.

**1.53.** Какой объём при нормальных условиях займет газовая смесь, состоящая из 0,6 моль хлора, 9,6 г кислорода и 11,2 г азота? Какова объёмная доля хлора в этой смеси?

**1.54.** Объёмная доля ( $\varphi$ ) кислорода в воздухе составляет 21%. Вычислите массовую долю ( $\omega$ ) кислорода в воздухе.

**1.55.** Объёмная доля ( $\varphi$ ) азота в воздухе составляет 78%. Вычислите массовую долю ( $\omega$ ) азота в воздухе.

**1.56.** Вычислите массу и объём (н.у.) смеси, содержащей  $1,2 \cdot 10^{24}$  молекул азота и  $2,4 \cdot 10^{23}$  атомов аргона. Определите её среднюю молекулярную массу.

**1.57.** Определите массу  $1 \text{ м}^3$  (н.у.) смеси, содержащей по объёму 24 % азота, 24 % водорода и 52 % аммиака. Сколько молекул азота и молекул водорода содержится в этой смеси? Какова средняя молекулярная масса этой смеси?

**1.58.** Плотность смеси озона и кислорода по гелию равна 9. Определите объёмные доли газов в этой смеси.

**1.59.** Один литр смеси CO и CO<sub>2</sub> (н.у.) имеет массу 1,43 г. Определите состав смеси в виде молярного соотношения веществ и в объёмных процентах.

**1.60.** Вычислите плотность по водороду газовой смеси, состоящей из 2,8 л азота и 5,6 л аргона. Объёмы газов приведены к н.у.

**1.61.** Вычислите объём при нормальных условиях и относительную плотность по воздуху газовой смеси, состоящей из 1,6 кг кислорода и 0,5 кг гелия.

**1.62.** Вычислите среднюю молекулярную массу газовой смеси, состоящей (по объёму) из 30% сероводорода и 70% азота.

**1.63.** Определите массу 8,2 л газовой смеси гелия, аргона и неона (н.у.), если на один атом гелия в смеси приходится два атома неона и три атома аргона.

**1.64.** Вычислите массу  $1 \text{ м}^3$  (н.у.) газовой смеси водорода и азота, в которой массовые доли компонентов одинаковы. Какова молярная масса этой смеси?



**1.65.** Смешали равные объёмы (при одинаковых условиях) газообразных кислорода и гелия. Вычислите массовые доли веществ в полученной смеси и её среднюю молекулярную массу.

**1.66.** Молярная масса газовой смеси, состоящей из аргона и гелия, равна 13 г/моль. Определите массу гелия в 11,2 л (н.у.) этой смеси.

**1.67.** При нормальных условиях масса 5,6 л газовой смеси, состоящей из криптона и гелия, равна 12 г. Определите объёмные доли газов в этой смеси.

**1.68.** Относительная плотность по воздуху газовой смеси  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}_4$  равна 2,062. Вычислите состав ( $\varphi$ ) смеси.

**1.69.** Относительная плотность по водороду газовой смеси метана и пропана равна 11,5. Вычислите состав ( $\varphi$ ) смеси.

**1.70.** Масса газовой смеси оксидов углерода (II) и (IV) равна 29 г, объём смеси – 16,8 л (н.у.). Сколько молекул  $\text{CO}_2$  приходится на одну молекулу  $\text{CO}$  в этой смеси?

**1.71.** Плотность смеси озона и кислорода по водороду  $D_{\text{H}_2} = 18$ . Вычислите молярное (объёмное) соотношение и молярные (объёмные) доли газов в смеси.

**1.72.** Плотность смеси метана и этана по водороду равна 9,75. Сколько молекул метана приходится на одну молекулу этана, и каковы объёмные и массовые доли углеводородов в смеси?

**1.73.** Относительная плотность по водороду газовой смеси  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$   $D_{\text{H}_2} = 20$ . Вычислите, сколько молекул  $\text{CO}_2$  приходится на одну молекулу  $\text{CO}$  в этой смеси.

**1.74.** Относительная плотность по водороду газовой смеси водорода и гелия равна 1,25. Вычислите молярную долю гелия ( $\chi_{\text{He}}$ ) и численное соотношение атомов водорода и гелия в этой смеси.

**1.75.** Относительная плотность по гелию газовой смеси оксида серы(IV) и оксида серы(VI)  $D_{\text{He}} = 17$ . Вычислите численное соотношение молекул оксидов и общего числа атомов кислорода и серы в этой смеси.

**1.76.** Газовая смесь состоит из  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  в молярном соотношении 1:3 соответственно. Вычислите объёмные и массовые доли веществ в смеси и её молярную массу.

**1.77.** Смесь  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  объёмом 10 л, содержащую одинаковые количества вещества этих газов, пропустили над раскаленным углём. Вычислите приведенный к начальным условиям объём  $\text{CO}$  после реакции.

**1.78.** Смесь  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в молярном соотношении 2:3:1, соответственно, находится в сосуде объёмом 30 л при  $t = 25^\circ\text{C}$  и  $p = 99,1$  кПа. Вычислите массу смеси и её среднюю молекулярную массу.

**1.79.** Для сжигания 1 л (н.у.) смеси CO и CO<sub>2</sub> необходимо 0,25 л кислорода (н.у.). Определите объёмную и массовую долю диоксида углерода в этой смеси.

**1.80.** Относительная плотность смеси метана и этана по кислороду равна 0,675. Сколько литров кислорода потребуется для сжигания 2,8 л этой газовой смеси (объёмы газов относятся к одинаковым условиям)?

**1.81.** В реакторе смешали 100 мл воздуха и 50 мл водорода. После реакции и конденсации водяного пара объём газа составил 87,2 мл. Определите объёмную долю кислорода в исследуемом воздухе. Все объёмы газов измерены при нормальных условиях.

**1.82.** 100 м<sup>3</sup> газовой смеси азота и водорода, в которой вещества взяты в стехиометрических количествах для реакции синтеза аммиака, пропустили через колонну синтеза, при этом 10% смеси превратилось в аммиак. Определите объём конечной смеси и её состав (объёмные доли газов).

**1.83.** Исходный объём газовой смеси водорода и хлора был равен 600 мл. После реакции с образованием хлороводорода осталось 150 мл хлора. Объёмы измерены при н.у. Вычислите количества вещества ( $n$ ) и объёмные доли ( $\varphi$ ) газов в исходной смеси.

**1.84.** Взорвали смесь хлора и водорода, при этом образовалось 10 л хлороводорода (н.у.). Остаток непрореагировавшего газа был израсходован на восстановление оксида Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, массой 2,32 г, до железа. Определите объём и массу исходной смеси газов.

**1.85.** Исходный объём смеси оксида углерода(II) и кислорода был равен 1 л. После сгорания CO осталось 160 мл кислорода (объёмы газов приведены к н.у.). Определите объёмные доли ( $\varphi$ ) газов в исходной смеси и после реакции.

**1.86.** При взаимодействии 2 моль азота и 2 моль водорода образовалось 8,96 л (при н.у.) аммиака. Определите молярный состав ( $\chi$ , %) и объём (н.у.) полученной газовой смеси.

**1.87.** К 250 мл смеси NO и NO<sub>2</sub> добавили 100 мл O<sub>2</sub>. После реакции общий объём газовой смеси составил 300 мл (объёмы газов относятся к одинаковым условиям). Определите состав исходной смеси оксидов азота в объёмных и массовых долях.

**1.88.** К 5 л смеси моно- и диоксида углерода добавили 3 л кислорода и провели реакцию. Общий объём газовой смеси после реакции составил 7 л (при начальных условиях). Определите молярное соотношение газообразных веществ до и после реакции.

**1.89.** Смесь азота и водорода объёмом 100 м<sup>3</sup> (н.у.) пропустили через колонну синтеза аммиака. Объём полученной газовой смеси составил 75 м<sup>3</sup> (н.у.). Определите объёмную долю аммиака в полученной смеси.

**1.90.** При некоторой температуре плотность паров серы по воздуху  $D_{\text{возд}} = 6,62$ . Из скольких атомов состоит молекула серы при этих условиях?

**1.91.** При некоторой температуре плотность паров фосфора по воздуху равна 4,28. Из скольких атомов состоит молекула фосфора при этих условиях?

**1.92.** Ртуть – жидкий металл, заметно летучий уже при комнатной температуре. Плотность паров ртути по азоту равна 7,16. Из скольких атомов состоит молекула газообразной ртути?

**1.93.** Масса одной молекулы белого фосфора равна  $2,06 \cdot 10^{-22}$  г. Установите формулу белого фосфора.

**1.94.** Один из оксидов углерода имеет относительную плотность по азоту  $D_{N_2} = 1,00$ . Определите формулу этого оксида. Вычислите массовую долю содержащегося в нём кислорода.

**1.95.** Вещество, состоящее из водорода и кислорода, имеет относительную молекулярную массу 34. Определите его молекулярную формулу. Какова массовая доля содержащегося в нём водорода?

**1.96.** Предельный углеводород в газообразном состоянии имеет относительную плотность по воздуху  $D_{\text{возд}} = 1,518$ . Определите формулу этого углеводорода. Вычислите массовую долю содержащегося в нём водорода.

**1.97.** Выведите формулу соединения кальция с углеродом, в котором массовая доля кальция составляет 62,5%.

**1.98.** Выведите формулу соединения углерода с серой, в котором массовая доля углерода составляет 15,8%.

**1.99.** Выведите формулу соединения алюминия с углеродом, в котором массовая доля алюминия составляет 0,75.

**1.100.** Кристаллическое вещество имеет следующий элементный состав (масс. %): К – 26,53%, Cr – 35,37%, О – 38,10%. Выведите его формулу.

**1.101.** В химическом соединении массовые доли элементов составляют: 34,6% натрия, 23,3% фосфора и 42,1% кислорода. Определите простейшую формулу соединения.

**1.102.** При взаимодействии 3,1 г фосфора с кислородом образовалось 7,1 г оксида фосфора. Выведите формулу оксида.

**1.103.** Из 7,38 г сульфида железа получено 4,92 г оксида железа(III). Определите формулу сульфида железа.

**1.104.** Два органических вещества имеют одинаковый элементный состав:  $\omega(C) = 92,3\%$ ,  $\omega(H) = 7,7\%$ . Плотность паров одного из этих веществ равна 3,51 г/л, а другого (газ) – 1,17 г/л (при н.у.). Выведите их молекулярные формулы.

**1.105.** Массовые доли элементов азота и водорода в газообразном веществе составляют соответственно 82,35% и 17,65%. Масса 1 л этого газа при н.у. равна 0,76 г. Выведите его молекулярную формулу.

**1.106.** Два углеводорода имеют разные молекулярные массы – 26 и 78, но одинаковый состав, который выражается следующими массовыми долями элементов: С – 92,3%, Н – 7,7%. Выведите молекулярные формулы углеводородов.

**1.107.** Выведите молекулярную формулу газообразного вещества, если его относительная плотность по водороду равна 67,5, а состав выражается следующими массовыми долями элементов: S – 23,7%, O – 23,7%, Cl – 52,6%.

**1.108.** Установите молекулярную формулу газообразного оксида азота, в котором массовая доля кислорода составляет 36,36%, а массы равных объёмов этого газа и оксида углерода(IV) (при одинаковых условиях) одинаковы.

**1.109.** В результате разложения (при прокаливании) 2,45 г некоторого вещества было получено 672 мл кислорода (н.у.) и 1,49 г хлорида калия. Определите формулу этого вещества.

**1.110.** В результате нагревания 10,0 г некоторого вещества с углём (в избытке) образовалось 8,66 г свинца и 1,84 г оксида углерода(IV). Определите формулу вещества.

**1.111.** При разложении 21 г карбоната двухвалентного металла выделилось 5,6 л (н.у.) оксида углерода(IV). Установите формулу соли.

**1.112.** При взаимодействии 6,85 г металла с водой выделилось 1,12 л водорода (при н.у.). Определите этот металл, учитывая, что он в своих соединениях двухвалентен.

**1.113.** Плотность газообразного вещества по азоту равна 1,5; его элементный состав (масс. %): С – 85,71%, Н – 14,29%. Установите молекулярную формулу вещества.

**1.114.** При полном сгорании 1,33 г некоторого вещества образовалось 0,77 г  $\text{CO}_2$  и 2,24 г  $\text{SO}_2$ .  $M_r(\text{вещества}) = 76$ . Определите его молекулярную формулу.

**1.115.** При сгорании 0,90 г вещества образовалось 0,54 г воды и 672 мл оксида углерода(IV) (н.у.). Относительная молекулярная масса вещества равна 180. Выведите его молекулярную формулу.

**1.116.** При полном сгорании 2,3 г вещества образовались 4,4 г  $\text{CO}_2$  и 2,7 г  $\text{H}_2\text{O}$ . Масса 1 л паров этого вещества при н.у. равна 2,05 г. Выведите его молекулярную формулу.

**1.117.** При окислении 10,2 г органического вещества было получено 7,95 г карбоната натрия, 5,04 л (н.у.) углекислого газа и 6,75 г воды. Установите формулу вещества.

**1.118.** При полном окислении 4,40 г органического вещества получено 0,14 моль  $\text{CO}_2$ , 2,52 г  $\text{H}_2\text{O}$  и 2,12 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Выведите формулу вещества.

**1.119.** При сгорании 4,6 г вещества образуется 8,8 г оксида углерода (IV) и 5,4 г воды. Плотность паров этого вещества по воздуху равна 1,59. Определите молекулярную формулу вещества.

**1.120.** При сжигании 0,48 г некоторого соединения азота с водородом получено 0,54 г  $\text{H}_2\text{O}$  и 336 мл  $\text{N}_2$  (н.у.). Плотность паров этого соединения по водороду равна 16. Выведите формулу соединения.

**1.121.** Определите молекулярную формулу соединения, если известно, что оно состоит из углерода, водорода и хлора. При сгорании образца соединения образовалось 0,44 г  $\text{CO}_2$  и 0,18 г  $\text{H}_2\text{O}$ , а весь хлор в результате последующих превращений образовал 2,86 г хлорида серебра.

**1.122.** При сжигании 12,0 г органического вещества получили 14,4 г воды и углекислый газ, который в реакции с избытком известковой воды образовал 60,0 г осадка. Определите молекулярную формулу вещества, если известно, что плотность его паров по воздуху равна 2,07.

**1.123.** В состав вещества входят углерод, водород и азот. Массовая доля углерода в нём составляет 53,33%, а масса азота, полученного из 0,546 г вещества, равна 0,170 г. Молярная масса вещества равна 45 г/моль. Установите его молекулярную формулу.

**1.124.** При сжигании 11,8 г вещества получено 17,6 г  $\text{CO}_2$ , 0,5 моль  $\text{H}_2\text{O}$  и 2,24 л (н.у.)  $\text{N}_2$ . Плотность паров вещества по азоту равна 2,11. Установите молекулярную формулу вещества.

**1.125.** При разложении 10 л газообразного оксида хлора образовалось 10 л кислорода и 5 л хлора (объемы газов сравниваются при одинаковых условиях). Плотность этого оксида по кислороду равна 2,109. Выведите его формулу.

**1.126.** В реакторе взорвали смесь, состоящую из равных объёмов некоторого газа X и водорода. При этом получили такие же равные объёмы водяного пара и азота (при одинаковых условиях). Определите формулу неизвестного газа.

**1.127.** Для сгорания 4 моль вещества потребовалось 9 моль  $\text{O}_2$ . В результате реакции образовалось 4 моль  $\text{CO}_2$ , 2 моль  $\text{N}_2$  и 10 моль  $\text{H}_2\text{O}$ . Установите формулу вещества.

**1.128.** На сжигание 1 л вещества израсходовано 3 л кислорода, при этом получены 1 л оксида углерода(IV) (углекислый газ) и 2 л оксида серы(IV) (сернистый газ). Установите формулу вещества.

**1.129.** Некоторый газ горит в хлоре с образованием молекулярного азота и хлороводорода, причём объёмы вступившего в реакцию хлора и образовавшегося азота относятся как 3:1. Какой это газ?

**1.130.** Масса 10 л (н.у.) смеси водорода с неизвестным газом равна 7,82 г. Весь водород, входящий в состав смеси, был получен при взаимодействии 11,68 г цинка с раствором серной кислоты. Определите молекулярную массу неизвестного газа. Какой это может быть газ?

**1.131.** Выведите формулу кристаллогидрата сульфата натрия, если известно, что массовая доля кристаллизационной воды в нём равна 55,9%.

**1.132.** Выведите формулу кристаллогидрата хлорида кобальта(II), если известно, что массовая доля безводной соли в нём равна 54,62%.

**1.133.** Кристаллогидрат некоторой соли содержит 18,6% натрия, 25,8% серы, 19,4% кислорода и 36,2% воды. Выведите формулу кристаллогидрата.

**1.134.** В некотором количестве кристаллогидрата сульфата меди(II) содержится  $1,204 \cdot 10^{23}$  атомов серы и  $1,084 \cdot 10^{24}$  атомов кислорода. Установите формулу кристаллогидрата и рассчитайте число атомов водорода в этом образце вещества.

**1.135.** При прокаливании 61 г кристаллогидрата хлорида бария  $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  масса кристаллической соли уменьшилась на 9 г. Определите формулу вещества и массовую долю в нём кристаллизационной воды.

**1.136.** При обезвоживании 14,3 г кристаллической соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  масса твёрдого остатка составила 5,3 г. Определите формулу кристаллогидрата.

**1.137.** При обезвоживании 12,3 г кристаллогидрата сульфата магния  $\text{MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  масса полученной соли оказалась равной 6,0 г. Определите формулу кристаллогидрата.

**1.138.** При обезвоживании 6,09 г кристаллогидрата хлорида магния  $\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  масса кристаллической соли уменьшилась на 3,24 г. Определите формулу кристаллогидрата.

**1.139.** При обезвоживании 6,44 г кристаллогидрата сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  масса соли уменьшилась на 3,60 г. Определите формулу кристаллогидрата.

**1.140.** Кристаллогидрат хлорида бария массой 48,8 г растворили в воде и к полученному раствору добавили избыток серной кислоты. В результате получили осадок, массой 46,6 г. Какое количество вещества кристаллизационной воды приходится на 1 моль хлорида бария в кристаллогидрате?

**1.141.** Массовая доля кислорода в кристаллогидрате нитрата железа(III) равна 0,713. Установите формулу кристаллогидрата.

**1.142.** Установите молекулярную формулу монохлоралкана, в котором массовая доля хлора равна 38,38%. В какой массе монохлоралкана содержится  $8,43 \cdot 10^{23}$  составляющих его атомов?

**1.143.** При хлорировании на свету 0,12 г неизвестного алкана было получено дихлорпроизводное. Продукты хлорирования пропустили через избыток раствора нитрата серебра, в результате чего получили 1,148 г белого осадка. Выведите формулу алкана. В какой массе алкана содержится  $3,01 \cdot 10^{22}$  атомов углерода?

**1.144.** В результате реакций одинакового количества алкена с разными галогенами образуется соответственно 11,3 г его дихлорпроизводного или 20,2 г дибромпроизводного. Определите молекулярную формулу алкена.

**1.145.** При взаимодействии 0,672 л (н.у.) алкена с хлором образуется 3,39 г его дихлорпроизводного. Определите формулу алкена. В каком объеме (н.у.) этого газообразного вещества содержится  $1,81 \cdot 10^{22}$  атомов углерода?

**1.146.** Неизвестный алкен при гидрировании в присутствии катализатора присоединяет 0,025 моль водорода и образует 1,1 г продукта реакции. Выведите формулу алкена. В какой массе этого вещества содержится  $5,4 \cdot 10^{24}$  атомов углерода?

**1.147.** Неизвестный алкен присоединил 4,80 г брома и образовал 5,64 г продукта реакции. Выведите формулу алкена. В каком количестве этого вещества содержится  $4,8 \cdot 10^{24}$  атомов водорода?

**1.148.** При нагревании 74 г предельного одноатомного спирта с концентрированной серной кислотой образовалось 16,8 л углеводорода (н.у.). Определите формулу углеводорода, если его выход в реакции составил 75%. Какова масса одной молекулы данного спирта?

**1.149.** При взаимодействии паров спирта с избытком оксида меди(II) образовалось 6,4 г меди и 4,4 г альдегида. Определите формулу альдегида. Какова масса пяти его молекул?

**1.150.** При взаимодействии 1,319 г альдегида с аммиачным раствором оксида серебра образовалось 4,420 г серебра. Определите формулу альдегида, если выход серебра составил 90%. Какова масса трех молекул альдегида?

**1.151.** При гидрировании 28,8 г предельного альдегида образовалось 22,2 г спирта. Определите формулы альдегида и спирта, если выход реакции гидрирования равен 75%. В какой массе этого альдегида содержится  $3,01 \cdot 10^{22}$  атомов углерода?

**1.152.** При сгорании 35,6 г органического вещества образовалось 52,8 г углекислого газа, 5,6 г азота и 25,2 г воды. Определите молекулярную формулу вещества, если известно, что его молекулярная масса меньше 150. Сколько атомов водорода содержится в 35,6 г данного вещества?

### Некоторые решения и ответы

**1.7.**  $3,88 \cdot 10^{24}$  атомов P; 20%.

**1.9.** 1,04 моль H;  $1,56 \cdot 10^{23}$  молекул к-ты.

**1.11.** а)  $2,66 \cdot 10^{-23}$  г; б) 1,43 г; в) 29,2 г.

**1.13.**  $1,5 \cdot 10^{23}$  молекул; а) 5,6 л; б) ~5 л.

**1.15.**  $\sim 2,7 \cdot 10^{25}$  молекул;  $\sim 1,96$  кг; 1,964 г/л;  $D_{O_2} = 1,375$ .

**1.24.** 0,5 моль; 1 моль;  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов.

**1.33.** ~106.

$$1.44. \text{ Решение: } n(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{V^\circ(\text{C}_2\text{H}_6)}{V_m^\circ} = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ моль,}$$

$$N(\text{атомов в C}_2\text{H}_6) = 0,25 \cdot 8 \cdot N_A = 2N_A,$$

и по условию  $N(\text{атомов в C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 2N_A$

Так как 1 молекула  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  состоит из 24 атомов, то число молекул глюкозы равно:

$$N(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{2N_A}{24} = 0,083N_A \text{ молекул,}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{N(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{N_A} = 0,083 \text{ моль,}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \cdot n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180 \cdot 0,083 = 14,94 \text{ г.}$$

1.45. 20,58 г.

1.48.  $m(\text{Na}_2\text{S})/m(\text{C}_6\text{H}_6) = 4$ .

1.53. 29,12 л.

1.56. 72 г; 53,76 л;  $M_{r, \text{cp}} = 30$ .

1.59. Решение: Пусть  $V(\text{CO}) = x$  л, тогда  $V(\text{CO}_2) = (1-x)$  л;

$$n(\text{CO}) = \frac{x}{22,4} \text{ (моль);} \quad n(\text{CO}_2) = \frac{1-x}{22,4} \text{ (моль);}$$

$$m(\text{смеси}) = m(\text{CO}) + m(\text{CO}_2) = 1,43 \text{ г, т.е. } \frac{x}{22,4} \cdot 28 + \frac{1-x}{22,4} \cdot 44 = 1,43$$

→  $x = 0,75$  (л);

$$\varphi(\text{CO}) = \frac{V(\text{CO})}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{0,75}{1} \cdot 100\% = 75\%, \quad \varphi(\text{CO}_2) = 25\%.$$

1.63. 10 г.

1.81. Решение: Разность объёмов исходной смеси и после сжигания:

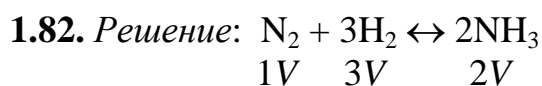
$150 - 87,2 = 62,8$  мл. Это объём прореагировавшей смеси ( $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$ ).

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $V(\text{H}_2) : V(\text{O}_2) = 2 : 1$ , т.е. прореагировало:

$$V(\text{O}_2) = \frac{62,8}{3} = 20,9 \text{ мл,} \quad V(\text{H}_2) = \frac{62,8}{3} \cdot 2 = 41,9 \text{ мл,}$$

т.е.  $\text{H}_2$  был в избытке и  $\text{O}_2$  прореагировал полностью.

Следовательно,  $\varphi(\text{O}_2)_{\text{в воздухе}} = (20,9/100) \cdot 100\% = 20,9\%$ .



В реакцию вступило:  $100 \cdot 0,1 = 10$  л (смеси);

образовалось аммиака:  $10 \cdot (2/4) = 5$  л ( $\text{NH}_3$ );

объём конечной смеси:  $V(\text{кон. смеси}) = 100 - 10 + 5 = 95$  л ( $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{NH}_3$ ).

1.84. 10,75 л; 16,38 г.

1.86. 50 мол.%  $\text{N}_2$ ; 38,9 мол.%  $\text{H}_2$ ; 11,1 мол.%  $\text{NH}_3$ ; 80,64 л.

1.115.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (глюкоза, фруктоза).



**1.117. Решение:** Формула вещества  $C_xH_yO_zNa_k$ .

По  $H_2O$ :

$$n(H) = 2n(H_2O) = 2 \cdot \frac{6,75}{18} = 0,75 \text{ моль}, \quad m(H) = 0,75 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,75 \text{ г}.$$

По  $CO_2$ :

$$n(C) = n(CO_2) = \frac{5,04}{22,4} = 0,225 \text{ моль}, \quad m(C) = 0,225 \cdot 12 = 2,7 \text{ г}.$$

По  $Na_2CO_3$ :

$$n(C) = n(Na_2CO_3) = \frac{7,95}{106} = 0,075 \text{ моль}, \quad m(C) = 0,075 \cdot 12 = 0,9 \text{ г}.$$

$$\sum m(C) = 2,7 + 0,9 = 3,6 \text{ г},$$

$$\sum n(C) = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(Na) = 2n(Na_2CO_3) = 2 \cdot 0,075 = 0,15 \text{ моль}, \quad m(Na) = 0,15 \cdot 23 = 3,45 \text{ г}.$$

$$m(O) = m(B) - m(C) - m(H) - m(Na) = 10,2 - 3,6 - 0,75 - 3,45 = 2,4 \text{ г},$$

$$n(O) = \frac{2,4}{16} = 0,15 \text{ моль}.$$

$$x : y : z : k = n(C) : n(H) : n(O) : n(Na) = 0,3 : 0,75 : 0,15 : 0,15 = 2 : 5 : 1 : 1.$$

Формула  $C_2H_5ONa$  (этанолат натрия).

**1.126.**  $N_2O$ .

**1.134.**  $N(H) = 1,204 \cdot 10^{24}$ .

**1.140.** 2.

**1.141. Решение:** В общем виде формула кристаллогидрата  $Fe(NO_3)_3 \cdot xH_2O$ ;

$$\omega(O) = \frac{m(O)}{m[Fe(NO_3)_3 \cdot xH_2O]} = \frac{M(O) \cdot n(O)}{M[Fe(NO_3)_3 \cdot xH_2O]} = \frac{16(x+9)}{242+18x};$$

$$0,713 = \frac{16x+144}{242+18x} \rightarrow x = 9.$$

Формула  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ .

## 2. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН ЭЛЕМЕНТОВ

**2.1.** Как построен атом? (Приведите основные представления о строении атома). Объясните смысл понятия *корпускулярно-волновой дуализм* применительно к электрону и другим материальным частицам. В чём заключается *принцип неопределённости*, установленный В. Гейзенбергом (в 1927 г.)?

**2.2.** Поясните смысл понятий: а) атомная орбиталь, б) электронное облако, в) электронная оболочка атома, г) электронная конфигурация атома, д) квантовая ячейка, е) основное и возбуждённые состояния атома, ж) валентные электроны и валентные состояния атома (например, II-, IV-, VI- валентные состояния серы).

**2.3.** Какие квантовые числа характеризуют атомную орбиталь? Объясните их физический смысл и укажите численные значения. Что характеризует спиновое квантовое число и каковы его численные значения для электрона?

**2.4.** В чём заключается принцип наименьшей энергии? Нарушается ли этот принцип при переходе атома в возбуждённые состояния? Рассмотрите его действие на примере электронных конфигураций атомов серы и хрома.

**2.5.** Принцип запрета Паули – один из основополагающих принципов квантовомеханической модели строения атома. Равнозначны ли следующие его формулировки: 1) в атоме не может быть двух электронов с одинаковым набором всех четырёх квантовых чисел; 2) одну орбиталь могут занимать не более двух электронов, которые должны иметь противоположные спины; 3) любые два электрона в многоэлектронном атоме должны различаться значениями, по крайней мере, одного квантового числа?

Приведите возможные значения квантовых чисел для электрона:

а) на  $4s$ -орбитали, б) на  $2p$ -орбиталях, в) на  $3d$ -орбиталях.

**2.6.** Какое из следующих утверждений неверно (согласно принципу Паули)?

а) Если два электрона занимают одну орбиталь, их спиновые квантовые числа ( $m_s$ ) имеют разные значения.

б) Если два электрона занимают одну орбиталь, их магнитные квантовые числа ( $m_l$ ) одинаковы.

в) В одном атоме никакие два электрона не могут иметь одинаковые наборы квантовых чисел  $n$ ,  $l$  и  $m_l$ .

г) В атоме никакие два электрона не могут находиться в одном и том же квантовом состоянии.

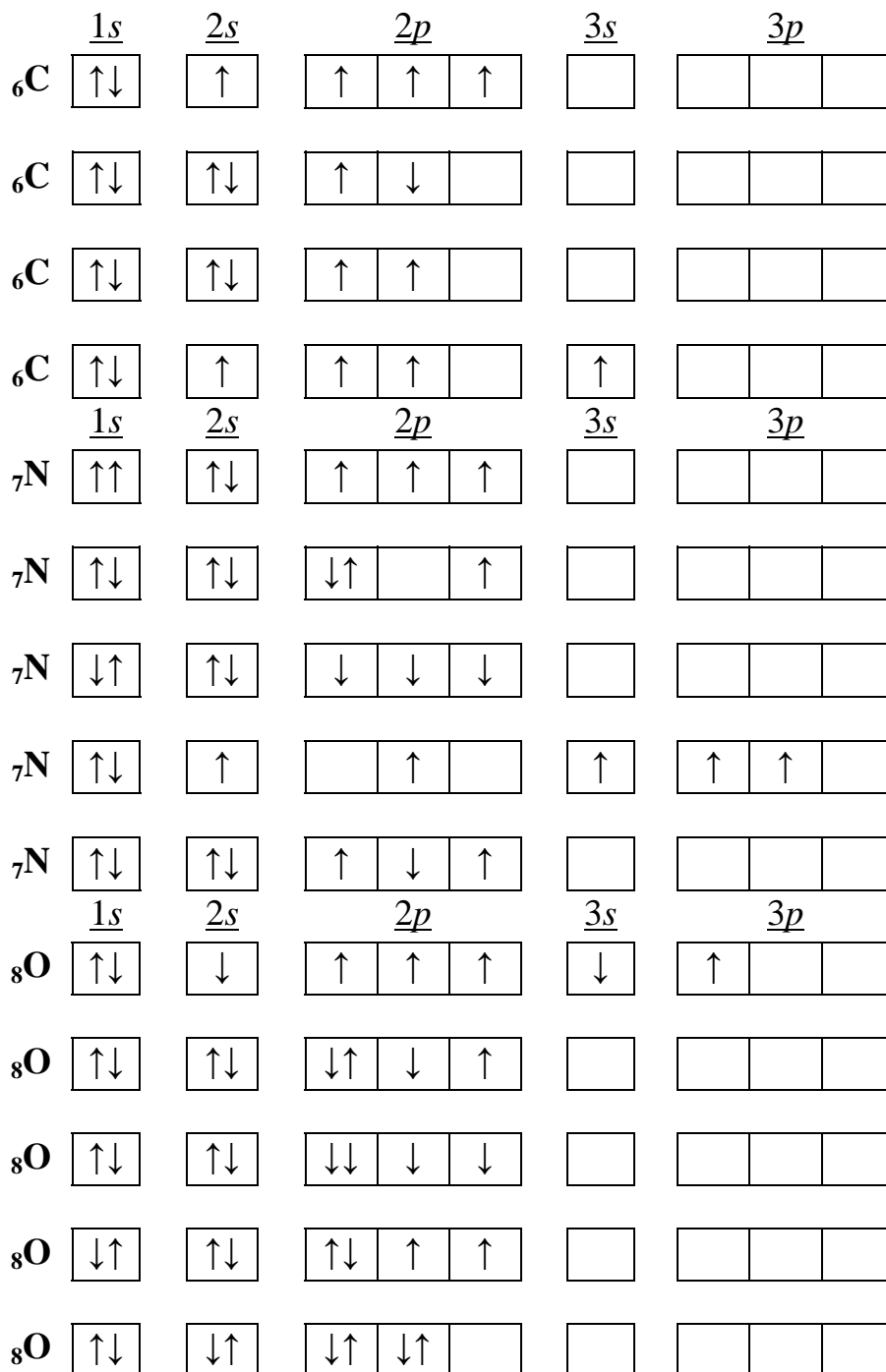
**2.7.** В чём заключается правило Гунда? Покажите его использование на примере графической записи (орбитальной диаграммы) электронной конфигурации атома:

а) фосфора, б) кремния, в) марганца, г) железа.

**2.8.** Определите, какие из следующих электронных конфигураций соответствуют основному состоянию атома, какие – возбуждённому, а какие вообще невозможны (запрещены) для атома:

- ${}_{7}\text{N}$  – а)  $1s^2 2s^1 2p^4$ , б)  $1s^2 2s^2 2p^3$ , в)  $1s^2 2s^3 2p^2$ , г)  $1s^2 2s^2 2p^2 3s^1$ ;  
 ${}_{9}\text{F}$  – а)  $1s^2 2s^2 2p^4 3d^1$ , б)  $1s^2 2s^1 2p^6$ , в)  $1s^2 2s^1 2d^6$ , г)  $1s^2 2s^2 2p^5$ ;  
 ${}_{11}\text{Na}$  – а)  $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2$ , б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ , в)  $1s^2 2s^2 2p^7$ , г)  $1s^2 2s^2 2p^6 3d^1$ ;  
 ${}_{17}\text{Cl}$  – а)  $[\text{Ne}]3s^2 3p^5$ , б)  $[\text{Ne}]3s^2 3p^4 3d^1$ , в)  $[\text{Ne}]3s^2 3p^4 3f^1$ , г)  $[\text{Ne}]3s^1 3p^6$ ;  
 ${}_{24}\text{Cr}$  – а)  $[\text{Ar}]3d^4 4s^2$ , б)  $[\text{Ar}]3d^2 4s^1 4p^3$ , в)  $[\text{Ar}]3d^5 4s^1$ , г)  $[\text{Ar}]3d^3 4s^3$ .

**2.9.** Проанализируйте приведённые ниже орбитальные диаграммы разных квантовых состояний атомов углерода, азота и кислорода. Каким состояниям они соответствуют, и все ли возможны? Дайте объяснение.



**2.10.** Какая из следующих электронных конфигураций (приведены краткие варианты их записи) соответствует основному состоянию ионов:

- $\text{Cl}^-$  – а)  $[\text{Ne}]3s^23p^5$ , б)  $[\text{Ne}]3s^23p^43d^1$ , в)  $[\text{Ne}]3s^23p^4$ , г)  $[\text{Ne}]3s^23p^6$ ;  
 $\text{S}^{2-}$  – а)  $[\text{Ne}]3s^23p^6$ , б)  $[\text{Ne}]3s^13p^33d^2$ , в)  $[\text{Ne}]3s^23p^4$ , г)  $[\text{Ne}]3s^23p^53d^1$ ;  
 $\text{Cr}^{3+}$  – а)  $[\text{Ar}]3d^24s^1$ , б)  $[\text{Ar}]3d^34s^14p^2$ , в)  $[\text{Ar}]3d^3$ , г)  $[\text{Ar}]3d^54s^1$ ;  
 $\text{Fe}^{3+}$  – а)  $[\text{Ar}]3d^64s^2$ , б)  $[\text{Ar}]3d^34s^2$ , в)  $[\text{Ar}]3d^5$ , г)  $[\text{Ar}]3d^64s^14p^1$ ;  
 $\text{Mn}^{2+}$  – а)  $[\text{Ar}]3d^44s^1$ , б)  $[\text{Ar}]3d^54s^2$ , в)  $[\text{Ar}]3d^34s^2$ , г)  $[\text{Ar}]3d^5$ ?

Напишите полные электронные конфигурации данных ионов.

**2.11.** Какие из следующих состояний описываются электронной формулой  $1s^22s^22p^53s^1$ : а) возбуждённое состояние атома F, б) основное состояние атома Ne, в) возбуждённое состояние иона  $\text{O}^{2-}$ , г) основное состояние иона  $\text{F}^-$ , д) возбуждённое состояние атома Ne, е) запрещённое состояние?

**2.12.** Могут ли электроны иона  $\text{K}^+$  находиться на следующих орбиталях: а)  $3d$ , б)  $3f$ , в)  $4s$ , г)  $2p$ ? Объясните ответ.

**2.13.** Могут ли электроны иона  $\text{Ca}^{2+}$  находиться на следующих орбиталях: а)  $3s$ , б)  $4p$ , в)  $2d$ , г)  $4f$ ? Объясните ответ.

**2.14.** Изобразите графически распределение электронов по орбиталям для атомов B, Al и Sc в состоянии, соответствующем валентности III, и для ионов  $\text{B}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  и  $\text{Sc}^{3+}$ . Объясните причину химического сходства этих элементов.

Какие особенности электронного строения объединяют эти элементы в одну группу (но разные подгруппы) периодической системы? К каким электронным семействам они принадлежат? Предскажите закономерность изменения кислотно-основных свойств в ряду их оксидов и гидроксидов.

**2.15.** Напишите электронные конфигурации атомов K, Cu и ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ . Что объединяет калий и медь в одну группу периодической системы? К каким электронным семействам они принадлежат? У какого из этих элементов сильнее выражены металлические свойства? Какой из указанных катионов обладает наибольшей окислительной способностью? Объясните ответ.

**2.16.** Напишите электронные конфигурации атомов S, Cr и ионов  $\text{S}^{6+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ . Что объединяет серу и хром в одну группу периодической системы? В каком валентном состоянии (напишите конфигурации) или в какой степени окисления эти элементы образуют аналогичные по формам и свойствам соединения? Приведите примеры.

**2.17.** Сколько валентных электронов имеет атом каждого из следующих элементов:  ${}^7\text{N}$ ,  ${}^{15}\text{P}$  и  ${}^{33}\text{As}$ ? Напишите их электронные конфигурации:

- а) для высшего и низшего валентного состояния;  
б) для высшей и низшей степени окисления.

Какой из этих элементов, и в какой степени окисления проявляет наиболее выраженные неметаллические (окислительные) свойства? Приведите примеры соответствующих соединений.

**2.18.** Назовите элементы, имеющие следующие электронные конфигурации:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  и  $1s^2 2s^2 2p^5$ . К каким электронным семействам они принадлежат? Дайте общую характеристику каждого элемента. Изобразите графические электронные конфигурации их характерных ионов.

**2.19.** Назовите элементы, имеющие следующие электронные конфигурации:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$  и  $[\text{Ar}]3d^2 4s^2$ . К каким электронным семействам они принадлежат? В какой степени окисления эти элементы имеют аналогичные электронные конфигурации и аналогичные по форме и свойствам соединения? Напишите химические формулы их высших оксидов и фторидов.

**2.20.** Назовите элементы, имеющие следующие электронные конфигурации:  $[\text{Ar}]4s^2$  и  $[\text{Ar}]3d^6 4s^2$ . К каким электронным семействам они принадлежат? Изобразите графические электронные конфигурации (орбитальные диаграммы) и сравните окислительно-восстановительные свойства их характерных ионов.

**2.21.** Назовите элементы, имеющие следующие электронные конфигурации:  $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^5$  и  $[\text{Ar}]3d^5 4s^2$ . К каким электронным семействам они принадлежат? Дайте общую характеристику каждого элемента. Какие устойчивые ионы они образуют? Составьте графические электронные конфигурации (орбитальные диаграммы) этих ионов.

**2.22.** Напишите полные электронные конфигурации атомов элементов со следующей конфигурацией их валентных слоёв:  $3s^2$ ,  $5s^1$ ,  $4s^2 4p^1$ . Валентные конфигурации элементов изобразите графически (орбитальные диаграммы). У какого из этих элементов наиболее выражены металлические свойства? Дайте объяснение.

**2.23.** Напишите полные электронные конфигурации атомов элементов со следующей конфигурацией их валентных оболочек:  $4s^2 4p^3$ ;  $3s^2 3p^5$ ;  $5s^2 5p^5$ . Валентные конфигурации элементов изобразите графически. У какого из этих элементов и почему наиболее выражены неметаллические свойства?

**2.24.** Напишите полные электронные конфигурации атомов элементов со следующей конфигурацией их валентных оболочек:  $4s^2 4p^2$ ;  $3d^2 4s^2$ ;  $4s^2 4p^4$ . Валентные конфигурации элементов изобразите графически. Какой из этих элементов и почему в большей степени проявляет металлические, а какой – неметаллические свойства?

**2.25.** Чем объясняется *уменьшение радиусов атомов в пределах периода* (например, в ряду K, Ca, Sc, Ti, ...) и их *увеличение в группе* периодической системы элементов (например, F, Cl, Br, I)?

**2.26.** Оцените, в каких из приведённых ниже рядов элементов увеличиваются размеры атомов, и в каком ряду это увеличение наибольшее:

- а) Ni, Co, Fe; б) Ga, As, Br; в) Na, Mg, Be; г) He, Ne, Ar; д) As, P, S.

**2.27.** Какие ионы называются *изоэлектронными*? Чем объясняется уменьшение радиусов ионов в ряду  $\text{P}^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sc}^{3+}$ ?

**2.28.** Какую электронную конфигурацию имеют следующие частицы (основное состояние):  $F^-$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ne$ ,  $O^{2-}$ ,  $N^{3-}$ ? Расположите их в ряд в порядке увеличения их размеров (радиусов).

**2.29.** Назовите ионы с зарядами  $1+$ ,  $2+$ ,  $3+$ ,  $1-$ ,  $2-$  и  $3-$ , которым соответствует общая электронная конфигурация  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ . Почему различаются их свойства? В какой последовательности возрастают радиусы этих ионов?

**2.30.** Ионы  $Li^+$  и  $H^-$  имеют одинаковое электронное строение, но различные свойства. Почему? Размер какого из этих ионов меньше? Какой из них проявляет восстановительные свойства?

**2.31.** Почему водород помещают в I или в VII группу периодической системы элементов? Какое обоснование можно дать тому и другому варианту?

**2.32.** Предложите формулы двух соединений, в состав которых входят катионы с электронной конфигурацией  $1s^2$  и анионы с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6$ . Напишите уравнения реакций образования этих соединений из простых веществ.

**2.33.** Предложите формулы двух соединений, в состав которых входят только ионы с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ . Почему различаются радиусы этих ионов? Какой из них крупнее?

**2.34.** Что такое *изотопы*? Какие из следующих утверждений неверны? У всех изотопов данного элемента одинаковыми являются: а) массовое число, б) порядковый (атомный) номер, в) атомная масса, г) атомный радиус, д) число нейтронов, е) число протонов, ж) число электронов, з) электронная конфигурация.

**2.35.** Атомные массы элементов (в относительной шкале а.е.м.) имеют нецелочисленные значения. Это связано, главным образом, с существованием природных изотопов, а также с нецелочисленными значениями масс частиц, из которых состоит атом (протонов, нейтронов, электронов), и с *дефектом массы*. Что же такое дефект массы, и какова его роль в существовании атомов?

**2.36.** Какие из следующих представлений о дефекте массы неверны? Дефект массы это:

- а) ошибка в определении атомной массы элемента;
- б) разность между экспериментальной атомной массой и суммой масс всех протонов, нейтронов и электронов, составляющих атом;
- в) величина, эквивалентная энергии связи нуклонов (протонов и нейтронов) в ядре атома;
- г) уменьшение массы атомов в реакции разложения молекул вещества;
- д) источник энергии в реакциях ядерного синтеза.

**2.37.** В чём заключаются принципиальные отличия ядерных реакций от химических?

**2.38.** Сколько электронов, протонов и нейтронов содержит каждый из следующих атомов или ионов? Изобразите графические электронные конфигурации (орбитальные диаграммы) их основного состояния:

а)  ${}^4_2\text{He}$ , б)  ${}^4_2\text{He}^{2+}$ , в)  ${}^7_3\text{Li}$ , г)  ${}^7_3\text{Li}^+$ , д)  ${}^{12}_6\text{C}$ , е)  ${}^{13}_6\text{C}^-$ , ж)  ${}^{32}_{16}\text{S}$ , з)  ${}^{32}_{16}\text{S}^{2-}$ .

**2.39.** Элемент хлор встречается в природных веществах в виде двух устойчивых изотопов  ${}^{35}\text{Cl}$  и  ${}^{37}\text{Cl}$  с атомными массами соответственно 34,97 и 36,97. Средняя атомная масса хлора  $A_r(\text{Cl}) = 35,45$ . Вычислите относительное содержание (молярные доли) каждого изотопа хлора в природном элементе. Сколько протонов, нейтронов и электронов содержит атом каждого природного изотопа хлора?

**2.40.** Природный бром содержит два изотопа. Молярная доля одного из них составляет 50,69%, а его атомная масса  $A_r({}^{79}\text{Br}) = 78,92$ . Используя значение средней атомной массы брома, указанное в периодической системе элементов, определите относительное содержание и атомную массу второго изотопа. Сколько протонов, нейтронов и электронов содержит атом каждого природного изотопа брома? Различаются ли электронные конфигурации и химические свойства изотопов? Объясните ответ.

**2.41.** Природный кремний представляет собой смесь трёх изотопов. Атомные массы и молярные доли ( $\chi$ ) двух из них имеют следующие значения  $A_r({}^{29}\text{Si}) = 28,98$ ,  $\chi = 4,67\%$ ;  $A_r({}^{30}\text{Si}) = 29,97$ ,  $\chi = 3,10\%$ . Определите точную атомную массу третьего – наиболее распространённого изотопа кремния ( ${}^{28}\text{Si}$ ). Сколько протонов, нейтронов и электронов содержит атом каждого природного изотопа кремния?

**2.42.** Галлий – один из элементов, открытие которых было предсказано Д. И. Менделеевым («экаалюминий»). В природе Ga встречается в виде смеси двух изотопов:  ${}^{69}\text{Ga}$  ( $A_r = 68,93$ ,  $\chi = 60,1\%$ ) и  ${}^{71}\text{Ga}$  ( $A_r = 70,92$ ,  $\chi = 39,9\%$ ). Вычислите среднюю атомную массу галлия. Сколько нейтронов содержит ядро каждого изотопа галлия? В чём выражается и чем объясняется химическое сходство Ga и Al? Атомы или ионы (+3) этих элементов имеют аналогичную внешнюю (валентную) электронную конфигурацию?

**2.43.** Скандий – один из элементов, предсказанных Д. И. Менделеевым («экабор»). В природе скандий встречается в виде одного, а бор – двух изотопов ( ${}^{10}\text{B}$  и  ${}^{11}\text{B}$ ). Сколько (и каких) ядерных частиц содержится в атоме скандия и в разных изотопах бора? Напишите их электронные конфигурации. Почему эти элементы входят в одну группу, но разные подгруппы периодической системы? Какова их характерная степень окисления в химических соединениях? Сравните кислотно-основные свойства их оксидов и гидроксидов.

**2.44.** В природных водах масса обычной воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ) в 5500 раз больше массы тяжёлой воды ( $\text{D}_2\text{O}$ ). Вычислите число изотопов дейтерия, содержащихся в 1 г природной воды. Напишите электронную конфигурацию атома дейтерия для основного и первого возбуждённого состояния.

**2.45.** Напишите электронную конфигурацию атома неона для первого возбуждённого состояния. Почему неон не образует химических соединений?

**2.46.** Напишите электронную конфигурацию атома фтора для первого возбуждённого состояния. Почему в химических соединениях фтор всегда одновалентен?

**2.47.** Объясните, почему в большинстве соединений кислород двухвалентен, а углерод четырёхвалентен?

**2.48.** Напишите электронные конфигурации атомов натрия и магния для первого возбуждённого состояния. Почему в химических соединениях натрий одновалентен, а магний двухвалентен? Какие ионы характерны для них в ионных соединениях?

**2.49.** Объясните, почему сера, в отличие от кислорода, проявляет переменную валентность? Приведите примеры соединений.

**2.50.** Объясните, почему хлор, в отличие от фтора, проявляет переменную валентность? Приведите примеры соединений.

**2.51.** Объясните, почему существует молекула  $\text{PCl}_5$  и не существует  $\text{NCl}_5$ .

**2.52.** Объясните, почему существует ион  $\text{NH}_4^+$  и не существует ион  $\text{CH}_5^+$ .

**2.53.** Почему существует ион  $\text{He}_2^+$  и не существует молекула  $\text{He}_2$ ?

**2.54.** Дайте определение валентности и степени окисления элемента. Укажите валентность и степень окисления элементов в следующих соединениях: а)  $\text{H}_2\text{O}$ , б)  $\text{H}_2\text{O}_2$ , в)  $\text{N}_2$ , г)  $\text{CO}_2$ , д)  $\text{CO}$ , е)  $\text{OF}_2$ , ж)  $\text{HClO}$ , з)  $\text{HCN}$ , и)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**2.55.** Как (и почему) изменяется валентность и степень окисления элементов главных подгрупп периодической системы в их соединениях с водородом и в оксидах в зависимости от номера группы, к которой принадлежит элемент?

**2.56.** Где в периодической системе элементов находятся благородные газы? Почему раньше они составляли нулевую группу и назывались инертными газами? Почему молекулы благородных газов одноатомны?

**2.57.** Определите степень окисления элементов в следующих соединениях:

- а)  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ;
- б)  $\text{OF}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ;
- в)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ;
- г)  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{PH}_4^+$ ;
- д)  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CaH}_2$ ;
- е)  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ;
- ж)  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NaCN}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ,  $\text{MnO}_4^{2-}$ ;
- з)  $\text{HClO}$ ,  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{NaHS}$ ,  $\text{HS}^-$ ;
- и)  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{Na}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2^-$ ;
- к)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SOF}_2$ ,  $\text{SO}_2\text{F}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ;
- л)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_4\text{HS}$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{S}_8$ ,  $\text{LiAlH}_4$ ,  $\text{AlH}_4^-$ ;



- м)  $\text{CS}_2$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_3\text{NO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ;  
н)  $\text{Al}_4\text{C}_3$ ,  $\text{CaC}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{HCOH}$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HCOO}^-$ ;  
о)  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{POCl}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ;  
п)  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

**2.58.** Один из элементов, предсказанных Д. И. Менделеевым, образует оксид, массовая доля кислорода в котором составляет 30,5%. В этом оксиде степень окисления элемента равна +4. Какой это элемент? Напишите его электронную конфигурацию и валентную орбитальную диаграмму (графическую конфигурацию).

**2.59.** Элемент образует высший оксид состава  $\text{ЭO}_3$ . С водородом этот элемент образует летучее соединение, в котором  $\omega(\text{H}) = 5,88\%$ . Какой это элемент? Напишите его электронную конфигурацию и валентную орбитальную диаграмму (графическую конфигурацию).

**2.60.** Элемент побочной подгруппы образует высший оксид состава  $\text{ЭO}_3$ , в котором  $\omega(\text{O}) = 33,3\%$ . Какой это элемент? К какому электронному семейству он относится? Образует ли газообразное соединение с водородом? Напишите орбитальную диаграмму (в виде квантовых ячеек) его валентных электронных оболочек.

**2.61.** Элемент образует высший оксид состава  $\text{ЭO}_3$ . С водородом этот элемент образует летучее соединение, в котором  $\omega(\text{H}) = 2,47\%$ . Какой это элемент? Напишите его электронную конфигурацию. Какие степени окисления характерны для него в химических соединениях?

**2.62.** Элемент образует высший оксид состава  $\text{Э}_2\text{O}_5$ , в котором массовая доля этого элемента равна 65,22%. Какой это элемент? Напишите его электронную конфигурацию графически (орбитальную диаграмму). Какова химическая формула его соединения с водородом?

**2.63.** Что такое электроотрицательность элемента? У какого элемента она наибольшая, и у какого – наименьшая? Каков тип связи в соединении, образованном этими элементами?

**2.64.** Назовите условия образования ковалентной и ионной связи между атомами разных элементов. Приведите по два – три примера соединений:

- а) с неполярной ковалентной связью, б) с полярной ковалентной связью, в) с ионной связью, г) с разными типами химической связи в одном и том же соединении.

**2.65.** Чем различаются следующие соединения водорода по характеру химической связи: а)  $\text{NaNH}$ , б)  $\text{NH}_3$ , в)  $\text{H}_2$ , г)  $\text{H}_2\text{O}$ , д)  $\text{H}_2\text{O}_2$ , е)  $\text{CH}_4$ ? Какое из этих соединений наиболее ковалентное, и какое – наиболее ионное?

**2.66.** Расположите следующие соединения в ряд в порядке увеличения доли ионной связи (степени ионности связи):



**2.67.** Укажите основные типы химической связи в соединениях:

а)  $\text{CO}_2$ , б)  $\text{MgCO}_3$ , в)  $\text{O}_2$ , г)  $\text{CaF}_2$ , д)  $\text{HF}$ , е)  $\text{KF}$ , ж)  $\text{Ca}$  (к).

Какое из указанных соединений характеризуется наиболее ковалентным, и какое – наиболее ионным типом связи? Объясните ответ.

**2.68.** Укажите основные типы химической связи в соединениях:

а)  $\text{HCl}$ , б)  $\text{NaCl}$ , в)  $\text{LiHS}$ , г)  $\text{SO}_2$ , д)  $\text{Cl}_2$ , е)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ж)  $\text{LiH}$ .

Какое из указанных соединений характеризуется наиболее ковалентным, и какое – наиболее ионным типом связи? Объясните.

**2.69.** Укажите основные типы химической связи в соединениях:

а)  $\text{H}_2\text{S}$ , б)  $\text{Na}_2\text{S}$ , в)  $\text{NaNO}_3$ , г)  $\text{N}_2$ , д)  $\text{H}_2\text{O}_2$ , е)  $\text{KCl}$ , ж)  $\text{Li}_2$  (г).

В каком из указанных веществ химическая связь имеет наиболее ковалентный характер? Объясните.

**2.70.** Укажите основные типы химической связи в соединениях:

а)  $\text{C}_2\text{H}_6$ , б)  $\text{C}$  (алмаз), в)  $\text{NH}_3$ , г)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , д)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , е)  $\text{P}_4$ , ж)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .

Какие из указанных веществ характеризуются наиболее ковалентной связью? Почему?

**2.71.** Какая связь наиболее полярная в каждой из следующих молекул:

а)  $\text{Cl-O-H}$ , б)  $\text{I-O-H}$ , в)  $\text{Na-O-H}$ , г)  $\text{Li-O-H}$ ?

Какой из этих гидроксидов является наиболее основным в водном растворе, и какой – наиболее кислотным?

**2.72.** Как изменяется степень ионности связи  $\text{O-H}$  и как изменяется сила кислот в следующих рядах соединений:

а)  $\text{H-O-Cl}$ ,  $\text{H-O-Br}$ ,  $\text{H-O-I}$ ;

б)  $\text{H-O-Cl}$ ,  $\text{H-O-ClO}$ ,  $\text{H-O-ClO}_2$ ,  $\text{H-O-ClO}_3$ ,  $\text{H-O-ClO}_4$ ?

**2.73.** Как изменяется степень ионности связи, длина связи, прочность связи (для газообразных веществ) и сила кислот (в водном растворе) в ряду:

$\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ?

Попробуйте дать объяснение, с учётом того, что «голый» протон ( $\text{H}^+$ ) в растворе существовать не может, – взаимодействуя с водой, он образует более крупные ионы, например,  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

**2.74.** Индивидуальные особенности ковалентной связи – её насыщенность и направленность, ионной связи – максимальная полярность, приводящая к образованию и электростатическому взаимодействию положительных и отрицательных ионов, металлической связи – подвижность валентных электронов, которые пространственно делокализованы и связывают все положительные ионы металла в кристаллической решётке. Дайте пояснения. Рассмотрите конкретные примеры.

**2.75.** Назовите главные характеристики атомов элементов, склонных к образованию металлической связи. Приведите примеры двух простых и двух сложных веществ с металлической связью.

**2.76.** Используя представления о гибридизации орбиталей, объясните строение следующих молекул:

- а)  $\text{BeF}_2$ , б)  $\text{BF}_3$ , в)  $\text{CF}_4$ , г)  $\text{PF}_5$ , д)  $\text{SF}_6$ ,  
е)  $\text{CH}_4$ , ж)  $\text{C}_2\text{H}_6$ , з)  $\text{C}_2\text{H}_4$ , и)  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  
к)  $\text{NH}_3$ , л)  $\text{H}_2\text{O}$ , м)  $\text{CO}_2$ , н)  $\text{SO}_2$ , о)  $\text{SO}_3$ .

**2.77.** Объясните механизм образования донорно-акцепторной связи на примере образования иона  $\text{BF}_4^-$  по реакции  $\text{BF}_3 + \text{F}^- \rightarrow \text{BF}_4^-$ . Изобразите графически геометрическое строение иона  $\text{BF}_4^-$ .

**2.78.** Объясните механизм образования донорно-акцепторной связи на примере образования иона  $\text{NH}_4^+$  по реакции  $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$ . Изобразите графически геометрическое строение иона аммония.

**2.79.** Молекула  $\text{CO}$  характеризуется высокой прочностью химической связи. Как можно объяснить этот факт на основе электронных конфигураций атомов углерода и кислорода и возможности образования донорно-акцепторной связи? Какова валентность углерода и кислорода в этой молекуле?

**2.80.** Что такое *водородная связь*? В чём заключается её особенность по сравнению с универсальными силами межмолекулярного взаимодействия (силами Ван-дер-Ваальса)? Какое влияние она оказывает на свойства веществ? Какие из приведённых ниже молекул в жидком или твёрдом состоянии вещества образуют между собой водородные связи? Дайте объяснение:

- а)  $\text{H}_2$ , б)  $\text{HI}$ , в)  $\text{HF}$ , г)  $\text{LiH}$ , д)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  
е)  $\text{H}_2\text{S}$ , ж)  $\text{H}_2\text{O}$ , з)  $\text{C}_6\text{H}_6$ , и)  $\text{NH}_3$ , к)  $\text{PH}_3$ ,  
л)  $\text{C}_3\text{H}_8$ , м)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , н)  $\text{CH}_3\text{OH}$ , о)  $\text{C}_2\text{H}_4$ .

### 3. КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

**3.1.** Напишите названия веществ, укажите, к каким классам и типам (группам) соединений они относятся, изобразите их графические (структурные) формулы:

- 1)  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ;
- 2)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ;
- 3)  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CrO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrO}_3$ ;
- 4)  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $(\text{MgOH})_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- 5)  $\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{HClO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ;
- 6)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{K}_2\text{FeO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ ;
- 7)  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ;
- 8)  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaO}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;
- 9)  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{ZnO}_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $(\text{ZnOH})\text{NO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ;
- 10)  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $(\text{PbOH})_2\text{CO}_3$ ;
- 11)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{K}_2\text{BeO}_2$ ,  $\text{Be}(\text{NO}_3)_2$ ;
- 12)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{NaAlO}_2$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ;
- 13)  $\text{Ba}(\text{HS})_2$ ,  $\text{BaSO}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{HClO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ ;
- 14)  $\text{Cr}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_5$ ;
- 15)  $\text{PbO}$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ,  $(\text{PbOH})_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{HS}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

**3.2.** Напишите уравнения реакций, характеризующих кислотные, основные или амфотерные свойства следующих веществ:

- 1) оксида хрома(II), гидроксида хрома(III), хромовой кислоты;
- 2) оксида кальция, оксида алюминия, оксида азота(IV);
- 3) гидроксида железа(II), гидроксида железа(III), сернистой кислоты;
- 4) хлорноватистой кислоты, гидроксида цинка, гидроксида бария;
- 5) оксида цинка, оксида бария, оксида фосфора(V);
- 6) хлорноватой кислоты, гидроксида меди(II), гидроксида алюминия;
- 7) оксида магния, диоксида кремния, оксида алюминия;
- 8) хлорной кислоты, гидроксида хрома(III), гидроксида магния.

**3.3.** Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами, взятыми попарно:

- 1) гидрокарбонат натрия, гидроксид кальция, сернистая кислота, оксид углерода(IV);
- 2) гидросульфат аммония, гидроксид калия, оксид бария, оксид серы(IV);
- 3) гидросульфат цинка, гидроксид натрия, серная кислота, гидрокарбонат калия;
- 4) дигидрофосфат аммония, сероводород, аммиак, гидроксид калия;
- 5) оксид лития, оксид хрома(VI), гидроксид бария, фосфорная кислота;
- 6) серная кислота, гидрофосфат аммония, сульфид железа(II), гидроксид бария;
- 7) оксид кальция, оксид кремния(IV), оксид фосфора(V), вода.

**3.4.** Какие из приведённых веществ взаимодействуют с водным раствором KOH? Напишите уравнения возможных реакций:

SO<sub>2</sub>, NaCl, CaO, KHCO<sub>3</sub>, Zn(OH)<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO.

**3.5.** Какие из указанных веществ взаимодействуют с водным раствором:

а) NaOH; б) HCl? Напишите уравнения реакций:

- 1) CuO, Zn(OH)<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, KCl, KHSO<sub>3</sub>, CuSO<sub>4</sub>;
- 2) H<sub>2</sub>S, Fe, FeSO<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>;
- 3) Al, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S.

**3.6.** Какие из указанных веществ взаимодействуют с водным раствором:

а) HNO<sub>3</sub>, б) KOH? Напишите уравнения реакций:

- 1) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Al(OH)<sub>3</sub>;
- 2) NaHCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, ZnO, Ag<sub>2</sub>O, NaNO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>;
- 3) Cu, Zn, MgO, SO<sub>2</sub>, NaClO<sub>4</sub>, NaAlO<sub>2</sub>.

**3.7.** Какие из указанных веществ реагируют с водным раствором (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S?

Напишите уравнения реакций:

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, HCl, NaCl, FeCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, NaOH.

**3.8.** Какие из указанных веществ реагируют с водным раствором CuSO<sub>4</sub>?

Напишите уравнения реакций:

Zn, NaCl, Na<sub>2</sub>S, NaOH, HCl, BaCl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**3.9.** Как, используя в качестве исходных веществ карбонат цинка, азотную кислоту, гидроксид калия и воду, можно получить шесть новых веществ? Напишите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их протекания.

**3.10.** Как, используя в качестве исходных веществ карбонат кальция, соляную кислоту, гидроксид натрия и воду, можно получить шесть новых веществ? Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**3.11.** Как, используя в качестве исходных веществ оксид алюминия, бромоводород, гидроксид натрия и воду, можно получить пять новых веществ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания.

**3.12.** Используя соляную кислоту, водные растворы сульфата меди(II) и гидроксида калия, требуется получить пять новых веществ. Напишите уравнения соответствующих реакций.

**3.13.** Как, используя в качестве исходных веществ сульфат алюминия, хлороводород, гидроксид натрия и воду, можно получить семь новых веществ? Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**3.14.** Как, используя в качестве исходных веществ сульфат аммония, карбонат кальция (мел), хлороводородную (соляную) кислоту и воду, можно получить девять новых веществ? Напишите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их протекания.

**3.15.** Напишите уравнения реакций (указав условия их протекания), при помощи которых можно осуществить следующие превращения:

- 1)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca(NO}_3)_2$ ;
- 2)  $\text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe(OH)}_2 \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 \rightarrow \text{Fe(NO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}$ ;
- 3)  $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2 \rightarrow \text{MgO}$ ;
- 4)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ ;
- 5)  $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{NaAlO}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al(OH)}_6] \rightarrow \text{Al(OH)}_3$ ;
- 6)  $\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$ ;
- 7)  $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{NaHS} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{ZnS} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Zn(OH)}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{ZnO}_2$ ;
- 8)  $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$ ;
- 9)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{KH}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4$ ;
- 10)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe(NO}_3)_2$ ;
- 11)  $\text{NaCl} \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{Ba(NO}_3)_2 \rightarrow \text{KNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4$ ;
- 12)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4$ ;
- 13)  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$ ;
- 14)  $\text{MgS} \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2 \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{Mg(OH)Cl} \rightarrow \text{MgCl}_2$ ;
- 15)  $\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{KHSO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KCl} \rightarrow \text{HCl}$ ;
- 16)  $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Ca(OCl)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca(HSO}_3)_2$ ;
- 17)  $\text{S} \rightarrow \text{FeS}_2 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{BaSO}_4$ ;
- 18)  $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe(NO}_3)_3 \rightarrow \text{NO}_2$ ;
- 19)  $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2 \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$ ;
- 20)  $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al} \rightarrow \text{Al(NO}_3)_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{K[Al(OH)}_4] \rightarrow \text{AlCl}_3$ ;
- 21)  $\text{Cu(OH)Cl} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{NaHSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ ;
- 22)  $\text{CO}_2 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{BaCO}_3 \rightarrow \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2$ ;
- 23)  $\text{ZnS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{Ba(HSO}_3)_2 \rightarrow \text{BaSO}_3 \rightarrow \text{Ba(NO}_3)_2 \xrightarrow{t}$ ;
- 24)  $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4$ .

**3.16.** Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества:

- 1)  $\text{Ca} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{X}_2$ ;
- 2)  $\text{Al} \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \xrightarrow{t} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{X}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Na[Al(OH)}_4]$ ;
- 3)  $\text{MgS} \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2$ ;
- 4)  $\text{Mg} \xrightarrow{\text{HNO}_3(\text{разб.})} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{X}_2 \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO}$ ;
- 5)  $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al} \xrightarrow{\text{HNO}_3(\text{разб.})} \text{X}_1 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{X}_2 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;
- 6)  $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{X}_1 \xrightarrow{t} \text{N}_2 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$ ;
- 7)  $\text{Si} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{SiO}_2 \xrightarrow{\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{кр.}), t} \text{X}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3$ ;
- 8)  $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}} \text{X}_2$ ;

- 9)  $\text{Ca} \rightarrow \text{CaC}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{X}_1 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{t} \text{X}_2 \rightarrow \text{CO}$ ;
- 10)  $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaO} \xrightarrow{\text{H}_3\text{PO}_4} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{H}_3\text{PO}_4(\text{изб.})} \text{X}_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;
- 11)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe} \xrightarrow{\text{Cl}_2} \text{X}_2$ ;
- 12)  $\text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \xrightarrow{\text{Ca}(\text{OH})_2} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{C}, \text{SiO}_2, t} \text{X}_2 \rightarrow \text{PCl}_5$ ;
- 13)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \xrightarrow{\text{Cu}} \text{X}_1 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2$ ;
- 14)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \xrightarrow{\text{AgNO}_3} \text{X}_2$ ;
- 15)  $\text{Zn} \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$ .

**3.17.** Рассчитайте массу осадка, образующегося при взаимодействии 3,25 г хлорида кальция с избытком фосфата натрия. Какое количество вещества фосфата натрия при этом израсходуется? Вычислите его массу.

**3.18.** Какая масса оксида железа(III) получится при термическом разложении 15,0 г гидроксида железа(III)?

**3.19.** Какая масса железа и какой объём хлора (н.у.) должны вступить в реакцию, чтобы образовалось 48,75 г хлорида железа(III)?

**3.20.** Какие массы металлического натрия и брома потребуются для получения 10,3 г NaBr?

**3.21.** Какая масса фосфора и какой объём кислорода (н.у.) должны вступить в реакцию, чтобы образовалось 4,26 г оксида фосфора(V)?

**3.22.** В избытке соляной кислоты растворили 6,0 г магния и 6,5 г цинка. Определите суммарный объём (н.у.) полученного при этом водорода.

**3.23.** Какой объём хлора (н.у.) потребуется для полного хлорирования смеси, состоящей из 3,2 г меди и 2,8 г железа?

**3.24.** Какую массу цинка надо растворить в соляной кислоте, чтобы полученным водородом можно было восстановить до металла 14,4 г оксида меди(II)?

**3.25.** Вычислите, какие объёмы (н.у.) водорода и азота должны вступить в реакцию, чтобы полученный аммиак образовал 72 г соли при взаимодействии с азотной кислотой.

**3.26.** Какой объём кислорода потребуется для каталитического окисления 6,0 л аммиака, и какой объём оксида азота(II) при этом образуется? (Объёмы газов относятся к нормальным условиям).

**3.27.** Какое количество вещества алюминия потребуется для восстановления до металла 139,2 г оксида железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ? Вычислите массу алюминия.

**3.28.** Какой объём кислорода (н.у.) потребуется для окислительного обжига 0,2 моль  $\text{FeS}_2$  (образуются  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{SO}_2$ )? Какая масса оксида железа(III) при этом будет получена?

**3.29.** Какой объём (н.у.) сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ) должен вступить в реакцию с 5,6 г гидроксида калия, чтобы образовалась: а) средняя соль; б) кислая соль?

**3.30.** Оксид бария массой 3,06 г растворили в воде. Какое вещество образовалось в растворе и каково его количество? Какой объём (н.у.) углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) требуется для полной реакции с полученным раствором с образованием средней соли?

**3.31.** Какой объём углекислого газа (н.у.) должен вступить в реакцию с 8 г гидроксида натрия, чтобы образовался: а) карбонат натрия, б) гидрокарбонат натрия?

**3.32.** Какую массу оксида фосфора(V) требуется добавить к раствору, содержащему 1 моль гидрофосфата калия, чтобы получить дигидрофосфат калия? Какое количество вещества этой соли образуется в результате реакции?

**3.33.** Какая масса гидроксида калия должна прореагировать с 24,5 г ортофосфорной кислоты, чтобы в результате реакции образовался: а) гидрофосфат калия; б) дигидрофосфат калия?

**3.34.** Газ, полученный при сжигании сероводорода в избытке кислорода, вступил в реакцию с 0,2 моль гидроксида калия с образованием кислой соли. Вычислите исходный объём сероводорода (при н.у.).

**3.35.** Через известковую воду (раствор гидроксида кальция) пропустили смесь оксида углерода(II) и оксида углерода(IV) объёмом 2 литра (н.у.). Масса выпавшего осадка 4,9 г. Определите объёмные доли газов в исходной смеси.

**3.36.** Смесь  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  объёмом 1 л (н.у.) пропустили через избыток известковой воды (раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Образовавшийся осадок отделили от раствора и прокалили. В результате получили твёрдое вещество массой 1,4 г. Вычислите количества вещества и объёмные доли оксидов углерода в исходной смеси.

**3.37.** Оксид углерода(II), содержащийся в 1 л смеси газов (н.у.), после окисления образовал такое количество  $\text{CO}_2$ , которое вступило в реакцию с 0,684 г гидроксида бария с образованием средней соли. Определите объёмную долю  $\text{CO}$  в исходной газовой смеси.

**3.38.** К смеси нитрата бария и нитрата серебра общей массой 10 г добавили раствор соляной кислоты (избыток). Масса осадка после завершения реакции составила 2,87 г. Вычислите количества вещества и массовые доли солей в исходной смеси.

**3.39.** После сжигания некоторого объёма сероводорода продукты сгорания поглотили избытком водного раствора брома (бромной водой) и к полученному раствору добавили избыток раствора хлорида бария. При этом выпал осадок массой 1,17 г. Каким был объём сероводорода (при н.у.)?

**3.40.** Какой объём водорода (н.у.) выделится при взаимодействии 3,4 г алюминия с 6,57 г соляной кислоты?



**3.41.** Какая масса хлорида аммония образуется при взаимодействии 4,48 л хлороводорода (н.у.) и 5,1 г аммиака?

**3.42.** К раствору, содержащему 4 г гидроксида натрия, добавили 4,9 г ортофосфорной кислоты. Вычислите количества вещества и массы всех продуктов реакции.

**3.43.** Определите массу соли, образующейся при взаимодействии 134,4 г железа и 85,12 г хлора. Какой из реагентов и в каком количестве останется в избытке после реакции?

**3.44.** К раствору, содержащему 4,5 г  $\text{CaCl}_2$ , добавили раствор, содержащий 4,1 г  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Определите массу выпавшего осадка.

**3.45.** К раствору, содержащему 0,68 г хлорида цинка, добавили раствор, содержащий 1,5 г нитрата серебра. Вычислите массы веществ в растворе после реакции.

**3.46.** При сплавлении (нагревание) 14 г железа (в виде опилок) с 4,8 г серы получили смесь веществ, которую обработали избытком соляной кислоты. Определите объём (н.у.) образовавшегося газа (или смеси).

**3.47.** В закрытом сосуде, содержащем 3,36 л (н.у.) кислорода, сожгли 3,2 г серы. Определите, какие газообразные вещества будут находиться в сосуде после реакции? Вычислите их количества и объёмы при нормальных условиях.

**3.48.** Смешали растворы, содержащие 8,0 г сульфата меди(II) и 4,68 г сульфида натрия. Осадок отфильтровали, фильтрат выпарили. Определите массу остатка после выпаривания и его количественный состав.

**3.49.** Оксид серы(IV), полученный при сжигании 12,8 г серы, пропустили через раствор, содержащий 0,4 моль гидроксида калия. Какая соль образовалась в растворе, и каково её количество?

**3.50.** Газовую смесь объёмом 5,6 л (н.у.), состоящую из сероводорода и газов воздуха, пропустили через раствор, содержащий 0,5 моль  $\text{CuSO}_4$ . В результате реакции образовалось 14,4 г осадка. Вычислите количество вещества и объёмную долю  $\text{H}_2\text{S}$  в исходной газовой смеси.

**3.51.** Газ, выделившийся при нагревании 10,7 г хлорида аммония с избытком щёлочи, прореагировал с раствором, содержавшим 19,6 г ортофосфорной кислоты. Определите состав (формулу) и массу получившейся соли.

**3.52.** К раствору, содержащему 4 г гидроксида натрия, добавили оксид фосфора(V), полученный сжиганием 4,65 г фосфора. Определите, какая соль образовалась в растворе и каково её количество.

**3.53.** 10 л углекислого газа (объём измерен при температуре 25 °С и давлении 123,8 кПа) пропустили над раскалённым углём. Затем полученный газ пропустили над раскалённым оксидом меди(II) массой 16 г. Вычислите массу образовавшейся меди.

**3.54.** Какой объём (н.у.) сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ) можно получить при окислительном обжиге 120 г пирита ( $\text{FeS}_2$ ), содержащего 10% (масс.) примесей?

**3.55.** Какая масса фосфата кальция, в котором массовая доля примесей равна 15%, потребуется для получения 31 г фосфора?

**3.56.** При термическом разложении 50 г технического известняка ( $\text{CaCO}_3$ ) получили 10,1 л (н.у.) углекислого газа. Определите массовую долю (%) примесей в известняке.

**3.57.** Какую массу карбида кальция  $\text{CaC}_2$ , в котором массовая доля примесей равна 7%, надо взять для получения 14 л (н.у.) ацетилена?

**3.58.** К раствору, содержащему 17 г нитрата серебра, прилили раствор, содержащий 10 г хлорида кальция. Образовался осадок массой 13,8 г. Определить массовую долю выхода продукта реакции.

**3.59.** Из карбоната кальция массой 84 г получили 17,2 л (н.у.) оксида углерода(IV). Определите практический выход  $\text{CO}_2$  в реакции.

**3.60.** Вычислите массу карбоната натрия, необходимую для получения – в реакции с кислотой – 28 л (н.у.) углекислого газа при выходе реакции 75%.

**3.61.** Какую массу оксида серы(VI) можно получить в результате двухстадийного синтеза из 32 г серы, если выход продукта на первой и второй стадиях равен соответственно 85% и 90%?

**3.62.** Какую массу  $\text{CuS}$  надо подвергнуть окислительному обжигу, чтобы получить 17,92 л (н.у.)  $\text{SO}_2$ , если выход реакции равен 80%?

**3.63.** Хлороводород, полученный при действии избытка концентрированной серной кислоты на 11,7 г хлорида натрия, пропустили через избыток раствора гидрокарбоната калия. Рассчитайте объём (при н.у.) газа, выделившегося в каждой реакции, если выход первой реакции равен 80%, а второй – 95%.

**3.64.** В кислороде, полученном в результате термического разложения 4,9 г хлората калия ( $\text{KClO}_3$ ), сгорело 1,6 г серы (образовался оксид серы(IV)). Определите выход реакции разложения хлората калия, если реакция сгорания серы прошла с 100%-ным выходом.

**3.65.** В воде растворили оксид натрия и вещество, полученное в результате сжигания фосфора в избытке кислорода. Раствор осторожно выпарили. Какое вещество находится в остатке, если были использованы равные массы оксида натрия и фосфора?

**3.66.** Для получения тетрагидроксоцинката натрия ( $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ) некоторое количество цинка растворили в разбавленной серной кислоте, содержащей 0,1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . При этом выделилось 0,56 л газа (н.у.). К образовавшемуся раствору добавили баритовую воду (раствор  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) до полного осаждения растворённых веществ. Осадок обработали *избытком раствора*  $\text{NaOH}$ . Вычислите массу полученного вещества в растворе и массу оставшегося осадка.

**3.67.** При поглощении оксида азота(IV) в отсутствие кислорода избытком раствора гидроксида калия образовалось 20,2 г нитрата калия. Какая ещё соль образовалась в результате реакции и какова её масса?

**3.68.** При растворении оксида азота(IV) в воде в присутствии кислорода образовалась кислота, для нейтрализации которой потребовалось 3,2 г гидроксида натрия. Определите объём (н.у.) оксида азота(IV).

**3.69.** Смесь хлорида алюминия и хлорида магния общей массой 100 г растворили в воде, к полученному раствору добавили *избыток раствора* гидроксида натрия. Образовавшийся осадок прокалили, получив 24 г твёрдого вещества. Вычислите, какие количества вещества каждой соли содержала исходная смесь.

**3.70.** Смесь бромида натрия и хлорида натрия общей массой 15,5 г растворили в воде. Через раствор пропустили 1 л хлора (н.у.). Масса выделившегося брома 6,4 г. Определите, какое количество соли (или солей) осталось в растворе после реакции.

**3.71.** Смесь оксидов – ZnO и MgO общей массой 10 г растворили в соляной кислоте. К полученному раствору добавили *избыток раствора* гидроксида натрия, образовавшийся осадок прокалили. Масса полученного твёрдого вещества оказалась равной 2,4 г. Вычислите количества и массовые доли оксидов в исходной смеси.

**3.72.** К раствору, содержащему смесь азотной и фосфорной кислот, добавили гидроксид натрия в таком количестве, чтобы образовались средние соли этих кислот. Для этого понадобилось 28 г щёлочи. Затем к полученному раствору добавили избыток раствора нитрата кальция, в результате чего выпал осадок массой 15,5 г. Вычислите массу азотной кислоты в исходной смеси.

**3.73.** При действии избытка соляной кислоты на 8,03 г смеси карбонатов натрия и бария выделилось 1,12 л газа (н.у.). К полученному раствору добавили избыток сульфата калия, в результате чего выпал осадок. Вычислите его массу.

**3.74.** При добавлении (осторожному) избытка карбоната натрия к раствору, содержащему равные массовые доли соляной и серной кислот, выделилось 3,36 л газа (н.у.). Определите, какое количество осадка образуется, если к такому же раствору кислот добавить избыток хлорида бария.

**3.75.** При действии избытка соляной кислоты на твёрдую смесь карбонатов натрия и бария, взятых в равных массовых долях, выделилось 896 мл газа (н.у.). Какое количество осадка образуется, если к полученному раствору добавить (осторожно) избыток серной кислоты?

**3.76.** Смесь кристаллических солей – хлорида аммония и хлорида калия – массой 16 г прокалили до прекращения выделения газообразных веществ. Масса твёрдого остатка оказалась равной 4 г. Определите молярный состав ( $\chi$ , %) исходной смеси.

**3.77.** При прокаливании 15 г гидрокарбоната калия масса твёрдого остатка составила 11,9 г. Определите, какая часть массы соли разложилась ( $\omega$ , %).

**3.78.** При нагревании 15,6 г гидросульфита натрия произошло частичное разложение кислой соли до средней, и масса твёрдого остатка составила 11,5 г. Определите, какая часть массы соли разложилась ( $\omega$ , %).

**3.79.** При частичном термическом разложении 25 г карбоната кальция образовалось 17,3 г твёрдого остатка. Определите его состав ( $\omega$ , %).

**3.80.** При нагревании 13 г гидросульфита натрия выделился оксид серы(IV) объёмом 1,12 л (н.у.). Вычислите массовую долю сульфита натрия в сухом остатке после окончания реакции.

**3.81.** В результате частичного термического разложения 100 г нитрита аммония его масса оказалась равной 93,6 г. Определите объём выделившегося азота (н.у.) и массовую долю разложившейся соли.

**3.82.** Вычислите, какую массу хлората калия (бертолетовой соли) надо разложить, чтобы полученного кислорода хватило для полного сгорания 18 г глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ). Какой объём будут занимать продукты сгорания глюкозы при температуре 0 °С и давлении 101,3 кПа?

**3.83.** Вычислите, какую массу хлората калия ( $KClO_3$ ) надо разложить, чтобы полученного кислорода хватило для полного сгорания 15,6 г бензола ( $C_6H_6$ ). Какой объём будут занимать продукты сгорания бензола при  $t = 0$  °С и  $p = 101,3$  кПа?

**3.84.** При частичном термическом разложении 9,40 г нитрата меди(II) образовалось 6,16 г твёрдого остатка. Определите состав остатка и массовую долю в нём исходной соли.

**3.85.** В результате прокаливании 11,00 г смеси нитратов натрия и калия масса твёрдого вещества уменьшилась на 1,92 г. Определите массовую долю нитрата натрия в исходной смеси.

**3.86.** В результате частичного термического разложения 25,00 г  $Cu(NO_3)_2$  масса твёрдого остатка составила 22,84 г. Определите объём (н.у.) образовавшейся газовой смеси и количество вещества в ней  $O_2$ .

**3.87.** При термическом разложении нитрата одновалентного металла выделился газ объёмом 4,48 л (н.у.). Массовая доля кислорода в составе нитрата равна 47,52%. Определите массу разложившегося нитрата.

**3.88.** При термическом разложении гидрокарбоната одновалентного металла выделился газ объёмом 4,48 л (н.у.). Массовая доля кислорода в составе гидрокарбоната равна 48%. Определите массу разложившегося гидрокарбоната.

**3.89.** После прокаливании 8,68 г  $AgNO_3$  масса твёрдого остатка составила 6,20 г. Рассчитайте объём (н.у.) кислорода, выделившегося при разложении нитрата серебра.

**3.90.** Прокалили 40,0 г смеси  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$ . Масса остатка 33,8 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

**3.91.** В результате прокаливании 30,00 г смеси хлорида и нитрата натрия получили 28,08 г остатка. Рассчитайте массовые доли солей в исходной и полученной смеси.

**3.92.** 20,00 г смеси  $\text{KClO}_3$  и  $\text{KCl}$  прокалили до постоянной массы, которая оказалась равной 14,24 г. Определите молярный состав ( $\chi$ , %) исходной смеси и объём кислорода (н. у.), который выделился при её прокаливании.

**3.93.** В результате прокаливании 50 г смеси солей – сульфата натрия, карбоната аммония и хлорида калия – масса смеси уменьшилась на 9,8 г. Полученный твёрдый остаток растворили в воде и добавили избыток раствора хлорида бария. При этом образовалось 46,6 г осадка. Определите массовую долю  $\text{KCl}$  в исходной смеси.

**3.94.** При прокаливании смеси карбоната аммония и хлорида аммония выделилось 11,2 л (н.у.) оксида углерода(IV) и 27,2 г аммиака. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

**3.95.** Смесь карбоната аммония, карбоната калия и гидрокарбоната калия массой 150 г прокалили, при этом получили 15,68 л (н.у.) оксида углерода(IV) и 6,8 г аммиака. Определите массовые доли компонентов смеси.

**3.96.** При прокаливании 17 г смеси нитрата калия и нитрата другого щелочного металла (молярной соотношение солей 1:1), масса смеси уменьшилась на 3,2 г. Нитрат какого металла был в исходной смеси?

**3.97.** При термическом разложении 82,2 г смеси нитратов натрия и цинка выделились оксид азота(IV) и кислород. Определите массовую долю нитрата натрия в исходной смеси солей и объём выделившегося кислорода (при н.у.), если количество вещества  $\text{NO}_2$  в газовой смеси составило 0,6 моль.

**3.98.** При нагревании некоторого количества смеси нитратов калия и меди общий объём газообразных продуктов составил 2,69 л (н.у.). Твёрдый остаток обработали избытком воды, в результате чего его масса уменьшилась на 3,4 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

**3.99.** При термическом разложении смеси нитратов калия и меди её масса уменьшилась на 5,28 г. Массовая доля кислорода в выделившейся смеси газов составила 30,3%. Определите молярный состав ( $\chi$ , %) исходной смеси солей.

**3.100.** Какой объём при  $t = 1000$  °С и  $p = 101,3$  кПа займут газообразные продукты, образовавшиеся при прокаливании 80 г смеси карбоната кальция и гидрокарбоната калия с молярным соотношением веществ 1:3?

**3.101.** Какой объём при температуре 1000 °С и давлении 100 кПа займут газообразные продукты, образовавшиеся при прокаливании 76,8 г смеси карбоната магния и гидрокарбоната калия с молярным соотношением веществ 1:3?

**3.102.** Смесь карбоната аммония и нитрата натрия прокалили; масса сухого остатка оказалась равной 4,83 г. Такой же образец смеси обработали избытком соляной кислоты, при этом выделился газ объёмом 896 мл (н.у.). Определите массовую долю азота (элемента) в исходной смеси.

**3.103.** Смесь гидрокарбоната натрия и сульфата натрия, молярное соотношение веществ в которой равно 4:1, прокалили до постоянной массы. Газ, выделившийся в ходе реакции, пропустили через избыток известковой воды. Масса осадка оказалась равной 1,00 г. Вычислите массу исходной смеси солей.

**3.104.** Газ, полученный в результате термического разложения нитрата калия, был использован для его реакции с избытком водорода. При этом образовалось 5,4 г воды. Какое количество вещества нитрата калия подверглось разложению?

**3.105.** Газ, полученный при разложении 45,9 г нитрата натрия, смешали в реакторе с другим газом, образовавшимся при действии избытка водного раствора гидроксида калия на 4,86 г алюминия. Смесь газов подожгли. Определите массу полученного продукта реакции.

**3.106.** При нагревании смеси кристаллической соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  с гидрокарбонатом натрия выделился газ объёмом 2,24 л (н.у.), а масса смеси уменьшилась на 31,8 г. Определите массу исходной смеси солей.

**3.107.** Осадок, полученный при взаимодействии кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (медного купороса) с раствором гидроксида натрия, нагрели до разложения. При нагревании образовавшегося вещества с углём получили металлическую медь, которую растворили в концентрированной серной кислоте. В результате реакции выделилось 8,96 л газа (н.у.). Определите исходную массу кристаллогидрата.

**3.108.** Кислород, выделившийся при прокаливании 8,5 г нитрата натрия, смешали с водородом, выделившимся при взаимодействии натрия с водой. Образовавшуюся газовую смесь подожгли, по окончании реакции выяснилось, что объём неизрасходованного кислорода составил 0,224 л (н.у.). Определите массу натрия, вступившего в реакцию.

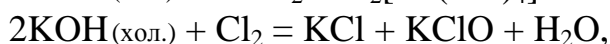
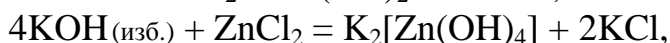
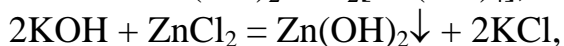
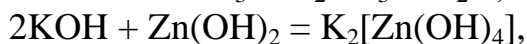
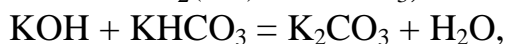
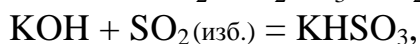
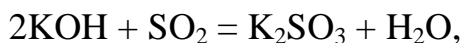
**3.109.** Гидрокарбонат калия и карбонат калия смешали в молярном соотношении 1:2. Какой объём газа (н.у.) выделится при действии на 10 г такой смеси избытка раствора серной кислоты?

**3.110.** Имеется смесь кальция, оксида кальция и карбида кальция с молярным соотношением веществ соответственно 1:3:4. Какой объём воды может вступить в химическую реакцию с 35 г такой смеси?

**3.111.** 43,8 г смеси натрия, оксида натрия и гидрида натрия с молярным соотношением компонентов 1:2:3 (в порядке перечисления) растворили в избытке воды. Определите объём выделившегося газа при температуре 273 К и давлении 101,3 кПа.

## Некоторые решения и ответы

### 3.4. Решение:



3.18. 11,2 г.

3.19. 16,8 г; 10,08 л.

3.21. 1,86 г; 1,68 л.

3.22. 7,84 л. 3.23. 2,8 л.

3.24. 11,7 г.

3.25. 30,24 л  $\text{H}_2$  и 10,08 л  $\text{N}_2$ .

3.35. 54,88%  $\text{CO}_2$  и 45,12%  $\text{CO}$ .

3.40. 2,016 л. 3.41. 10,7 г.

3.45. 0,08 г  $\text{ZnCl}_2$  и 0,83 г  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ .

3.46. 5,6 л.

3.48. 7,88 г;  $n(\text{Na}_2\text{S}) = 0,01$  моль,  $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,05$  моль.

3.54. 40,32 л. 3.55. 182 г.

3.56. 9,8%. 3.57. 43 г.

3.58. 96,2%. 3.59. 91%.

3.61. 61,2 г. 3.62. 96 г.

3.63. 3,58 л  $\text{HCl}$  и 3,40 л  $\text{CO}_2$ .

3.64. ~ 83%.

3.76. 19,32% (мол.)  $\text{KCl}$  и 80,68% (мол.)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

3.78. 66,6%.

3.90. 42%  $\text{NaHCO}_3$  и 58%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

3.104. 0,3 моль.

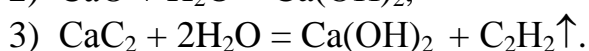
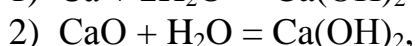
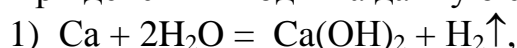
### 3.110. Решение:

Пусть  $n(\text{Ca}) = x$  моль,  $\rightarrow n(\text{CaO}) = 3x$ ,  $n(\text{CaC}_2) = 4x$ .

$M(\text{Ca}) = 40$ ,  $M(\text{CaO}) = 56$ ,  $M(\text{CaC}_2) = 64$ ,  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$  (г/моль).

Масса смеси:  $40x + 56 \cdot 3x + 64 \cdot 4x = 35$ ;  $\rightarrow x = 0,0754$  (моль).

При действии воды на данную смесь происходят следующие реакции:



Количества вещества  $\text{H}_2\text{O}$  в этих реакциях:  $n_1 = 2x$ ,  $n_2 = 3x$ ,  $n_3 = 8x$ .

Всего:  $n(\text{H}_2\text{O}) = 13x$ , т.е.  $13 \cdot 0,0754 = 0,98$  моль.

Масса  $\text{H}_2\text{O}$ :  $18 \cdot 0,98 = 17,6$  г,  $V(\text{H}_2\text{O}) = 17,6$  мл (т.к.  $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1$  г/мл).

## 4. РАСТВОРЫ. СОСТАВ РАСТВОРОВ

**4.1.** Определите массовую долю хлорида натрия в растворе, если в 500 г воды растворено 125 г этой соли.

**4.2.** В одном литре воды растворили 2 моль гидроксида натрия. Определите массовую долю гидроксида натрия в растворе.

**4.3.** В 11 моль воды растворили 0,75 моль гидроксида калия. Рассчитайте массовую долю KOH в полученном растворе.

**4.4.** В 112 мл воды растворили 11,2 л газообразного аммиака (н.у.). Вычислите массовую долю  $\text{NH}_3$  в полученном растворе.

**4.5.** В 1 л воды растворили 60,8 л хлороводорода (н.у.). Определите массовую долю HCl в полученном растворе.

**4.6.** В 100 мл воды растворили  $6,02 \cdot 10^{22}$  молекул хлороводорода (н.у.). Вычислите массовую долю HCl в полученном растворе.

**4.7.** В 300 мл воды растворили 7,6 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (медного купороса). Определите массовую долю  $\text{CuSO}_4$  в образовавшемся растворе.

**4.8.** Смешали 300 г воды и 420 г раствора серной кислоты, массовая доля  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в котором равна 26%. Определите массовую долю серной кислоты в полученном растворе.

**4.9.** К одному литру воды добавили 250 мл раствора азотной кислоты с массовой долей  $\text{HNO}_3$  50% и плотностью 1,31 г/мл. Рассчитайте массовую долю азотной кислоты в полученном растворе.

**4.10.** В 400 г раствора хлорида калия с  $\omega(\text{KCl}) = 12\%$  растворили ещё 20 г этой соли. Определите массовую долю KCl в полученном растворе.

**4.11.** В результате выпаривания 250 г раствора с  $\omega(\text{NaOH}) = 16\%$  удалено 100 г воды. Определите массовую долю NaOH в растворе после выпаривания.

**4.12.** В 80 г раствора с  $\omega(\text{NH}_3) = 5\%$  растворили 5,6 л (н.у.) газообразного аммиака. Вычислите массовую долю аммиака в полученном растворе.

**4.13.** В 250 г раствора с  $\omega(\text{CuSO}_4) = 6,4\%$  растворили 0,2 моль  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Определите массовую долю  $\text{CuSO}_4$  в полученном растворе

**4.14.** В 1 л раствора аммиака с массовой долей  $\text{NH}_3$  10% (плотность раствора 0,96 г/мл) растворили 100 л газообразного аммиака при давлении 100,1 кПа и температуре 20 °С. Вычислите массовую долю  $\text{NH}_3$  в полученном растворе.

**4.15.** В растворе хлорида алюминия с  $\omega(\text{AlCl}_3) = 2\%$  растворили 100 г кристаллогидрата  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Вычислите, какой стала массовая доля  $\text{AlCl}_3$  в полученном растворе, если объём раствора 1047 мл, а его плотность 1,07 г/мл.



**4.16.** Смешали 400 мл раствора с  $\omega_1(\text{NaCl}) = 20\%$  ( $\rho_{1\text{ р-ра}} = 1,18$  г/мл) и 200 мл раствора с  $\omega_2(\text{NaCl}) = 32\%$  ( $\rho_{2\text{ р-ра}} = 1,30$  г/мл). Определите массовую долю хлорида натрия в полученном растворе.

**4.17.** Вычислите, сколько молей воды приходится на 1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 78,4\%$ .

**4.18.** Сколько молекул воды приходится на 1 молекулу аммиака в растворе, массовая доля  $\text{NH}_3$  в котором составляет 20%? Какой объём газообразного аммиака (н.у.) необходимо растворить в 1 л воды для получения такого раствора?

**4.19.** Рассчитайте, при какой массовой доле  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе серной кислоты количество вещества  $\text{H}_2\text{O}$  равно количеству вещества  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**4.20.** Рассчитайте, при какой массовой доле серной кислоты её водный раствор содержит одинаковые количества атомов водорода и кислорода.

**4.21.** В каком объёме воды надо растворить 30 г хлорида натрия, чтобы получить раствор с  $\omega(\text{NaCl}) = 15\%$ ?

**4.22.** Какую массу хлорида бария необходимо растворить в 60 мл воды для получения раствора с  $\omega(\text{BaCl}_2) = 15\%$ ?

**4.23.** Сколько граммов иода необходимо растворить в 50 мл этилового спирта ( $\rho_{\text{спирта}} = 0,79$  г/мл), чтобы получить раствор с массовой долей  $\text{I}_2$  5% (медицинский спиртовой раствор иода)?

**4.24.** Вычислите, какой объём (н.у.) газообразного хлороводорода нужно растворить в 1 л воды, чтобы получить раствор соляной кислоты с массовой долей  $\text{HCl}$  36,5%?

**4.25.** Какие объёмы газообразного аммиака (н.у.) и воды потребуются для приготовления 200 мл раствора с массовой долей  $\text{NH}_3$  25% (плотность раствора 0,907 г/мл)?

**4.26.** Вычислите массы сульфата аммония и воды, необходимые для приготовления 200 мл раствора с массовой долей  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  20% (плотность раствора 1,115 г/мл).

**4.27.** Вычислите массы хлорида натрия и воды, необходимые для приготовления 0,5 литра раствора с  $\omega(\text{NaCl}) = 12\%$  (плотность раствора 1,09 г/мл).

**4.28.** Какой объём газообразного аммиака (н.у.) нужно растворить в 250 мл раствора аммиака с массовой долей  $\text{NH}_3$  8% (плотность раствора 0,97 г/мл), чтобы получить раствор с массовой долей  $\text{NH}_3$  12%?

**4.29.** Рассчитайте, с каким объёмом воды нужно смешать 100 мл раствора серной кислоты с  $\omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$  ( $\rho_{\text{р-ра}} = 1,14$  г/мл), чтобы получить раствор с  $\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5\%$ ?

**4.30.** В каком объёмном отношении необходимо смешать растворы серной кислоты с  $\omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 7\%$  ( $\rho_{1\text{ р-ра}} = 1,05$  г/мл) и  $\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 45\%$  ( $\rho_{2\text{ р-ра}} = 1,35$  г/мл), чтобы получить раствор с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  16%?

**4.31.** Вычислите, какие объёмы растворов гидроксида калия с  $\omega_1(\text{KOH}) = 16\%$  ( $\rho_{\text{р-ра}} = 1,15$  г/мл) и с  $\omega_2(\text{KOH}) = 38\%$  ( $\rho_{\text{р-ра}} = 1,37$  г/мл) нужно смешать, чтобы получить 800 г раствора с  $\omega(\text{KOH}) = 24\%$ .

**4.32.** Вычислите массы  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (железного купороса) и воды, необходимые для приготовления 500 г раствора с массовой долей  $\text{FeSO}_4$  7%.

**4.33.** Вычислите объём воды и массу кристаллогидрата  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (глауберовой соли), которые требуются для приготовления 500 г раствора с массовой долей  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  15%.

**4.34.** Какую массу кристаллогидрата  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  необходимо растворить в 400 мл воды, чтобы получить раствор с  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 10\%$ ?

**4.35.** Нужно приготовить 320 г раствора с  $\omega(\text{CuSO}_4) = 12\%$ . Рассчитайте массу кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и массу раствора с  $\omega_1(\text{CuSO}_4) = 8\%$ , которые потребуются для приготовления заданного раствора.

**4.36.** Вычислите, какую массу кристаллогидрата  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  нужно растворить в 1 кг раствора хлорида алюминия с массовой долей  $\text{AlCl}_3$  2%, чтобы получить раствор с массовой долей  $\text{AlCl}_3$  3%.

**4.37.** Сколько граммов кристаллогидрата  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  необходимо добавить к 100 мл раствора сульфата натрия с массовой долей  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  8% и плотностью 1,07 г/мл, чтобы удвоить массовую долю  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в растворе?

**4.38.** Какую массу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (медного купороса) нужно растворить в 1 кг раствора сульфата меди(II) с массовой долей  $\text{CuSO}_4$  5%, чтобы получить раствор с массовой долей  $\text{CuSO}_4$  10%?

**4.39.** Какой объём 15 мас.% раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,17 г/мл) можно приготовить из 1 л 30 мас.% раствора  $\text{NaOH}$  плотностью 1,33 г/мл? Вычислите массу воды, которую потребуется добавить к исходному раствору.

**4.40.** Какой объём раствора с  $\omega_1(\text{NaOH}) = 40\%$  (плотность раствора 1,43 г/мл) необходимо добавить к 200 г раствора с  $\omega_2(\text{NaOH}) = 11\%$ , чтобы получить раствор с массовой долей гидроксида натрия 20%?

**4.41.** В растворе соляной кислоты растворили 11,2 л хлороводорода (н.у.), получив 600 мл раствора с массовой долей  $\text{HCl}$  5% (плотность раствора 1,02 г/мл). Определите массовую долю  $\text{HCl}$  в исходном растворе.

**4.42.** В 200 мл раствора содержится 11,2 г гидроксида калия. Определите молярную концентрацию  $\text{KOH}$  в растворе.

**4.43.** Вычислите молярную концентрацию раствора аммиака с  $\omega(\text{NH}_3) = 17\%$  (плотность раствора 0,933 г/мл).

**4.44.** Какое количество вещества  $\text{H}_2\text{SO}_4$  содержится в 200 мл раствора серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 63,7\%$  (плотность раствора 1,540 г/мл)? Вычислите молярную концентрацию этого раствора.

**4.45.** Определите молярную концентрацию раствора азотной кислоты с  $\omega(\text{HNO}_3) = 42\%$  (плотность раствора 1,25 г/мл).

**4.46.** Вычислите массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе серной кислоты с концентрацией  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$  моль/л (плотность раствора 1,18 г/мл).

**4.47.** Какой объём раствора с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 72\%$  ( $\rho = 1,62$  г/мл) требуется для приготовления 240 мл раствора с  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,5$  моль/л?

**4.48.** Вычислите, какой объём раствора с  $c(\text{NaCl}) = 2$  моль/л требуется для приготовления 400 г раствора с  $\omega(\text{NaCl}) = 3\%$ .

**4.49.** В 1 л воды растворили 22,4 г КОН. Плотность полученного раствора 1,019 г/мл. Вычислите массовую долю КОН в растворе и его молярную концентрацию.

**4.50.** В 500 мл воды растворили 8,96 л (н.у.) газообразного хлороводорода. Вычислите объём полученного раствора соляной кислоты, молярную концентрацию и массовую долю  $\text{HCl}$  в этом растворе (плотность раствора 1,012 г/мл).

**4.51.** В 500 мл воды растворили 0,5 моль гидроксида натрия, получив раствор плотностью 1,042 г/мл. Вычислите массовую долю и молярную концентрацию  $\text{NaOH}$  в полученном растворе.

**4.52.** Какова молярная концентрация раствора соляной кислоты с  $\omega(\text{HCl}) = 36,5\%$  (плотность раствора 1,180 г/мл)? Какие объёмы газообразного хлороводорода (н.у.) и воды требуются для приготовления 2 л такого раствора?

**4.53.** Раствор серной кислоты плотностью 1,55 г/мл содержит 100 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в 100 мл раствора. Вычислите массовую долю ( $\omega$ , %) и молярную концентрацию ( $c$ , моль/л) серной кислоты в этом растворе.

**4.54.** Вычислите массу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (медного купороса), необходимую для приготовления 5 л раствора с массовой долей  $\text{CuSO}_4$  8% (плотность раствора 1,084 г/мл)? Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{CuSO}_4$  в этом растворе.

**4.55.** Рассчитайте объём раствора соляной кислоты с  $\omega(\text{HCl}) = 36\%$  (плотность раствора 1,18 г/мл), необходимый для приготовления 1 л раствора кислоты с  $c(\text{HCl}) = 2$  моль/л.

**4.56.** При выпаривании 2 л 10%-го раствора хлорида натрия (плотность раствора 1,07 г/мл) объём раствора уменьшился вдвое. Рассчитайте молярную концентрацию  $\text{NaCl}$  в полученном растворе. До какого объёма необходимо выпаривать исходный раствор, чтобы концентрация  $\text{NaCl}$  стала равной 5 моль/л?

**4.57.** В 250 г раствора аммиака с  $\omega(\text{NH}_3) = 5,44\%$  растворили 9,64 л газообразного аммиака (температура 20 °С, давление 101,0 кПа). Получили раствор плотностью 0,960 г/мл. Вычислите молярную концентрацию этого раствора.

**4.58.** Рассчитайте число атомов водорода в 100 мл водного раствора фосфорной кислоты с  $c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3$  моль/л (плотность раствора 1,150 г/мл).

**4.59.** В 1 л раствора с  $c(\text{NH}_3) = 5$  моль/л (плотность раствора 0,962 г/мл) растворили 29 л газообразного аммиака (давление 101,3 кПа, температура 10 °С), получив раствор плотностью 0,955 г/мл. Рассчитайте массовую долю и молярную концентрацию  $\text{NH}_3$  в полученном растворе.

**4.60.** Какой объём (н.у.) оксида серы(IV) должен прореагировать с 250 мл 1,0 М раствора гидроксида натрия, чтобы образовалась: а) средняя соль, б) кислая соль? Вычислите массу соли.

**4.61.** Какие объёмы хлороводорода (н.у.) и воды требуются для приготовления 200 мл раствора соляной кислоты плотностью 1,02 г/мл, если этим раствором можно нейтрализовать 500 мл раствора гидроксида калия с концентрацией  $c(\text{KOH}) = 0,8$  моль/л?

**4.62.** В 0,49 л воды растворили 5,6 л (н.у.) оксида серы(IV). Определите массовую долю и молярную концентрацию сернистой кислоты в полученном растворе (плотность раствора 1,02 г/мл).

**4.63.** В 100 мл воды растворили 7,1 г оксида фосфора(V). Вычислите массовую долю фосфорной кислоты в полученном растворе.

**4.64.** Оксид серы(VI) массой 8 г растворили в 142 г раствора серной кислоты с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10%. Определите массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в полученном растворе.

**4.65.** Оксид фосфора(V) массой 14,2 г растворили в 100 мл раствора фосфорной кислоты с массовой долей  $\text{H}_3\text{PO}_4$  14% (плотность раствора 1,11 г/мл). Определите массовую долю кислоты в полученном растворе.

**4.66.** Вычислите, какую массу оксида серы(VI) нужно растворить в 1 кг раствора серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 95,5\%$ , чтобы получить безводную (100%) серную кислоту?

**4.67.** Вычислите массы воды и оксида серы(VI), используя которые можно получить 200 г раствора серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 49\%$ .

**4.68.** Рассчитайте, какая масса раствора гидроксида натрия с  $\omega(\text{NaOH}) = 5,0\%$  потребуется для полной нейтрализации 25 мл раствора соляной кислоты плотностью 1,040 г/мл с  $\omega(\text{HCl}) = 8,5\%$ .

**4.69.** Для нейтрализации 28 г гидроксида натрия потребовалось 193 мл раствора серной кислоты (плотность раствора 1,11 г/мл). Определите массовую долю и молярную концентрацию  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в её растворе.

**4.70.** Вычислите, какой объём раствора соляной кислоты с массовой долей  $\text{HCl}$  20% (плотность раствора 1,10 г/мл) требуется для реакции с 20 г  $\text{CaCO}_3$ .

**4.71.** Вычислите массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе серной кислоты, если при взаимодействии 49,0 г этого раствора с избытком раствора хлорида бария образовалось 9,32 г осадка.

**4.72.** Вычислите массу осадка  $Zn(OH)_2$ , образующегося при добавлении 160 г раствора гидроксида натрия с массовой долей  $NaOH$  5% к избытку раствора хлорида цинка.

**4.73.** Вычислите, какой объём раствора гидроксида калия с  $\omega(KOH) = 14\%$  (плотность раствора 1,132 г/мл) потребуется для нейтрализации 143 мл раствора фосфорной кислоты с  $\omega(H_3PO_4) = 9,8\%$  (плотность раствора 1,049 г/мл) с образованием средней соли.

**4.74.** Какой объём раствора с массовой долей  $H_3PO_4$  20% (плотность раствора 1,114 г/мл) нужно добавить к 50 мл раствора гидроксида калия с  $c(KOH) = 2,0$  моль/л, чтобы в результате реакции образовался гидрофосфат калия? Вычислите количество вещества и массу соли.

**4.75.** Вычислите количество вещества и массу осадка, образующегося при смешении 200 г раствора сульфата меди(II) с  $\omega(CuSO_4) = 8\%$  и 200 мл 0,8 М раствора гидроксида натрия.

**4.76.** Вычислите, какая масса осадка образуется, если смешать: а) 200 мл 0,5 М раствора  $BaCl_2$  и 150 мл 0,6 М раствора  $Na_2SO_4$ ; б) 200 г 10,4 мас.% раствора  $BaCl_2$  и 200 г 10 мас.% раствора  $Na_2SO_4$ .

**4.77.** В 50 мл воды растворили 4,6 г натрия. Определите массовую долю гидроксида натрия в полученном растворе.

**4.78.** Какой объём раствора серной кислоты с  $\omega(H_2SO_4) = 12\%$  (плотность раствора 1,08 г/мл) требуется для полного растворения 12 г магния? Вычислите массовую долю сульфата магния в полученном растворе.

**4.79.** Какой объём сероводорода (н.у.) растворили в 500 мл раствора гидроксида натрия с  $\omega(NaOH) = 11\%$  (плотность раствора 1,12 г/мл), если в результате реакции образовалась средняя соль массой 15,6 г? Вычислите массовые доли веществ в получившемся растворе.

**4.80.** В 400 мл раствора соляной кислоты с  $\omega(HCl) = 12,5\%$  ( $\rho = 1,060$  г/мл) растворили 12 г магния. Определите объём выделившегося водорода (н.у.). Вычислите массовые доли растворённых веществ в полученном растворе.

**4.81.** Образец металлического натрия массой 1,15 г растворили в 200 г водного раствора гидроксида натрия с  $\omega(NaOH) = 8\%$ . Вычислите массовую долю  $NaOH$  в полученном растворе.

**4.82.** В 200 мл раствора соляной кислоты с  $\omega(HCl) = 20\%$  (плотность раствора 1,10 г/мл) растворили 1 моль гидрокарбоната натрия. Вычислите массовые доли веществ в растворе после реакции (назовите эти вещества).

**4.83.** Какой объём газообразного аммиака (н.у.) нужно растворить в 1 л раствора фосфорной кислоты с  $\omega(H_3PO_4) = 10\%$  (плотность раствора 1,053 г/мл), чтобы получился раствор гидрофосфата аммония? Вычислите массовую долю этой соли в растворе.

**4.84.** К 100 мл раствора карбоната натрия с  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 6\%$  ( $\rho = 1,06$  г/мл) прилили (при перемешивании) 100 мл раствора соляной кислоты с  $c(\text{HCl}) = 1$  моль/л. Вычислите объём газа (н.у.), выделившегося в результате реакции. Какие растворённые вещества, и в каких количествах содержатся в полученном растворе?

**4.85.** К 100 г раствора с массовой долей гидроксида калия 5% прилили 100 г раствора соляной кислоты с  $\omega(\text{HCl}) = 5\%$ . Какую реакцию среды – кислую, нейтральную или щелочную – имеет полученный раствор? Рассчитайте массовые доли содержащихся в нём веществ.

**4.86.** К 300 мл раствора серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 82\%$  (плотность раствора 1,75 г/мл) добавили оксид серы(VI). Массовая доля серной кислоты в растворе стала равной 96%. Определите массу добавленного оксида серы(VI).

**4.87.** В 76,2 мл раствора фосфорной кислоты с массовой долей  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% (плотность раствора 1,05 г/мл) растворили при нагревании некоторое количество оксида фосфора(V). В результате массовая доля  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в растворе увеличилась на 5%. Вычислите массу растворённого оксида фосфора(V).

**4.88.** Вычислите массу раствора ортофосфорной кислоты с массовой долей  $\omega_1(\text{H}_3\text{PO}_4) = 10\%$ , при растворении в котором 14,2 г оксида фосфора(V) получается раствор с массовой долей кислоты  $\omega_2 = 22,5\%$ .

**4.89.** В какой массе раствора серной кислоты с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  30% нужно растворить 60 г оксида серы(VI), чтобы получить раствор с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  50%?

**4.90.** Какая масса бария должна прореагировать с 1 л воды, чтобы образовался раствор с массовой долей  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  2%?

**4.91.** При добавлении щёлочи (в небольшом избытке) к 100 мл раствора  $\text{CuSO}_4$  образовался осадок, при прокаливании которого осталось 8 г твёрдого вещества. Вычислите молярную концентрацию  $\text{CuSO}_4$  в исходном растворе.

**4.92.** Определите, какой объём (н.у.)  $\text{CO}_2$  и какие массы раствора гидроксида натрия с  $\omega(\text{NaOH}) = 20\%$  и воды требуются для приготовления 50 г раствора карбоната натрия с массовой долей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10,6%.

**4.93.** Вычислите, какие массы раствора фтороводородной кислоты с массовой долей  $\text{HF}$  20%, раствора гидроксида калия с массовой долей  $\text{KOH}$  10% и воды нужно взять для приготовления 58 г раствора с массовой долей  $\text{KF}$  5%.

**4.94.** Определите, какой объём сероводорода (н.у.) и какие массы 16 мас.% раствора гидроксида натрия и воды требуются для приготовления 150 г раствора сульфида натрия с массовой долей  $\text{Na}_2\text{S}$  7,8%.

**4.95.** Смешали 40 мл 0,25 М раствора дигидрофосфата калия ( $\rho = 1,15$  г/мл) и 40 г раствора гидроксида калия с  $\omega(\text{KOH}) = 4,2\%$ . Какие вещества (кроме воды) содержит полученный раствор и каковы их массовые доли?

**4.96.** Какой объём (н.у.) газообразного хлороводорода растворили в 1,044 л раствора аммиака с массовой долей  $\text{NH}_3$  5% (плотность раствора 0,977 г/мл), если в образовавшемся растворе массовая доля  $\text{HCl}$  оказалась равной 2%?

**4.97.** В 100 г воды растворили 20 г смеси натрия и оксида натрия с молярным соотношением компонентов 4 : 1. Определите массовую долю гидроксида натрия в полученном растворе.

**4.98.** К 300 г раствора гидроксида натрия с массовой долей  $\text{NaOH}$  5% добавили до полной нейтрализации раствор соляной кислоты с массовой долей  $\text{HCl}$  8%. Какую массу воды нужно выпарить из образовавшегося раствора, чтобы получить раствор хлорида натрия с массовой долей  $\text{NaCl}$  20 %?

**4.99.** В 55 мл раствора серной кислоты с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  91% (плотность раствора 1,82 г/мл) растворили некоторое количество оксида серы(VI). Массовая доля кислоты в образовавшемся растворе оказалась равной 96%. Определите количество вещества и массу растворённого оксида серы(VI).

**4.100.** Массовая доля кристаллизационной воды в кристаллогидрате сульфата натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) составляет 55,9%. Определите формулу кристаллогидрата. Вычислите массовую долю сульфата натрия в растворе, полученном при растворении 80,5 г данного кристаллогидрата в 2 л воды.

**4.101.** К раствору сульфата железа(II) с массовой долей  $\text{FeSO}_4$  10% добавили 13,9 г кристаллогидрата этой соли. Получили раствор массой 133,9 г, с массовой долей  $\text{FeSO}_4$  14,64%. Определите формулу кристаллогидрата.

**4.102.** После растворения 13,9 г кристаллогидрата сульфата железа(II) ( $\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) в 86,1 г воды массовая доля  $\text{FeSO}_4$  в растворе оказалась равной 7,6%. Определите формулу кристаллогидрата.

**4.103.** При охлаждении 200 мл раствора сульфата магния с  $\omega(\text{MgSO}_4) = 24\%$  (плотность раствора 1,270 г/мл) образовался осадок кристаллогидрата  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  массой 61,5 г. Определите массовую долю  $\text{MgSO}_4$  в оставшемся растворе.

**4.104.** При охлаждении 400 мл раствора сульфата меди(II) с массовой долей  $\text{CuSO}_4$  25% (плотность раствора 1,19 г/мл) образовался осадок кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  массой 50 г. Определите массовую долю  $\text{CuSO}_4$  в оставшемся растворе.

**4.105.** При охлаждении 500 г раствора сульфата железа(II) с массовой долей  $\text{FeSO}_4$  35% выпало в осадок 150 г кристаллогидрата  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Определите массовую долю  $\text{FeSO}_4$  в оставшемся растворе.

**4.106.** В 475 г насыщенного при 20 °С раствора нитрата бария содержится 45 г этой соли. Определите растворимость нитрата бария в воде при данной температуре ( $k_s$ , г/100 г воды).

**4.107.** При выпаривании 100 г насыщенного при 20 °С раствора хлорида натрия образуется 26,42 г соли. Определите растворимость хлорида натрия в воде при данной температуре ( $k_s$ , г соли/100 г воды).

**4.108.** Насыщенный водный раствор гидроксида бария называют баритовой водой. Если к 50 г насыщенного при 20 °С раствора  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  добавить избыток серной кислоты, образуется осадок массой 2,54 г. Вычислите массовую долю гидроксида бария в баритовой воде и его растворимость при данной температуре ( $k_s$ , г/100 г воды).

**4.109.** При 20 °С растворимость гидроксида бария в воде составляет 3,89 г (на 100 г воды). Вычислите массовую долю и молярную концентрацию  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  в насыщенном растворе (плотность раствора 1,03 г/мл).

**4.110.** Вычислите, какая масса соли выкристаллизуется из 160 г насыщенного при 100 °С раствора нитрата бария, если раствор охладить до 10 °С. Растворимость  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  при 100 °С составляет 34,2 г, а при 10 °С – 6,78 г.

**4.111.** При 80 °С растворимость хлорида калия в воде равна 51,1 г (в 100 г воды). Вычислите растворимость этой соли при 20 °С, если известно, что при охлаждении 100 г насыщенного при 80 °С раствора хлорида калия до 20 °С кристаллизуется 11,05 г  $\text{KCl}$ .

**4.112.** Какая масса сульфата калия выкристаллизуется из 400 г раствора этой соли, насыщенного при 80 °С, если раствор охладить до 20 °С? Растворимость  $\text{K}_2\text{SO}_4$  составляет 21,4 г (в 100 г воды) при 80 °С и 11,1 г при 20 °С.

**4.113.** Растворимость хлората калия ( $\text{KClO}_3$ ) в воде при 70 °С равна 30,2 г, а при 30 °С – 10,1 г (в 100 г воды). Какая масса  $\text{KClO}_3$  выкристаллизуется из 200 г насыщенного при 70 °С раствора, если раствор охладить до 30 °С? Какая масса этой соли останется в растворе? Какова массовая доля  $\text{KClO}_3$  в насыщенном при 30 °С растворе?

## Некоторые решения и ответы

**4.1.**  $\omega(\text{NaCl}) = 20\%$ .

**4.2.**  $\omega(\text{NaOH}) = 7\%$ .

**4.3.**  $\omega(\text{KOH}) = 17,5\%$ .

**4.4.**  $\omega(\text{NH}_3) = 7,05\%$ .

**4.5.**  $\omega(\text{HCl}) = 9\%$ .

**4.6.**  $\omega(\text{HCl}) = 3,5\%$ .

**4.7.**  $\omega(\text{CuSO}_4) = 1,5\%$ .

**4.8.**  $\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 15,16\%$ .

**4.9.**  $\omega_2(\text{HNO}_3) = 12,3\%$ .



**4.10.**  $\omega_2(\text{KCl}) = 16,2\%$ .

**4.11.**  $\omega_2(\text{NaOH}) = 26,7\%$ .

**4.12.**  $\omega_2(\text{NH}_3) = 9,8\%$ .

**4.13.**  $M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль}$ ;  $M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}$ ;

$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,2 \text{ моль}$ ;

$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ г}$ ;

$m(\text{CuSO}_4) = 0,2 \cdot 160 = 32 \text{ г}$  (в кристаллогидрате).

Найдём массу  $\text{CuSO}_4$  в исходном 6,4% растворе:

$m_1(\text{CuSO}_4) = m_1(\text{р-ра}) \cdot \omega_1/100\% = 250 \cdot 0,064 = 16 \text{ г}$ .

Общая масса  $\text{CuSO}_4$  в полученном растворе:  $m_2(\text{CuSO}_4) = 32 + 16 = 48 \text{ г}$ .

Масса полученного раствора:  $m_2(\text{р-ра}) = 250 + 50 = 300 \text{ г}$ .

Следовательно,  $\omega_2(\text{CuSO}_4) = (48 / 300) \cdot 100\% = 16\%$ .

**4.14.**  $\omega_2(\text{NH}_3) = 16\%$ .

**4.15.**  $m_2(\text{р-ра}) = 1047 \cdot 1,07 = 1120,29 \text{ г}$ ;

$m_1(\text{р-ра}) = 1120,29 - 100 = 1020,29 \text{ г}$ ;

$m_1(\text{AlCl}_3) = 1020,29 \cdot 0,02 = 20,4 \text{ г}$ ;

$m(\text{AlCl}_3)_{\text{в кр-гидр.}} = \frac{m(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{AlCl}_3)}{M(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} = \frac{100 \cdot 133,5}{241,5} = 55,28 \text{ г}$ ;

$m_2(\text{AlCl}_3) = 20,4 + 55,28 = 75,68 \text{ г}$ ;

$\omega_2(\text{AlCl}_3) = \frac{75,68}{1120,29} \cdot 100\% = 6,8\%$ .

**4.16.**  $\omega(\text{NaCl}) = 24,26\%$ .

**4.17.**  $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H}_2\text{SO}_4)} = 1,5$ .

**4.18.**  $\frac{N(\text{H}_2\text{O})}{N(\text{NH}_3)} = 3,76$ ;  $V(\text{NH}_3) = 329,4 \text{ л}$ .

**4.19.**  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) \approx 84,5\%$ .

**4.20.**  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 73\%$ .

**4.21.**  $V(\text{H}_2\text{O}) = 170 \text{ мл}$ .

**4.22.**  $m(\text{BaCl}_2) = 10,59 \text{ г}$ .

**4.24.** Раствор хлороводорода в воде называется хлороводородной (соляной) кислотой. По условию  $m(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 1000 \text{ г}$ .

1) Определим массу  $\text{HCl}$  в 36,5% растворе кислоты.

Если  $m(\text{р-ра}) = 100 \text{ г}$ , то  $m(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г}$ , а  $m(\text{H}_2\text{O}) = 63,5 \text{ г}$ ; составим пропорцию:

на 63,5 г  $\text{H}_2\text{O}$  приходится 36,5 г  $\text{HCl}$

на 1000 г  $\text{H}_2\text{O}$  — " —  $m$  г  $\text{HCl}$

$m(\text{HCl}) = \frac{1000 \cdot 36,5}{63,5} = 574,8 \text{ г}$ .

2) Определим объём газообразного  $\text{HCl}$  (при н.у.):

$V(\text{HCl}) = V_m(\text{HCl}) \cdot n(\text{HCl}) = \frac{22,4 \text{ л/моль} \cdot 574,8 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 352,8 \text{ л}$

4.25.  $V(\text{NH}_3) = 59,76 \text{ л}; V(\text{H}_2\text{O}) \approx 136 \text{ мл.}$

4.26.  $m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 44,6 \text{ г}; m(\text{H}_2\text{O}) = 178,4 \text{ г.}$

4.27.  $m(\text{NaCl}) = 65,4 \text{ г}; m(\text{H}_2\text{O}) = 479,6 \text{ г.}$

4.28.  $V(\text{NH}_3) = 14,5 \text{ л.}$

4.29.  $V(\text{H}_2\text{O}) = 342 \text{ мл.}$

4.30.  $\frac{V(7\% \text{ р-ра})}{V(45\% \text{ р-ра})} = 4,14.$

4.31.  $V(16\% \text{ р-ра}) = 442,7 \text{ мл}; V(38\% \text{ р-ра}) = 212,3 \text{ мл.}$

4.32.  $m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 64 \text{ г}; m(\text{H}_2\text{O}) = 436 \text{ г.}$

4.33.  $m(\text{N}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 170,45 \text{ г}; V(\text{H}_2\text{O}) = 329,55 \text{ мл.}$

4.34. Задачу можно решить, используя *правило смешения (правило «креста»)*.

1) Вычислим массовую долю  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в кристаллогидрате:

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{в кр-гидр.}} = \frac{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = \frac{142}{322} \cdot 100 = 44,1\%.$$

2) Составим схему (крест) и, используя массовые части, вычислим необходимую массу кристаллогидрата:

$$\begin{array}{ccc} 44,1 & \leftarrow & 10 \\ & \swarrow \quad \searrow & \\ & 10 & \\ & \swarrow \quad \searrow & \\ 0 & \leftarrow & 34,1 \end{array} \quad (\text{массовые части});$$

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{10}{34,1} \rightarrow m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{400 \cdot 10}{34,1} = 117,3 \text{ г.}$$

4.35.  $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 22,86 \text{ г}; m_{8\% \text{ р-ра}} = 297,14 \text{ г.}$

4.36.  $m(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 19,2 \text{ г.}$

4.37.  $m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 30,6 \text{ г.}$

4.38.  $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 92,6 \text{ г.}$

4.39.  $V(15\% \text{ р-ра}) = 2,27 \text{ л}; m(\text{H}_2\text{O}) = 1329 \text{ г.}$

4.41.  $\omega_1(\text{HCl}) = 2 \text{ \%}.$

4.42.  $c(\text{KOH}) = 1 \text{ моль/л.}$

4.44.  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ моль}; c = 10 \text{ моль/л.}$

4.45.  $c(\text{HNO}_3) = 8,3 \text{ моль/л.}$

4.46.  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 16,6 \text{ \%}.$

4.47.  $V_{\text{р-ра}} = 30,2 \text{ мл.}$

4.48.  $V_{\text{р-ра}} = 102,6 \text{ мл}$

4.50.  $V_{\text{р-ра}} = 0,508 \text{ л}; c(\text{HCl}) = 0,787 \text{ моль/л}; \omega(\text{HCl}) = 2,84\%.$

4.52.  $c(\text{HCl}) = 11,8 \text{ моль/л}; V(\text{HCl}) = 528,64 \text{ л}; V(\text{H}_2\text{O}) \approx 1,5 \text{ л.}$

4.53.  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 64,5 \text{ \%}; c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10,2 \text{ моль/л.}$

4.54.  $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 677,5 \text{ г}; c(\text{CuSO}_4) = 0,54 \text{ моль/л.}$

4.55.  $V(\text{HCl}) = 171,8 \text{ мл.}$

4.56.  $c(\text{NaCl}) = 3,66 \text{ моль/л}; V_{\text{р-ра}} = 0,73 \text{ л.}$

4.61.  $V(\text{HCl}) = 8,96$  л;  $V(\text{H}_2\text{O}) = 189,4$  мл.

4.62.  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_3) \approx 4\%$ ;  $c(\text{H}_2\text{SO}_3) = 0,5$  моль/л.

4.63.  $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 9,15\%$ .

4.64.  $\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 16\%$ .

4.65.  $\omega_2(\text{H}_3\text{PO}_4) = 28\%$ .

4.68.  $m_{\text{р-ра NaOH}} = 48,4$  г.

4.69.  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 16\%$ ;  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,81$  моль/л.

4.70.  $V_{\text{р-ра HCl}} = 66,36$  мл.

4.71.  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 8\%$ .

4.72.  $m(\text{Zn}(\text{OH})_2) = 9,9$  г.

4.73.  $V_{\text{р-ра KOH}} = 159$  мл.

4.74.  $V_{\text{р-ра H}_3\text{PO}_4} = 22$  мл;  $n(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 0,05$  моль.

4.75.  $m(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 7,84$  г.

4.77.  $\omega(\text{NaOH}) = 14,7\%$ .

4.78.  $V_{\text{р-ра H}_2\text{SO}_4} = 378$  мл;  $\omega(\text{MgSO}_4) = 14,3\%$ .

4.79.  $V(\text{H}_2\text{S}) = 4,48$  л;  $\omega(\text{NaOH}) = 8\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{S}) = 2,8\%$ .

4.81.  $\omega_2(\text{NaOH}) = 8,95\%$ .

4.83.  $V(\text{NH}_3) = 48,16$  л;  $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 13,0\%$ .

4.84. В зависимости от молярного соотношения  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{HCl}$  возможны реакции: а)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ,

б)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$ .

1) Определим количество вещества  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в исходном растворе:

$m_{\text{р-ра}} = 100$  мл  $\cdot$   $1,06$  г/мл =  $106$  г,  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \cdot 0,06 = 6,36$  г;

$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106$  г/моль  $\rightarrow n_{\text{исх.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 6,36/106 = 0,06$  моль.

2) Количество вещества  $\text{HCl}$  в исходном растворе соляной кислоты:

$n_{\text{исх.}}(\text{HCl}) = 0,1$  л  $\cdot$   $1$  моль/л =  $0,1$  моль  $\rightarrow$  для реакции (а)  $\text{HCl}$  в недостатке (требуется  $0,12$  моль), для (б) – в избытке (требуется  $0,06$  моль), значит идут последовательные реакции (б) и (в):

в)  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ .

В реакции (б):  $n_6(\text{HCl}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,06$  моль,

$n_6(\text{NaHCO}_3) = n_6(\text{NaCl}) = 0,06$  моль.

В реакции (в):  $n_в(\text{HCl}) = n_{\text{исх.}} - n_6 = 0,1 - 0,06 = 0,04$  моль,

$n_в(\text{NaHCO}_3) = n_в(\text{NaCl}) = n_в(\text{CO}_2) = 0,04$  моль.

3) Таким образом, полученный раствор содержит  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{NaCl}$ , причём

$n(\text{NaHCO}_3) = n_6 - n_в = 0,06 - 0,04 = 0,02$  моль,

$n(\text{NaCl}) = n_6 + n_в = 0,06 + 0,04 = 0,1$  моль.

4) Если считать, что всё количество образовавшегося  $\text{CO}_2$  ( $n_в$ ) выделилось из раствора в виде газа, то  $V(\text{CO}_2) = 0,04$  моль  $\cdot$   $22,4$  л/моль =  $0,896$  л (н.у.).

4.88.  $m_1 \text{ р-ра} = 130,6$  г.

4.90.  $m(\text{Ba}) = 16,3$  г.

4.92. Уравнение реакции:  $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

Расчёт:  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega(\text{Na}_2\text{CO}_3)/100 = 50 \cdot 0,106 = 5,3$  г;

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m/M = \frac{5,3 \text{ г}}{106 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль};$$

$$n(\text{NaOH}) = 2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{NaOH}) = n \cdot M = 0,1 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 4 \text{ г};$$

$$m_{\text{р-ра NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{\omega_{\text{NaOH}}} \cdot 100\% = \frac{4 \text{ г}}{20\%} \cdot 100\% = 20 \text{ г};$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,05 \text{ моль};$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,05 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 2,2 \text{ г};$$

$$V(\text{CO}_2) = 0,05 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,12 \text{ л (н.у.)};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{получ. р-ра}} - m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) - m(\text{CO}_2 \uparrow) = 50 - 20 - 2,2 = 27,8 \text{ г}.$$

$$4.93. m_{\text{р-ра HF}} = 5 \text{ г}; m_{\text{р-ра KOH}} = 28 \text{ г}; m(\text{H}_2\text{O}) = 25 \text{ г}.$$

$$4.94. V(\text{H}_2\text{S}) = 3,36 \text{ л (н.у.)}; m_{\text{р-ра}} = 75 \text{ г}.$$

$$4.95. \text{K}_3\text{PO}_4, n = 0,01 \text{ моль}, \omega = 2,47\%; \text{KOH}, n = 0,01 \text{ моль}, \omega = 0,65\%.$$

$$4.96. V(\text{HCl}) = 55,8 \text{ л (н.у.)}.$$

$$4.97. \omega(\text{NaOH}) = 26\%.$$

$$4.98. m(\text{H}_2\text{O}) = 361,4 \text{ г}.$$

$$4.100. \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}; \omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1,7\%.$$

$$4.101. \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}.$$

$$4.103. \omega_2(\text{MgSO}_4) = 12,73\%.$$

$$4.104. \omega(\text{CuSO}_4) = 20\%.$$

**4.110.** Растворимость (коэффициент растворимости,  $k_s$ ) обычно выражают в граммах безводного растворённого вещества на 100 г растворителя (воды) в насыщенном растворе этого вещества при данной температуре. *Решение:*

1) Вычислим массовую долю соли в насыщенном при 100 °С растворе.

В этом растворе на 100 г H<sub>2</sub>O приходится 34,2 г Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, следовательно:

$$m_{\text{р-ра}} = 100 + 34,2 = 134,2 \text{ г}; \omega(\text{соли})_{100^\circ\text{C}} = 34,2 / 134,2 = 0,255 \text{ (25,5\%)}.$$

2) Определим массу соли, содержащейся в 160 г насыщенного при 100 °С раствора:  $m(\text{соли})_{100^\circ\text{C}} = 160 \cdot 0,255 = 40,8 \text{ г}.$

3) Вычислим массовую долю соли в насыщенном при 10 °С растворе:

$$m_{\text{р-ра}} = 100 + 6,78 = 106,78 \text{ г}; \omega(\text{соли})_{10^\circ\text{C}} = 6,78 / 106,78 = 0,0635 \text{ (6,35\%)}.$$

4) Пусть масса соли, кристаллизующейся при охлаждении насыщенного раствора, равна  $x$  (г), тогда:

$$\omega(\text{соли})_{10^\circ\text{C}} = \frac{m(\text{соли})_{100^\circ\text{C}} - x}{m(\text{раствора})_{100^\circ\text{C}} - x} = \frac{40,8 - x}{160 - x} = 0,0635;$$

$$40,8 - x = 0,0635(160 - x) \rightarrow x = 32,7;$$

$$m(\text{Ba(NO}_3)_2 \downarrow) = 32,7 \text{ г}.$$

$$4.111. k_s^{20^\circ\text{C}}(\text{KCl}) = 34,4 \text{ г}.$$

$$4.112. m(\text{K}_2\text{SO}_4 \downarrow) = 33,95 \text{ г}.$$

$$4.113. m(\text{KClO}_3 \downarrow) = 30,88 \text{ г}; m(\text{KClO}_3)_{\text{р-р}} = 15,51 \text{ г}; \omega(\text{KClO}_3)_{30^\circ\text{C}} = 9,17\%.$$

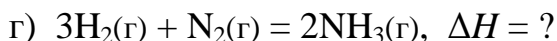
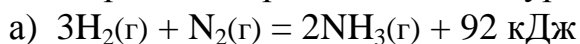
## 5. ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ РЕАКЦИЙ

5.1. Какие реакции называются:

а) экзотермическими, б) эндотермическими?

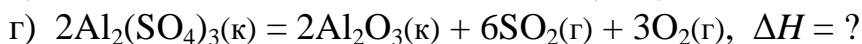
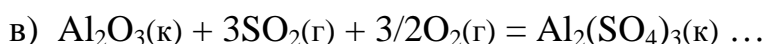
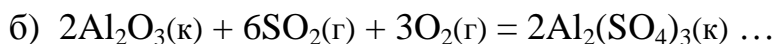
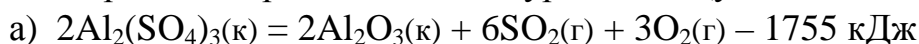
\* 5.2. Что называется тепловым эффектом реакции? В каких единицах он выражается?

5.3. По приведённому термохимическому уравнению реакции (а) закончите другие варианты термохимических уравнений (указав тепловые эффекты):



Укажите, какими – экзо- или эндотермическими являются данные реакции.

5.4. По приведённому термохимическому уравнению реакции (а) закончите другие варианты термохимических уравнений (указав тепловые эффекты):



Укажите, какими – экзо- или эндотермическими являются данные реакции.

---

\* Теплота, наряду с работой, является формой передачи энергии. В результате химической реакции или физико-химического процесса (испарения, конденсации и др.) система, состоящая из участвующих в реакции веществ, изменяет своё энергетическое состояние, обмениваясь энергией с окружающей средой.

Количество теплоты ( $Q$ ), которое выделяется или поглощается в результате химической реакции, называется **тепловым эффектом реакции**. Необходимо отметить, что понятия «количество теплоты», «теплота реакции» (например, «теплота образования вещества») не являются строгими. В отличие от энергии, теплота не может накапливаться, т.к. она относится к процессу. Кроме того, она зависит от условий проведения реакции. Тепловой эффект реакции можно выразить через изменение запаса энергии исходных веществ и продуктов реакции. В случае, если реакция протекает при постоянном давлении, тепловой эффект реакции ( $Q_p$ ) равен по величине изменению энтальпии системы ( $\Delta H$ ). **Энтальпия** ( $H$ ) – это характеристика энергетического состояния вещества, включающая в себя его внутреннюю энергию и энергию, затраченную на преодоление внешнего давления. Величину  $\Delta H$  обычно называют просто **энтальпией реакции**.

**Система знаков.** Знак  $Q$  принято указывать по отношению к окружающей среде, а знак  $\Delta H$  – по отношению к системе ( $\Delta H = -Q_p$ ). Для экзотермических реакций  $Q > 0$ ,  $\Delta H < 0$ , для эндотермических реакций  $Q < 0$ ,  $\Delta H > 0$ .

**Стандартные условия.** Величины тепловых эффектов обычно приводят для следующих условий проведения реакций:  $p = 101\,325 \text{ Па}$  и  $T = 298,15 \text{ К}$ , или  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , хотя температура в определении стандартных условий, в общем случае, не входит. Стандартную энтальпию реакции обозначают  $\Delta H^\circ$ ; соответственно,  $\Delta H^\circ_{\text{сг}}$  – стандартная энтальпия сгорания вещества,  $\Delta H^\circ_{\text{обр}}$  – стандартная энтальпия образования вещества из простых веществ (кДж/моль).

**5.5.** Чем термохимическое уравнение реакции отличается от обычного химического уравнения? Составьте термохимическое уравнение реакции образования воды (жидкой) из простых веществ, если известно, что при образовании 18 г воды выделяется 286 кДж теплоты.

**5.6.** По термохимическому уравнению  $S_{(тв)} + O_2(г) = SO_2(г) + 297 \text{ кДж}$  рассчитайте:

- тепловой эффект реакции сгорания 160 г серы;
- какой объём кислорода (н.у.) вступает в реакцию, если при этом выделяется 59,4 кДж теплоты;
- какое количество вещества оксида серы(IV) образуется, если выделяется 1188 кДж теплоты;
- стандартную энтальпию образования  $SO_2(г)$  (кДж/моль).

**5.7.** По термохимическому уравнению  $C_{(графит)} + O_2(г) = CO_2(г) + 393,5 \text{ кДж}$  рассчитайте:

- тепловой эффект реакции сгорания 1 кг угля, массовая доля негорючих примесей в котором составляет 28%;
- какая масса углерода (графита) вступает в реакцию, если при этом выделяется 9838 кДж теплоты;
- какой объём оксида углерода(IV) (при 25 °С и 101,3 кПа) образуется, если выделяется 787 кДж теплоты;
- стандартную энтальпию сгорания углерода (графита), кДж/моль.

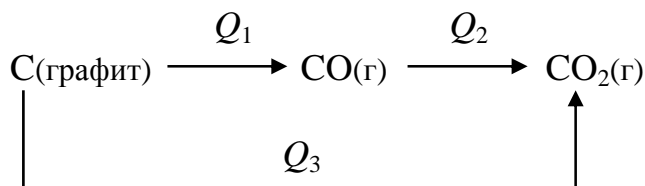
**5.8.** При разложении 40 г кристаллического гидрокарбоната калия образуются  $K_2CO_3(к)$ ,  $CO_2(г)$ ,  $H_2O(г)$  (пар) и поглощается 26,6 кДж теплоты (стандартные условия). Составьте термохимическое уравнение реакции и рассчитайте:

- какой объём  $CO_2$  (при 25 °С и давлении 101,3 кПа) образуется, если в результате этой реакции поглотится 133 кДж теплоты;
- какое количество вещества  $K_2CO_3$  образуется в случае, если тепловой эффект реакции составит 100 кДж;
- численные значения  $Q$  и  $\Delta H$  для реакции образования 1 моль  $KHCO_3(к)$  из  $K_2CO_3(к)$ ,  $CO_2(г)$  и  $H_2O(г)$ .
- массовую долю  $KHCO_3$  в смеси с  $K_2CO_3$ , если тепловой эффект превращения 200 г этой смеси в чистый карбонат калия составил 53,2 кДж.

**5.9.** При взаимодействии 19,4 г сульфида цинка с кислородом (окислительный обжиг) образуются оксид цинка, оксид серы(IV) и выделяется 88,6 кДж теплоты (стандартные условия). Составьте термохимическое уравнение реакции и рассчитайте:

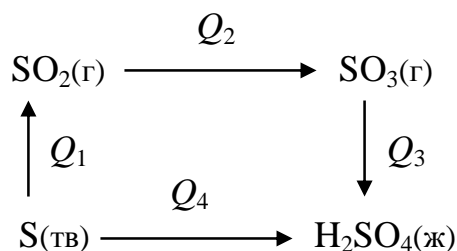
- тепловой эффект данной реакции, если образуется 40,5 г оксида цинка;
- объём кислорода (н.у.), вступившего в реакцию, если тепловой эффект составил 443 кДж;
- стандартную энтальпию сгорания (окисления)  $ZnS(к)$  (кДж/моль);
- массовую долю  $ZnO$  в смеси с  $ZnS$ , если в результате взаимодействия 50 г этой смеси с избытком кислорода выделилось 177,2 кДж теплоты.

\* **5.10.** На основе закона Гесса определите взаимосвязь между тепловыми эффектами отдельных реакций (составьте их уравнения) в следующем цикле превращений:



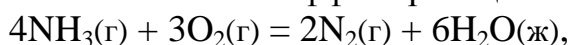
Как вычислить: а)  $Q_3$ , если известны  $Q_1$  и  $Q_2$ ; б)  $Q_2$ , если известны  $Q_1$  и  $Q_3$ ?

**5.11.** На основе закона Гесса определите взаимосвязь между тепловыми эффектами отдельных реакций (составьте их уравнения) в следующем цикле превращений:



Покажите, как вычислить тепловой эффект каждой из реакций, если известны величины  $Q$  для трёх других реакций.

**5.12.** Вычислите тепловой эффект реакции



используя значения тепловых эффектов следующих реакций:

- 1)  $3/2\text{H}_2(\text{г}) + 1/2\text{N}_2(\text{г}) = \text{NH}_3(\text{г}) + 46 \text{ кДж},$
- 2)  $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2\text{O}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + 286 \text{ кДж}.$

**5.13.** Вычислите тепловой эффект реакции



используя значения тепловых эффектов следующих реакций:

- 1)  $\text{C(графит)} + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 393,5 \text{ кДж},$
- 2)  $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2\text{O}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + 286 \text{ кДж},$
- 3)  $\text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + 890 \text{ кДж}.$

---

\* *Герман Иванович Гесс* (1802–1850) – один из основателей термохимии. Работал в Санкт-Петербургском университете. В 1840 г. он сформулировал основной закон термохимии, представляющий собой частный случай закона сохранения энергии:

▪ **Тепловой эффект реакции зависит только от начального и конечного состояния веществ и не зависит от промежуточных стадий процесса.**

▪ **Следствия из закона Гесса:** 1. Тепловой эффект химической реакции равен сумме тепловых эффектов образования продуктов реакции (*из простых веществ*) за вычетом суммы тепловых эффектов образования исходных веществ.

2. Тепловой эффект реакции равен сумме тепловых эффектов сгорания исходных веществ за вычетом суммы тепловых эффектов сгорания продуктов данной реакции.

## Ответы и комментарии

**5.3, 5.4.** Тепловой эффект реакции пропорционален количеству вещества. В записи термохимического уравнения он соответствует количествам веществ, которые показывают стехиометрические коэффициенты уравнения реакции. Для обратной реакции изменяется знак  $Q$ .

**5.6.** а) 1485 кДж; б) 4,48 л; в) 4 моль; г)  $-297$  кДж/моль.

**5.7.** а) 23 610 кДж; б) 300 г; в) 48,9 л; г)  $-393,5$  кДж/моль.

**5.8.** а) 24,45 л; б) 0,752 моль; в)  $\Delta H^\circ = -66,5$  кДж/моль; г) 40%.

**5.9.** а) 221,5 кДж; б) 33,6 л; в)  $\Delta H^\circ = -443$  кДж/моль; г) 22,4%.

**5.10, 5.11.** В соответствии с законом Гесса, если реакция протекает в несколько стадий, то общий тепловой эффект реакции равен алгебраической сумме тепловых эффектов всех промежуточных стадий.

**5.12.**  $Q = +1532$  кДж.

**5.13.**  $Q = +75,5$  кДж.

*Обратите внимание на следствия из закона Гесса. Они помогают в решении некоторых термохимических задач. Более наглядный вариант решения – построение термохимического цикла, включающего термохимические уравнения всех рассматриваемых процессов.*



## 6. СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

**6.1.** Через 80 секунд после начала реакции  $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) = \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$  молярная концентрация газообразной воды оказалась равной 0,24 моль/л, а через 2 минуты стала 0,28 моль/л. Определите среднюю скорость данной химической реакции.

**6.2.** Вычислите среднюю скорость реакции  $\text{A} + 3\text{B} = 2\text{C}$ , если начальная концентрация вещества А была 0,35 моль/л, а через 20 секунд стала 0,27 моль/л. Как изменились за это время концентрации веществ В и С?

**6.3.** Определите среднюю скорость химической реакции между оксидом углерода(II) и молекулярным кислородом, если начальная концентрация CO была равна 0,24 моль/л, а через 30 секунд после начала реакции концентрация образовавшегося  $\text{CO}_2$  оказалась равной 0,15 моль/л. Как за это время изменилась концентрация кислорода и какой стала концентрация CO?

**6.4.** Начальные концентрации веществ в реакции  $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$  были равны (моль/л):  $c_0(\text{CO}) = 2$ ;  $c_0(\text{O}_2) = 1,6$ ;  $c_0(\text{CO}_2) = 0$ . Через 8 секунд после начала реакции концентрация  $\text{CO}_2$  стала 0,4 моль/л. Вычислите среднюю скорость образования  $\text{CO}_2$  и концентрации CO и  $\text{O}_2$  в этот момент времени.

**6.5.** В сосуде объёмом 3 л протекает реакция  $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_6$ . Исходная масса водорода 1 г. Через 10 секунд после начала реакции масса водорода стала равной 0,4 г. Определите среднюю скорость образования этана.

**6.6.** Начальные концентрации веществ в реакции  $\text{A} + 2\text{B} = 2\text{C}$  были равны (моль/л):  $c(\text{A}) = 0,04$ ;  $c(\text{B}) = 0,06$ ;  $c(\text{C}) = 0$ . Через 10 секунд после начала реакции концентрация вещества А уменьшилась до 0,03 моль/л. Вычислите, как при этом изменились концентрации веществ В и С и какова средняя скорость реакции на этом этапе.

**6.7.** В результате некоторой реакции в единице объёма за единицу времени образовалось 6,6 г оксида углерода(IV), в результате другой реакции при тех же условиях образовалось 8,0 г оксида серы(IV). Какая из этих реакций протекала с большей скоростью? Ответ объясните.

**6.8.** При некоторых условиях в реакциях получения бромоводорода и иодоводорода из простых веществ за одинаковое время и в одинаковом объёме образовалось 5,7 г HBr и 6,4 г HI. Какая из этих реакций протекала с большей скоростью?

**6.9.** В результате реакции сульфида железа(II) с соляной кислотой образовалось 3,36 л (н.у.) сероводорода, в результате подобной реакции оксида железа(II) с соляной кислотой за такое же время образовалось 4,5 г воды. Сравните средние скорости этих реакций.

**6.10.** Средняя скорость образования этана равна 0,02 моль/(л·с). Вычислите массу образовавшегося этана в реакционном сосуде объёмом 5 л через 1 минуту после начала реакции.

**6.11.** Средняя скорость образования бутана равна 0,06 моль/(л·с). Вычислите массу образовавшегося бутана в реакционном сосуде объёмом 10 л через 5 секунд после начала реакции.

**6.12.** Через 100 секунд после начала реакции магния с 200 мл 1,5 М раствора HCl объём выделившегося водорода оказался равным 1,9 л (н.у.). Вычислите концентрации хлороводорода и образовавшейся соли в этот момент времени и среднюю скорость реакции (изменением объёма раствора после реакции можно пренебречь).

**6.13.** При взаимодействии мраморной крошки (CaCO<sub>3</sub>) с разбавленной соляной кислотой за 80 секунд выделилось 90 мл (н.у.) углекислого газа. Как при этом изменились концентрации HCl и CaCl<sub>2</sub> в растворе, объём которого 250 мл, и какова средняя скорость реакции?

**6.14.** Реакция протекает по уравнению  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$ . Как изменится скорость реакции при увеличении: а) концентрации оксида азота(II) в 2 раза; б) концентрации кислорода в 2 раза; в) концентрации обоих веществ в 4 раза?

**6.15.** В реакции, протекающей по уравнению  $2\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + \text{SO}_2(\text{г}) = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ , концентрацию сероводорода увеличили с 0,10 до 0,15 моль/л, а концентрацию оксида серы(IV) уменьшили с 0,05 до 0,04 моль/л. Как изменилась при этом скорость данной реакции?

**6.16.** В сосуд объёмом 10 л ввели 254 г паров иода и 33,6 л (н.у.) водорода. Как изменится скорость реакции  $\text{H}_2(\text{г}) + \text{I}_2(\text{г}) = 2\text{HI}(\text{г})$ , когда прореагирует 40% водорода?

**6.17.** В сосуд объёмом 5 л ввели 17 г сероводорода и 19,2 г оксида серы(IV). Как изменится скорость реакции  $2\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + \text{SO}_2(\text{г}) = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ , когда: а) прореагирует 20% H<sub>2</sub>S; б) прореагирует 20% SO<sub>2</sub>; в) образуется 9,6 г серы?

**6.18.** Как изменится скорость реакции  $2\text{CO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{CO}_2(\text{г})$ , если: а) увеличить давление в системе в 2 раза; б) увеличить объём системы (реакционного сосуда) в 2 раза?

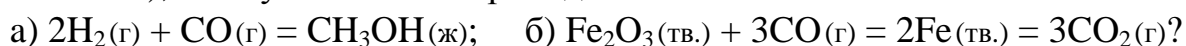
**6.19.** Как изменится скорость следующих реакций между газообразными веществами, если увеличить давление в системах в 3 раза (ответ объясните):

а)  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ ; б)  $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$ ?

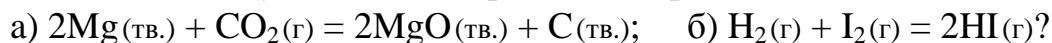
**6.20.** Как изменится (во сколько раз увеличится, или уменьшится) скорость реакции  $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{SO}_3(\text{г})$ , если уменьшить в 4 раза: а) объём системы (реакционного сосуда); б) давление в системе?

**6.21.** Как изменится скорость реакции  $\text{A} + 2\text{B} = \text{AB}_2$ , если: а) концентрацию вещества А увеличить в 3 раза, а концентрацию вещества В уменьшить в 3 раза; б) увеличить объём системы в 3 раза?

**6.22.** Как изменится скорость реакций (во сколько раз увеличится, или уменьшится), если увеличить в 4 раза давление в системах:



**6.23.** Как изменится скорость реакций (во сколько раз увеличится, или уменьшится), если увеличить в 2 раза объём реакционных систем:



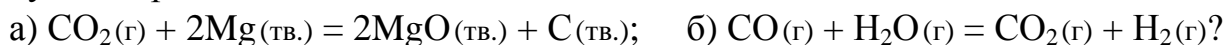
**6.24.** Как изменится скорость реакции  $2\text{Fe}(\text{тв.}) + 3\text{Cl}_2(\text{г}) = 2\text{FeCl}_3(\text{тв.})$ , если увеличить в 3 раза: а) концентрацию хлора, б) давление в системе, в) объём системы (реакционного сосуда)?

**6.25.** Как изменится скорость реакции  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ , если в 3 раза увеличить концентрацию сероводорода? Во сколько раз нужно увеличить концентрацию оксида серы(IV), чтобы получить такое же изменение скорости реакции?

**6.26.** Во сколько раз следует увеличить давление, чтобы скорость реакции  $\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{ж})$  возросла в 125 раз?

**6.27.** Во сколько раз нужно увеличить давление, чтобы скорость образования  $\text{NO}_2$  по реакции  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$  возросла в 1000 раз?

**6.28.** Как нужно изменить давление, чтобы увеличить в 4 раза скорость следующих реакций:



**6.29.** 24. Во сколько раз необходимо увеличить концентрацию оксида азота(II), чтобы при уменьшении концентрации кислорода в 9 раз скорость реакции  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$  не изменилась?

**6.30.** Вычислите, во сколько раз необходимо увеличить концентрацию оксида серы(IV), чтобы при уменьшении концентрации кислорода в 16 раз скорость реакции  $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{SO}_3(\text{г})$  осталась прежней.

**6.31.** Вычислите, во сколько раз необходимо уменьшить концентрацию оксида серы(IV), чтобы при увеличении концентрации кислорода в 4 раза скорость реакции  $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{SO}_3(\text{г})$  не изменилась.

**6.32.** Определите константу скорости химической реакции  $2\text{A}(\text{г}) + \text{B}(\text{г}) = \text{C}(\text{г})$ , если скорость этой реакции в тот момент, когда система объёмом 2 л содержала 1 моль А и 0,8 моль В, была равна 0,25 моль/(л·с).

**6.33.** Рассчитайте константу скорости реакции  $\text{C}(\text{тв.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$ , если при концентрации  $c(\text{H}_2\text{O}) = 0,025$  моль/л скорость этой реакции  $v = 5,5 \cdot 10^{-5}$  моль/(л·с).

**6.34.** Определите константу скорости химической реакции  $2\text{A} + \text{B} = 2\text{C}$ . Известно, что скорость реакции в момент, когда в растворе объёмом 4 л содержалось 1,2 моль А и 1 моль В, была равна 0,018 моль/(л·с).

**6.35.** При исследовании зависимости скорости реакции от концентраций реагирующих веществ вид этой зависимости (кинетическое уравнение реакции) определяют экспериментально. Исследование кинетики реакции между газообразными веществами А и В показало, что, если увеличить концентрацию А в два раза, скорость реакции возрастает в 4 раза, а при таком же увеличении концентрации В скорость реакции возрастает в 2 раза. Напишите в общем виде кинетическое уравнение реакции (уравнение скорости).

**6.36.** Для реакции  $\text{Mg}_{(\text{тв.})} + 2\text{HCl}_{(\text{р})} = \text{MgCl}_{2(\text{р})} + \text{H}_2\uparrow$  при концентрациях  $\text{HCl}$  1,0 и 0,5 моль/л скорость реакции составляла соответственно 0,04 и 0,01 моль/(л·с). Выведите кинетическое уравнение реакции (включая значение константы скорости). Определите скорость реакции при  $c(\text{HCl}) = 1,5$  моль/л.

**6.37.** Исследование реакции разложения газообразного оксида азота(V) с образованием оксида азота(IV) и кислорода показало, что при концентрациях  $\text{N}_2\text{O}_5$ , равных 0,040 и 0,020 моль/л, скорость реакции составляла соответственно 0,064 и 0,032 моль/(л·ч). Определите константу скорости и скорость этой реакции при  $c(\text{N}_2\text{O}_5) = 0,010$  моль/л.

**6.38.** Реакция идет по уравнению  $\text{A} + 2\text{B} = 2\text{C}$ . При начальных концентрациях веществ  $c_0(\text{A}) = 0,2$  моль/л и  $c_0(\text{B}) = 0,5$  моль/л скорость реакции  $v_0 = 0,01$  моль/(л·с). Вычислите константу скорости. Определите, какими станут концентрации В и С, и какой станет скорость реакции к тому моменту, когда прореагирует 0,05 моль/л вещества А.

**6.39.** Реакция между газообразными веществами протекает по уравнению  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ . Начальные концентрации реагентов (моль/л):  $c_0(\text{CO}_2) = 0,4$ ;  $c_0(\text{H}_2) = 0,35$ . Начальная скорость реакции  $v_0 = 0,14$  моль/(л·мин). Вычислите константу скорости и скорость реакции в тот момент, когда образуется 0,1 моль/л  $\text{H}_2\text{O}$ .

**6.40.** Реакция между веществами А и В протекает по уравнению  $2\text{A} + \text{B} = \text{C}$ . Начальная концентрация вещества А равна 2,0 моль/л, а вещества В – 1,5 моль/л. Константа скорости реакции  $k = 0,5 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Определите скорость реакции: а) в начальный момент; б) в момент, когда в реакционной смеси останется 40% вещества В. Как к этому моменту изменилась скорость реакции?

**6.41.** Начальные концентрации веществ А и В в реакции  $2\text{A} + \text{B} = 2\text{C}$  составляют (моль/л):  $c_0(\text{A}) = 0,04$ ;  $c_0(\text{B}) = 0,02$ . Константа скорости реакции  $k = 0,5 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Вычислите начальную скорость реакции и скорость реакции в момент времени, когда концентрация вещества С станет равной 0,02 моль/л.

**6.42.** В реакторе объёмом 2 л при некоторой температуре смешали 0,4 моль  $\text{CO}_2$  и 0,5 моль  $\text{H}_2$ . Реакция протекает по уравнению:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ . Все вещества газообразны. Начальная скорость реакции  $v_0 = 0,1$  моль/(л·мин). Вычислите константу скорости и скорость реакции в тот момент, когда образуется 0,2 моль  $\text{H}_2\text{O}$ .

**6.43.** Константа скорости реакции  $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$  при некоторой температуре равна  $0,4 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Начальные концентрации реагирующих веществ:  $c_0(\text{CO}) = 0,5 \text{ моль/л}$ ,  $c_0(\text{O}_2) = 0,3 \text{ моль/л}$ . Вычислите скорость реакции: а) в начальный момент; б) в момент, когда в реакционной смеси *останется* 60% оксида углерода(II); в) в момент, когда *прореагирует* 0,2 моль/л кислорода.

**6.44.** Реакция между веществами А и В протекает по уравнению  $\text{A} + 2\text{B} = \text{C}$ . Начальные концентрации реагентов одинаковы:  $c_0(\text{A}) = c_0(\text{B}) = 2,0 \text{ моль/л}$ . Константа скорости реакции  $k = 0,25 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Определите скорость реакции: а) в начале реакции; б) в момент времени, когда *прореагирует* 20% вещества А; в) в момент, когда в реакционной смеси *останется* 20% вещества В; г) когда *образуется* 0,5 моль/л вещества С.

**6.45.** При повышении температуры на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  скорость некоторой реакции увеличивается в 2 раза. Во сколько раз изменится (увеличится или уменьшится) скорость этой реакции при изменении температуры: а) от  $10$  до  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ; б) от  $50$  до  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

**6.46.** При  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  скорость некоторой реакции равна  $0,2 \text{ моль/(л}\cdot\text{с)}$ . Вычислите скорость этой реакции: а) при  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , б) при  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , если температурный коэффициент скорости равен 2.

**6.47.** Скорость некоторой реакции увеличивается в 4 раза при повышении температуры на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Как изменится скорость этой реакции: а) при понижении температуры от  $80$  до  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ; б) при повышении температуры от  $50$  до  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

**6.48.** Как нужно изменить температуру, чтобы скорость реакции увеличилась в 64 раза, если температурный коэффициент скорости этой реакции равен двум?

**6.49.** На сколько градусов надо повысить температуру, чтобы скорость реакции увеличилась в 81 раз, если температурный коэффициент скорости реакции равен 3?

**6.50.** При повышении температуры на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  скорость некоторой химической реакции возрастает в 2,5 раза. При  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  она равна  $0,40 \text{ моль/(л}\cdot\text{мин)}$ . Определите скорость реакции при: а)  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ; б)  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**6.51.** Скорость некоторой реакции при  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  равна  $1,2 \text{ моль/(л}\cdot\text{мин)}$ , а при  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  –  $19,2 \text{ моль/(л}\cdot\text{мин)}$ . Определите температурный коэффициент скорости реакции.

**6.52.** При повышении температуры на  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  скорость реакции увеличилась в 27 раз. Вычислите температурный коэффициент скорости реакции. Как изменилось время протекания этой реакции?

**6.53.** При  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  две реакции протекают с одинаковой скоростью. Температурный коэффициент скорости первой реакции равен 2, второй – 3. Определите отношение скоростей этих реакций при  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**6.54.** При 25 °С некоторая реакция заканчивается за 9 минут, а при 55 °С – за 20 секунд. Вычислите температурный коэффициент скорости реакции.

**6.55.** При 30 °С некоторая реакция протекает 6 минут. Сколько времени потребуется для завершения этой реакции при 60 °С, если температурный коэффициент скорости реакции равен 2?

**6.56.** При 30 °С время протекания некоторой реакции составляет 5 минут. Вычислите, сколько времени потребуется для протекания этой реакции: а) при 50 °С; б) при 0 °С, если температурный коэффициент скорости равен 3.

**6.57.** При 80 °С некоторая реакция заканчивается за 12 минут. Сколько потребуется времени для завершения этой реакции: а) при 100 °С; б) при 40 °С, если температурный коэффициент скорости  $\gamma = 2$ ?

**6.58.** При 30 °С некоторая реакция завершается через 36 минут, а при 50 °С – через 4 минуты. Рассчитайте температурный коэффициент скорости реакции. Сколько времени потребуется для завершения этой реакции при 20 °С?

**6.59.** Некоторая реакция при температуре 30 °С протекает 2 минуты и 40 секунд, а при 70 °С – 10 секунд. Вычислите, при какой температуре эта реакция закончится за 40 секунд.

**6.60.** Вычислите, при какой температуре реакция закончится за 4 секунды, если при 0 °С она протекала 5 минут и 24 секунды. Температурный коэффициент скорости реакции равен 3.

**6.61.** Вычислите, при какой температуре реакция закончится за 16,5 секунд, если при 20 °С она протекала 2 минуты и 12 секунд. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2.

**6.62.** При 20 °С образец цинка растворился в соляной кислоте за 27 минут, а при 40 °С такой же образец металла растворился за 3 минуты. Какое время потребуется для растворения данного образца цинка при 50 °С?

**6.63.** Растворение образца карбоната кальция в соляной кислоте при 18 °С заканчивается через 1,5 минуты, а при 38 °С такой же образец этого вещества растворяется за 10 секунд. За какое время данный образец  $\text{CaCO}_3$  растворится при 43 °С?

**6.64.** Растворение образца сульфида цинка в соляной кислоте при 18 °С заканчивается через 2,25 минуты, а при 38 °С такой же образец этого вещества растворяется за 15 секунд. За какое время данный образец сульфида цинка растворится при 33 °С?

**6.65.** Вычислите температурный коэффициент скорости химической реакции  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ , если известно, что повышение температуры на 30 °С или увеличение в два раза общего давления в системе даёт одинаковое изменение скорости этой реакции.

**6.66.** Реакция протекает по уравнению  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$ . Как изменится (увеличится, или уменьшится) скорость этой реакции, если уменьшить концентрацию исходных веществ в 2 раза и одновременно повысить температуру на  $40\text{ }^\circ\text{C}$ ? Температурный коэффициент скорости реакции равен 2.

**6.67.** Температурный коэффициент скорости реакции  $2\text{HI}(\text{г}) = \text{H}_2(\text{г}) + \text{I}_2(\text{г})$  равен 2. Как нужно изменить температуру, чтобы при уменьшении начальной концентрации HI в 2 раза скорость этой реакции не изменилась?

**6.68.** Как изменится скорость реакции  $\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{ж})$ , если увеличить концентрацию водорода в 3 раза и повысить температуру на  $40\text{ }^\circ\text{C}$ ? Температурный коэффициент скорости реакции равен 3.

**6.69.** Реакция протекает по уравнению  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) = 2(\text{NO})\text{Cl}(\text{г})$ . Во сколько раз изменится (увеличится или уменьшится) скорость этой реакции, если увеличить концентрации исходных веществ в 3 раза и понизить температуру на  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ? Температурный коэффициент скорости реакции равен 2.

**6.70.** Реакция протекает по уравнению  $\text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{Mg}(\text{тв.}) = 2\text{MgO}(\text{тв.}) + \text{C}(\text{тв.})$ . Во сколько раз изменится (увеличится или уменьшится) скорость этой реакции, если в три раза увеличить давление в системе и понизить температуру на  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ? Температурный коэффициент скорости реакции равен 3.

**6.71.** При температуре  $320\text{ K}$  реакция между газообразными веществами протекает по уравнению  $\text{A} + 2\text{B} = \text{C}$  с начальной скоростью  $v_0$ . Давление в системе уменьшили в 3 раза. Как необходимо изменить температуру реакционной смеси, чтобы скорость реакции не изменилась? Температурный коэффициент скорости реакции равен 3.

**6.72.** При  $20\text{ }^\circ\text{C}$  реакция между газообразными веществами протекает по уравнению  $2\text{A} + \text{B} = \text{C}$  с некоторой начальной скоростью  $v_0$ . Температуру увеличили до  $50\text{ }^\circ\text{C}$ ; температурный коэффициент скорости реакции равен 2. Как необходимо изменить давление в системе, чтобы скорость реакции не изменилась?

**6.73.** Реакция между газообразными веществами протекает по уравнению  $2\text{A} + \text{B} = \text{D}$  с начальной скоростью  $v_0$ . Давление в системе увеличили в 3 раза. Как необходимо изменить температуру, чтобы скорость реакции осталась прежней? Температурный коэффициент скорости реакции равен 3.

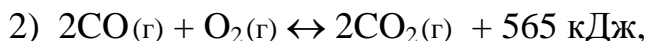
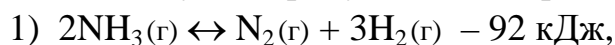
**6.74.** В системе  $2\text{NO}_2 \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_4$  тепловой эффект прямой реакции  $Q = +58\text{ кДж}$ . Диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ) окрашен в бурый цвет, а его димер ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) бесцветен. Предскажите, как будет меняться интенсивность окраски смеси этих газов при одновременном увеличении температуры и уменьшении давления.

**6.75.** Как повлияет на равновесие реакции  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{NO}_2(\text{г})$ :  
а) увеличение концентрации кислорода; б) уменьшение давления в системе;  
в) уменьшение концентрации  $\text{NO}_2$ ? Дайте объяснение.

**6.76.** Произойдёт ли смещение равновесия реакции ( $t = 950\text{ }^\circ\text{C}$ )

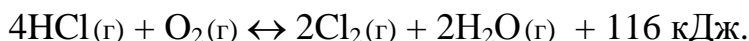
$\text{Zn}_{(ж)} + \text{CO}_2_{(г)} \leftrightarrow \text{ZnO}_{(тв.)} + \text{CO}_{(г)}$ , если в систему ввести избыток одного из следующих веществ: а) Zn, б)  $\text{CO}_2$ , в) ZnO, г) CO? Дайте обоснованный ответ.

**6.77.** В какую сторону сместится равновесие реакций:



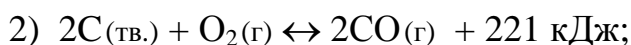
а) при увеличении давления; б) при повышении температуры; в) при введении катализатора? Объясните ответ.

**6.78.** При определенных условиях следующая реакция является обратимой:



Какое влияние на равновесие этой реакции окажут: а) увеличение давления; б) понижение температуры; в) уменьшение концентрации хлора; г) увеличение концентрации кислорода?

**6.79.** Как (и почему) скажется а) увеличение температуры; б) увеличение давления на состоянии равновесия в следующих реакциях:

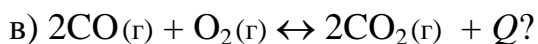
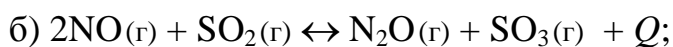


**6.80.** При определенных условиях следующая реакция является обратимой:



Какое влияние на равновесие этой реакции окажут: а) увеличение давления; б) понижение температуры; в) введение катализатора; г) увеличение концентрации кислорода; д) уменьшение концентрации воды; е) уменьшение концентрации аммиака?

**6.81.** Как нужно одновременно изменить давление и температуру в системах, чтобы сместить химические равновесия в сторону образования исходных веществ:



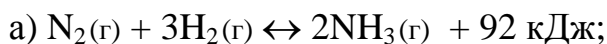
**6.82.** Какие факторы способствуют смещению равновесия реакции

$\text{Fe}_2\text{O}_3_{(тв.)} + 3\text{H}_2_{(г)} \leftrightarrow 2\text{Fe}_{(тв.)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(г)} - 89,6\text{ кДж}$  в сторону образования железа? Ответ объясните.

**6.83.** Какие факторы способствуют смещению равновесия реакции

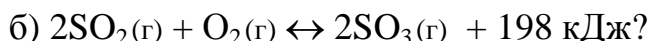
$\text{C}_{(тв.)} + 2\text{H}_2_{(г)} \leftrightarrow \text{CH}_4_{(г)} - 74,9\text{ кДж}$  в сторону образования метана? Объясните ответ.

**6.84.** Изменение каких условий проведения реакций приведёт к смещению равновесия в сторону исходных веществ? Объясните ответ:





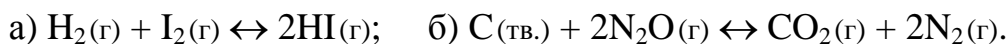
**6.85.** Какую роль играет катализатор в химической реакции? Как, изменяя температуру и давление, используя катализатор, можно увеличить выход продуктов следующих обратимых реакций:



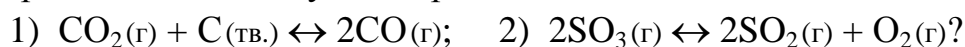
**6.86.** Как, используя дополнительные факторы (изменение концентрации, давления, температуры, применение катализатора), можно увеличить выход продуктов реакций:



**6.87.** Причина смещения химического равновесия заключается в неодинаковом влиянии внешних факторов на скорость прямой и обратной реакций. Для иллюстрации этого определите, как изменится скорость прямой и обратной реакции при увеличении давления в два раза, и как это повлияет на состояние равновесия в следующих реакциях. Составьте выражения для констант равновесий этих реакций:



**6.88.** Как (и почему) скажется а) увеличение концентрации исходного вещества; б) увеличение давления в системе; в) введение катализатора на состоянии равновесия в следующих реакциях:



Напишите выражения для констант равновесий этих реакций.

**6.89.** Равновесие реакции  $\text{H}_2(\text{г}) + \text{I}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{HI}(\text{г})$  установилось при следующих концентрациях (моль/л):  $[\text{H}_2] = 0,02$ ;  $[\text{I}_2] = 0,01$ ;  $[\text{HI}] = 0,08$ . Определите константу равновесия и начальные концентрации иода и водорода.

**6.90.** Константа равновесия реакции  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{NO}_2(\text{г})$  при некоторой температуре равна 1. Вычислите равновесную концентрацию  $\text{N}_2\text{O}_4$ , если равновесная концентрация  $\text{NO}_2$  равна 0,05 моль/л.

**6.91** Равновесие реакции  $\text{CO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \leftrightarrow \text{CCl}_2\text{O}(\text{г})$  установилось при следующих концентрациях (моль/л):  $[\text{CO}] = 0,08$ ;  $[\text{Cl}_2] = 0,02$ ;  $[\text{CCl}_2\text{O}] = 0,10$ . Вычислите начальные концентрации оксида углерода(II) и хлора и константу равновесия.

**6.92.** В закрытом сосуде объёмом 2 л нагрели 2,5 г карбоната кальция. После установления равновесия в реакции  $\text{CaCO}_3(\text{тв.}) \leftrightarrow \text{CaO}(\text{тв.}) + \text{CO}_2(\text{г})$  масса оксида углерода(IV) оказалась равной 0,88 г. Вычислите равновесные количества (моль) всех веществ и константу равновесия.

**6.93.** Реакция  $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{SO}_3(\text{г})$  в закрытом сосуде началась при концентрациях (моль/л):  $c(\text{SO}_2) = 0,03$  и  $c(\text{O}_2) = 0,025$ . К моменту наступления равновесия в системе осталась третья часть  $\text{SO}_2$ . Рассчитайте константу равновесия. Как изменилось давление в сосуде к моменту наступления равновесия?

**6.94.** Химическая реакция между газообразными веществами протекает по уравнению  $A + B = 2C$ . Константа равновесия реакции  $K = 4$ . Рассчитайте равновесные концентрации всех веществ, если их начальные концентрации были:  $c(A) = 0,5$  моль/л,  $c(B) = 0,4$  моль/л,  $c(C) = 0$ .

**6.95.** Константа равновесия реакции  $CO_2(г) + H_2(г) \leftrightarrow CO(г) + H_2O(г)$ , протекающей в закрытом сосуде, равна 1. Начальные концентрации  $CO_2$  и  $H_2$  составили соответственно 0,2 и 0,8 моль/л. Определите, при каких концентрациях всех четырёх веществ установится равновесие.

**6.96.** Начальные концентрации исходных веществ  $NO$  и  $Cl_2$  в закрытой системе  $2NO(г) + Cl_2(г) \leftrightarrow 2(NO)Cl(г)$  составили соответственно 0,5 и 0,2 моль/л. Рассчитайте константу равновесия реакции, если к моменту наступления равновесия прореагировало 20%  $Cl_2$ . Как к этому моменту изменилось давление в сосуде?

**6.97.** Равновесие реакции  $SO_2(г) + Cl_2(г) \leftrightarrow SCl_2O_2(г)$  установилось при следующих концентрациях веществ (моль/л):  $[SO_2] = 0,4$ ;  $[Cl_2] = 0,1$ ;  $[SCl_2O_2] = 0,3$ . Рассчитайте константу равновесия и начальные концентрации оксида серы(IV) и хлора.

**6.98.** Смешали по три моль/л веществ  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . После установления равновесия в реакции  $A + B \leftrightarrow 2C$  концентрация вещества  $C$  оказалась равной 5 моль/л. Рассчитайте константу равновесия.

**6.99.** Смешали по 3 моль/л веществ  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$ . После установления равновесия в реакции  $A + B \leftrightarrow C + D$  концентрация вещества  $B$  оказалась равной 1 моль/л. Вычислите константу равновесия.

**6.100.** Смешали по 2 моль/л веществ  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$ . После установления равновесия в реакции  $A + B \leftrightarrow C + D$  концентрация вещества  $A$  оказалась равной 0,5 моль/л. Вычислите константу равновесия.

## Некоторые решения и ответы

**6.1.**  $v_{cp} = 8,5 \cdot 10^{-4}$  моль/(л·с).

**6.2.**  $v_{cp} = 0,004$  моль/(л·с);  $c(B)$  уменьшилась на 0,24 моль/л,  $c(C)$  увеличилась на 0,16 моль/л.

**6.3.**  $c(O_2)$  уменьшилась на 0,075 моль/л;  $c(CO) = 0,09$  моль/л;  $v_{cp}$  (по расходованию  $O_2$ ) =  $2,5 \cdot 10^{-3}$  моль/(л·с).

**6.4.**  $v_{cp} = 0,05$  моль/(л·с);  $c(CO) = 1,6$  моль/л;  $c(O_2) = 1,4$  моль/л.

**6.5.**  $v_{cp} = 0,005$  моль/(л·с).

**6.6.**  $v_{cp} = 0,001$  моль/(л·с);  $c(B)$  уменьшилась на 0,02 моль/л;  $c(C)$  увеличилась на 0,02 моль/л.

**6.10.**  $n(C_2H_6) = v_{cp} \cdot V \cdot \tau = 0,02 \cdot 5 \cdot 60 = 6$  моль;  $m(C_2H_6) = 6 \cdot 30 = 180$  г.

**6.14.** а)  $\nu$  увеличится в 4 раза; б)  $\nu$  увеличится в 2 раза; в)  $\nu$  увеличится в 64 раза.

**6.15.** Скорость реакции увеличилась в 1,8 раза.

**6.16.** Скорость реакции уменьшится в 4,17 раза.

**6.17.** Скорость уменьшится: а) в 1,875 раза; б) в  $\sim 2,16$  раза; в) в  $\sim 4,17$  раза.

**6.18.** По закону действующих масс  $\nu = kc_{\text{CO}}^2 \cdot c_{\text{O}_2}$ . Изменение концентрации газообразных веществ прямо пропорционально изменению давления и обратно пропорционально изменению объёма, занимаемого этими веществами.

а) Пусть при давлении  $p_1$  концентрации будут:  $c_1(\text{CO}) = a$  и  $c_1(\text{O}_2) = b$ ; при увеличении давления в два раза концентрации реагирующих газов увеличатся:  $c_2(\text{CO}) = 2a$  и  $c_2(\text{O}_2) = 2b$ . Отношение скоростей:

$$\frac{\nu_{p_2}}{\nu_{p_1}} = \frac{k(2a)^2 2b}{ka^2 b} = 8. \text{ Скорость реакции увеличится в 8 раз.}$$

б) Если исходные концентрации реагентов:  $c_1(\text{CO}) = a$  и  $c_1(\text{O}_2) = b$ , то при увеличении объёма реактора в два раза концентрации в два раза уменьшатся:

$c_2(\text{CO}) = a/2$  и  $c_2(\text{O}_2) = b/2$ . Отношение скоростей:

$$\frac{\nu_{V_2}}{\nu_{V_1}} = \frac{k(a/2)^2 (b/2)}{ka^2 b} = \frac{1}{8}. \text{ Скорость реакции уменьшится в 8 раз.}$$

**6.19.** а) Увеличится в 27 раз; б) увеличится в 9 раз.

**6.20.** а) Увеличится в 64 раза; б) уменьшится в 64 раза.

**6.22.** а) Увеличится в 64 раза; б) увеличится в 64 раза.

**6.24.** а) Увеличится в 27 раз; б) увеличится в 27 раз; в) уменьшится в 27 раз.

**6.28.** а) Увеличить давление в 4 раза; б) увеличить давление в 2 раза.

**6.29.** Увеличить  $c(\text{NO})$  в 3 раза.

**6.32.**  $k = 2,5 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

**6.34.**  $k = 0,8 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

**6.36.**  $k = 0,04 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $\nu = 0,04 c_{\text{HCl}}^2$ .

**6.37.**  $k = 1,6 \text{ ч}^{-1}$ ;  $\nu = 1,6 c_{\text{N}_2\text{O}_5}$ .

**6.38.** Кинетическое уравнение реакции в общем виде:  $\nu = kc_A c_B^2$ ;

$$k = \frac{\nu_0}{c_{\text{O(A)}} c_{\text{O(B)}}^2} = \frac{0,01}{0,2(0,5)^2} = 0,2 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}. \text{ Учитывая коэффициенты уравне-}$$

ния реакции, определим, какая концентрация В израсходована в заданный момент времени:  $c(\text{B})_{\text{израсх.}} = 2c(\text{A})_{\text{израсх.}} = 0,1 \text{ моль/л}$ . Определим концентрации всех веществ в этот момент:  $c(\text{C})_{\text{обр.}} = 2c(\text{A})_{\text{израсх.}} = 0,1 \text{ моль/л}$ ;  $c_1(\text{A}) = 0,2 - 0,05 = 0,15 \text{ моль/л}$  и  $c_1(\text{B}) = 0,5 - 0,1 = 0,4 \text{ моль/л}$ . Скорость реакции в этот момент времени:  $\nu_1 = 0,2 \cdot 0,15 (0,4)^2 = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ моль/(л} \cdot \text{с)}$ .

**6.39.**  $k = 1 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$ ;  $\nu = 0,075 \text{ моль/(л} \cdot \text{мин)}$ .

**6.40.** а)  $\nu_0 = 3 \text{ моль/(л} \cdot \text{с)}$ ; б)  $\nu = 0,012 \text{ моль/(л} \cdot \text{с)}$ ;  $\nu$  уменьшилась в 250 раз.

**6.43.** а)  $v_0 = 0,03$  моль/(л·с); б)  $v = 7,2 \cdot 10^{-3}$  моль/(л·с); в)  $v = 4 \cdot 10^{-4}$  моль/(л·с).

**6.44.** а)  $v_0 = 2$  моль/(л·с); б)  $v = 0,576$  моль/(л·с); в)  $v = 0,048$  моль/(л·с);

г)  $v = 0,375$  моль/(л·с).

**6.45.** а) Увеличится в 32 раза; б) уменьшится в 4 раза.

**6.46.** а)  $v_{80^\circ\text{C}} = 6,4$  моль/(л·с); б)  $v_{0^\circ\text{C}} = 0,025$  моль/(л·с).

**6.48.** Температуру нужно увеличить на  $60^\circ\text{C}$ .

**6.50.**  $v_{50^\circ\text{C}} = 6,25$  моль/(л·мин); б)  $v_{10^\circ\text{C}} = 0,064$  моль/(л·мин).

**6.51.**  $\gamma = 2$ .

**6.52.**  $\gamma = 3$ ; время реакции уменьшилось в 27 раз.

**6.53.** По условию  $v_{1(25^\circ)} = v_{2(25^\circ)}$ ,  $\gamma_1 = 2$ ,  $\gamma_2 = 3$ ;  $\Delta t = 50^\circ$ . Согласно правилу Вант-Гоффа  $v_{1(75^\circ)} = v_{1(25^\circ)} \cdot 2^5 = 32 v_{1(25^\circ)}$ ;  $v_{2(75^\circ)} = v_{2(25^\circ)} \cdot 3^5 = 243 v_{2(25^\circ)}$ , откуда  $v_{2(75^\circ)} / v_{1(75^\circ)} = 243 / 32 \approx 7,6$ .

**6.54.**  $\gamma = 3$ . Следует учесть, что время протекания реакции обратно пропорционально её скорости.

**6.55.**  $\tau_{60^\circ} = 45$  секунд.

**6.65.**  $\gamma = 2$ .

**6.66.**  $\frac{v_2}{v_1} = \frac{v_{c_2}}{v_{c_1}} \cdot \frac{v_{t_2}}{v_{t_1}}$ . В целом скорость реакции увеличится в 2 раза.

**6.68.** Увеличится в 729 раз.

**6.69.** Увеличится в 6,75 раза.

**6.70.** Уменьшится в 3 раза.

**6.71.** При уменьшении давления скорость реакции уменьшилась в 27 раз, следовательно, чтобы она осталась прежней, её надо увеличить в 27 раз, повысив температуру. Используя формулу Вант-Гоффа, получим:

$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = 27 = 3^{10}$ ;  $\Delta T = \Delta t = 30$  К. Температуру нужно повысить до 350 К.

**6.72.** Необходимо уменьшить давление в 2 раза.

**6.89.**  $K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{(0,08)^2}{0,02 \cdot 0,01} = 32$ .

$c(\text{H}_2)_{\text{в реакц.}} = c(\text{I}_2)_{\text{в реакц.}} = \frac{1}{2} [\text{HI}] = 0,04$  моль/л;

$c_0(\text{H}_2) = [\text{H}_2] + c(\text{H}_2)_{\text{в реакц.}} = 0,02 + 0,04 = 0,06$  моль/л;

$c_0(\text{I}_2) = 0,01 + 0,04 = 0,05$  моль/л.

**6.94.**  $[\text{A}] = 0,28$  моль/л;  $[\text{B}] = 0,18$  моль/л;  $[\text{C}] = 0,44$  моль/л.

**6.95.**  $[\text{CO}_2] = 0,04$  моль/л;  $[\text{H}_2] = 0,64$  моль/л;  $[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,16$  моль/л.

**6.98.**  $K = 6,25$ .

**6.99.**  $K = 4$ .

**6.100.**  $K = 9$ .

## 7. РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

**7.1.** Почему одни вещества являются электролитами, а другие – нет? Какие из следующих веществ являются электролитами:

- а) NaBr, SiO<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>, CaCl<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>COOH;
- б) C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, CO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, KOH?

**7.2.** Какие из следующих жидкостей и почему проводят электрический ток:

- а) 100%-ная серная кислота, б) водный раствор серной кислоты, в) водный раствор уксусной кислоты, г) раствор сахара в воде, д) водный раствор гидроксида бария, е) бензол, ж) соляная кислота, з) водный раствор хлорида натрия, и) водный раствор гидроксида кальция (известковая вода), к) спирт?

**7.3.** Почему при наличии в растворе заряженных частиц он остается в целом электронейтральным? Какие частицы (молекулы и ионы) содержатся:

- а) в водном растворе аммиака, б) в водном растворе сульфата аммония, в) в водном растворе сероводорода, г) в водном растворе сульфида натрия?

**7.4.** Какую роль в образовании ионов играет растворитель? Какой процесс называют: а) гидратацией; б) гидролизом? (Приведите примеры).

**7.5.** Что называют кислотой с точки зрения теории электролитической диссоциации? Какие ионы образуются при диссоциации следующих кислот:

- а) HClO, HClO<sub>4</sub>, HBr, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, HCOOH;
- б) CH<sub>3</sub>COOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HCN, HNO<sub>3</sub>, HNO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>?

Какие из этих кислот в водном растворе – сильные?

**7.6.** Что называют основанием с точки зрения теории электролитической диссоциации? Какие ионы образуются при диссоциации следующих оснований: KOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, Cu(OH)<sub>2</sub>, [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>](OH)<sub>2</sub>, NaOH, Mg(OH)<sub>2</sub>?

Какие из этих оснований в водном растворе – сильные?

**7.7.** Что называют солью с точки зрения теории электролитической диссоциации? Напишите уравнения диссоциации следующих солей:

- а) MgCl<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, K[Al(OH)<sub>4</sub>];
- б) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S, NH<sub>4</sub>HS, NH<sub>4</sub>CN, Mg(OH)NO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>].

**7.8.** Имеются растворы NH<sub>4</sub>OH, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>Cl одинаковой молярной концентрации. Какой из этих растворов содержит наибольшее, и какой – наименьшее число ионов аммония? Почему?

**7.9.** Напишите уравнения реакций, проходящих в водном растворе, в молекулярной и ионной форме:

- а) NaOH(изб.) + H<sub>2</sub>S → ... ,      е) NaOH + H<sub>2</sub>S(изб.) → ... ,
- б) NaHSO<sub>3</sub> + HCl → ... ,      ж) NaHSO<sub>3</sub> + NaOH → ... ,
- в) Al(OH)<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → ... ,      з) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HCl(конц.) → ... ,
- г) Al(OH)<sub>3</sub> + NaOH → ... ,      и) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + NaOH(конц.) + H<sub>2</sub>O → ... ,
- д) AlCl<sub>3</sub>(изб.) + NaOH → ... ,      к) AlCl<sub>3</sub> + NaOH(изб.) → ...

**7.10.** Закончите уравнения реакций, проходящих в водном растворе, и напишите их в ионной форме:

- |  |   |
|--|---|
| а) $\text{CO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \dots$ ,                          | о) $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \dots$ ,                             |
| б) $\text{CO}_2(\text{изб.}) + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \dots$ ,             | п) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{HCl} \rightarrow \dots$ ,                             |
| в) $\text{KHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \dots$ ,                                    | р) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{HCl} \rightarrow \dots$ ,                         |
| г) $\text{KHCO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \dots$ ,                                   | с) $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2 + \text{KOH} \rightarrow \dots$ ,                         |
| д) $\text{FeS} + \text{HCl} \rightarrow \dots$ ,                                       | т) $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$ ,                 |
| е) $\text{MgSO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \dots$ ,                      | у) $\text{NH}_4\text{HSO}_3 + \text{NaOH}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ ,             |
| ж) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \dots$ ,                 | ф) $\text{NH}_4\text{HSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$ ,                |
| з) $\text{ZnSO}_4(\text{изб.}) + \text{KOH} \rightarrow \dots$ ,                       | х) $\text{NaOH} + \text{SO}_2 \rightarrow \dots$ ,                                      |
| и) $\text{ZnSO}_4 + \text{KOH}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ ,                       | ц) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \dots$ ,                      |
| к) $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots$ ,                        | ч) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \dots$ ,            |
| л) $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,              | ш) $\text{NH}_4\text{HSO}_3 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ , |
| м) $\text{Mg} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \dots$ ,                            | э) $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \dots$ ,                             |
| н) $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4](\text{изб.}) + \text{HCl} \rightarrow \dots$ , | ю) $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{HCl}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ .  |

**7.11.** Закончите уравнения реакций, проходящих в водном растворе, и напишите их в ионной форме:

- 1) гидрокарбонат натрия + азотная кислота  $\rightarrow \dots$ ,
- 2) сульфат железа(III) + хлорид бария  $\rightarrow \dots$ ,
- 3) гидроксид хрома(III) + серная кислота  $\rightarrow \dots$ ,
- 4) гидроксид хрома(III) + гидроксид калия  $\rightarrow \dots$ ,
- 5) оксид фосфора(V) + гидроксид калия  $\rightarrow \dots$ ,
- 6) карбонат кальция + азотная кислота  $\rightarrow \dots$ ,
- 7) нитрат серебра + хлорид бария  $\rightarrow \dots$ ,
- 8) сульфат железа(III) + гидроксид бария  $\rightarrow \dots$ ,
- 9) карбонат бария + серная кислота  $\rightarrow \dots$ ,
- 10) сульфид натрия + соляная кислота  $\rightarrow \dots$ ,
- 11) гидроксид кальция + нитрат аммония  $\rightarrow \dots$ ,
- 12) гидрокарбонат натрия + гидроксид бария  $\rightarrow$
- 13) нитрат кальция + фосфат натрия  $\rightarrow \dots$ ,
- 14) силикат натрия + серная кислота  $\rightarrow \dots$ ,
- 15) гидросульфид натрия + гидроксид калия  $\rightarrow \dots$ ,
- 16) сульфат меди(II) + сульфид натрия  $\rightarrow \dots$ .

**7.12.** Составьте молекулярные и ионные (полные и сокращенные) уравнения реакций между следующими веществами в водном растворе, взятыми попарно:

- 1) карбонат натрия, нитрат серебра, соляная кислота;
- 2) сульфат аммония, гидроксид калия, хлорид бария;
- 3) гидросульфид аммония, гидроксид натрия, уксусная кислота;
- 4) ацетат аммония, гидроксид бария, серная кислота;
- 5) хлорид меди(II), сероводород, сульфид натрия;

- 6) гидроксонитрат магния, гидроксид бария, азотная кислота;
- 7) фторид калия, гидроксид кальция, бромоводородная кислота;
- 8) дигидрофосфат аммония, гидроксид кальция, соляная кислота;
- 9) хлорид бария, карбонат натрия, серная кислота;
- 10) гидроксид натрия, гидрокарбонат кальция, фосфорная кислота;
- 11) аммиак, фосфорная кислота, гидрофосфат аммония;
- 12) сульфид аммония, сульфат железа(II), гидроксид натрия;
- 13) азотная кислота, гидрокарбонат кальция, гидроксид бария;
- 14) диоксид углерода, карбонат натрия, гидроксид кальция;
- 15) хлорид цинка, сероводород, нитрат серебра;
- 16) сульфат цинка, гидроксид бария, фосфорная кислота.

**7.13.** К раствору, содержащему смесь хлорида калия и сульфата натрия, сначала добавили избыток раствора нитрата бария, а затем избыток раствора нитрата серебра. Какие ионы остались в растворе после реакций? Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций.

**7.14.** К раствору смеси двух солей добавили избыток соляной кислоты. После окончания реакции в растворе кроме ионов водорода и хлорид ионов оказались только ионы натрия. Какие соли могли находиться в исходном растворе? Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме.

**7.15.** Приведите три уравнения реакций (в молекулярной и ионной форме), протекающих *без образования осадков*, между следующими веществами в водном растворе: а) нитратом бария, б) гидроксидом натрия, в) сульфатом магния, г) соляной кислотой, д) гидрофосфатом натрия, е) сульфатом калия.

**7.16.** Составьте по два различных молекулярных уравнения для каждого приведённого ионного уравнения реакции:

- 1)  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 2)  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 3)  $\text{HS}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{S}\uparrow$ ,
- 4)  $\text{HS}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 5)  $\text{H}_2\text{S} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{CuS}\downarrow + 2\text{H}^+$ ,
- 6)  $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ ,
- 7)  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{F}^- \rightarrow \text{CaF}_2\downarrow$ ,
- 8)  $\text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{FePO}_4\downarrow$ ,
- 9)  $\text{HSO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 10)  $\text{HSO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2\uparrow$ ,
- 11)  $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow$ ,
- 12)  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn(OH)}_2\downarrow$ ,
- 13)  $\text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn(OH)}_4]^{2-}$ ,
- 14)  $[\text{Zn(OH)}_4]^{2-} + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ ,
- 15)  $\text{H}_2\text{PO}_4^- + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{PO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ,
- 16)  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe(OH)}_2\downarrow$ .

**7.17.** Какие два вещества вступили в реакцию в водном растворе, если образовались следующие продукты (коэффициенты не указаны)? Составьте уравнения реакций в молекулярной и ионной форме:

- 1) ...  $\rightarrow$   $\text{BaSO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 2) ...  $\rightarrow$   $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 3) ...  $\rightarrow$   $\text{CaCO}_3 + \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 4) ...  $\rightarrow$   $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 5) ...  $\rightarrow$   $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ ,
- 6) ...  $\rightarrow$   $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 7) ...  $\rightarrow$   $\text{BaCl}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 8) ...  $\rightarrow$   $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3\text{COOH}$ ,
- 9) ...  $\rightarrow$   $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 10) ...  $\rightarrow$   $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 11) ...  $\rightarrow$   $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{S}$ ,
- 12) ...  $\rightarrow$   $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaCl}$ ,
- 13) ...  $\rightarrow$   $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{K}_2\text{SO}_4$ ,
- 14) ...  $\rightarrow$   $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ,
- 15) ...  $\rightarrow$   $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 16) ...  $\rightarrow$   $\text{NH}_4\text{HS} + \text{H}_2\text{O}$ .

**7.18.** Какие из следующих солей подвергаются гидролизу? Составьте ионные и молекулярные уравнения реакций гидролиза и укажите реакцию среды (область pH):

- 1)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ;
- 2)  $\text{CH}_3\text{COOK}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ;
- 3)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
- 4)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ;
- 5)  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{FeCl}_2$ ;
- 6)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ;
- 7)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ;
- 8)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ;
- 9)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{KBr}$ ;
- 10)  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ;
- 11)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$ ;
- 12)  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Как, используя кислоту или щёлочь, можно уменьшить гидролиз солей?

**7.19.** В какой цвет будет окрашен лакмус в водных растворах солей:

- а)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , б)  $\text{K}_2\text{SO}_3$ , в)  $\text{K}_3\text{PO}_4$ , г)  $\text{FeCl}_3$ , д)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , е)  $\text{ZnSO}_4$ , ж)  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ?  
Напишите ионные и молекулярные уравнения реакций гидролиза.

**7.20.** Какой цвет будет у фенолфталеина в водных растворах солей:

- а)  $\text{NH}_4\text{Br}$ , б)  $\text{ZnCl}_2$ , в)  $\text{Na}_2\text{S}$ , г)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , д)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , е)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , ж)  $\text{CuSO}_4$ ?  
Напишите ионные и молекулярные уравнения реакций гидролиза.



**7.21.** Напишите в молекулярной и ионной форме уравнения реакций, учитывая гидролиз солей:

- 1)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 2)  $\text{AlCl}_3 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 3)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 4)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 5)  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 6)  $\text{FeCl}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 7)  $\text{AlCl}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 8)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 9)  $\text{CuSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 10)  $\text{ZnSO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 11)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ,
- 12)  $\text{ZnCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ .

**7.22.** В воде растворили 42,6 г нитрата алюминия, затем прилили раствор, содержащий 37,2 г карбоната натрия. Определите состав и количество образовавшегося осадка. Напишите молекулярное и ионное уравнение реакции.

**7.23.** К раствору, в котором находится 0,3 моль хлорида хрома(III), добавили раствор, содержащий 0,3 моль сульфида калия. Определите состав и количество образовавшегося осадка. Напишите уравнение реакции в молекулярной и ионной форме.

**7.24.** Некоторое количество сульфида алюминия растворили в воде, при этом выделилось 5,04 л газа (н.у.). Определите массу взятого вещества  $\text{Al}_2\text{S}_3$ .

**7.25.** К 120 мл раствора карбоната калия с  $c(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,5$  моль/л (плотность раствора 1,058 г/мл) прилили 90 г раствора нитрата алюминия с  $\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 14,2\%$ . Выпавший осадок отфильтровали. Вычислите массовые доли веществ, содержащихся в фильтрате (оставшемся растворе).

**7.26.** В 100 г водного раствора содержится 0,01 моль  $\text{K}_3\text{PO}_4$ . Определите массовую долю ионов калия в этом растворе.

**7.27.** В 100 мл раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  содержится 0,02 моль ионов  $\text{Al}^{3+}$ . Вычислите молярную концентрацию раствора сульфата алюминия, считая, что степень диссоциации соли равна 100%. Какая масса  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  нужна для приготовления 100 мл такого раствора?

**7.28.** В 1 литре раствора содержится 0,4 моль сульфата калия и 0,2 моль нитрата калия. Определите молярную концентрацию каждого иона –  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{NO}_3^-$ , – если степень диссоциации солей равна 100%.

**7.29.** В трёх литрах раствора содержится 0,6 моль  $\text{CaCl}_2$  и 0,9 моль  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Определите молярные концентрации (моль/л) и массы всех ионов в этом растворе при условии полной диссоциации солей.

**7.30.** В 1 л раствора сульфата алюминия содержится 6,84 г этой соли. Какое количество вещества ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  содержится в 200 мл такого раствора?

**7.31.** Определите число ионов соли, содержащихся в 1 л раствора сульфата натрия с  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1,42\%$  (плотность раствора равна 1 г/мл). Соль диссоциирует полностью.

**7.32.** В 200 г раствора сульфата металла(1+) с  $\omega(\text{соли}) = 7,1\%$  содержится 0,3 моль ионов этой соли. Определите металл, считая, что степень электролитической диссоциации соли равна 100%.

**7.33.** В 200 г раствора нитрата металла(2+) с массовой долей соли 4,1% содержится 0,15 моль её ионов. Степень диссоциации соли равна 100%. Определите металл.

**7.34.** В 20 г раствора  $\text{Me}_2\text{SO}_4$  (Me – металл) с массовой долей соли 4,35% содержится  $9 \cdot 10^{21}$  ионов этой соли. Считая диссоциацию полной, определите металл.

**7.35.** Концентрация нитрат-ионов в растворе  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  равна 2,232 г/л. Степень диссоциации соли составляет 72%. Вычислите молярную концентрацию раствора нитрата свинца.

**7.36.** В воде растворили 0,5 моль сульфата натрия. Определите суммарное количество вещества ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  в растворе, если степень диссоциации соли  $\alpha = 80\%$ .

**7.37.** В 1 л раствора содержится 1 моль хлорида кальция, степень диссоциации которого  $\alpha = 75\%$ . Вычислите общее количество вещества ионов соли в этом растворе.

**7.38.** В результате диссоциации 22,2 г хлорида кальция, масса образовавшихся хлорид-ионов оказалась равной 12 г. Определите степень диссоциации соли.

**7.39.** В растворе, содержащем 20 г сульфата железа(III), обнаружено 4,2 г ионов  $\text{Fe}^{3+}$ . Определите степень диссоциации соли.

**7.40.** В водном растворе масса растворённого сульфата хрома(III) равна 19,6 г, а масса образовавшихся сульфат-ионов – 11,52 г. Определите степень диссоциации соли.

**7.41.** Число сульфат-ионов в растворе, содержащем 6,84 г сульфата алюминия, составляет  $2,8 \cdot 10^{22}$ . Определите степень диссоциации соли.

**7.42.** Из 34,8 г сульфата калия и воды приготовили 1 л раствора. Общая концентрация ионов соли в этом растворе равна 0,51 моль/л. Определите степень диссоциации соли.

**7.43.** В растворе содержится 7,1 г сульфата натрия. Определите суммарное количество вещества ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  в этом растворе, если степень диссоциации соли  $\alpha = 80\%$ .

**7.44.** В водном растворе нитрата железа(III) концентрация ионов  $\text{NO}_3^-$  равна 0,42 моль/л. Определите, какое количество вещества  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  содержится в 1 л этого раствора, если степень диссоциации соли равна 75%.

**7.45.** В водном растворе  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  содержится 12,8 г ионов меди. Определите количество вещества и массу растворённой соли, если степень её диссоциации равна 80%.

**7.46.** В водном растворе  $\text{AlCl}_3$  образовалось 14,91 г хлорид-ионов. Определите количество вещества и массу растворённой соли, если её степень диссоциации равна 80%.

**7.47.** В 2 л раствора  $\text{CrCl}_3$  содержится 31,95 г хлорид-ионов. Определите массу растворённого хлорида хрома(III) и его молярную концентрацию, если степень диссоциации соли равна 70%.

**7.48.** Концентрация  $\text{MgCl}_2$  в растворе равна 0,5 моль/л, степень электролитической диссоциации соли  $\alpha = 78\%$ . Определите массу ионов  $\text{Cl}^-$  в 2 л такого раствора.

**7.49.** Определите степень электролитической диссоциации азотистой кислоты в растворе с  $\omega(\text{HNO}_2) = 0,47\%$  ( $\rho = 1,0$  г/мл), если в 1 мл такого раствора содержится  $4,2 \cdot 10^{18}$  катионов водорода.

**7.50.** Вычислите концентрацию ионов  $\text{H}^+$  в 0,05 М растворе азотистой кислоты, если степень её диссоциации  $\alpha = 9,6\%$ . Какова концентрация ионов водорода в 0,05 М растворе азотной кислоты ( $\alpha = 100\%$ )?

**7.51.** В 1 л 0,01 М раствора уксусной кислоты содержится  $6,26 \cdot 10^{21}$  её частиц (молекул и ионов). Вычислите степень диссоциации уксусной кислоты в этом растворе.

**7.52.** Вычислите степень диссоциации уксусной кислоты в растворе, если известно, что в 1 мл этого раствора содержится  $5,94 \cdot 10^{19}$  молекул и  $1,2 \cdot 10^{18}$  ионов кислоты.

**7.53.** Общее число ионов и молекул в 100 г водного раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  составляет  $6,1 \cdot 10^{22}$ . Определите массовую долю уксусной кислоты в этом растворе, если степень её диссоциации равна 1,34%.

**7.54.** Во сколько раз различается концентрация ионов  $\text{H}^+$  в 0,1 М растворах азотной и азотистой кислот, если  $\alpha(\text{HNO}_2) = 7\%$  а  $\alpha(\text{HNO}_3) = 100\%$ ?

**7.55.** Вычислите, во сколько раз различается концентрация ионов водорода в 0,1 М растворах уксусной и соляной кислот, если  $\alpha(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,34\%$  а  $\alpha(\text{HCl}) = 100\%$ .

**7.56.** Степень электролитической диссоциации HF в 0,05 М водном растворе равна 11%. Определите количества вещества молекул и ионов фтороводородной (плавиковой) кислоты в 200 мл раствора. Сколько молекул HF в таком растворе приходится на 1 ион  $\text{H}^+$ ?

**7.57.** Сколько всего частиц (молекул и ионов) уксусной кислоты содержится в 1 л 0,1 М раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , если степень диссоциации кислоты  $\alpha = 1,34\%$ ?

**7.58.** Степень электролитической диссоциации  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в водном растворе аммиака с  $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1$  моль/л составляет 0,42%. Вычислите количества вещества ионов  $\text{OH}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  и молекул  $\text{NH}_3$  в 1 л этого раствора. Сколько молекул аммиака приходится на 1 ион аммония в таком растворе?

**7.59.** Вычислите константу диссоциации уксусной кислоты, если степень её диссоциации в 0,1 М растворе равна 0,0134 (1,34%).

**7.60.** Вычислите степень диссоциации уксусной кислоты и концентрацию ионов  $\text{H}^+$  в растворе с  $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1$  моль/л.  $K_{\text{дис}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

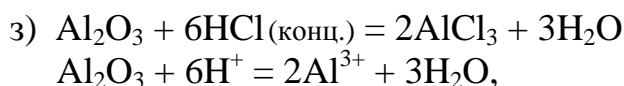
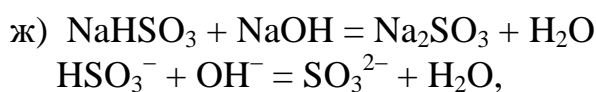
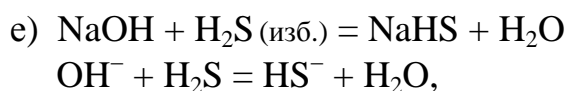
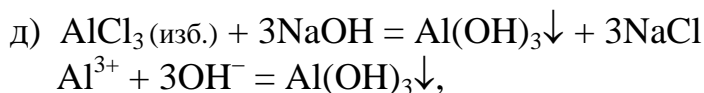
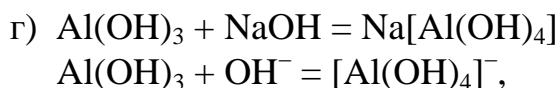
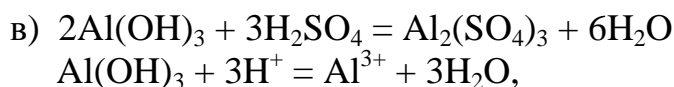
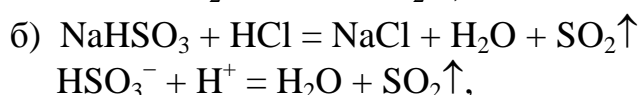
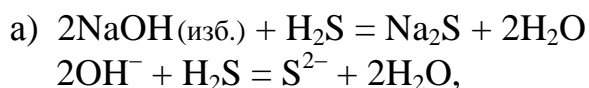
**7.61.** Рассчитайте степень и константу диссоциации уксусной кислоты, если концентрация ионов водорода в её 0,02 М растворе равна  $6 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

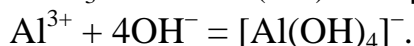
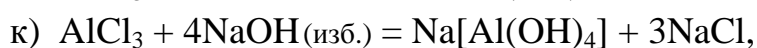
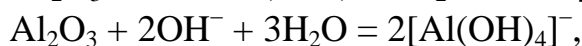
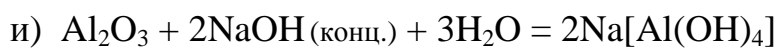
**7.62.** Константа диссоциации муравьиной кислоты равна  $1,8 \cdot 10^{-4}$ . Вычислите степень диссоциации  $\text{HCOOH}$  и концентрацию ионов  $\text{H}^+$  в растворе с  $c(\text{HCOOH}) = 0,5$  моль/л.

**7.63.** Константа диссоциации азотистой кислоты равна  $5 \cdot 10^{-4}$ . Вычислите степень диссоциации  $\text{HNO}_2$  и концентрацию ионов  $\text{H}^+$  в растворе с  $c(\text{HNO}_2) = 0,1$  моль/л.

## Некоторые решения и ответы

**7.9. Решение:**





7.22.  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , 0,2 моль.

7.23.  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , 0,2 моль.

7.24. 11,25 г.

7.25.  $\omega(\text{KNO}_3) \approx 5,7\%$  и  $\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) \approx 2,0\%$ .

7.26. 1,17%.

7.27. 0,1 моль/л; 3,42 г.

7.30. 0,008 моль.

7.31.  $1,806 \cdot 10^{23}$  ионов.

7.38. Решение:



1 моль                      2 моль

$$n(\text{CaCl}_2) = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2)} = \frac{22,2 \text{ г}}{111 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль},$$

$$n(\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{Cl}^-)}{M(\text{Cl}^-)} = \frac{12 \text{ г}}{35,5 \text{ г/моль}} = 0,33 \text{ моль},$$

$$n(\text{CaCl}_2)_{\text{продисс.}} = \frac{n(\text{Cl}^-)}{2} = \frac{0,33}{2} = 0,165 \text{ моль},$$

$$\alpha = \frac{n_{\text{продисс.}}}{n_{\text{общ.}}} \cdot 100\% = \frac{0,165}{0,2} \cdot 100\% = 82,5\%.$$

7.40. 80%.

7.41. 77,5%.

7.42. 85%.

7.46. 0,175 моль, 23,36 г.

7.47. 67,93 г, 0,15 моль/л.

7.49. 7%.

7.52. 1%.

7.53.  $\omega = 5,8\%$ .

7.55. В 74,6 раза.

7.57.  $6,1 \cdot 10^{22}$  частиц.

7.58.  $n(\text{OH}^-) = n(\text{NH}_4^+) = 4,2 \cdot 10^{-3}$  моль,  $n(\text{NH}_3) = 0,9958$  моль,  $\sim 237$  молекул/ион.

7.59.  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

7.61.  $\alpha = 3\%$ ,  $K_{\text{дис}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

7.63.  $\alpha = 7,1\%$ ,  $[\text{H}^+] = 7,1 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

## 8. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

**8.1.** Что понимают под валентностью элемента и что такое степень окисления элемента? Поясните на примерах.

**8.2.** Какие реакции называются окислительно-восстановительными? Приведите примеры. Как классифицируются эти реакции?

**8.3.** Какие процессы называют процессами окисления, и какие – процессами восстановления? Приведите примеры.

**8.4.** Как изменяются окислительно-восстановительные свойства простых веществ в зависимости от положения элементов в периодической системе? Приведите примеры типичных окислителей и восстановителей.

**8.5.** Для каких сложных веществ характерны только окислительные свойства, только восстановительные свойства, и в каких случаях вещества могут проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства? Приведите примеры.

**8.6.** Покажите на примерах (уравнения реакций), как изменяются окислительно-восстановительные свойства соединений элемента (S или Cl) в зависимости от его степени окисления.

**8.7.** Покажите на примерах (уравнения реакций), как изменяются кислотные свойства оксидов и гидроксидов в зависимости от изменения степени окисления образующего их элемента (Cr, Mn или Fe).

**8.8.** На примерах реакций восстановления перманганата калия покажите влияние среды на окислительно-восстановительные реакции.

**8.9.** Роль среды проявляется и в образующихся продуктах окисления восстановителей. Проиллюстрируйте это на примерах окисления ионов  $\Gamma$  или  $\text{Fe}^{2+}$  в кислотной и щелочной среде.

**8.10.** Что характеризует электрохимический ряд напряжений металлов? На каких количественных величинах он основан? Какая связь между восстановительной активностью металлов и окислительными свойствами их катионов?

**8.11.** Из приведённых веществ (молекул и ионов) выберите те, которые могут быть: а) только окислителями, б) только восстановителями, в) могут проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства:

$\text{Fe}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCl(p-p)}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .  
Объясните ответ.

**8.12.** Какой процесс называется электролизом? Дайте определения понятиям «катод», «анод», «катодный процесс», «анодный процесс».

**8.13.** Какой анод в процессе электролиза называется инертным, и какой – активным? Приведите примеры.

**8.14.** Какие процессы протекают на электродах при электролизе водных растворов электролитов? Примеры.

**8.15.** Приведите пример а) *слабой кислоты*, б) *сильной кислоты*, которые являются *сильными окислителями*. Приведите примеры реакций, показывающих соответствующие свойства этих кислот.

**8.16.** Приведите пример а) *слабой кислоты*, б) *сильной кислоты*, которые являются *сильными восстановителями*. Приведите примеры реакций, в которых эти свойства проявляются.

**8.17.** Укажите степени окисления элементов в соединениях и в соответствии с их валентностью изобразите графические формулы соединений:

- 1)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ;
- 2)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NF}_3$ ;
- 3)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ,  $\text{CaH}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ;
- 4)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{KCrO}_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_6^{3-}$ ;
- 5)  $\text{PH}_3$ ,  $\text{PH}_4\text{I}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{PCl}_3\text{O}$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_2$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_3$ ;
- 6)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CCl}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{KOCN}$ ,  $\text{KNCS}$ ;
- 7)  $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SCl}_2\text{O}$ ;
- 8)  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{MnO}_4^{2-}$ ,  $\text{HClO}$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{Cl}_2$ ;
- 9)  $\text{CaC}_2$ ,  $\text{Al}_4\text{C}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ;
- 10)  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $\text{OF}_2$ ,  $\text{ClO}_4^-$ .

**8.19.** Уравняйте следующие реакции. Какие из них являются окислительно-восстановительными? Укажите окислитель и восстановитель:

- 1)  $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{HClO}_4 \rightarrow \text{ClO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{NH}_3 + \text{NaClO} \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 2)  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{HCN} + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 3)  $\text{HClO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  
 $\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $\text{Li}_3\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{LiOH} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$ ,  
 $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ ;
- 5)  $\text{NaCrO}_2 + \text{NaOH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;

- 6)  $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$ ,  
 $\text{PbS} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{PbO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 7)  $\text{HNO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  
 $\text{HNO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{HNO}_3 + \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 8)  $\text{NaOH} + \text{Al} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$ ,  
 $\text{NaOH} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  
 $\text{NaOH} + \text{I}_2 \rightarrow \text{NaI} + \text{NaIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 9)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$ ,  
 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ,  
 $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_4$ ;
- 10)  $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$ ,  
 $\text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ ,  
 $\text{CH}_3\text{CHO} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Ag} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

**8.20.** Методом электронного баланса подберите коэффициенты, укажите процессы окисления и восстановления, окислитель и восстановитель:

- 1)  $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$ ,
- 2)  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$ ,
- 3)  $\text{NaCrO}_2 + \text{NaClO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 4)  $\text{KNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 5)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$ ,
- 6)  $\text{CuS} + \text{O}_2 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CuO} + \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2$ ,
- 7)  $\text{S} + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,
- 8)  $\text{KOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 9)  $\text{HMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 10)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 11)  $\text{NO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 12)  $\text{FeS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$ ,
- 13)  $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 14)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{C} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3 + \text{CO} + \text{P}$ ,
- 15)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{NO}_2 + \text{O}_2$ ,
- 16)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KI} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{MnSO}_4$ ,
- 17)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KNO}_2 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 18)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 19)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 20)  $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 21)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 22)  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,



- 23)  $\text{FeSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 24)  $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 25)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KI} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 26)  $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{NO}$ ,
- 27)  $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 28)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{PH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 29)  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$ ,
- 30)  $\text{I}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaI} + \text{NaIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 31)  $\text{S} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 32)  $\text{P} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_2$ ,
- 33)  $\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,
- 34)  $\text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 35)  $\text{Al} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$ ,
- 36)  $\text{Zn} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$ ,
- 37)  $\text{Zn} + \text{NaNO}_3 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{NH}_3$ ,
- 38)  $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{Zn} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ,
- 39)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$ ,
- 40)  $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 41)  $\text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ ,
- 42)  $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 43)  $\text{KNO}_2 + \text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$ ,
- 44)  $\text{I}_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KBr} + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 45)  $\text{Cl}_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaBrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 46)  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{S} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 47)  $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}$ ,
- 48)  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CuO} + \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2$ ,
- 49)  $\text{FeCl}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 50)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 51)  $\text{CuFeS}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 52)  $\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{TiOSO}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ,
- 53)  $\text{KMnO}_4 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 54)  $\text{KMnO}_4 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 55)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 56)  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HCOOH} + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 57)  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 58)  $\text{CH}_2\text{O} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HCOOH} + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 59)  $\text{NaBiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{HMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 60)  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{Na}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaBiO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ,
- 61)  $\text{Na}_3\text{AsO}_4 + \text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{AsH}_3 + \text{NaCl} + \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

**8.21.** По ионной форме составьте молекулярное уравнение реакции, методом электронного или электронно-ионного баланса подберите коэффициенты, укажите окислитель и восстановитель:

- 1)  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-} + \text{Br}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 2)  $\text{NO}_2^- + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{MnO}_2 + \text{OH}^-$ ,
- 3)  $\text{PbO}_2 + \text{Br}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 4)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 5)  $\text{Br}_2 + \text{I}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{Br}^- + \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 6)  $\text{Al} + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}_2$ ,
- 7)  $\text{H}_2\text{S} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{S} + \text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 8)  $\text{CuS} + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 9)  $\text{PH}_3 + \text{MnO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{PO}_4^{3-} + \text{MnO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 10)  $\text{ClO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 11)  $\text{CuI} + \text{H}^+ + \text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{I}_2 + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 12)  $\text{SO}_3^{2-} + \text{OH}^- + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 13)  $\text{MnO}_4^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ,
- 14)  $\text{H}_2\text{S} + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 15)  $\text{ClO}^- + \text{OH}^- + \text{I}_2 \rightarrow \text{Cl}^- + \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 16)  $\text{Zn} + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 17)  $\text{PH}_3 + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}_2$ ,
- 18)  $\text{Br}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{BrO}_3^- + \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 19)  $\text{I}^- + \text{MnO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{IO}_3^- + \text{MnO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
- 20)  $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ .

**8.22.** Закончите уравнение реакции, укажите окислитель и восстановитель:

- 1)  $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \dots$ ,
- 2)  $\text{Zn} + \text{KClO}_3 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \dots$ ,
- 3)  $\text{MnO}_2 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \dots + \dots + \dots$ ,
- 4)  $\text{PH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \dots + \dots + \dots$ ,
- 5)  $\text{NaNO}_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \dots + \dots$ ,
- 6)  $\text{FeSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HBr} + \dots$ ,
- 7)  $\text{CrCl}_3 + \text{NaClO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \dots + \dots$ ,
- 8)  $\text{KClO}_3 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cl}_2 + \dots + \dots + \dots$ ,
- 9)  $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots$ ,
- 10)  $\text{Cl}_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KBrO}_3 + \dots + \dots$ ,
- 11)  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots$ ,
- 12)  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HIO}_3 \rightarrow \text{I}_2 + \dots + \dots$ ,
- 13)  $\text{NO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_2)_2 + \dots + \dots$ ,
- 14)  $\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots + \dots$ ,
- 15)  $\text{KCrO}_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \dots + \dots$ ,

- 16)  $\text{KMnO}_4 + \text{HBr} \rightarrow \text{MnBr}_2 + \dots + \dots + \dots$ ,
- 17)  $\text{KMnO}_4 + \text{KOH} + \text{KNO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots + \dots$ ,
- 18)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{NaOH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \dots + \dots$ ,
- 19)  $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{As}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots$ ,
- 20)  $\text{FeCl}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{Cl}_2 + \dots + \dots + \dots$

**8.23.** Какие два вещества вступили в окислительно-восстановительную реакцию (и при каких условиях: *t*, *кат*, *обычн.*), если образовались указанные продукты (коэффициенты не указаны)? Закончите уравнение реакции:

- 1)  $\dots + \dots \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{I}_2 + \text{KCl}$ ,
- 2)  $\dots + \dots \rightarrow \text{CaBr}_2 + \text{HBr}$ ,
- 3)  $\dots + \dots \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 4)  $\dots + \dots \rightarrow \text{Fe(OH)}_3$ ,
- 5)  $\dots + \dots \rightarrow \text{Cu(NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 6)  $\dots + \dots \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 7)  $\dots + \dots \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 8)  $\dots + \dots \rightarrow \text{CuO} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{NO}$ ,
- 9)  $\dots + \dots \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 10)  $\dots + \dots \rightarrow \text{I}_2 + \text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$ ,
- 11)  $\dots + \dots \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 12)  $\dots + \dots \rightarrow \text{CrBr}_3 + \text{Br}_2 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 13)  $\dots + \dots \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{Ca(ClO)}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 14)  $\dots + \dots \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2$ ,
- 15)  $\dots + \dots \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ,
- 16)  $\dots + \dots \rightarrow \text{KCl} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

**8.24.** При растворении меди в 100 г концентрированного раствора серной кислоты выделилось 1,12 л диоксида серы (н.у.). Вычислите количество вещества ионов меди и массовую долю сульфата меди в полученном растворе. Какое количество вещества  $\text{H}_2\text{SO}_4$  восстановилось?

**8.25.** Вычислите массовую долю перманганата калия в растворе, содержащем также серную кислоту, если для реакции с 50 г этого раствора (до его обесцвечивания) потребовалось 3,15 г сульфита натрия.

**8.26.** При разложении 4,9 г некоторого вещества выделилось 1,344 л кислорода (н.у.) и осталось твердое вещество, содержащее 52,35% калия и 47,65% хлора. Определите формулу вещества и составьте уравнение реакции его разложения.

**8.27.** При нагревании 73,5 г хлората калия (бертолетовой соли) часть её разложилась по внутримолекулярной окислительно-восстановительной реакции с выделением 6,72 л  $\text{O}_2$  (н.у.), а часть – по реакции диспропорционирования с образованием перхлората и хлорида калия. Определите массу и количественный состав твёрдого остатка после завершения реакций.

**8.28.** При нагревании 12,8 г некоторой соли произошла внутримолекулярная окислительно-восстановительная реакция с образованием 7,2 г воды и 4,48 л химически малоактивного газа, плотность которого по водороду равна 14. Определите формулу соли.

**8.29.** При окислении фосфора азотной кислотой выделилось 7,46 л (н.у.) оксида азота(II) и образовалась ортофосфорная кислота. Для её нейтрализации потребовалось 50 мл раствора гидроксида натрия с  $\omega(\text{NaOH}) = 25\%$  (плотность раствора 1,28 г/мл). Определите формулу и количество полученной соли.

**8.30.** При взаимодействии 34,8 г оксида марганца(IV) с избытком концентрированной соляной кислоты выделился хлор, который полностью прореагировал с 160 г нагретого раствора гидроксида натрия с образованием хлорида и хлората натрия. Вычислите массовую долю NaOH в использованном растворе.

**8.31.** Оксид серы(IV) объёмом 4,48 л (н.у.) прореагировал с 50 мл раствора гидроксида натрия с  $\omega(\text{NaOH}) = 25\%$  ( $\rho = 1,28$  г/мл). Какое количество вещества дихромата калия можно восстановить образовавшейся солью в растворе, подкисленном серной кислотой?

**8.32.** Определите количество вещества перманганата калия и объём раствора соляной кислоты  $\omega(\text{HCl}) = 38\%$  ( $\rho = 1,19$  г/мл), необходимые для получения хлора, способного вытеснить весь бром из 500 мл раствора бромида калия с  $c(\text{KBr}) = 2$  моль/л.

**8.33.** Через 100 г раствора перманганата калия с  $\omega(\text{KMnO}_4) = 1,58\%$  пропускали сернистый газ до полного обесцвечивания раствора. Какой объём  $\text{SO}_2$  (н.у.) вступил в реакцию, и какова массовая доля сульфата марганца(II) в растворе после реакции?

**8.34.** Газ, полученный действием 29 г оксида марганца(IV) на 100 г раствора соляной кислоты с массовой долей HCl 36,5%, пропустили через раствор, содержащий избыток иодида калия. При этом выделилось 50,8 г иода, и реакция прошла полностью. Рассчитайте практический выход газа в первой реакции.

**8.35.** При нагревании без катализатора разложение бертолетовой соли ( $\text{KClO}_3$ ) идёт одновременно по двум реакциям: а) с образованием кислорода и хлорида калия, б) с образованием перхлората калия и хлорида калия. Определите массу  $\text{KClO}_4$ , полученную при разложении 49 г  $\text{KClO}_3$ , если одновременно образовалось 22,35 г KCl.

**8.36.** Провели электролиз водного раствора нитрата серебра с инертным анодом. Масса восстановленного на катоде серебра оказалась равной 2,16 г. Какой объём газа (н.у.) выделился на аноде? Вычислите молярную концентрацию кислоты в полученном растворе, если объём раствора 250 мл.

**8.37.** При электролизе (с инертным анодом) 1 кг водного раствора нитрата никеля с  $\omega(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) = 18,3\%$  на катоде восстановилось 29,35 г металла. Какой объём газа (н.у.) выделился на аноде? Какое количество соли осталось в растворе, и какова массовая доля в нём образовавшейся кислоты?

**8.38.** Провели полный электролиз 200 г раствора хлорида калия с  $\omega(\text{KCl}) = 7,45\%$ . К полученному раствору добавили 50 г раствора фосфорной кислоты с  $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 19,6\%$ . Определите формулу образовавшейся при этом соли.

**8.39.** В процессе электролиза 500 мл раствора гидроксида натрия с  $\omega(\text{NaOH}) = 4,6\%$  ( $\rho = 1,05$  г/мл) массовая доля NaOH в растворе увеличилась до 10%. Вычислите объёмы газов (н.у.), выделившихся на электродах.

**8.40.** При электролизе раствора хлорида натрия на катоде выделилось 13,44 л водорода (н.у.). Хлор, выделившийся на аноде, поглотили горячим раствором гидроксида калия. Рассчитайте количества солей – хлорида калия и хлората калия, – образовавшихся в растворе в результате реакции.

**8.41.** В результате электролиза раствора хлорида натрия получили раствор, содержащий 20 г гидроксида натрия. Газ, выделившийся на аноде, полностью прореагировал с 500 мл раствора иодида калия. Рассчитайте объём газа (н.у.) и молярную концентрацию использованного раствора иодида калия.

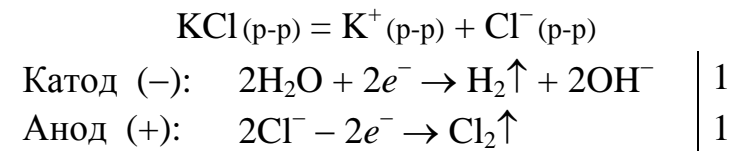
**8.42.** При электролизе 200 г раствора гидроксида натрия с  $\omega(\text{NaOH}) = 4\%$  на аноде выделилось 44,8 л (н.у.) кислорода. Какой объём водорода выделился на катоде, и какой стала массовая доля NaOH в растворе после электролиза?

**8.43.** При электролизе 200 г раствора хлорида натрия с массовой долей соли 17,55% из раствора выделилось 3,36 л хлора (н.у.). Определите массовые доли веществ в растворе после прекращения электролиза.

**8.44.** При электролизе (с инертным анодом) 235 г раствора нитрата меди(II) с  $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 20\%$  на катоде выделилось 9,6 г металла. Вычислите объём газа (н.у.), выделившегося на аноде, и массовые доли кислоты и соли в оставшемся растворе.

### *Примеры реакций при электролизе водных растворов*

**Пример 1.** Электролиз раствора KCl с инертным (нерастворимым) анодом



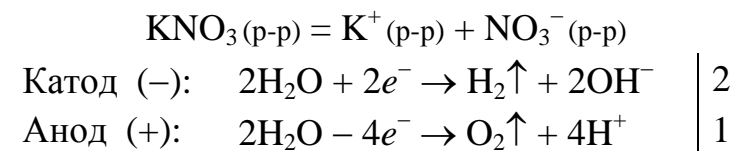
Суммарное уравнение реакции

в ионной форме:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ ;

в молекулярной форме:  $2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{KOH}$ .

*Комментарий.* Если концентрация ионов  $\text{Cl}^-$  достаточно большая, то они легче, чем вода окисляются на аноде. Катионы активных металлов из раствора не восстанавливаются. На катоде происходит восстановление воды и в растворе образуется щелочная среда.

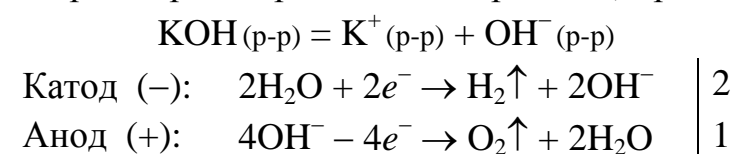
**Пример 2.** Электролиз раствора  $\text{KNO}_3$  с инертным (нерастворимым) анодом



Суммарное уравнение реакции  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$ .

*Комментарий.* И в катодном, и в анодном процессе участвует вода. Ионы соли увеличивают лишь электропроводность раствора, их количество в процессе электролиза не меняется, а концентрация увеличивается (т.к. уменьшается количество растворителя). Если катодное и анодное пространство не разделено, то образующиеся ионы  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}^+$  нейтрализуют друг друга и среда остаётся нейтральной.

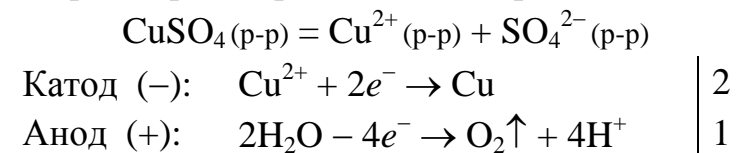
**Пример 3.** Электролиз раствора  $\text{KOH}$  с инертным (нерастворимым) анодом



Суммарное уравнение реакции  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$ .

*Комментарий.* В целом количество ионов  $\text{OH}^-$  в процессе электролиза не изменяется, но концентрация щёлочи растёт, т.к. уменьшается количество растворителя.

**Пример 4.** Электролиз раствора  $\text{CuSO}_4$  с инертным анодом



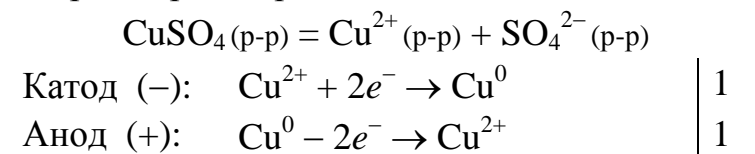
Суммарное уравнение реакции

в ионной форме:  $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{Cu} + \text{O}_2\uparrow + 4\text{H}^+$ ;

в молекулярной форме:  $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{Cu} + \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ .

*Комментарий.* На катоде в первую очередь восстанавливается не вода, а катионы неактивного металла. В растворе создаётся кислотная среда.

**Пример 5.** Электролиз раствора  $\text{CuSO}_4$  с медным (активным) анодом



*Комментарий.* Суммарное уравнение электролиза с растворимым анодом написать нельзя. Происходит перенос ионов меди с анода на катод и выделение чистой меди на катоде. Концентрация  $\text{CuSO}_4$  (или других веществ, не участвующих в электродных процессах) в растворе не меняется. Такой вариант электролиза часто используется для очистки металлов (например, меди, никеля, свинца) от примесей.

## 9. НЕМЕТАЛЛЫ

(H, F, Cl, Br, I, O, S, N, P, C, Si)

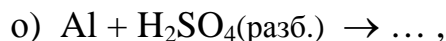
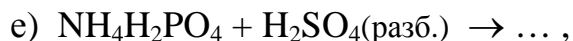
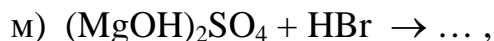
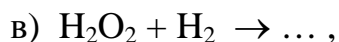
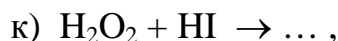
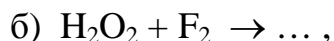
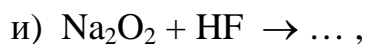
**9.1.** К какому электронному семейству элементов – *s*, *p*, *d* или *f* – относятся неметаллы? Как это характеризует их химические свойства? Какой из элементов, и почему, является самым химически активным неметаллом?

**9.2.** Почему элемент водород может быть первым элементом и в группе **IA**, и в группе **VIIA** периодической системы элементов?

**9.3.** Приведите примеры реакций, в которых молекулярный водород является: а) окислителем, б) восстановителем.

**9.4.** Как получают водород в лаборатории и в промышленности? Где он находит основное применение?

**9.5.** Закончите уравнения реакций. Укажите, какие из этих реакций являются обменными, и какие – окислительно-восстановительными; какие химические свойства проявляют в них реагенты:



**9.6.** Сколько молекул водорода выделится при взаимодействии 10,5 г гидрида кальция с 10 мл воды? Какой объем займет это количество водорода при температуре 17 °С и давлении 740 мм рт. ст. ( $p^\circ = 760$  мм рт. ст. = 101325 Па)?

**9.7.** Газ, выделившийся при взаимодействии 2,6 г цинка с 20 мл 16,5 мас.% раствора соляной кислоты (плотностью 1,08 г/мл), пропустили при нагревании над 4,8 г оксида меди(II). Рассчитайте массу твёрдых веществ после реакции.

**9.8.** Твёрдое кристаллическое соединение одновалентного металла с одновалентным неметаллом энергично реагирует с водой и водными растворами кислот с выделением водорода. При взаимодействии с водой 2,4 г этого вещества выделилось 2,63 л ( $t = 37$  °С,  $p = 98$  кПа) водорода, а фенолфталеин в полученном растворе приобрёл малиновую окраску. Определите формулу вещества. Напишите уравнения его реакций с водой, соляной кислотой и хлором.

**9.9.** При взаимодействии 2,0 г гидрида одновалентного металла с 45 мл воды выделилось 1,12 л газа (н.у.). Гидрид какого металла был взят? Изменится ли окраска полученного раствора, если к нему добавить ещё 50 мл 0,5 М раствора соляной кислоты и каплю раствора фенолфталеина? Объясните ответ.

**9.10.** При взаимодействии с водой 0,85 г смеси гидридов лития и кальция выделилось 1,21 л водорода (н.у.). Вычислите количества веществ и их массовые доли в исходной смеси.

**9.11.** В 200 мл воды растворили 6,5 г смеси лития и оксида лития. В результате реакции выделилось 5,6 л газа (н.у.). Вычислите массовую долю и молярную концентрацию гидроксида лития в полученном растворе (плотность раствора 1,09 г/мл).

\* \* \*

**9.12.** Галогены (в переводе с греч. – образующие соли) химически очень активны и в природе существуют лишь в виде соединений с другими элементами (солей). Как получают молекулярный хлор: а) в промышленности, б) в лаборатории? Можно ли аналогичные реакции использовать для получения фтора?

**9.13.** Как можно получить хлор: а) из хлората калия (бертолетовой соли), б) из хлорида калия? Напишите уравнения реакций.

**9.14.** Какой из галогенов (в виде простого вещества) является наиболее активным и какой – наименее активным окислителем? Приведите примеры подтверждающих это реакций.

**9.15.** При помощи каких реакций можно отличить: а) раствор хлорида калия от раствора иодида калия; б) раствор бромиды натрия от раствора фторида натрия?

**9.16.** Напишите химические формулы и названия (традиционные и систематические) кислородсодержащих кислот хлора и их натриевых солей. Дайте краткую характеристику их свойств.

**9.17.** Какие две из приведённых реакций в водном растворе невозможны? Почему? Для остальных напишите молекулярные и ионные уравнения:

- |   |   |
|---|---|
| а) $\text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{NaOH} \rightarrow \dots ?$           | г) $\text{NaClO} + \text{HClO}_4 \rightarrow \dots ?$   |
| б) $\text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots ?$ | д) $\text{NaClO}_4 + \text{HClO}_3 \rightarrow \dots ?$ |
| в) $\text{NaClO} + \text{HCl} \rightarrow \dots ?$                          | е) $\text{NaF} + \text{HCl} \rightarrow \dots ?$        |

**9.18.** Какое равновесие устанавливается в свежеприготовленном водном растворе хлора (хлорной воде)? Как на это равновесие повлияет добавление к раствору: а) щёлочи, б) кислоты?

**9.19.** Почему хлор тщательно сушат от примеси влаги перед заполнением им стальных баллонов или железнодорожных цистерн?

**9.20.** Хлорная вода имеет запах хлора. При подщелачивании хлорной воды запах исчезает, а при последующем подкислении появляется вновь. Объясните наблюдаемое явление.

**9.21.** Почему есть хлорная вода, бромная вода, но нет «фторной воды»? Напишите уравнение реакции фтора с водой.

**9.22.** Чем отличается по составу свежеприготовленная хлорная вода от долго хранившейся (особенно на свету)?



**9.23.** Тривиальные (технические) названия хлороводородной кислоты – *соляная кислота* (водный раствор HCl) и фтороводородной кислоты – *плавиковая кислота* (водный раствор HF) связаны со способом получения газообразных HCl и HF действием H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(конц.) на кристаллические минералы: NaCl – *поваренную соль* и CaF<sub>2</sub> – *плавиковый шпат (флюорит)*. Напишите уравнения соответствующих реакций.

**9.24.** Приведите примеры реакций, в которых концентрированная соляная кислота является: а) окислителем, б) восстановителем, в) просто сильной кислотой.

**9.25.** Объясните, почему при работе с плавиковой кислотой нельзя пользоваться стеклянной посудой.

**9.26.** Как (и почему) изменится жёлто-оранжевая окраска раствора брома (бромной воды), если через этот раствор пропускать газообразные: а) иодоводород, б) сероводород, в) оксид серы(IV) (сернистый газ)?

**9.27.** Завершите уравнения реакций (протекающих в водных растворах) и укажите, какие свойства в них проявляют соединения галогенов:

- |  |   |
|--|---|
| а) $\text{HCl} + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots$ ,                            | з) $\text{HCl} + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 + \dots$ ,                     |
| б) $\text{HCl} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnCl}_2 + \dots$ ,                    | и) $\text{I}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HIO}_3 + \dots$ , |
| в) $\text{NaClO} + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \dots$ ,                       | к) $\text{F}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{OF}_2 + \dots$ ,                        |
| г) $\text{HClO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \dots$ , | л) $\text{HClO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \dots$ ,         |
| д) $\text{HClO}_4 + \text{NaF} \rightarrow \dots$ ,                                    | м) $\text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + \dots$ ,           |
| е) $\text{FeCl}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \dots$ ,                     | н) $\text{NaClO} + \text{NaOH} + \text{I}_2 \rightarrow \text{NaIO}_3 + \dots$ ,      |
| ж) $\text{Cl}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca(ClO)}_2 + \dots$ ,              | о) $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \xrightarrow{t} \text{KClO}_3 + \dots$ .                 |

**9.28.** Рассчитайте, какая масса перманганата калия, и какой объём раствора соляной кислоты с массовой долей HCl 36% (плотность раствора 1,18 г/мл) требуются для получения 2,8 л (н.у.) хлора.

**9.29.** Сколько литров хлороводорода (н.у.) нужно растворить в 10 л воды, чтобы получить 20 мас.% соляную кислоту (плотность 1,10 г/мл)? Какова её молярная концентрация? Приведите два способа получения хлороводорода.

**9.30.** Вычислите, какая масса хлорида натрия требуется для получения 500 мл 2 М раствора соляной кислоты, если практический выход хлороводорода в реакции хлорида натрия с концентрированной серной кислотой равен 78%?

**9.31.** Для реакции с 50 мл раствора галогеноводородной кислоты потребовалось 10 мл 0,1 М раствора нитрата серебра, при этом образовалось 0,188 г светло-жёлтого осадка. Раствор какой кислоты был взят? Какова её молярная концентрация?

**9.32.** Растворимость Br<sub>2</sub> в воде при 20 °С равна 3,6 г/100 г воды. Вычислите массу насыщенного раствора брома (бромной воды), необходимую для окисления 7,6 г сульфата железа(II) в растворе, подкисленном серной кислотой.

**9.33.** Массовая доля брома в его водном растворе (бромной воде) составляет 3,16%. В 200 г бромной воды растворили 2 л (н.у.)  $\text{SO}_2$  (сернистого газа). Изменилась ли окраска бромной воды? Какие растворённые вещества содержит полученный раствор? Вычислите их массовые доли.

**9.34.** Из равных объёмов жидкой воды и газообразного хлороводорода (н.у.) приготовили раствор, к 100 г которого добавили избыток раствора нитрата серебра. Рассчитайте массу выпавшего осадка.

**9.35.** Какой объём хлора (н.у.) вступит в реакцию с 200 мл 1,0 М раствора гидроксида калия (плотность раствора 1,047 г/мл, температура 20 °С)? Вычислите массовые доли солей (назовите их) в полученном растворе. Какой объём 8 М раствора соляной кислоты необходим для реакции с перманганатом калия, чтобы получить нужное количество хлора?

**9.36.** Для полного хлорирования 16 г порошковой смеси магния и железа потребовалось 11,2 л (н.у.) хлора. Какой объём раствора соляной кислоты, с массовой долей  $\text{HCl}$  20% (плотность раствора 1,10 г/мл), требуется для растворения такого же образца исходной смеси металлов?

**9.37.** Смесь хлората калия (бертолетовой соли) и хлорида калия массой 20,00 г (с небольшим количеством  $\text{MnO}_2$  – катализатор), прокалили до постоянной массы. Масса остатка оказалась на 5,76 г меньше. Определите молярный состав (в %) исходной смеси солей и объём выделившегося газа (н.у.).

**9.38.** Образец смеси хлорида калия и иодида калия массой 6,3 г растворили в 100 мл воды. В полученный раствор пропустили газообразный хлор до завершения образования чёрного осадка. Осадок отделили, его масса оказалась равной 2,54 г. Вычислите молярное соотношение и массовые доли солей в исходной смеси и массовую долю соли в растворе после реакции.

**9.39.** Из 30 л смеси хлора и водорода получили 24 л хлороводорода (н.у.). После реакции остался газ, который может восстанавливать металлы из их оксидов. Определите молярный состав (в %) исходной газовой смеси. Хватит ли оставшегося после реакции газа для полного восстановления до металла:  
а) 20 г оксида меди(II), б) 20 г оксида дижелеза(III)-железа(II) ( $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  или  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  – минерал магнетит)?

**9.40.** Между водородом и хлором в их смеси объёмом 8,96 л (н.у.) с  $\varphi(\text{H}_2) = 37,5$  об.% произошла химическая реакция. Газообразные вещества после реакции при комнатной температуре поглотили водным раствором гидроксида натрия:  $V(\text{р-ра}) = 300$  мл,  $\rho(\text{р-ра}) = 1,08$  г/мл,  $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/л. Вычислите количества и массовые доли всех растворённых веществ в полученном растворе.

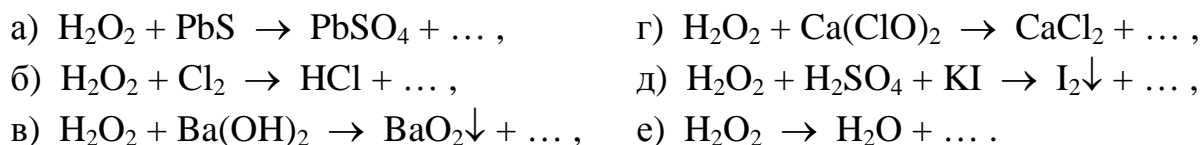
**9.41.** При электролизе концентрированного раствора хлорида натрия на катоде выделилось 10,08 л (н.у.) водорода. Газ, выделившийся на аноде, растворили в 500 мл горячего 2 М раствора гидроксида калия. Вычислите, какие количества солей (назовите их) образовались в растворе в результате реакции.

\* \* \*

**9.42.** Сравните электронное строение и валентные возможности атомов кислорода и серы. Приведите примеры реакций, иллюстрирующих сходство и различие свойств этих элементов.

**9.43.** Определите степень окисления кислорода и серы в следующих соединениях:  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{NaHS}$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{FeS}_2$ . Для каких из этих веществ характерны только восстановительные свойства, и для каких – только окислительные? Почему?

**9.44.** Закончите уравнения реакций, укажите, к какому типу они относятся и какие химические свойства проявляет в них пероксид водорода:



**9.45.** Почему концентрированный раствор пероксида водорода нельзя хранить на свету, особенно в плотно закрытой стеклянной колбе?

**9.46.** К 250 мл раствора пероксида водорода добавили небольшое количество  $\text{MnO}_2$  (катализатор разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$ ). В результате реакции выделилось 2,48 л газа (н.у.). Вычислите молярную концентрацию и массовую долю  $\text{H}_2\text{O}_2$  в исходном растворе (плотность раствора 1,01 г/мл).

**9.47.** В виде каких веществ элементы кислород и сера встречаются в природе? Приведите примеры лабораторных способов их получения в виде простых веществ (по 2 – 3 реакции).

**9.48.** В каком случае образуется больше кислорода – при термическом разложении 10 г: а) хлората калия, б) перманганата калия, в) нитрата калия, или г) при электролизе 10 г водного раствора нитрата калия с  $\omega(\text{KNO}_3) = 1\%$ ?

**9.49.** Какой объём кислорода (н.у.) можно получить при термическом разложении 5,12 г технического хлората калия, содержащего 4,3% неразлагающихся примесей? Хватит ли полученного кислорода для сжигания 1,6 г серы? Какой минимальный объём 0,5 М раствора гидроксида натрия потребуется для поглощения (нейтрализации) образовавшегося оксида серы(IV)?

**9.50.** Хлорат калия (бертолетову соль) массой 2,5 г с небольшим количеством  $\text{MnO}_2$  (катализатор) нагрели до полного завершения реакции разложения соли. Выделившийся кислород пропустили через раствор иодоводородной кислоты объёмом 200 мл с концентрацией  $\text{HI}$  0,5 моль/л. В результате образовался чёрный осадок. Вычислите его массу. Осталась ли кислота в растворе? Какая окраска будет в этом растворе у фенолфталеина и лакмуса?

**9.51.** Плотность смеси озона с кислородом по кислороду равна 1,125. Определите объёмную долю озона в смеси. Какой объём 1 М раствора иодида калия вступит в реакцию с 10 л ( $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $p = 97,4$  кПа) этой газовой смеси?

**9.52.** При озонировании 5 л кислорода объём газа уменьшился на 500 мл. Определите объём и объёмную долю озона в полученной газовой смеси.

**9.53.** Как можно получить сероводород, имея в распоряжении железо, серу и серную кислоту? (Приведите два способа). Сколько серы потребуется для получения 20 л сероводорода (н.у.)?

**9.54.** Что такое сероводородная вода? Почему она мутнеет при хранении? Какой объём сероводорода (н.у.) потребуется для приготовления 250 мл 0,1 М раствора  $\text{H}_2\text{S}$ ?

**9.55.** Рассчитайте массовые доли веществ в растворе, образовавшемся при действии 24,9 мл раствора соляной кислоты с массовой долей  $\text{HCl}$  20% (плотность раствора 1,10 г/мл) на 3,96 г сульфида железа(II).

**9.56.** Газ, выделившийся при взаимодействии 11 г сульфида железа(II) с концентрированной соляной кислотой, поглотили раствором гидроксида натрия. Объём раствора щёлочи 200 мл, плотность 1,065 г/мл, концентрация  $\text{NaOH}$  1,5 моль/л. Вычислите количества и массовые доли растворённых веществ в полученном растворе.

**9.57.** Растворимость газообразного сероводорода в воде при 20 °С и нормальном давлении равна 258 мл  $\text{H}_2\text{S}$  / 100 г  $\text{H}_2\text{O}$ . Требуется приготовить 200 г насыщенного (при данных условиях) раствора  $\text{H}_2\text{S}$ . Вычислите массу сульфида железа(II) и объём 20 мас.% раствора соляной кислоты (плотность раствора 1,10 г/мл) необходимые для получения нужного количества сероводорода.

**9.58.** Образец пирита ( $\text{FeS}_2$ (техн.)) массой 12,5 г подвергли окислительному обжигу. Образовавшийся газообразный продукт количественно прореагировал с 200 мл 1 М раствора гидроксида натрия с образованием кислой соли. Вычислите массовую долю примесей в пирите.

**9.59.** Газ, образовавшийся при окислительном обжиге 24 г пирита ( $\text{FeS}_2$ ), поглотили раствором щёлочи. Вычислите количества и массы растворённых веществ в растворе после реакции, если для поглощения газа использовали:

- 354 мл раствора с  $\omega(\text{KOH}) = 14\%$  (плотность раствора 1,13 г/мл);
- 300 мл 2 М раствора  $\text{NaOH}$ .

**9.60.** Смесь  $\text{FeS}$  и  $\text{FeS}_2$  подвергли окислительному обжигу (с  $\text{O}_2$ ). Использовали 20,8 г данной смеси. При этом образовалось 6,72 л (н.у.) сернистого газа. Вычислите массу твёрдого остатка (укажите его название). Какой объём раствора серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 15\%$  (плотность раствора 1,10 г/мл) потребуется для растворения этого вещества?

**9.61.** Некоторое количество сероводорода сожгли в кислороде, продукты реакции поглотили избытком водного раствора брома (бромной водой). К полученному раствору добавили избыток раствора хлорида бария. При этом выпал белый осадок массой 4,66 г. Вычислите исходное количество вещества и объём (н.у.) сероводорода.

**9.62.** Сернистый газ ( $\text{SO}_2$ ) растворили в воде, к раствору добавили избыток раствора пероксида водорода, а затем избыток раствора нитрата бария. В результате образовалось 14 г белого осадка. Какой объём газа (н.у.) растворили?

**9.63.** Закончите уравнения реакций и укажите, какие химические свойства проявляет в них оксид серы(IV):

- а)  $\text{SO}_2 + \text{NaOH}(\text{разб.}) \rightarrow \dots$ ,                      г)  $\text{SO}_2 + \text{NaOH}(\text{конц.}) \rightarrow \dots$ ,  
 б)  $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \dots$ ,                      д)  $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaBr} + \dots$ ,  
 в)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \dots$ ,    е)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KIO}_3 \rightarrow \text{KI} + \dots$ .

**9.64.** Закончите уравнения реакций (для реакций в растворе напишите ионные уравнения) и укажите, какие химические свойства проявляет в них сульфит натрия:

- а)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \dots$ ,                      г)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{HCl}(\text{разб.}) \rightarrow \dots$ ,  
 б)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaOH} + \text{I}_2 \rightarrow \text{NaI} + \dots$ ,                      д)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl} + \dots$ ,  
 в)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \dots$ ,    е)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{t} \text{Na}_2\text{S} + \dots$ .

**9.65.** Смесь солей массой 20,0 г, состоящую из бромиды калия, сульфита калия и сульфата калия, растворили в 200 мл 1 М раствора соляной кислоты. При этом выделился газ объёмом 1,12 л (н.у.). К полученному раствору добавили 15,0 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . В результате выпал осадок массой 11,65 г. Вычислите массовые доли солей в исходной смеси.

**9.66.** Образец смеси сульфита натрия и сульфата натрия растворили в воде, раствор разделили на две равные части, к одной добавили избыток хлорной воды, а к другой – избыток соляной кислоты. После завершения реакций к каждому раствору добавили избыток раствора хлорида бария. В результате выпали осадки, массы которых различались в 4 раза. Вычислите молярное соотношение и массовые доли солей в исходной смеси.

**9.67.** Используя приведённые в таблице величины тепловых эффектов реакций образования («теплот» образования) соединений из простых веществ, вычислите тепловые эффекты следующих реакций (в расчёте на 1 моль  $\text{H}_2\text{S}$ ):

- 1)  $\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{S}(\text{к}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \pm Q_1 (?)$
- 2)  $\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + 1\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \pm Q_2 (?)$
- 3)  $\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + 2\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \pm Q_3 (?)$
- 4)  $\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + 2\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{ж}) \pm Q_4 (?)$

Вещество	$\text{H}_2\text{S}(\text{г})$	$\text{SO}_2(\text{г})$	$\text{SO}_3(\text{г})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{ж})$
$Q_{\text{обр.}}$ , кДж/моль	21	297	396	286	814

Какая из этих реакций наиболее экзотермична (т.е. энергетически более предпочтительна)?

**9.68.** Имеется два водных раствора серной кислоты:

- 1)  $\omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4\%$ ,  $\rho_1 = 1,025$  г/мл;
- 2)  $\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 96\%$ ,  $\rho_2 = 1,840$  г/мл.

В каком из этих растворов (и почему)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  проявляет свойства:

- а) более сильной кислоты,
- б) более сильного окислителя?

Приведите примеры реакций, характеризующих соответствующие свойства серной кислоты. Вычислите молярную концентрацию каждого раствора.

**9.69.** Какие из следующих реакций (при обычных условиях) невозможны? Почему? Для остальных реакций напишите уравнения в молекулярной и ионной форме. Какие свойства проявляет в них серная кислота?

- а)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) + \text{NH}_4\text{HS} \rightarrow \dots ?$       е)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) + \text{Cu} \rightarrow \dots ?$   
б)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) + \text{NH}_4\text{HS} \rightarrow \dots ?$       ж)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) + \text{Cu} \rightarrow \dots ?$   
в)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) + \text{NaI} \rightarrow \dots ?$       з)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) + \text{Fe} \rightarrow \dots ?$   
г)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) + \text{CaCO}_3 \rightarrow \dots ?$       и)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) + \text{Fe} \rightarrow \dots ?$   
д)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots ?$       к)  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \dots ?$

**9.70.** Почему  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}_2$  можно сушить (удалять примесь паров воды), пропуская эти газы через концентрированную серную кислоту, а для  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{CO}$  необходимо использовать другие осушители?

**9.71.** Колбу, содержащую 900 г серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\%$ , оставили открытой. Через некоторое время оказалось, что её масса увеличилась на 69 г, хотя в колбу ничего не добавляли. Дайте этому простое научное объяснение (паранормальные явления исключены) и вычислите, какой стала концентрация кислоты.

**9.72.** Газ, выделившийся в результате реакции 12,8 г меди с концентрированной серной кислотой, полностью растворили в 120 г раствора гидроксида натрия с  $\omega(\text{NaOH}) = 5\%$ . Какая соль образовалась? Определите количества и массовые доли растворённых веществ в полученном растворе.

**9.73.** Оксид серы(VI) массой 12 г растворили в 122,5 г раствора серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 8\%$ . Вычислите массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в полученном растворе. Какая соль, и какое её количество образуется, если к этому раствору добавить 14 г гидроксида калия?

**9.74.** Олеум – это техническое название раствора  $\text{SO}_3$  в 100% серной кислоте (т.е.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – растворитель):  $n\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{SO}_3$ . Олеум можно перевозить в железных (стальных) цистернах. Почему железо не вступает с ним в химическую реакцию? Какую массу серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$  можно получить из 50 кг олеума с  $\omega(\text{SO}_3) = 10\%$ ?

**9.75.** Вычислите, какое количество вещества и какую массу оксида серы(VI) нужно растворить в 1 кг серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 91\%$ , чтобы получить:

- а) 100 % серную кислоту;    б) олеум с  $\omega(\text{SO}_3) = 20\%$ .

**9.76.** Смешали 100 г олеума с  $\omega(\text{SO}_3) = 20\%$  и 100 г раствора серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60\%$ . Вычислите массовую долю растворённого вещества в полученном растворе.

**9.77.** Для каждой из приведённых солей серной кислоты (в виде кристаллогидратов) напишите систематическое и тривиальное названия (последние указаны ниже в другом порядке):

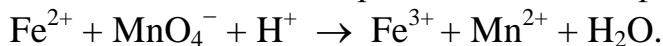
- а)  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , б)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , в)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , г)  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  
д)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , е)  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

1) Английская (горькая) соль, 2) гипс, 3) глауберова соль, 4) железный купорос, 5) алюмокалиевые квасцы, 6) медный купорос.

Для каждого кристаллогидрата вычислите:

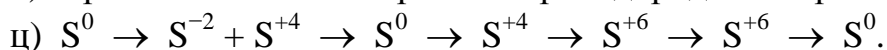
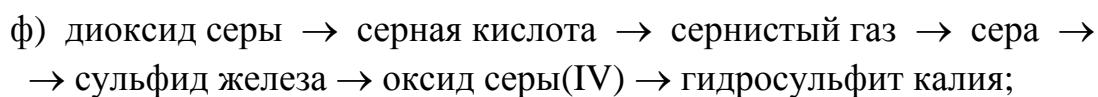
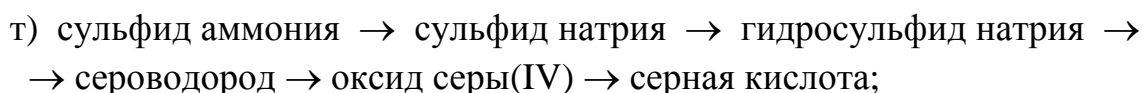
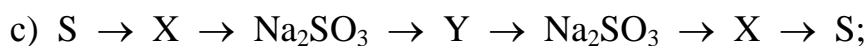
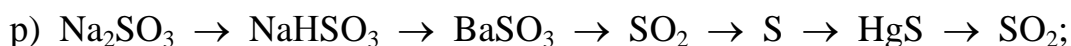
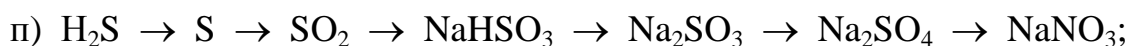
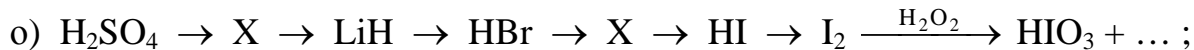
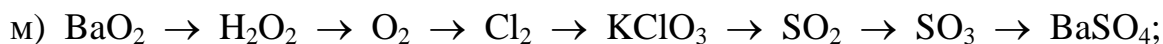
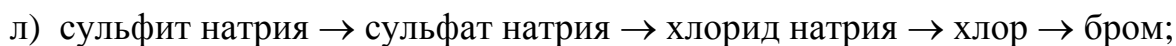
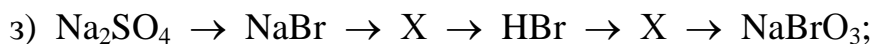
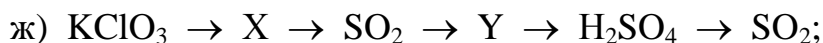
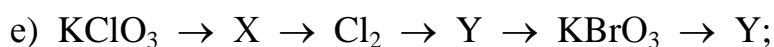
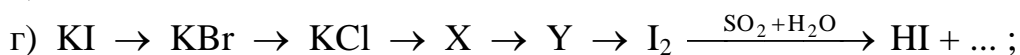
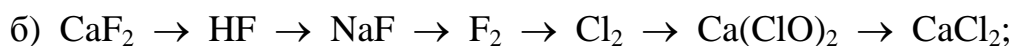
1) массовую долю безводной соли; 2) количество вещества  $\text{H}_2\text{O}$  в 0,5 моль кристаллогидрата; 3) число молекул  $\text{H}_2\text{O}$  в 100 г кристаллогидрата.

**9.78.** Рассчитайте, какое количество вещества гексагидрата сульфата диаммония-железа(II) (соль Мора – двойная соль, кристаллогидрат) потребуется для обесцвечивания 200 мл 0,1 М раствора перманганата калия, подкисленного серной кислотой. Схема реакции в ионной форме:



(Соль Мора, в состав которой вместе с  $\text{FeSO}_4$  входит  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , часто используется в опытах вместо чистого сульфата железа(II), раствор которого менее устойчив к действию кислорода из воздуха – окисляется).

**9.79.** Напишите уравнения реакций с указанием условий их проведения и назовите неизвестные вещества (X, Y) для следующих превращений:



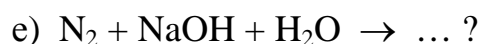
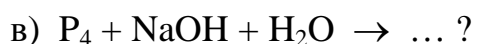
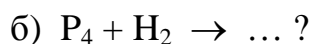
**9.80.** Напишите электронные формулы атомов азота и фосфора. Сравните валентные возможности этих элементов.

**9.81.** Определите степень окисления азота в соединениях:

$\text{NH}_3$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NCl}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Для каких из этих соединений характерны окислительные свойства, и для каких – восстановительные? Объясните.

**9.82.** Объясните, почему молекулярный фосфор ( $\text{P}_4$ ) проявляет значительно большую химическую активность, чем молекулярный азот ( $\text{N}_2$ ). Какие из следующих реакций не идут? Для остальных закончите уравнения:



**9.83.** Как получают азот в промышленности и в лаборатории?

**9.84.** Как получают белый и красный фосфор из природных фосфатов? Какая из этих аллотропных форм фосфора химически более активна? Почему?

**9.85.** Как получают аммиак в промышленности и в лаборатории? Каковы его характерные свойства? (Приведите примеры реакций, в которых аммиак проявляет свойства основания, восстановителя, окислителя).

**9.86.** Используя представления о гибридизации атомных орбиталей, объясните геометрическое строение молекулы аммиака и катиона аммония. Напишите их структурные формулы.

**9.87.** Газообразный аммиак хорошо растворяется в воде. Разбавленные растворы аммиака (3–10%-й  $\text{NH}_3$ ) называют нашатырным спиртом, концентрированные растворы (18–25%-й  $\text{NH}_3$ ) – аммиачной водой. Чем объясняется высокая растворимость аммиака в воде? Какие равновесия устанавливаются в процессе образования аммиачной воды? Как на эти равновесия повлияет добавление к раствору аммиака: а)  $\text{HCl}$ , б)  $\text{NaOH}$ ?

**9.88.** Укажите степень окисления азота в его оксидах? Как получают оксиды азота (напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения)?

**9.89.** Какие оксиды азота могут быть получены при взаимодействии твёрдого нитрита калия с серной кислотой? Напишите уравнения реакций и укажите необходимые условия их проведения.

**9.90.** Какие оксиды азота взаимодействуют с водой и раствором щёлочи? Составьте уравнения реакций.

**9.91.** Оксиды  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{NO}$  классифицируют как несолеобразующие (безразличные), однако при повышенной температуре они становятся химически активными (почему?). Приведите примеры характерных реакций с их участием.

**9.92.** Какие химические реакции лежат в основе получения азотной кислоты из аммиака? Составьте уравнения и укажите условия проведения реакций.



**9.93.** Какими свойствами обладает азотная кислота? (Приведите примеры реакций, характеризующих её кислотные и окислительные свойства).

**9.94.** Составьте уравнения реакций термического разложения азотной кислоты и её солей: нитратов калия, свинца(II) и серебра(I).

**9.95.** Что такое «царская водка»? Почему она оказывает более сильное окислительное действие, чем азотная кислота? Составьте уравнение реакции растворения в царской водке «царя металлов» золота.

**9.96.** Какие из следующих реакций не идут? Закончите уравнения остальных реакций и укажите, какие свойства проявляет в них нитрит калия:

- а)  $\text{KNO}_2 + \text{HNO}_3(\text{p-p}) \rightarrow \dots ?$       е)  $\text{KNO}_2 + \text{HI}(\text{p-p}) \rightarrow \text{I}_2 + \dots ?$   
б)  $\text{KNO}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{p-p}) \rightarrow \dots ?$       ж)  $\text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \dots ?$   
в)  $\text{KNO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots ?$       з)  $\text{KNO}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots ?$   
г)  $\text{KNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{p-p}) \rightarrow \text{I}_2 + \dots ?$       и)  $\text{KNO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{KOH}(\text{p-p}) \rightarrow \text{KCl} + \dots ?$   
д)  $\text{KNO}_2 + \text{KClO}_3 \xrightarrow{t} \text{KCl} + \dots ?$       к)  $\text{KNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{t} \text{N}_2 + \dots ?$

**9.97.** Как получают оксиды фосфора? Каково их отношение к воде, кислотам, щелочам (составьте уравнения реакций)?

**9.98.** Как получают фосфорную (ортофосфорную) кислоту? Какие соли она образует (примеры, названия)? Как образуются метафосфорная (полиметафосфорная), дифосфорная (пирофосфорная) кислоты? Напишите их графические формулы.

**9.99.** Какие из следующих реакций не идут? Почему? Для остальных реакций в водном растворе закончите молекулярные и составьте ионные уравнения, укажите, какие свойства в них проявляют соединения азота и фосфора:

- а)  $\text{NO} + \text{HClO} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{Cl}_2 + \dots ?$       е)  $\text{PF}_5(\text{г}) + \text{NaOH} \rightarrow \dots ?$   
б)  $\text{HNO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow \dots ?$       ж)  $\text{H}_3\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow \dots ?$   
в)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots ?$       з)  $\text{PH}_3 + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow \text{NO}_2 + \dots ?$   
г)  $\text{HNO}_3(\text{конц.}) + \text{S} \rightarrow \text{NO}_2 + \dots ?$       и)  $\text{NH}_4(\text{H}_2\text{PO}_4) + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots ?$   
д)  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \dots ?$       к)  $\text{NH}_4(\text{H}_2\text{PO}_4) + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots ?$

**9.100.** Вычислите массу нитрита аммония, необходимую для получения 11,2 л азота: а) при нормальных условиях; б) при  $t = 27^\circ\text{C}$  и  $p = 111,3 \text{ кПа}$ .

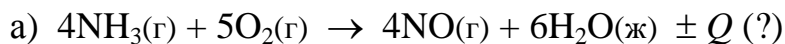
**9.101.** Масса 1 л смеси азота и криптона равна 1,35 г (при н.у.). Вычислите объёмную и массовую доли криптона в этой газовой смеси (используется для наполнения электрических лампочек).

**9.102.** Вычислите относительную плотность по воздуху газовой смеси азота с водородом, объёмная доля азота в которой составляет 25%.

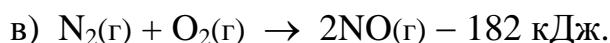
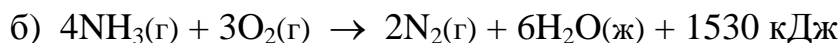
**9.103.** В замкнутый сосуд поместили 2 моль азота и 6 моль водорода. Смесь нагрели в присутствии катализатора. Вычислите массовую долю образовавшегося аммиака в газовой смеси к тому моменту, когда прореагирует 75% азота.

**9.104.** При образовании 1 моль газообразного аммиака из  $N_2$  и  $H_2$  выделяется 46,2 кДж тепла. Напишите термохимическое уравнение этой реакции и вычислите тепловой эффект образования 1 тонны  $NH_3$ . Какой объём ( $m^3$ , н.у.) занимает такое количество аммиака: а) в виде газа, б) в жидком состоянии (плотность жидкого аммиака 0,639 кг/л)? Учитывая, что реакция обратима, определите, какое влияние на химическое равновесие в ней окажет: а) повышение температуры, б) повышение давления. Почему для синтеза  $NH_3$  по этой реакции необходимо использовать катализатор?

**9.105.** Вычислите тепловой эффект реакции



по тепловым эффектам следующих реакций:



Какая из указанных реакций энергетически более предпочтительна (наиболее экзотермична), и почему для практического осуществления реакции (а) необходим катализатор?

**9.106.** Какой объём аммиака (н.у.) можно получить при нагревании смеси, содержащей 150 г хлорида аммония и 111 г гидроксида кальция? Какое количество вещества перманганата калия потребуется для получения кислорода, необходимого для каталитического окисления такого количества аммиака?

**9.107.** Рассчитайте, какие объёмы (н.у.)  $N_2$  и  $H_2$  потребуются для получения 170 кг аммиака, если практический выход  $NH_3$  в реакции составляет 50%. Как можно увеличить выход продукта?

**9.108.** Смешали 115 г раствора гидросульфата аммония с массовой долей соли 10% и 50 г раствора аммиака с массовой долей  $NH_3$  5%. Определите массовые доли веществ в образовавшемся растворе.

**9.109.** Вычислите молярную концентрацию ( $c$ , моль/л) гидрата аммиака  $NH_3 \cdot H_2O$  («гидроксида аммония») в растворе с массовой долей  $NH_3$  1,9% (плотность раствора 0,990 г/мл). Рассчитайте молярные концентрации ионов  $NH_4^+$  и  $OH^-$ , учитывая, что степень электролитической диссоциации  $NH_3 \cdot H_2O$  в этом растворе  $\alpha = 0,4\%$ .

**9.110.** Водный раствор содержит смесь азотной и серной кислот. Определите массовую долю каждой кислоты, если на нейтрализацию 10 г этого раствора расходуется 12,5 мл раствора гидроксида калия с  $\omega(KOH) = 19\%$  и плотностью 1,18 г/мл, а при добавлении избытка хлорида бария к 10 г исходного раствора образуется 2,33 г осадка.

**9.111.** В 210 мл раствора азотной кислоты с  $\omega(HNO_3) = 18\%$  ( $\rho = 1,10$  г/мл) растворили 6,72 л (н.у.) сернистого газа ( $SO_2$ ). В результате реакции он окислился до серной кислоты, а из раствора выделился бесцветный газ, который на воздухе приобрёл бурю окраску. Вычислите объём выделившегося газа (н.у.) и массовые доли азотной и серной кислот в растворе после реакции.

**9.112.** При взаимодействии сульфида меди(II) с концентрированной азотной кислотой образовался сульфат меди(II) и выделился газ  $\text{NO}_2$ , который растворили в 82 мл раствора гидроксида натрия с  $\omega(\text{NaOH}) = 20\%$  ( $\rho = 1,22$  г/мл). Какие соли образовались в результате реакции газа со щёлочью? Вычислите их массовые доли в полученном растворе, если остаток  $\text{NaOH}$  в нём составил 0,1 моль. Какое количество (моль, г)  $\text{CuS}$  вступило в реакцию с азотной кислотой?

**9.113.** В результате реакции 12,7 г иода и 200 мл раствора азотной кислоты с  $\omega(\text{HNO}_3) = 67\%$  ( $\rho = 1,40$  г/мл) выделился газ  $\text{NO}_2$ . Вычислите массовые доли азотной и иодноватой ( $\text{HIO}_3$ ) кислот в растворе после завершения реакции. Какой объём 2 М раствора  $\text{KOH}$  требуется для поглощения выделившегося газа?

**9.114.** Газовая смесь (бурого цвета), образовавшаяся при нагревании 18,8 г нитрата меди(II), полностью прореагировала с раствором гидроксида натрия, а твёрдый (коричнево-чёрный) остаток после разложения  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  растворили в азотной кислоте. Для реакций использовали 300 мл 1 М раствора  $\text{NaOH}$  и 315 г раствора с  $\omega(\text{HNO}_3) = 8\%$ . Вычислите количества растворённых веществ в растворах после реакций. Если смешать оба раствора, то какую реакцию среды – кислую, нейтральную или щелочную – будет иметь полученный раствор?

**9.115.** Кристаллический нитрат металла(2+) массой 59,2 г прокалили до завершения реакции разложения соли. Масса твёрдого остатка после прокаливания оказалась равной 16,0 г. Определите формулу исходной соли.

**9.116.** В результате термического разложения 12,78 г нитрата металла(3+) образовалось 5,04 л (н.у.) смеси газообразных веществ. Определите формулу соли.

**9.117.** При прокаливании 54,2 г смеси нитратов натрия и калия выделилось 6,72 л газа (н.у.). Рассчитайте количество вещества каждой соли в исходной смеси, их молярные и массовые доли.

**9.118.** При нагревании 63,1 г смеси нитратов натрия и меди выделились газообразные продукты, и осталось твёрдое вещество массой 36,7 г. Определите состав исходной смеси солей (массовые доли) и образовавшейся в результате её разложения смеси газов (объёмные доли). Какой объём газа (н.у.) останется после пропускания этой газовой смеси через горячий раствор щёлочи (взятый в избытке)?

**9.119.** Имеется смесь солей, состоящая из хлорида калия, хлората калия и нитрата калия. Определите её состав (массовые доли солей), если известно, что при нагревании 10,0 г этой смеси выделяется 1,12 л газа (н.у.), а при действии соляной кислоты на такое же количество смеси выделяется 1,344 л газа (н.у.).

**9.120.** В результате реакции фосфора и 100 мл раствора азотной кислоты с  $\omega(\text{HNO}_3) = 67\%$  ( $\rho = 1,40$  г/мл) выделился бурый газ  $\text{NO}_2$ , который полностью прореагировал с раствором гидроксида натрия с образованием одинаковых количеств двух солей – по 0,25 моль. Вычислите, какое количество фосфора вступило в реакцию с азотной кислотой, и каковы массовые доли азотной и фосфорной кислот в растворе после этой реакции.

**9.121.** Фосфин  $\text{PH}_3$  – газ с неприятным запахом, ядовит, более сильный восстановитель, чем аммиак. Фосфин, образовавшийся при взаимодействии фосфида кальция ( $\text{Ca}_3\text{P}_2$ ) с соляной кислотой, пропустили через раствор азотной кислоты (масса раствора 270 г,  $\omega(\text{HNO}_3) = 70\%$ ). В результате реакции выделился бурый газ  $\text{NO}_2$ , а массовая доля  $\text{HNO}_3$  в полученном растворе уменьшилась до 43,4%. Вычислите массовую долю фосфорной кислоты в растворе после реакции и массу  $\text{Ca}_3\text{P}_2$ , вступившего в реакцию с соляной кислотой.

**9.122.** В 5 л (н.у.) кислорода сожгли: а) 2 л (н.у.)  $\text{NH}_3$ , б) 2 л (н.у.)  $\text{PH}_3$ . После завершения реакций газообразные вещества охладили и привели к нормальным условиям. Определите качественный и количественный ( $\varphi$ , %) состав газа после каждой реакции и его массу.

**9.123.** Оксид фосфора(V), полученный при сгорании 9,3 г фосфора, растворили в 250 мл раствора гидроксида натрия с  $c(\text{NaOH}) = 0,8$  моль/л ( $\rho = 1,035$  г/мл). Какие вещества образовались в растворе? Определите их количества и состав полученного раствора (массовые доли растворённых веществ).

**9.124.** К водному раствору, содержащему 32 г гидроксида натрия, добавили 14,2 г оксида фосфора(V). Какие растворённые вещества содержатся в полученном (после реакции) растворе? Вычислите их молярные концентрации, если объём раствора равен 400 мл.

**9.125.** К раствору, содержащему 16 г гидроксида натрия, добавили 21,3 г оксида фосфора(V). Какие вещества (кроме воды) содержатся в полученном растворе и каковы их молярные концентрации? Объём раствора равен 500 мл.

**9.126.** При слабом нагревании 12,4 г красного фосфора в атмосфере хлора образовалась смесь  $\text{PCl}_3$  и  $\text{PCl}_5$  общей массой 62,1 г. Вычислите молярные и массовые доли хлоридов фосфора в этой смеси.

**9.127.** Вычислите степень электролитической диссоциации фосфорной кислоты в растворе с  $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 4,8\%$  (плотность раствора 1,024 г/мл), если равновесное – с учётом диссоциации – количество молекул  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в 1 л такого раствора равно 0,44 моль. Определите концентрацию (моль/л) ионов водорода. (Диссоциация  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в водном растворе происходит в основном по первой ступени). Можно ли считать фосфорную кислоту сильной кислотой?

\* \* \*

**9.128.** Какие аллотропные формы образует углерод как простое вещество? Каковы их структурные особенности и свойства?

**9.129.** Как объяснить, что в большинстве веществ, содержащих углерод и кремний, эти элементы находятся в четырёхвалентном состоянии?

**9.130.** Какова валентность углерода в молекуле  $\text{CO}$  и почему для этого оксида характерны восстановительные свойства?

**9.131.** Объясните (на основе представлений о гибридизации атомных орбиталей) линейное строение молекулы  $\text{CO}_2$  и угловое строение молекулы  $\text{SO}_2$ .

**9.132.** Какая из следующих молекул неполярная:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ?

Дайте объяснение.

**9.133.** Как можно выделить оксид углерода(II) из смеси CO и CO<sub>2</sub>?

**9.134.** Как можно освободить карбонат натрия от примеси гидрокарбоната натрия? (Предложите два способа).

**9.135.** Как получают кремний? Приведите примеры реакций.

**9.136.** При взаимодействии графита с горячей концентрированной серной кислотой выделилось 3,36 л смеси двух газов (н.у.). Рассчитайте массу каждого газа. Какой объём (при н.у.) газовой смеси образуется, если такое же количество графита вступит в реакцию с горячей концентрированной азотной кислотой?

**9.137.** При нагревании (150 °С) 74 г смеси карбоната и гидрокарбоната натрия выделилось 3,0 л углекислого газа (объём измерен при  $t = 20\text{ °С}$  и  $p = 101,5\text{ кПа}$ ). Вычислите массовые и молярные доли солей в исходной смеси.

**9.138.** Газ, образовавшийся при действии избытка соляной кислоты на 40 г карбоната кальция, поглотили раствором гидроксида калия. Рассчитайте минимальный объём раствора с  $\omega(\text{KOH}) = 10\%$  ( $\rho = 1,090\text{ г/мл}$ ), необходимый для реакции с выделившимся газом, а также количество вещества и массовую долю соли в полученном растворе.

**9.139.** При растворении 11,6 г смеси карбоната натрия и гидрокарбоната натрия в 100 мл 14%-го раствора азотной кислоты ( $\rho = 1,08\text{ г/мл}$ ) выделился бесцветный газ объёмом 2,8 л (н.у.). Рассчитайте массу каждой соли в их исходной смеси и массовые доли растворённых веществ в растворе после реакции.

**9.140.** Соединение имеет следующий состав (массовые доли элементов, %): Na – 27,38; C – 14,29; O – 57,14; H – 1,19. Определите формулу этого соединения. Вычислите: а) с какой массой раствора соляной кислоты с  $\omega(\text{HCl}) = 5\%$ , и б) с каким объёмом 1 М раствора гидроксида калия – может прореагировать раствор, содержащий 16,8 г данного вещества. Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме.

**9.141.** Кристаллическая сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  содержит 62,94 мас.% кристаллизационной воды. Определите формулу кристаллогидрата. Назовите его по правилам систематической номенклатуры. Какая масса этого вещества, и какой объём жидкой воды потребуются для приготовления 1 л раствора с  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10\%$  (плотность раствора 1,10 г/мл). Какую окраску (и почему) приобретает фенолфталеин в таком растворе?

**9.142.** При пропускании 2 м<sup>3</sup> (н.у.) воздуха через избыток известковой воды (раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) образовалось 3 г карбоната кальция. Вычислите содержание углекислого газа в воздухе (объёмную и массовую доли).

**9.143.** Газовая смесь оксида углерода(II) и оксида углерода(IV) массой 13 г при нормальных условиях занимает объём 8,4 л. Определите объём газа (н.у.) после пропускания этой смеси над раскалённым углём.

**9.144.** Для сжигания 0,896 л (н.у.) смеси CO и CO<sub>2</sub> требуется 0,112 л (н.у.) кислорода. Какой минимальный объём раствора гидроксида калия с  $c(\text{KOH}) = 0,5$  моль/л потребуется: а) для реакции с таким же количеством исходной газовой смеси, б) для реакции с продуктом её сгорания в кислороде?

**9.145.** На чашках весов уравновешены два химических стаканчика. Один содержит 6 г гидрокарбоната калия, а другой – 6 г нитрата аммония. В первый стаканчик добавили 24 г раствора с  $\omega(\text{HCl}) = 10\%$ , а во второй – 24 г раствора с  $\omega(\text{NaOH}) = 10\%$ . Сохранилось ли равновесие весов? Изменится ли ответ, если щёлочь добавить в первый стаканчик, а кислоту во второй?

**9.146.** На чашках весов уравновешены две колбы, каждая содержит по 200 мл 3 М раствора HCl. В одну из них добавили 10,0 г карбоната кальция. Какую массу карбоната магния нужно добавить в другую колбу, чтобы равновесие сохранилось?

**9.147.** Кремний можно получить восстановлением из SiO<sub>2</sub> магнием при  $t \sim 1000$  °С. Для проведения реакции взяли 12 г Mg и 18 г SiO<sub>2</sub>. Продукты реакции обработали раствором соляной кислоты. Вычислите массу твёрдого остатка и количество полученного кремния. Какой объём газа (н.у.) выделится при растворении такого количества кремния в 200 г раствора гидроксида натрия с  $\omega(\text{NaOH}) = 32\%$ , и каковы будут массовые доли растворённых веществ в полученном растворе?

**9.148.** При обработке 40 г плавикового шпата концентрированной серной кислотой получили фтороводород, при взаимодействии которого с оксидом кремния(IV) образовалось 5,6 л (н.у.) тетрафторида кремния. Рассчитайте массовую долю фторида кальция во взятом минерале.

**9.149.** При сплавлении 75 г смеси карбоната калия и оксида кремния(IV) масса смеси уменьшилась на 11 г. При обработке полученного сплава соляной кислотой выделился углекислый газ. Определите количественный состав исходной смеси.

**9.150.** На 10 г смеси серы и кремния подействовали избытком горячей концентрированной серной кислоты. Газ, выделившийся в результате реакции, пропустили через избыток сероводородной воды, при этом выпало 18 г осадка. Определите массовые доли простых веществ в исходной смеси.

**9.151.** Смесь кремния и углерода (графит) общей массой 8 г обработали избытком концентрированного раствора гидроксида натрия. В результате реакции выделилось 8,96 л газа (н.у.). Какой объём газа выделится, если такую же массу исходной смеси обработать избытком концентрированной азотной кислоты?

**9.152.** Напишите уравнения реакций с указанием условий их проведения и назовите неизвестные вещества для следующих превращений:

- азот → аммиак → оксид азота(II) → X → азотная кислота → X → азот;
- азотная кислота → X → оксид азота(IV) → нитрат бария → Y → оксид азота(I);

- в) азот → нитрид магния → X → хлорид аммония → X → амид натрия → X → азот;
- г) нитрат меди(II) → диоксид азота → азотная кислота → нитрат ртути(II) → оксид азота(IV) → нитрат натрия → нитрит натрия → оксид азота(II);
- д) нитрит натрия → нитрат натрия → кислород → оксид азота(II) → оксид азота(III) → нитрит аммония → азот;
- е) аммиак → хлорид аммония → азот → оксид азота(II) → декаоксид тетрафосфора → ортофосфорная кислота → дигидрофосфат аммония;
- ж) фосфор → фосфид кальция → фосфин → ортофосфорная кислота → фосфат кальция → фосфор;
- з) фосфат кальция → X → оксид фосфора(III) → Y → метафосфорная кислота → ортофосфорная кислота;
- и) фосфорная кислота → дигидрофосфат аммония → гидрофосфат кальция → фосфат натрия → нитрат натрия → кислород;
- к) фосфор(белый) → фосфин → иодид фосфония → ортофосфорная кислота → азотная кислота → ортофосфорная кислота;
- л) углерод → карбид кальция → гидроксид кальция → карбонат кальция → оксид углерода(IV) → углерод;
- м) углерод → карбид алюминия → метан → X → гидрокарбонат калия → карбонат калия → X;
- н) карбонат натрия → гидрокарбонат натрия → X → нитрат бария → Y → нитрит калия → Y;
- о) оксид углерода(IV) → X → гидрокарбонат кальция → X → диоксид углерода → монооксид углерода → формиат натрия;
- п) 
$$\begin{array}{ccccccc} \text{HNO}_3 & \rightarrow & \text{NO}_2 & \rightarrow & \text{Ba(NO}_3)_2 & \rightarrow & \text{HNO}_3 \\ \uparrow & & & & & & \downarrow \\ \text{H}_3\text{PO}_4 & \leftarrow & \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 & \leftarrow & \text{NH}_4(\text{H}_2\text{PO}_4) & \leftarrow & \text{H}_3\text{PO}_4 \end{array}$$
- р) 
$$\begin{array}{l} \text{CaCO}_3 \begin{cases} \nearrow \text{A} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3; \\ \searrow \text{B} \rightarrow \text{Г} \rightarrow \text{NaNO}_3; \end{cases} \end{array}$$
- с) 
$$\text{CaC}_2 \begin{cases} \nearrow \text{A} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2; \\ \searrow \text{B} \rightarrow \text{Г} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3; \end{cases}$$
- т)  $\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Si} \rightarrow \text{Mg}_2\text{Si} \rightarrow \text{SiH}_4 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{SiF}_4 \rightarrow \text{H}_2[\text{SiF}_6]$ ;
- у)  $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3$ ;
- ф)  $\text{PH}_3 \rightarrow \text{A} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{Г} \rightarrow \text{PH}_3$ ;
- х)  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{A} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{Г} \rightarrow \text{Д} \rightarrow \text{NH}_3$ ;
- ц)  $\text{CO}_2 \rightarrow \text{A} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{Г} \rightarrow \text{Д} \rightarrow \text{CO}_2$ .

## Ответы и комментарии

9.6.  $3,01 \cdot 10^{23}$  молекул; 12,2 л.

9.7. 2,56 г Cu и 1,6 г CuO.

9.8. По описанию соединение – гидрид щелочного металла.

9.9. КН. Не изменится.

9.10. 0,022 моль LiH,  $\omega \approx 21\%$  и 0,016 моль CaH<sub>2</sub>,  $\omega \approx 79\%$ .

9.11.  $\omega(\text{LiOH}) \approx 8,2\%$ ;  $c(\text{LiOH}) = 3,7$  моль/л.

9.28. 10,9 г MnO<sub>2</sub>; 43 мл р-ра HCl.

9.29. 1534 л HCl;  $c = 6$  моль/л.

9.30. 75 г NaCl.

9.31. HBr; 0,02 моль/л.

9.32. 115,3 г раствора Br<sub>2</sub>.

9.33.  $\omega(\text{HBr}) = 3,11\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,88\%$ ;  $\omega(\text{SO}_2) = 1,55\%$ .

9.34. 0,64 г AgCl.

9.35.  $V(\text{Cl}_2) = 2,24$  л;  $\omega(\text{KCl}) = 3,44\%$ ;  $\omega(\text{KClO}) = 4,18\%$ ;  $V(\text{р-ра HCl}) = 40$  мл.

9.36.  $V(\text{р-ра HCl}) = 132,7$  мл.

9.37.  $\chi(\text{KClO}_3) = 63,2$  мол.%;  $\chi(\text{KCl}) = 36,8$  мол.%;  $V(\text{O}_2) \approx 4$  л.

9.38.  $\omega(\text{KCl}) = 47,3\%$ ;  $\omega(\text{KI}) = 52,7\%$ ;  $\omega(\text{KCl (р-р)}) = 4,28\%$ .

9.39.  $\chi(\text{Cl}_2) = 40$  мол.%;  $\chi(\text{H}_2) = 60$  мол.%; а) хватит, б) не хватит.

9.40. 0,4 моль NaCl; 0,1 моль NaClO; 0,1 моль NaOH.

9.41. 0,75 моль KCl; 0,15 моль KClO<sub>3</sub>.

9.46.  $c(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,89$  моль/л;  $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) \approx 3\%$ .

9.49. 1,34 л O<sub>2</sub>; 100 мл р-ра NaOH.

9.50. 12,7 г I<sub>2</sub>.

9.51. 0,25 об.% O<sub>3</sub>; 200 мл р-ра KI.

9.52. 1 л O<sub>3</sub>;  $\varphi(\text{O}_3) = 22,2$  об.%.

9.54. 0,56 л H<sub>2</sub>S.

9.55.  $\sim 19,2\%$  FeCl<sub>2</sub>; 7,3% HCl.

9.56. 0,125 моль Na<sub>2</sub>S,  $\omega = 4,49$  мас.%; 0,05 моль NaOH,  $\omega = 0,92$  мас.%.

9.57. 1,88 г FeS;  $\sim 7$  мл р-ра HCl.

9.58.  $\omega(\text{примесей}) = 4$  мас.%.

9.59. По расчёту образуется 0,4 моль SO<sub>2</sub>. Далее в каждом варианте нужно вычислить исходное количество щёлочи и, с учётом количества вещества SO<sub>2</sub>, определить продукты реакции SO<sub>2</sub> + щёлочь, рассматривая следующие случаи: *образуется средняя соль и возможен остаток щёлочи; образуется кислая соль и возможен остаток SO<sub>2</sub>; образуется смесь кислой и средней солей.* В последнем случае можно на основе соответствующих химических уравнений выразить через  $x$  и  $y$  количества веществ в двух реакциях и найти эти количества, решив систему алгебраических уравнений. В данной задаче: а) 0,4 моль (63,2 г) K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> и 0,2 моль (11,2 г) KOH; б) 0,2 моль (20,8 г) NaHSO<sub>3</sub> и 0,2 моль (25,2 г) Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.



9.60. 15,2 г Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 148,5 мл р-ра H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

9.61. 0,02 моль, 448 мл H<sub>2</sub>S.

9.62. ~1,34 л SO<sub>2</sub>.

9.65. 39,5% K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>; 43,5% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 17% KBr.

9.66. В одном растворе сульфит натрия окисляется хлором до сульфата натрия, а в другом – сульфит натрия вступает в обменную реакцию с соляной кислотой. Следовательно, в реакцию с хлоридом бария вступают разные количества сульфата натрия. В результате:  $n(\text{Na}_2\text{SO}_3) : n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 3 : 1$ .

9.71. 91%.

9.72. 0,15 моль NaHSO<sub>3</sub>,  $\omega(\text{NaHSO}_3) = 11,7\%$ ; 0,05 моль SO<sub>2</sub>,  $\omega(\text{SO}_2) = 2,4\%$  (или 0,05 моль H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>,  $\omega = 3,1\%$ ).

9.73.  $\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 18,2\%$ ; KHSO<sub>4</sub>; 0,25 моль.

9.74. 255,6 кг.

9.75. а) 5 моль SO<sub>3</sub>, 400 г; б) 9,375 моль SO<sub>3</sub>, 750 г.

9.76.  $\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 82,25\%$ .

9.100. а) 32 г NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub>; б) 32 г NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub>.

9.101.  $\varphi(\text{Kr}) = 4 \text{ об.}\%$ ;  $\omega(\text{Kr}) = 12,24 \text{ мас.}\%$ .

9.102.  $D_{\text{возд.}}(\text{смеси}) = 0,293$ .

9.103.  $\omega(\text{NH}_3) = 75\%$ .

9.106. 62,72 л (н.у.) NH<sub>3</sub>; 7 моль KMnO<sub>4</sub>.

9.107. 224 м<sup>3</sup> N<sub>2</sub>, 672 м<sup>3</sup> H<sub>2</sub> (н.у.).

9.108. 8% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,5% NH<sub>3</sub>.

9.109.  $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1,1 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{OH}^-) = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$ .

9.110.  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9,8\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) = 18,9\%$ .

9.111. 4,48 л;  $\omega(\text{HNO}_3) = 11,9\%$ ;  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 12,0\%$ .

9.112.  $\omega(\text{NaNO}_2) = 11,7\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 14,4\%$ ; 0,05 моль (4,8 г) CuS.

9.113.  $\omega_2(\text{HNO}_3) = 57,9\%$ ;  $\omega(\text{HIO}_3) = 6,5\%$ ; 250 мл р-ра KOH.

9.114. В 1-м растворе: 0,2 моль NaNO<sub>3</sub> и 0,1 моль NaOH; во 2-м растворе: 0,1 моль Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и 0,2 моль HNO<sub>3</sub>.

9.117. 0,4 моль NaNO<sub>3</sub> и 0,2 моль KNO<sub>3</sub>;  $\chi(\text{NaNO}_3) = 66,7 \text{ мол.}\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 62,7 \text{ мас.}\%$ .

9.118.  $\omega(\text{NaNO}_3) = 40,4 \text{ мас.}\%$ ;  $\varphi(\text{NO}_2) = 61,5 \text{ об.}\%$ ,  $\varphi(\text{O}_2) = 38,5 \text{ об.}\%$ ;  $V(\text{O}_2) = 3,36 \text{ л}$ .

9.119.  $\omega(\text{KCl}) = 35,1\%$ ;  $\omega(\text{KClO}_3) = 24,5\%$ ;  $\omega(\text{KNO}_3) = 40,4\%$ .

9.120. 0,1 моль P;  $\omega_2(\text{HNO}_3) \approx 51,9\%$ ;  $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) \approx 8,2\%$ .

9.121. 9,6 мас. % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; 18,2 г Ca<sub>3</sub>P<sub>2</sub>.

9.122. а) 22,2 об. % N<sub>2</sub> и 77,8 об. % O<sub>2</sub>; 6,25 г смеси; б) 100% O<sub>2</sub>; 1,43 г O<sub>2</sub>.

9.123. Необходимо учитывать, что P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – кислотный оксид, способный реагировать в водном растворе щёлочи не только с NaOH, но и с водой (если он взят в избытке по отношению к NaOH). В результате: полученный раствор содержит 0,2 моль (24 г) NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> и 0,1 моль (9,8 г) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>;  $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 8,57\%$ ,  $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3,50\%$ .

9.124.  $c(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,5$  моль/л,  $c(\text{NaOH}) = 0,5$  моль/л.

9.125. Расчёт можно провести на основе двух уравнений реакций  $\text{P}_2\text{O}_5$  с  $\text{NaOH}$ , в которых образуются разные соли. Выбор реакций (и солей) определяется по молярному соотношению реагентов. В результате:  $c(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,2$  моль/л,  $c(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,4$  моль/л.

9.126.  $\chi(\text{PCl}_3) = 75$  мол.%;  $\omega(\text{PCl}_3) = 66,43$  мас.%.  
9.127.  $\alpha(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,12$  (или 12%);  $[\text{H}^+] = 0,06$  моль/л. Слабая кислота.

9.136. 2,2 г  $\text{CO}_2$  и 6,4 г  $\text{SO}_2$ ; 5,6 л ( $\text{CO}_2 + \text{NO}_2$ ).

9.137.  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 71,62$  мас.%;  $\chi(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 66,7$  мол.%.  
9.138. 205,5 мл р-ра; 0,4 моль  $\text{KHCO}_3$ ,  $\omega(\text{KHCO}_3) = 16,56\%$ .

9.139. 5,3 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и 6,3 г  $\text{NaHCO}_3$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) \approx 13,0\%$ ;  $\omega(\text{HNO}_3) \approx 7,7\%$ .

9.140.  $\text{NaHCO}_3$ ; 146 г р-ра  $\text{HCl}$ ; 200 мл р-ра  $\text{KOH}$ .

9.141. 297,3 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , 802,7 мл  $\text{H}_2\text{O}$ .

9.142.  $\varphi(\text{CO}_2) = 0,0336$  об.%,  $\omega(\text{CO}_2) = 0,051$  мас.%.  
9.143. 11,9 л  $\text{CO}$ .

9.144. а) 60 мл р-ра  $\text{KOH}$ ; б) 80 мл р-ра  $\text{KOH}$ .

9.145. Следует рассмотреть реакции с выделением газов и провести расчёт изменения масс растворов.

9.146. 11,76 г  $\text{MgCO}_3$ .

9.147.  $m(\text{SiO}_2 + \text{Si}) = 10$  г,  $n(\text{Si}) = 0,25$  моль; 11,2 л (н.у.)  $\text{H}_2$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{SiO}_3) = 14,81\%$ ,  $\omega(\text{NaOH}) = 21,36\%$  (или 22,33%  $\text{Na}_4\text{SiO}_4$  и 11,65%  $\text{NaOH}$ ).

9.148. 97,5%  $\text{CaF}_2$ .

9.149. 0,43 моль  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и 0,25 моль  $\text{SiO}_2$ .

9.150.  $\omega(\text{S}) = 80\%$ ,  $\omega(\text{Si}) = 20\%$ .

9.151. 22,4 л ( $\text{CO}_2 + \text{NO}_2$ ).

9.152. ц) Возможный вариант решения:

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1) $\text{CO}_2 + 2(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})_{(\text{конц.})} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$                  | (А – $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ), |
| 2) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{NH}_4\text{HCO}_3$  | (Б – $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ),    |
| 3) $\text{NH}_4\text{HCO}_3 + 2\text{NaOH}_{(\text{конц.})} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \uparrow$             | (В – $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ),     |
| 4) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaOH}$   | (Г – $\text{BaCO}_3$ ),              |
| 5) $\text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$  | (Д – $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ ),  |
| 6) $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{разб.}) = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ |                                      |

Возможны и другие решения, например, с использованием органических соединений.

## 10. МЕТАЛЛЫ

**10.1.** В чём состоит отличие в строении атомов металлов от неметаллов? Ответ поясните.

**10.2.** Где в периодической системе элементов находятся металлические элементы? В чём выражаются и чем объясняются общие физические свойства металлов?

**10.3.** Приведите примеры различий в химических свойствах металлов и неметаллов. Чем объясняются эти различия?

**10.4.** На примере элементов IА и IБ групп периодической системы объясните, какая связь существует между химической активностью металлов и строением их атомов.

**10.5.** В каком ряду химические элементы располагаются в порядке усиления металлических свойств?

1) Na, Mg, Al; 2) Al, Mg, Na; 3) Ca, Mg, Be; 4) Mg, Be, Ca.

**10.6.** Какой тип реакций наиболее характерен для металлов? Ответ поясните тремя примерами.

**10.7.** Верны ли следующие суждения о щелочных металлах?

А. Во всех химических соединениях они имеют степень окисления +1.

Б. С неметаллами они образуют соединения с ионной связью.

В. Они не вступают в реакцию с водными растворами щелочей.

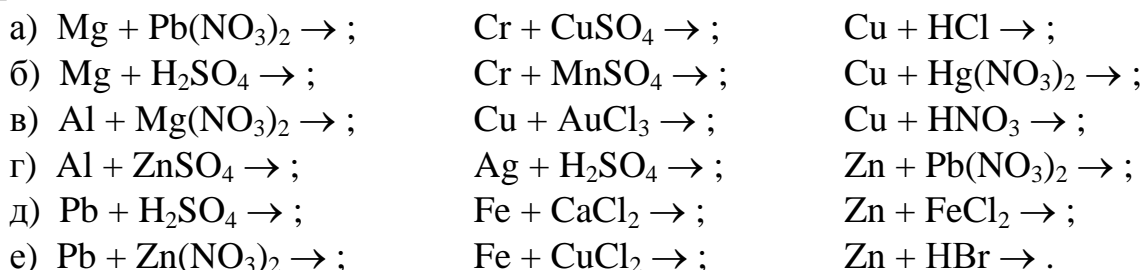
**10.8.** Какие свойства металлов отражает ряд стандартных электродных потенциалов для водных растворов электролитов? Почему этот ряд не вполне согласуется с активностью металлов на воздухе? Приведите примеры такого несоответствия.

**10.9.** Почему щелочные металлы не применяются для восстановления менее активных металлов из водных растворов их солей?

**10.10.** Увеличится, уменьшится или не изменится масса цинковой пластинки, если её на некоторое время поместить в раствор:

а) NiSO<sub>4</sub> б) AgNO<sub>3</sub> в) CaCl<sub>2</sub>? Объясните ответ.

**10.11.** Определите возможность протекания следующих реакций в водных растворах и напишите соответствующие уравнения в молекулярной и ионной форме:



**10.12.** Какая из щелочей, самая сильная? Чем это объясняется? С какими из веществ:  $O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $CuO$ ,  $CO_2$ ,  $HCl$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $CuSO_4$  будет взаимодействовать эта щёлочь? Ответ поясните, составив уравнения химических реакций.

**10.13.** Как химическим путем можно установить, что при горении металлического натрия в кислороде образуется не оксид, а пероксид натрия?

**10.14.** Оксид кальция взаимодействует с каждым из трёх веществ в наборе:

- 1) кислород, вода, серная кислота;
- 2) соляная кислота, углекислый газ, вода;
- 3) оксид магния, оксид серы(IV), аммиак;
- 4) железо, азотная кислота, оксид фосфора(V).

Выберите правильный вариант ответа. Составьте уравнения реакций.

**10.15.** Определите, какой из металлов (массы металлов одинаковы) вытесняет при одинаковых условиях больший объём водорода:

- а) натрий или магний – из раствора уксусной кислоты;
- б) кальций или натрий – из воды;
- в) цинк или алюминий – из хлороводородной (соляной) кислоты;
- г) цинк или алюминий – из раствора гидроксида натрия.

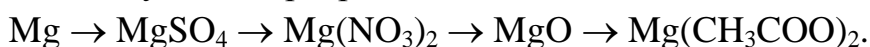
**10.16.** Как относится магний к действию разбавленной и концентрированной серной кислоты при комнатной температуре и при нагревании? Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме.

**10.17.** Как относится алюминий к действию разбавленной и концентрированной азотной кислоты при комнатной температуре и при нагревании? Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме.

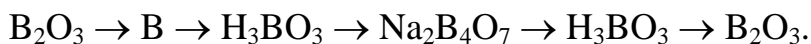
**10.18.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



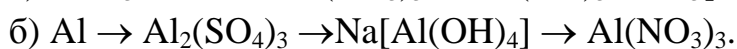
**10.19.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**10.20.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**10.21.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**10.22.** Что такое коррозия? Какой из двух металлов, находящихся в контакте, корродирует быстрее: а) серебро или железо; б) железо или алюминий; в) медь или цинк? Ответ поясните.

**10.23.** Составьте уравнения химических реакций, соответствующих приведённым схемам:



**10.24.** Верны ли следующие суждения о меди?

А. Для меди характерны степени окисления +1 и +2.

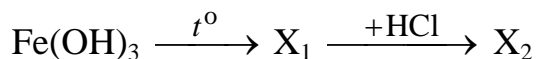
Б. Медь вытесняет цинк из раствора сульфата цинка.

В. Медь растворяется в азотной кислоте.

**10.25.** Предложите 3 – 4 способа получения хлорида меди(II). Напишите уравнения реакций.

**10.26.** Как относятся железо и медь к действию разбавленной и концентрированной серной кислоты при комнатной температуре и при нагревании? Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме.

**10.27.** В схеме превращений



веществом  $\text{X}_2$  является

1)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,    2)  $\text{FeO}$ ,    3)  $\text{FeCl}_3$ ,    4)  $\text{FeCl}_2$ .

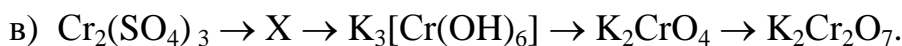
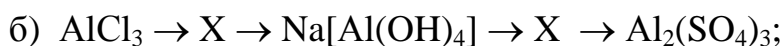
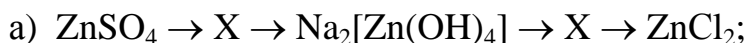
**10.28.** Предложите способы получения хлорида железа(II) и хлорида железа(III) из металлического железа. Напишите уравнения реакций (молекулярные и ионные).

**10.29.** Как, исходя из сульфата железа(II), можно получить хлорид железа(III)? Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме.

**10.30.** Напишите уравнения реакций (в молекулярной и ионной форме), показывающие амфотерные свойства: а) оксида цинка; б) оксида алюминия.

**10.31.** Напишите уравнения реакций (в молекулярной и ионной форме), показывающие амфотерные свойства: а) гидроксида цинка, б) гидроксида алюминия, в) гидроксида хрома(III).

**10.32.** Определите вещество X и напишите уравнения реакций (в молекулярной и ионной форме) для следующих превращений:



**10.33.** Гидроксид хрома(III) взаимодействует с каждым из двух веществ в наборе:

1)  $\text{CO}_2$  и  $\text{HCl}$ ; 2)  $\text{SiO}_2$  и  $\text{NaOH}$ ; 3)  $\text{NO}$  и  $\text{NaNO}_3$ ; 4)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaOH}$ .

Выберите правильный вариант ответа. Составьте уравнения реакций.

**10.34.** При высокой температуре вода (в виде пара) может окислять многие металлы и некоторые оксиды. С учетом этого напишите уравнения реакций, которые могут протекать: а) при пропускании водяного пара над железными опилками; б) при нагревании (в инертной атмосфере) гидроксида железа(II).

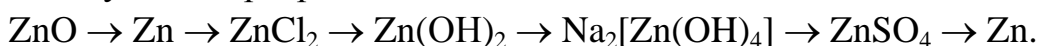
**10.35.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:

а) сульфат железа(II) → сульфат железа(III) → хлорид железа(III) → хлорид железа(II);

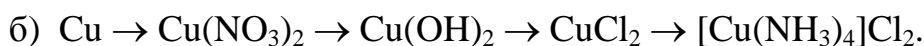
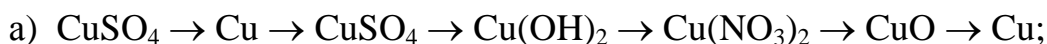
б) дихромат калия → хромат калия → дихромат калия → сульфат хрома(III).

**10.36.** Приведите пример металла, который может вступать в реакцию с водным раствором каждого из следующих веществ: HI, NaOH, HNO<sub>3</sub>, AgNO<sub>3</sub>. Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме.

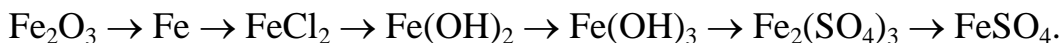
**10.37.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



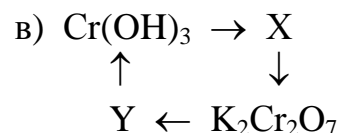
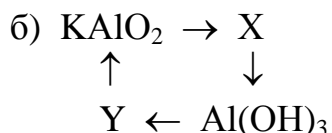
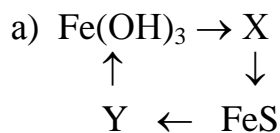
**10.38.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



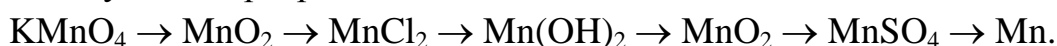
**10.39.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



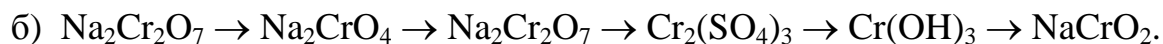
**10.40.** Напишите уравнения реакций для следующих превращений, назовите неизвестные вещества:



**10.41.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



**10.42.** Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



**10.43.** В реакции 3,12 г щелочного металла с водой выделилось 896 мл газа (н.у.). Определите, какой взят металл.

**10.44.** Вычислите массовую долю и молярную концентрацию гидроксида натрия в растворе, полученном растворением 4,6 г натрия в 100 г воды. Полученный раствор имеет плотность 1,082 г/мл.

**10.45.** В 250 мл воды растворили 2,5 г лития. Вычислите объём газа (н.у.), выделившегося в результате реакции, и массовую долю растворённого вещества в полученном растворе. Какой объём 0,5 М раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> требуется для его нейтрализации?

**10.46.** При растворении пероксида лития ( $\text{Li}_2\text{O}_2$ ) в тёплой воде образуется гидроксид лития и выделяется кислород. Какой объём кислорода при  $25\text{ }^\circ\text{C}$  и  $101,3\text{ кПа}$  можно получить, если в  $97\text{ г}$  воды растворить  $4,6\text{ г}$   $\text{Li}_2\text{O}_2$ ? Вычислите массовую долю гидроксида лития в полученном растворе. Какой максимальный объём углекислого газа (при н.у.) может быть поглощён этим раствором?

**10.47.** Пероксид натрия ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) поглощает  $\text{CO}_2$  из воздуха и в результате реакции выделяется кислород. Реакция используется для очистки воздуха и регенерации кислорода. Вычислите, какая масса пероксида натрия потребуется для снижения содержания  $\text{CO}_2$  с  $2\text{ об.}\%$  до  $0,02\text{ об.}\%$  в  $1\text{ м}^3$  воздуха.

**10.48.** Образец сплава лития и калия массой  $4,6\text{ г}$  растворили в воде. Выделившийся водород сожгли. В результате реакции получили  $1,8\text{ г}$  воды. Определите массовую долю калия в сплаве.

**10.49.** При взаимодействии некоторого количества гидрида щелочного металла со  $100\text{ г}$  воды получился раствор с массовой долей растворённого вещества (какого?)  $2,38\%$ . Масса полученного раствора оказалась на  $0,2\text{ г}$  меньше суммы исходных масс воды и гидрида. Определите формулу гидрида металла.

**10.50.** Водород, полученный в результате термического разложения гидрида кальция массой  $2,1\text{ г}$ , пропустили над раскалённым оксидом меди(II) массой  $8\text{ г}$ . Определите массовую долю меди в твёрдом остатке.

**10.51.** Имеется смесь кальция, оксида кальция и гидрида кальция с молярным соотношением компонентов  $1:2:4$  (в порядке перечисления). Какой объём воды может вступить в химическое взаимодействие с  $32\text{ г}$  такой смеси?

**10.52.** При взаимодействии соляной кислоты со смесью магния и карбоната магния выделилось  $11,2\text{ л}$  смеси газов (н.у.). После сжигания газа и конденсации водяных паров объём газа уменьшился до  $4,48\text{ л}$ . Определите массовую долю магния в исходной смеси.

**10.53.** Какая масса алюминия должна прореагировать с раствором щёлочи, чтобы выделившегося водорода хватило на восстановление до металла  $48\text{ г}$  оксида железа(III)?

**10.54.** В результате реакции  $12,9\text{ г}$  смеси алюминия и оксида алюминия с раствором гидроксида натрия выделилось  $3,36\text{ л}$  (н.у.) газа. Определите массовую долю алюминия в исходной смеси и количество вещества  $\text{NaOH}$ , вступившее в реакцию с этой смесью.

**10.55.** При обработке  $2\text{ г}$  сплава алюминия с магнием раствором гидроксида калия выделилось  $1,68\text{ л}$  водорода (при н.у.). Вычислите массовую долю магния в сплаве. Какой объём газа (н.у.) выделится, если такую же массу этого сплава растворить в соляной кислоте?

**10.56.**  $10\text{ г}$  смеси алюминия и магния обработали раствором гидроксида натрия, при этом выделилось  $3,36\text{ л}$  (н.у.) газа. Определите массовую долю магния в исходной смеси и количество вещества  $\text{NaOH}$ , вступившее в реакцию.

**10.57.** Смесь, состоящую из 0,1 моль  $\text{AlCl}_3$  и 0,1 моль  $\text{CrCl}_3$ , обработали избытком раствора гидроксида натрия, к полученному раствору добавили избыток бромной воды, а затем – избыток хлорида бария. В результате образовался жёлтый осадок. Назовите это вещество и вычислите его массу.

**10.58.** К 50 г раствора хлорида хрома(III) добавили избыточные количества раствора гидроксида натрия и бромной воды. В результате реакции образовался раствор другой соли хрома. К полученному раствору прилили избыток раствора хлорида бария; при этом образовалось 12,65 г жёлтого осадка. Вычислите массовую долю  $\text{CrCl}_3$  в исходном растворе.

**10.59.** При действии соляной кислоты на 44 г сульфида железа(II) выделилось 4,48 л газа (н.у.). Какое количество вещества  $\text{FeS}$  не вступило в реакцию? Какой дополнительный объём 5 М раствора соляной кислоты требуется для завершения реакции?

**10.60.** При добавлении раствора гидроксида натрия к раствору нитрата металла(III) выпал осадок, при прокаливании которого образовалось 32 г оксида металла(III), в котором массовая доля кислорода составляет 30%. Назовите этот оксид. Вычислите, какой объём раствора соляной кислоты с  $\omega(\text{HCl}) = 20\%$  ( $\rho = 1,10$  г/мл) необходим для растворения получившегося оксида металла.

**10.61.** В результате реакции 16 г смеси железа и сульфида железа(II) с раствором серной кислоты и выпаривания образовавшегося раствора получили 55,6 г кристаллогидрата  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Определите состав (мас.%) исходной смеси веществ и объём газообразных продуктов реакции (н.у.).

**10.62.** В каком соотношении по массе нужно взять две навески меди, чтобы при растворении одной из них в концентрированной серной кислоте, а второй – в разбавленной азотной кислоте выделились равные объёмы газов?

**10.63.** Газ, полученный при растворении 3,2 г металлической меди в концентрированной серной кислоте, прореагировал с 200 мл водного раствора перманганата калия (до обесцвечивания раствора). Вычислите молярную концентрацию раствора  $\text{KMnO}_4$ .

**10.64.** При растворении некоторого количества меди в концентрированной серной кислоте выделился газ, который количественно прореагировал с 50 г раствора гидроксида натрия с массовой долей  $\text{NaOH}$  12% с образованием средней соли. Определите массу растворённой меди.

**10.65.** Газ, выделившийся при растворении 9,6 г меди в концентрированной азотной кислоте, поглотили раствором щёлочи. Использовали 250 мл 2 М раствора  $\text{NaOH}$  (плотность раствора 1,081 г/мл). Определите массовые доли растворённых веществ в полученном растворе.

**10.66.** В результате реакции 19,2 г металла с раствором кислоты образовалась соль металла(II) и выделилось 4,48 л газа (н.у.), содержащего 46,67% азота и 53,33% кислорода. Плотность газа по водороду равна 15. Определите металл.



**10.67.** При растворении 6,4 г некоторого металла в концентрированной азотной кислоте образовался нитрат металла(II) и выделилось 4,48 л газа (при н.у.). Относительная плотность газа по водороду равна 23, в реакции со щёлочью этот газ образует две соли. Назовите неизвестный металл и составьте уравнения указанных реакций.

**10.68.** Смесь меди и оксида меди(II) растворили в концентрированной азотной кислоте. В результате реакции выделилось 0,224 литра газа (н.у.). Раствор выпарили, сухой остаток прокалили. После этого масса полученного остатка составила 3,2 г. Определите массовую долю меди в исходной смеси.

**10.69.** Цинк массой 6,5 г растворили в 300 мл 3 М раствора HCl (плотность раствора 1,05 г/мл). Определите массовые доли растворённых веществ в растворе после окончания реакции.

**10.70.** На растворение смеси цинка и оксида цинка в соляной кислоте израсходовано 99,6 мл раствора с  $\omega(\text{HCl}) = 20\%$  ( $\rho = 1,10$  г/мл). Выделившийся газ после сжигания образовал 3,6 г воды. Определите массовую долю оксида цинка в исходной смеси.

**10.71.** Смесь цинка и оксида цинка растворили в очень разбавленной азотной кислоте. После выпаривания полученного раствора сухой остаток прокалили при температуре 200 °С (разлагается нитрат аммония, но не разлагается нитрат цинка). При этом выделился газ объёмом (после высушивания) 2,24 л (н.у.) и осталось твёрдое вещество массой 113,4 г. Определите массовую долю цинка в исходной смеси.

**10.72.** Образец смеси цинка, сульфида цинка и оксида цинка общей массой 32,4 г растворили в соляной кислоте. При этом выделилось 4,48 л газа (н.у.), который пропустили через избыток раствора сульфата меди(II). В результате реакции выпал осадок массой 9,6 г. Рассчитайте количественный состав исходной смеси веществ.

**10.73.** Сплав меди с алюминием обработали сначала избытком раствора щёлочи, а затем – избытком концентрированной азотной кислоты. Определите массовые доли металлов в сплаве, если в результате реакции выделились одинаковые объёмы газов (н.у.).

**10.74.** На смесь медных и алюминиевых опилок массой 160 г подействовали концентрированной азотной кислотой (при комнатной температуре), при этом выделилось 26,88 л газа (н.у.). Определите массовые доли веществ в исходной смеси и число молекул  $\text{HNO}_3$ , вступивших в реакцию.

**10.75.** Смесь медных и алюминиевых опилок обработали при обычных условиях концентрированной азотной кислотой, при этом выделилось 8,96 литра газа (н.у.). При действии на такое же количество данной смеси раствором гидроксида калия выделилось 13,44 л газа (н.у.). Сколько атомов алюминия приходится на один атом меди в данной смеси?

**10.76.** На 20 г смеси меди с алюминием подействовали концентрированным раствором щёлочи. Металлический остаток после реакции растворили в концентрированной азотной кислоте, образовавшуюся при этом соль выделили и прокалили. Масса остатка после прокаливания оказалась равной 8 г. Определите состав смеси металлов (мас.%).

**10.77.** При действии на 20 г смеси железа и алюминия избытком раствора гидроксида натрия выделилось 5,6 л газа (н.у.). Определите состав смеси (мас.%). Какой объём газа (н.у.) выделится при взаимодействии такого же количества этой смеси металлов с избытком раствора соляной кислоты?

**10.78.** При взаимодействии смеси опилок железа и меди с соляной кислотой выделилось 4,48 л газа (н.у.). При обработке такой же массы этой смеси металлов концентрированной азотной кислотой образовалась соль, при термическом разложении которой выделилось 11,2 л газа (н.у.). Определите массовые доли металлов в смеси.

**10.79.** Для полного хлорирования порошковой смеси железа и меди потребовалось 15,68 л хлора (н.у.). При действии на ту же массу данной смеси избытком концентрированной серной кислоты выделилось 8,96 л газа (н.у.). Определите массовые доли металлов в смеси.

**10.80.** При обработке 5 г смеси серебра, алюминия и оксида магния избытком концентрированной азотной кислоты (без нагревания) выделилось 448 мл бурого газа. При взаимодействии такого же образца исходной смеси с избытком раствора гидроксида натрия выделилось 672 мл бесцветного газа (н.у.). Определите количественный состав исходной смеси.

**10.81.** При обработке 10,0 г смеси меди, железа и алюминия избытком концентрированной азотной кислоты (без нагревания) выделилось 3,36 л газа (н.у.). Такой же объём газа выделился и при действии на это количество данной смеси избытком раствора гидроксида натрия. Определите массовые доли металлов в смеси.

**10.82.** При обработке 4,00 г смеси железа, меди и алюминия избытком раствора гидроксида натрия выделилось 1,68 л газа (н.у.), а при взаимодействии такого же количества данной смеси с избытком соляной кислоты – 2,24 л газа (н.у.). Определите массы металлов в образце смеси.

**10.83.** При обработке 17,7 г смеси меди, железа и алюминия концентрированной азотной кислотой (без нагревания) выделилось 5,6 л газа (н.у.), а при взаимодействии такого же количества этой смеси металлов с концентрированной соляной кислотой выделилось 6,16 л газа (н.у.). Определите количественный состав (моль, мас.%) данной смеси.

**10.84.** В 248 г раствора сульфата меди(II) поместили порошок магния массой 20 г. Через некоторое время металлический осадок собрали и высушили. Его масса оказалась равной 28 г. Определите массовую долю сульфата магния в полученном растворе.

**10.85.** Медную пластинку массой 50,00 г поместили в раствор хлорида ртути(II). Масса пластинки после реакции оказалась равной 52,74 г. Сколько меди растворилось?

**10.86.** Железную пластинку массой 20,4 г поместили в раствор сульфата меди(II), масса раствора 100 г. Через некоторое время масса пластинки оказалась равной 22,0 г. Вычислите массу меди, выделившейся на пластинке, и массовую долю сульфата железа(II) в растворе после реакции.

**10.87.** Железную пластинку поместили в 150 мл раствора сульфата меди с  $\omega_1(\text{CuSO}_4) = 16\%$  (плотность раствора 1,18 г/мл). В результате реакции масса пластинки увеличилась на 0,8 г. Вычислите массовую долю  $\text{CuSO}_4$  в растворе после реакции.

**10.88.** После погружения железной пластинки в 200 мл раствора с массовой долей  $\text{CuSO}_4$  14,5% (плотность раствора 1,16 г/мл) её масса в результате реакции увеличилась на 0,4 г. Определите массовые доли веществ в растворе после реакции.

**10.89.** Железную пластинку массой 5 г поместили в раствор сульфата меди с  $\omega_1(\text{CuSO}_4) = 12,5\%$ , масса раствора 64 г. Через некоторое время количество сульфата меди в растворе уменьшилось вдвое. Какой стала масса пластинки? Вычислите массовые доли веществ в полученном растворе.

**10.90.** Железную пластинку массой 10 г погрузили в раствор с  $\omega_1(\text{CuSO}_4) = 16\%$ , масса раствора 150 г. Определите, какой стала масса пластинки после реакции, в результате которой содержание сульфата меди в растворе уменьшилось до  $\omega_2(\text{CuSO}_4) = 7,5\%$ . Какова массовая доля  $\text{FeSO}_4$  в полученном растворе?

**10.91.** Цинковые опилки массой 13 г поместили в раствор сульфата никеля(II) массой 280 г. Через некоторое время металлические опилки отфильтровали, высушили и взвесили. Их масса оказалась равной 11,8 г. Определите массовую долю сульфата цинка в фильтрате.

**10.92.** Железную пластинку поместили в раствор сульфата меди(II) массой 150 г. Через некоторое время масса пластинки увеличилась на 0,6 г, а массовая доля  $\text{CuSO}_4$  в образовавшемся растворе ( $\omega_2$ ) стала равной 5%. Определите массовую долю  $\text{CuSO}_4$  в исходном растворе ( $\omega_1$ ).

**10.93.** Цинковые опилки массой 15 г поместили в 250 мл 1,2 М раствора нитрата меди(II). Через некоторое время концентрация ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в растворе уменьшилась в 2 раза. Определите молярную концентрацию ионов  $\text{Zn}^{2+}$  в растворе после реакции. Какой стала масса металлических опилок?

**10.94.** Медную пластинку на некоторое время погрузили в 125 мл 1,2 М раствора нитрата серебра. В результате концентрация ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в растворе оказалась равной 0,1 моль/л. Какой стала концентрация нитрата серебра? Какая масса серебра выделилась на пластинке, и как изменилась масса пластинки?

## Некоторые решения и ответы

10.43. К.

10.44.  $\omega(\text{NaOH}) = 7,66\%$ ;  $c(\text{NaOH}) = 2,07$  моль/л.

10.45.  $V^\circ(\text{H}_2) = 4$  л;  $\omega(\text{LiOH}) = 3,4\%$ ,  $V_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 357$  мл.

10.46.  $V(\text{O}_2) = 1,22$  л;  $\omega(\text{LiOH}) = 4,8\%$ ;  $V^\circ(\text{CO}_2) = 4,48$  л.

10.47.  $m(\text{Na}_2\text{O}_2) = 69$  г.

10.48.  $\omega(\text{K}) = 84,78\%$ .

10.49. LiH.

10.50.  $\omega(\text{Cu}) = 44,44\%$ .

10.51.  $V(\text{H}_2\text{O}) = 21,6$  мл.

10.52.  $\omega(\text{Mg}) = 30\%$ .

10.53.  $m(\text{Al}) = 16,2$  г.

10.54.  $\omega(\text{Al}) = 20,93\%$ ;  $n(\text{NaOH}) = 0,3$  моль (для  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ),  
или  $n(\text{NaOH}) = 0,9$  моль (для  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ).

10.55.  $\omega(\text{Mg}) = 32,5\%$ , ( $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  или  $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ );  $V^\circ(\text{H}_2) = 2,28$  л.

10.56.  $\omega(\text{Mg}) = 73\%$ ;  $n(\text{NaOH}) = 0,1$  моль (для  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ),  
или  $n(\text{NaOH}) = 0,3$  моль (для  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ).

10.57.  $m(\text{BaCrO}_4) = 25,3$  г.

10.58.  $\omega(\text{CrCl}_3) = 15,85\%$ .

10.59.  $n(\text{FeS}) = 0,3$  моль;  $V_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 120$  мл.

10.60.  $V_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 199$  мл.

10.61.  $\omega(\text{Fe}) = 17,5\%$ ;  $\omega(\text{FeS}) = 82,5\%$ ;  $V^\circ(\text{H}_2) = 1,12$  л;  $V^\circ(\text{H}_2\text{S}) = 3,36$  л.

10.62.  $m_1(\text{Cu})/m_2(\text{Cu}) = 2/3$ .

10.63. 0,1 М  $\text{KMnO}_4$ .

10.64.  $m(\text{Cu}) = 4,8$  г.

10.65.  $\omega(\text{NaOH}) = 2,82\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_2) = 3,64\%$ ;  $\omega(\text{NaNO}_3) = 4,49\%$ .

10.66. Cu.

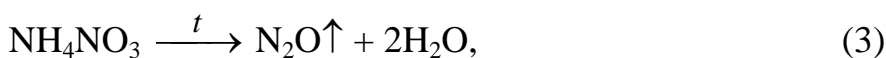
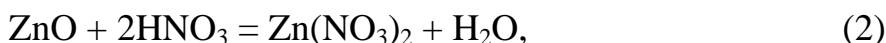
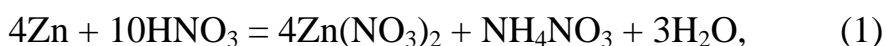
10.67. Cu.

10.68.  $\omega(\text{Cu}) = 10,26\%$ .

10.69.  $\omega(\text{HCl}) = 7,95\%$ ;  $\omega(\text{ZnCl}_2) = 4,23\%$ .

10.70.  $\omega(\text{ZnO}) = 38,4\%$ .

10.71. Решение:



$$n(\text{N}_2\text{O}(\text{r})) = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль},$$

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = n(\text{N}_2\text{O}); \quad n_1(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 4n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,1 \cdot 4 = 0,4 \text{ моль};$$

$$n(\text{Zn}) = n_1(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2)_{(1)} = 0,4 \text{ моль};$$

$$n(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = \frac{113,4}{189} = 0,6 \text{ моль};$$

$$n_2(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,6 - 0,4 = 0,2 \text{ моль};$$

$$m_{\text{смеси}} = 0,4 \cdot 65 + 0,2 \cdot 81 = 42,2 \text{ г}; \quad \omega(\text{Zn}) = \frac{26}{42,2} \cdot 100\% = 61,61\%.$$

$$10.72. \quad n(\text{Zn}) = 0,1 \text{ моль}, \quad n(\text{ZnS}) = 0,1 \text{ моль}, \quad n(\text{ZnO}) = 0,2 \text{ моль}.$$

$$10.73. \quad \omega(\text{Cu}) = 36\%, \quad \omega(\text{Al}) = 64\%.$$

$$10.74. \quad \omega(\text{Cu}) = 24\%, \quad \omega(\text{Al}) = 76\%; \quad N(\text{HNO}_3) = 1,44 \cdot 10^{24}.$$

$$10.75. \quad N(\text{Al})/N(\text{Cu}) = 2.$$

$$10.76. \quad \omega(\text{Cu}) = 32\%, \quad \omega(\text{Al}) = 68\%.$$

$$10.77. \quad \omega(\text{Fe}) = 77,5\%, \quad \omega(\text{Al}) = 22,5\%; \quad V^\circ(\text{H}_2) = 11,8 \text{ л}.$$

$$10.78. \quad \omega(\text{Fe}) = 46,67\%, \quad \omega(\text{Cu}) = 53,33\%.$$

$$10.79. \quad \omega(\text{Cu}) = 69,57\%, \quad \omega(\text{Fe}) = 30,43\%.$$

$$10.80. \quad n(\text{Ag}) = 0,02 \text{ моль}, \quad n(\text{Al}) = 0,02 \text{ моль}, \quad n(\text{MgO}) = 0,0575 \text{ моль}.$$

$$10.81. \quad \omega(\text{Cu}) = 31,37\%, \quad \omega(\text{Fe}) = 33,34\%, \quad \omega(\text{Al}) = 35,206\%.$$

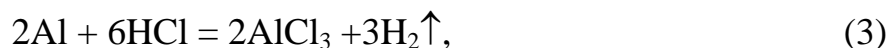
10.82. *Решение:*



$$n_1(\text{H}_2) = \frac{V_1(\text{газа})}{V_m} = \frac{1,68 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,075 \text{ моль};$$

$$n(\text{Al})/n_1(\text{H}_2) = 2/3 \rightarrow n(\text{Al}) = 0,05 \text{ моль};$$

$$m(\text{Al}) = n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 0,05 \cdot 27 = 1,35 \text{ г};$$



$$n_2(\text{H}_2) + n_3(\text{H}_2) = \frac{V_2(\text{газа})}{V_m} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n_3(\text{H}_2) = (3/2) n(\text{Al}) = 0,075 \text{ моль};$$

$$n(\text{Fe}) = n_2(\text{H}_2) = 0,1 - 0,075 = 0,025 \text{ моль};$$

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 0,025 \cdot 56 = 1,4 \text{ г};$$

$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси}) - m(\text{Al}) - m(\text{Fe}) = 4,00 - 1,35 - 1,4 = 1,25 \text{ г}.$$

$$10.83. \quad n(\text{Cu}) = 0,125 \text{ моль}, \quad \omega(\text{Cu}) = 45,2\%; \quad n(\text{Fe}) = 0,125 \text{ моль},$$

$$\omega(\text{Fe}) = 39,55\%; \quad n(\text{Al}) = 0,1 \text{ моль}, \quad \omega(\text{Al}) = 15,25\%.$$

$$10.84. \quad \omega(\text{MgSO}_4) = 10\%.$$

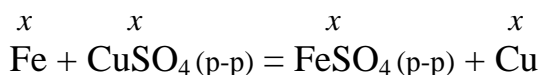
$$10.85. \quad m(\text{Cu})_{\text{раств.}} = 1,27 \text{ г}.$$

$$10.86. \quad m(\text{Cu}) = 12,8 \text{ г}, \quad \omega(\text{FeSO}_4) = 30,8\%.$$

$$10.87. \quad \omega_2(\text{CuSO}_4) = 7\%.$$

$$10.88. \quad \omega(\text{FeSO}_4) = 3,28\%, \quad \omega_2(\text{CuSO}_4) = 11,07\%.$$

$$10.89. \quad m_2(\text{пласт.}) = 5,2 \text{ г}; \quad \omega_2(\text{CuSO}_4) = 6,27\%, \quad \omega(\text{FeSO}_4) = 5,96\%.$$

**10.90. Решение:**

Из уравнения реакции видно, что количества (моль) всех веществ, участвующих в реакции, одинаковы.

Пусть  $n(\text{Fe}) = n(\text{CuSO}_4) = n(\text{FeSO}_4) = n(\text{Cu}) = x$  (моль).

Выразим массы веществ (г), используя их молярные массы (г/моль):

$$M(\text{Fe}) = 56, \quad M(\text{CuSO}_4) = 160, \quad M(\text{FeSO}_4) = 152, \quad M(\text{Cu}) = 64;$$

$$m(\text{Fe}) = 56x, \quad m(\text{CuSO}_4) = 160x, \quad m(\text{FeSO}_4) = 152x, \quad m(\text{Cu}) = 64x.$$

Реакция происходит на поверхности пластинки, в результате её масса уменьшается на массу растворённого железа и увеличивается на массу выделившейся меди:

$$\Delta m = m_2(\text{пласт.}) - m_1(\text{пласт.}) = m(\text{Cu}) - m(\text{Fe}) = 64x - 56x = 8x.$$

При увеличении массы пластинки на  $\Delta m$  масса раствора уменьшается на  $\Delta m$ :

$$m_2(\text{р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) - \Delta m = 150 - 8x \text{ (г)}.$$

Масса  $\text{CuSO}_4$  в исходном растворе:  $m_1(\text{CuSO}_4) = 150 \cdot 0,16 = 24$  г.

После реакции:  $m_2(\text{CuSO}_4) = m_1(\text{CuSO}_4) - m(\text{CuSO}_4)_{\text{в реакции}} = 24 - 160x$ .

$$\omega_2(\text{CuSO}_4) = \frac{m_2(\text{CuSO}_4)}{m_2(\text{р-ра})} = \frac{24 - 160x}{150 - 8x} = 0,075 \text{ (по условию)},$$

откуда  $x = 0,08$  (моль);  $\Delta m = 8 \cdot 0,08 = 0,64$  г;  $m_2(\text{пласт.}) = 10,64$  г.

$$m(\text{FeSO}_4) = 152 \cdot 0,08 = 12,16 \text{ г}; \quad m_2(\text{р-ра}) = 150 - 0,64 = 149,36 \text{ г};$$

$$\omega(\text{FeSO}_4) = 12,16 / 149,36 = 0,081 \quad (8,1\%).$$

**10.91.**  $\omega(\text{ZnSO}_4) = 11,45\%$ .

**10.92.**  $\omega_1(\text{CuSO}_4) = 13\%$ .

**10.93.**  $c(\text{Zn}^{2+}) = 0,6$  моль/л;  $m(\text{мет.}) = 14,85$  г.

**10.94.**  $c_2(\text{AgNO}_3) = 1,0$  моль/л;  $m(\text{Ag}) = 2,7$  г;  $\Delta m(\text{пласт.}) = 1,9$  г.

# 11. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

**11.1.** Какие из приведённых ниже веществ являются:

а) *гомологами*, б) *изомерами*? Выберите соответствующие пары, укажите, к каким классам органических соединений они относятся, напишите структурные формулы:

1) *n*-бутан; 2,2-диметилпропан; 2-метилпропан; 2-метилпропен; циклогексан; 2,3-диметилбутен-1;

2) толуол; этилбензол; 1,4-диметилбензол; 2-метилпропанол-2; диэтиловый эфир; этанол;

3) пропаналь; пропанон; 3-метилбутаналь; пропионовая (пропановая) кислота; метилпропионат; этилформиат;

4) 2-метилбутадиен-1,3; бутин-2; бутадиен-1,2; винилацетилен (1-бутен-3-ин); 3-хлорпропен-1 (аллилхлорид); 2-хлорпропен; 2-бромпропен; хлорэтен (винилхлорид).

**11.2.** Напишите структурные формулы перечисленных ниже веществ и выберите среди них пары изомеров:

а) 2,2,3-триметилбутан; 3-метилбутин-1; 2,4-диметилпентан; пентадиен-1,3;

б) 1,2-диметилциклопропан; 4-изопропилгептан; 3-метилбутен-1; 2,4-диметил-3-этилгексан;

в) 3-метилпентин-1; 3,3-диметилбутин-1; 2-метилбутадиен-1,3; циклопентен.

**11.3.** Укажите тип гибридизации атомных орбиталей углерода в молекулах следующих соединений:

а)  $C_2H_4$ , б)  $C_3H_4$ , в)  $CH_2Cl_2$ , г)  $CH_3CH_2OH$ , д)  $CH_3COOH$ , е)  $C_6H_5CH_3$ .

Изобразите развёрнутые структурные формулы веществ, определите число  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в каждой из этих молекул и степени окисления атомов углерода.

**11.4.** Напишите структурную формулу углеводорода, в молекуле которого 5  $\sigma$ -связей и 4  $\pi$ -связи. Назовите это вещество.

**11.5.** Напишите структурную формулу углеводорода, в молекуле которого 7  $\sigma$ -связей и 3  $\pi$ -связи. Назовите это вещество.

**11.6.** Напишите структурные формулы трех изомерных углеводородов, если в молекуле каждого изомера имеются:

а) только 16  $\sigma$ -связей; б) 9  $\sigma$ -связей и 2  $\pi$ -связи. Назовите эти изомеры.

**11.7.** Напишите структурные формулы изомерных алканов состава  $C_7H_{16}$ , главная цепь которых состоит из пяти углеродных атомов. Назовите эти изомеры. Укажите число первичных, вторичных, третичных и четвертичных атомов углерода в каждом изомере.

**11.8.** Напишите структурные формулы всех соединений состава:

а)  $C_4H_9Br$ , б)  $C_4H_8Br_2$ . Назовите эти соединения.

**11.9.** Напишите структурные формулы всех алкенов, образующихся при каталитическом дегидрировании 2,2,4-триметилпентана. Назовите их по систематической номенклатуре.

**11.10.** Сколько существует изомеров состава  $C_3H_5Cl$ , обесцвечивающих бромную воду? Напишите их структурные формулы и названия. Составьте уравнения реакций.

**11.11.** Сколько всего изомеров имеет углеводород состава  $C_4H_8$ ? Напишите их структурные формулы и названия. Какие из этих соединений взаимодействуют с бромной водой? Напишите уравнения реакций.

**11.12.** Напишите структурные формулы всех алкинов, образующихся при каталитическом дегидрировании 2-метилпентана. Назовите изомеры.

**11.13.** Напишите структурные формулы всех изомерных ароматических углеводородов состава  $C_8H_{10}$ . Назовите эти вещества.

**11.14.** Напишите структурную формулу углеводорода состава  $C_4H_6$ , который дает осадок с аммиачным раствором оксида серебра, а в условиях реакции Кучерова образует кетон. Составьте уравнения реакций и назовите этот углеводород.

\***11.15.** Определите строение соединения  $C_8H_8$ , если известно, что оно обесцвечивает бромную воду, реагирует с хлороводородом, а при окислении образует бензойную кислоту  $C_6H_5COOH$ . Напишите уравнения реакций, назовите этот углеводород.

**11.16.** Предложите два способа получения метана в лаборатории. Напишите уравнения соответствующих реакций с указанием условий их проведения.

**11.17.** Предложите два способа получения этана в лаборатории. Напишите уравнения соответствующих реакций с указанием условий их проведения.

**11.18.** Предложите два способа получения этилена (этена) в лаборатории. Напишите уравнения соответствующих реакций с указанием условий их проведения.

**11.19.** Приведите два способа получения ацетилен (этина) в лаборатории. Напишите уравнения соответствующих реакций с указанием условий их проведения.

**11.20.** Напишите уравнения реакций присоединения хлороводорода к:  
а) бутену-1; б) бутену-2; в) 3,3,3-трифторпропену; г) акриловой (пропеновой) кислоте.

В каких случаях нарушается правило Марковникова?

---

\* К задачам, отмеченным звездочкой, приводятся решения, пояснения или ответы.



**11.21.** Как из этилена (этена) можно получить:

- а) хлорэтан; б) 1,2-дихлорэтан; в) этан; г) полиэтилен?

Укажите условия проведения реакций.

**11.22.** Как из этилена можно получить:

- а) этанол; б) пропанол-1; в) этиленгликоль; г) уксусную кислоту?

Укажите условия проведения реакций.

**11.23.** Как из метана можно получить:

- а) нитрометан; б) ацетилен; в) метанол, г) муравьиную (метановую) кислоту?

Укажите условия проведения реакций.

**11.24.** Как из ацетилена (этина) можно получить:

- а) хлорэтен (винилхлорид); б) 1,1-дихлорэтан; в) 1,2-дихлорэтан;  
г) 1,1,2,2-тетрахлорэтан?

Укажите условия проведения реакций.

**11.25.** Как из ацетилена можно получить:

- а) бензол; б) ацетальдегид; в) этанол; г) уксусную кислоту?

Укажите условия проведения реакций.

**11.26.** Как из бензола можно получить:

- а) циклогексан; б) гексахлорциклогексан; в) хлорбензол; г) гексахлорбензол?

Укажите условия проведения реакций.

**11.27.** Как из бензола можно получить:

- а) метилбензол (толуол); б) изопропилбензол (кумол); в) фенол;  
г) нитробензол?

Укажите условия проведения реакций.

**11.28.** С помощью каких реакций (составьте уравнения, используя упрощенные структурные формулы, укажите условия) можно отличить:

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| а) пропан от пропена;    | б) ацетилен от пропина;                       |
| в) толуол от бензола;    | г) винилбензол от толуола;                    |
| д) бутин-1 от бутина-2;  | е) бутадиен-1,3 от циклобутана;               |
| ж) этаналь от этанола;   | з) пропандиол-1,2 от пропанола-2;             |
| и) фенол от пропанола-1; | к) анилин от этиламина;                       |
| л) глюкозу от фруктозы;  | м) муравьиную кислоту от пропионовой кислоты? |

**11.29.** Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с бромной водой?

Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

- пропан; ацетилен; бутадиен-1,3; уксусная кислота; бензол; фенол.



\***11.30.** Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с аммиачным раствором оксида серебра? Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения:

- ацетилен; этилен; бензол; пропаналь; ацетон; муравьиная кислота.

**11.31.** Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с водным раствором перманганата калия? Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения:

пропан; пропен; бензол; толуол; формальдегид; уксусная кислота.




**11.32.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

$\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}$  ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$  ,  ,  ,  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  .



**11.33.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $\text{H}_2$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

нитробензол; пропан; 2-метилбутадиен-1,3; метанол; пропаналь.




**11.34.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $\text{H}_2$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

 ,  ,  ,  $\text{HCOOH}$  ,  $\text{CH}_3\text{NO}_2$  .



**11.35.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $\text{Cl}_2$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

 ,  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$  ,  ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$  ,  $\text{CCl}_4$  .



**11.36.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $\text{HCl}$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

 ,  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$  ,  ,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  ,  .

**11.37.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $\text{NaOH}$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

 ,  ,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  ,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$  ,  $\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{OCH}_3$  .

**11.38.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $\text{Na}$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$  ,  ,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  ,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$  ,  .

**11.39.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$  ,  $\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{H}_2$  ,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  ,  $\text{KMnO}_4$ .

**11.40.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $\text{C}_2\text{H}_2$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

$\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{Ag}_2\text{O}$  ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  ,  $\text{HBr}$  ,  $\text{Br}_2$  ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

**11.41.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $C_2H_5OH$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

$C_2H_5COOH$ ,  $C_2H_4$ ,  $NaOH$ ,  $HBr$ ,  $C_6H_6$ ,  $CuO$ .

**\*11.42.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $CH_3CHO$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

$CH_3COOH$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $Cu(OH)_2$ ,  $NaOH$ ,  $C_6H_6$ ,  $H_2$ .

**11.43.** Какие из приведённых ниже веществ реагируют с  $CH_3COOH$ ? Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения:

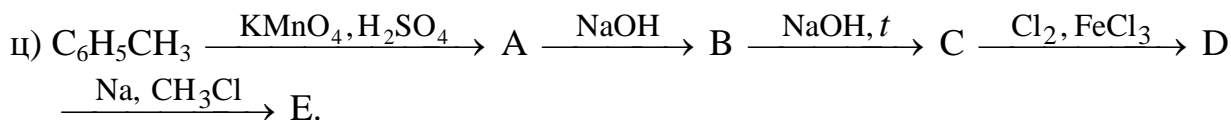
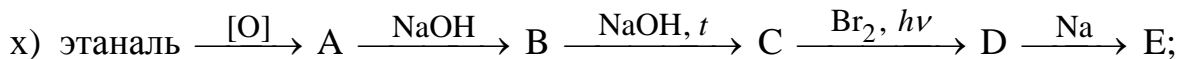
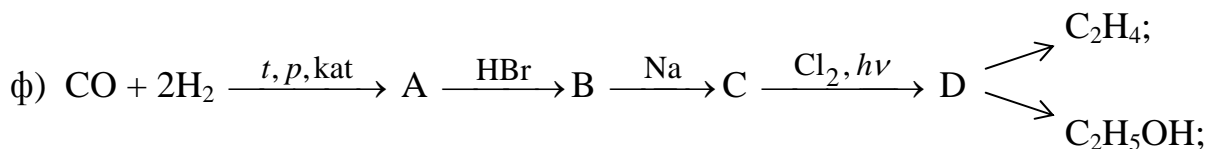
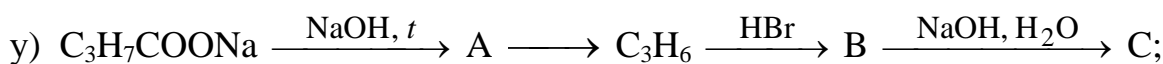
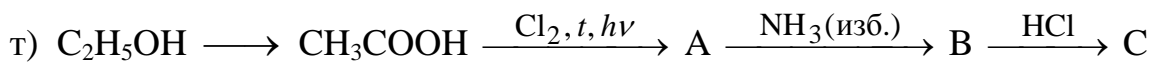
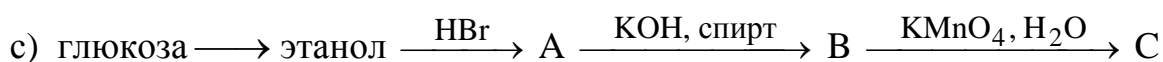
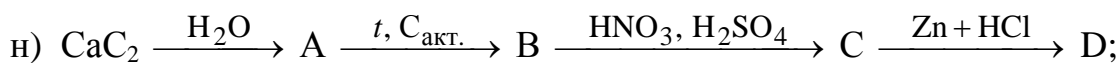
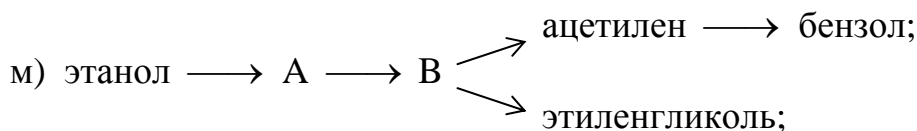
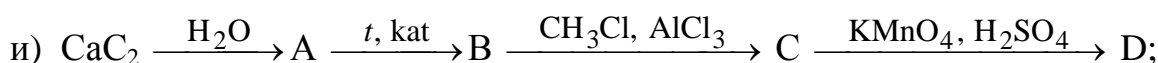
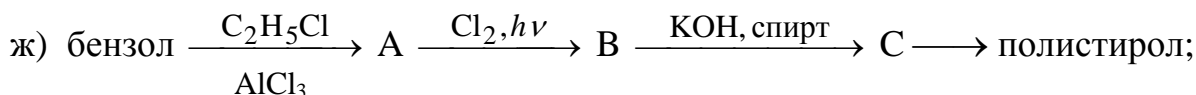
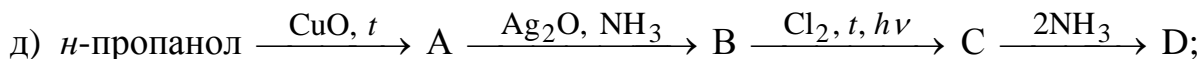
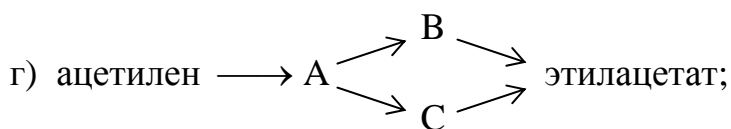
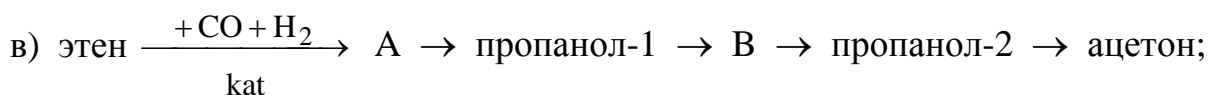
$Ca(OH)_2$ ,  $HCl$ ,  $Cl_2$ ,  $NaHCO_3$ ,  $C_6H_6$ ,  $CH_3OH$ .

**11.44.** Напишите уравнения реакций в соответствии с приведённой схемой превращений (укажите условия их проведения):

- а) карбид кальция  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  этилен  $\rightarrow$  полиэтилен;
- б) карбид кальция  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  толуол;
- в) карбид кальция  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  уксусный альдегид  $\rightarrow$  уксусная кислота;
- г) карбид алюминия  $\rightarrow$  метан  $\rightarrow$  бромметан  $\rightarrow$  этан;
- д) карбид алюминия  $\rightarrow$  метан  $\rightarrow$  ацетилен  $\rightarrow$  хлорвинил;
- е) ацетат натрия  $\rightarrow$  метан  $\rightarrow$  хлорметан  $\rightarrow$  метанол;
- ж) пропионат натрия  $\rightarrow$  этан  $\rightarrow$  бромэтан  $\rightarrow$  этилен;
- з) этан  $\rightarrow$  этен  $\rightarrow$  1,2-дихлорэтан  $\rightarrow$  этандиол-1,2;
- и) этан  $\rightarrow$  хлорэтан  $\rightarrow$  этилен  $\rightarrow$  этиленгликоль;
- к) пропан  $\rightarrow$  пропен  $\rightarrow$  2-бромпропан  $\rightarrow$  2,3-диметилбутан;
- л) пропанол-1  $\rightarrow$  пропен  $\rightarrow$  пропанол-2  $\rightarrow$  диметилкетон;
- м) этанол  $\rightarrow$  этаналь  $\rightarrow$  этановая кислота  $\rightarrow$  этилацетат;
- н) хлорэтан  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  бутадиен-1,3  $\rightarrow$  бутадиеновый каучук;
- о) изобутиловый спирт  $\rightarrow$  2-метилпропен  $\rightarrow$  трет-бутиловый спирт  $\rightarrow$   $\rightarrow$  2-бром-2-метилпропан;
- п) 1,2-дибромпропан  $\rightarrow$  пропин  $\rightarrow$  ацетон  $\rightarrow$  пропанол-2;
- р) пропанол-2  $\rightarrow$  изопропилацетат  $\rightarrow$  ацетат натрия  $\rightarrow$  метан;
- с) бензол  $\rightarrow$  хлорбензол  $\rightarrow$  фенол  $\rightarrow$  2,4,6-тринитрофенол (пикриновая кислота);
- т) бензол  $\rightarrow$  этилбензол  $\rightarrow$  винилбензол  $\rightarrow$  полистирол;
- у) бензол  $\rightarrow$  нитробензол  $\rightarrow$  анилин  $\rightarrow$  хлорид фениламмония;
- ф) толуол  $\rightarrow$  бензойная кислота  $\rightarrow$  бензоат натрия  $\rightarrow$  бензол.

**11.45.** Напишите уравнения реакций, соответствующие приведенной последовательности превращений; назовите неизвестные вещества и напишите их структурные формулы:

- а) метан  $\rightarrow$  А  $\rightarrow$  бензол  $\rightarrow$  В  $\rightarrow$  С  $\rightarrow$  2,4,6-триброманилин;
- б) метанол  $\rightarrow$  А  $\rightarrow$  этан  $\rightarrow$  В  $\rightarrow$  этанол  $\rightarrow$  уксусная кислота;



**11.46.** Осуществите превращения. Число стадий **не ограничено**. Укажите условия протекания реакций:

- а)  $C \longrightarrow (-CH_2-CH=CH-CH_2-)_n$ ,    б)  $CaCO_3 \longrightarrow C_6H_5OH$ ,  
в)  $C \longrightarrow CH_3COOH$ ,    г)  $CaCO_3 \longrightarrow C_6H_5NH_2$ ,  
д)  $C \longrightarrow CH_3CH_2OH$ ,    е)  $CaCO_3 \longrightarrow C_6H_5CH_3$ ,  
ж)  $C_2H_2 \longrightarrow CH_3COOC_2H_5$ ,    з)  $C_2H_2 \longrightarrow NH_2CH_2COOH$ .

**11.47.** Как, используя только метан (исходное органическое соединение) и неорганические вещества, можно получить:

- а) этиленгликоль, б) этанол, в) этаналь, г) уксусную кислоту;  
д) диэтиловый эфир, е) этилацетат, ж) нитробензол, з) толуол;  
и) фенол, к) формальдегид, л) метилформиат, м) поливинилхлорид?

Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения.

•••

**11.48.** Газ, образовавшийся при полном сгорании 0,1 моль предельного углеводорода, пропустили через избыток насыщенного раствора гидроксида кальция (известковой воды) при этом выпало 60 г осадка. Определите молекулярную формулу углеводорода, напишите графические формулы и названия его структурных изомеров.

**11.49.** При сплавлении 8,2 г ацетата натрия с 4,8 г гидроксида натрия было получено 1,96 л (н.у.) метана. Определите практический выход продукта реакции.

\***11.50.** При сплавлении 4,1 г ацетата натрия с 2,0 г гидроксида натрия был получен метан. Определите практический выход этой реакции, учитывая, что тепловой эффект сгорания полученного количества метана в кислороде составил 38,3 кДж, а молярная теплота сгорания метана равна 890,3 кДж/моль.

**11.51.** Из 1 м<sup>3</sup> (н.у.) метана двухстадийным синтезом получили 300 л (н.у.) этана. Составьте схему синтеза, уравнения соответствующих реакций и определите практический выход конечного продукта.

**11.52.** Определите молекулярную формулу предельного углеводорода, если известно, что при полном сгорании 8,6 г этого вещества образовалось 13,44 л (н.у.) оксида углерода(IV). Напишите возможные структурные формулы этого углеводорода. Назовите изомеры.

\***11.53.** Определите молекулярную формулу алкана, если известно, что для сжигания 6 л этого вещества потребовалось 39 л кислорода (объёмы газов измерены при одинаковых условиях). Напишите структурные формулы и названия изомеров этого углеводорода.

**11.54.** Определите молекулярную формулу алкана, если известно, что для его сжигания потребовалось 10 л кислорода и при этом образовалось 6 л углекислого газа. Сколько литров этого углеводорода вступило в реакцию? (Объёмы газов измерены при одинаковых условиях).

**11.55.** При сжигании 7,2 г органического вещества, плотность паров которого по водороду равна 36, образовалось 22 г оксида углерода(IV) и 10,8 г воды. Определите молекулярную формулу этого вещества и возможные структурные формулы. Назовите изомеры.

**11.56.** Для нейтрализации хлороводорода, образовавшегося при радикальном хлорировании (на свету) 560 мл (н.у.) этана, потребовалось 100 мл 0,5 М раствора гидроксида натрия. Определите состав органического продукта реакции хлорирования. Каковы его возможные структурные изомеры?

**11.57.** При бромировании 5,6 л (н.у.) этилена получено 42,3 г 1,2-дибромэтана. Рассчитайте практический выход реакции ( $\eta$ ,%).

**11.58.** Углеводород массой 3,36 г, относящийся к ряду алкенов, может присоединить 6,4 г брома, образуя соединение симметричного строения. Определите структурную формулу углеводорода и назовите его.

\***11.59.** Определите структурную формулу углеводорода  $C_nH_{2n}$  и назовите его, если известно, что этот углеводород имеет *цис*- и *транс*-изомеры и для обесцвечивания 160 г 20%-ного раствора брома в  $CCl_4$  требуется 14 г этого вещества.

**11.60.** Два газообразных углеводорода, имеющие одинаковую плотность  $\rho = 1,875$  г/л (н.у.), различаются по химическим свойствам: один из них обесцвечивает раствор брома в  $CCl_4$  и водный раствор перманганата калия, а второй не дает таких реакций. Определите структурные формулы углеводородов и назовите их. Напишите уравнения указанных реакций.

**11.61.** Этиленовый углеводород массой 14 г присоединяет 4,48 л (н.у.) хлороводорода. Определите строение этого углеводорода, если известно, что он имеет *цис*- и *транс*-изомеры. Назовите углеводород и продукт реакции.

\***11.62.** В результате гидрирования 14,4 г смеси этана с этиленом получили углеводород массой 15 г. Определите объемную и массовую доли этилена в исходной смеси, принимая, что реакция прошла с количественным выходом.

**11.63.** Тепловой эффект реакции сгорания ацетиленового, полученного при гидролизе 7,00 г технического образца карбида кальция, составил 130,0 кДж. Учитывая, что молярная теплота сгорания ацетиленового равна 1299,6 кДж/моль, вычислите массовую долю примесей в образце карбида кальция.

**11.64.** Смесь пропана и ацетиленового пропустили через колбу с бромной водой. В результате масса колбы увеличилась на 1,3 г, а бромная вода полностью не обесцветилась. При полном сгорании такого же количества исходной смеси углеводородов выделилось 9 л (н.у.) оксида углерода(IV). Определите объемную и массовую доли пропана в исходной смеси.

\***11.65.** При растворении 1,65 г газовой смеси пропана и пропина в 50 г 30%-го раствора брома в тетрахлорметане массовая доля  $Br_2$  в полученном растворе стала равной 12%. Определите объемный состав исходной смеси углеводородов.

**\*11.66.** В результате дегидрирования 12 г этана получили смесь непредельных углеводородов и водород, количество которого достаточно для восстановления до металла 40 г оксида меди(II). Вычислите молярное соотношение углеводородов в полученной смеси. (Принять, что все реакции протекают с количественным выходом).

**\*11.67.** Какой объем водорода (н.у.) расходуется при каталитическом гидрировании 560 л (н.у.) газовой смеси пропана, пропена и пропина с молярным соотношением углеводородов, соответственно, 1:2:4? Рассчитайте относительную плотность исходной газовой смеси по водороду.

**\*11.68.** Два изомерных алкина имеют одинаковую молекулярную массу. Образец каждого изомера массой 5,4 г полностью реагирует с 800 г 4%-ной бромной воды. В условиях реакции Кучерова оба изомера образуют одно и то же карбонильное соединение, но только один из них реагирует с аммиачным раствором оксида серебра. Определите молекулярную формулу и строение алкинов, назовите их, составьте уравнения реакций.

**11.69.** Определите молекулярную формулу и возможное строение диенового углеводорода, для полного каталитического гидрирования 8,1 г которого потребовалось 6,72 л водорода (н.у.). Какой из изомеров этого углеводорода используется для производства каучука? Назовите изомеры.

**11.70.** Из 480 г карбида кальция двухстадийным синтезом было получено 125 г бензола. Составьте схему синтеза и вычислите практический выход продукта.

**11.71.** Из 192 г карбида кальция трёхстадийным синтезом получили 58 г толуола. Составьте схему синтеза и уравнения реакций, определите практический выход конечного продукта.

**11.72.** Двухстадийным синтезом из бензола было получено 39 г анилина с выходом 60%. Составьте схему синтеза и вычислите исходную массу бензола.

**11.73.** Газ, выделившийся при получении бромбензола из 25 мл бензола ( $\rho = 0,78$  г/мл), количественно прореагировал с 25 мл гексена-1 ( $\rho = 0,67$  г/мл) с образованием одного из изомерных бромгексанов. Составьте уравнения реакций, используя упрощенные структурные формулы веществ. Рассчитайте практический выход бромбензола.

**\*11.74.** В результате реакции бромирования 23 г толуола (в присутствии  $AlBr_3$ ) выделился газ, количество которого оказалось достаточным для реакции с 250 мл 0,2 M раствора  $KMnO_4$ . Определите качественный и количественный (молярные доли) состав полученной смеси органических соединений.

**\*11.75.** Бромоводород, выделившийся при бромировании 13,8 г метилбензола (бромирование в темноте с  $FeBr_3$ ), был полностью поглощён 5%-ным водным раствором метиламина. В реакцию вступило 186 г этого раствора. Вычислите массовую долю соли в полученном растворе и определите строение продукта бромирования метилбензола.

**11.76.** В предельном одноатомном спирте массовая доля углерода равна 64,86%. Определите молекулярную формулу спирта. Напишите графические формулы и названия его структурных изомеров.

**11.77.** При взаимодействии 22,2 г предельного одноатомного спирта с избытком металлического натрия выделилось 3,36 л водорода (н.у.). Определите строение спирта, учитывая наличие третичного атома углерода в его молекуле. Назовите этот спирт.

**\*11.78.** Некоторое количество алкена присоединяет 6,72 л (н.у.) хлороводорода. При щелочном гидролизе продукта реакции образуется 26,4 г третичного спирта. Определите строение исходного углеводорода и полученного спирта. Назовите органические соединения.

**11.79.** При нагревании ( $t = 120^{\circ}\text{C}$ ) 92 г предельного одноатомного спирта с концентрированной серной кислотой получили (с выходом 65%) 48,1 г простого эфира. Из такого же количества спирта по аналогичной реакции при  $150^{\circ}\text{C}$  образовалось (с выходом 62,5%) 28 л (при н.у.) углеводорода. Определите формулы органических соединений.

**11.80.** Двухстадийным синтезом из первичного изобутилового спирта (2-метилпропанола-1) было получено 18,5 г 2-метил-2-хлорпропана. Напишите уравнения реакций и вычислите исходную массу спирта с учетом того, что выход продуктов реакции на каждой стадии составил 60%.

**11.81.** При гидратации 15,4 г смеси этена с пропеном образовалась смесь спиртов массой 22,6 г. Определите объемные доли газов в исходной смеси.

**\*11.82.** Сколько потребуется метанола для получения 182 мл 37,5%-ного водного раствора формальдегида ( $\rho_{\text{р-ра}} = 1,1 \text{ г/мл}$ ) при условии, что окисление метанола в формальдегид протекает с выходом 90%?

**\*11.83.** При взаимодействии смеси этилового спирта и фенола с избытком металлического натрия выделилось 3,36 л водорода (н.у.). Для нейтрализации такого же количества исходной смеси потребовалось 16,4 мл 20%-го раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1,22 \text{ г/мл}$ ). Определите молярное соотношение и массовые доли этанола и фенола в их смеси.

**\*11.84.** К 100 г раствора фенола в бензоле добавили 100 г 4,1% -го водного раствора гидроксида натрия. После реакции массовая доля NaOH в полученном водном растворе стала равной 2%. Вычислите количество щёлочи, вступившее в реакцию, и массовую долю фенола в исходном бензольном растворе.

**11.85.** При каталитическом дегидрировании 120 г первичного спирта получили с выходом 69% 80 г альдегида. Определите формулы веществ.

**11.86.** Вычислите массу ацетальдегида, полученного окислением этилового спирта (массовая доля выхода альдегида  $\omega_{\text{вых.}} = 75\%$ ), если известно, что при взаимодействии такого же количества спирта с металлическим натрием выделилось 5,6 л водорода (н.у.).



**\*11.87.** При взаимодействии паров предельного одноатомного спирта с избытком оксида меди(II) образовалось 5,8 г альдегида, а масса оксида меди уменьшилась на 1,6 г. Определите формулы спирта и альдегида, назовите вещества.

**11.88.** При взаимодействии 4,4 г альдегида с аммиачным раствором оксида серебра образовалось 18,0 г серебра с выходом 83,4%. Определите формулу альдегида и назовите его. Какое название имеет данная реакция?

**\*11.89.** При гидрировании 11,6 г альдегида получили 9,6 г спирта (выход 80%). Определите формулы альдегида и спирта. Какая образуется соль, и какова её массовая доля в растворе, полученном при растворении продуктов сгорания такого же количества этого альдегида в 146,4 г 23%-го раствора гидроксида калия?

**11.90.** В предельной одноосновной карбоновой кислоте массовая доля кислорода равна 43,24%. Определите формулу кислоты, назовите её.

**11.91.** Для нейтрализации 4,8 г предельной одноосновной карбоновой кислоты потребовался раствор гидроксида натрия объёмом 40 мл с концентрацией  $c(\text{NaOH}) = 2$  моль/л. Определите формулу кислоты.

**11.92.** При каталитическом окислении первичного одноатомного спирта массой 30 г получили 29,6 г кислоты, для нейтрализации которой потребовалось 85,1 мл 16%-го раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1,175$  г/мл). Определите формулы спирта и кислоты и её практический выход в реакции.

**\*11.93.** Вычислите массу карбида кальция, необходимую для получения (трехстадийным синтезом) 1 кг 30%-го раствора уксусной кислоты, если выход кислоты составляет 50%. Составьте схему синтеза.

**11.94.** Относительная плотность паров сложного эфира по водороду равна 30. Вычислите массовую долю кислорода в этом соединении. Определите формулу эфира, назовите его.

**11.95.** Относительная плотность паров сложного эфира по аргону равна 2,2. При гидролизе этого эфира образуются два соединения, молекулы которых содержат одинаковые количества атомов углерода. Определите структурные формулы эфира и продуктов его гидролиза. Назовите органические вещества.

**\*11.96.** При щелочном гидролизе (с раствором NaOH) сложного эфира получили вторичный одноатомный спирт и соль одноосновной карбоновой кислоты. При сплавлении этой соли с гидроксидом натрия образовался газообразный углеводород, плотность которого по водороду равна 8. Массовая доля углерода в спирте составляет 60%. Определите формулу эфира.

**11.97.** При нагревании 25,8 г смеси этилового спирта и уксусной кислоты в присутствии небольшого количества  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (катализатор) было получено 13,2 г сложного эфира, а при сжигании такого же количества исходной смеси образовалось 23,4 г воды. Определите количественный состав исходной смеси органических веществ и рассчитайте практический выход реакции этерификации.

**\*11.98.** Для нейтрализации образца смеси фенола и уксусной кислоты потребовалось 70,6 мл 20%-го раствора гидроксида калия ( $\rho = 1,19$  г/мл). При взаимодействии такого же количества исходной смеси с избытком бромной воды выделилось 33,1 г осадка. Определите молярное соотношение веществ и их массовые доли в исходной смеси.

**\*11.99.** Для нейтрализации 24 г смеси этанола и предельной одноосновной карбоновой кислоты требуется 100 мл 2 М раствора NaOH. В результате реакции между компонентами такого же количества исходной смеси можно получить 0,1 моль сложного эфира. Определите формулы кислоты и эфира, назовите соединения. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

**\*11.100.** Для нейтрализации 50 мл водного раствора смеси муравьиной и уксусной кислот потребовалось 100 мл 0,5 М раствора NaOH. При взаимодействии такого же количества исходного раствора кислот с избытком аммиачного раствора оксида серебра образовался металлический осадок массой 2,16 г. Вычислите молярную концентрацию каждой кислоты в исходном растворе. Сколько молекул  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в этом растворе приходится на одну молекулу  $\text{HCOOH}$ ?

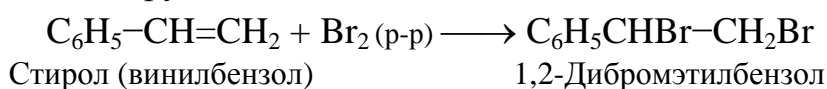
**\*11.101.** Массовые доли углерода, водорода и азота в первичном амине составляют соответственно 38,7; 16,15 и 45,15%. Определите формулу соединения, назовите его. Какое количество вещества и какая масса этого амина может вступить в реакцию с 49 г 12%-го раствора серной кислоты? Назовите продукт реакции.

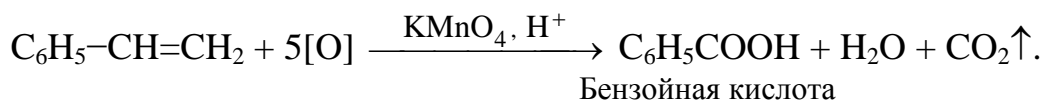
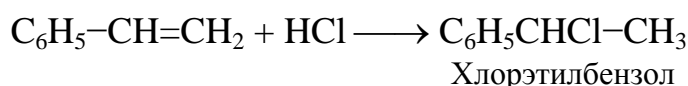
**11.102.** При восстановлении 92,25 г нитробензола получили 66 г анилина (реакция Зинина). Вычислите выход продукта реакции. Определите, какая масса 3%-го раствора брома (бромной воды) может вступить в реакцию с полученным анилином.

**\*11.103.** Смесь глюкозы и сахарозы растворили в воде, раствор подкислили небольшим количеством серной кислоты и нагрели. В результате гидролиза масса смеси углеводов увеличилась на 0,9 г, и полученная смесь оказалась способной образовать 19,4 г металлического осадка при взаимодействии с аммиачным раствором оксида серебра. Определите молярное соотношение и массовые доли углеводов в исходной смеси.

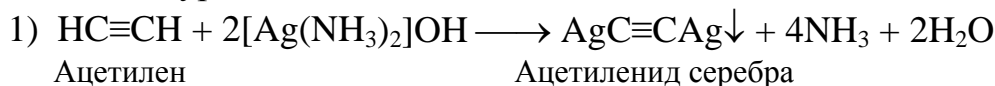
## Некоторые решения и ответы

**11.15.** Очевидно, это ароматическое соединение с ненасыщенным радикалом, способным участвовать в реакциях присоединения и окисляться до карбоксильной группы:

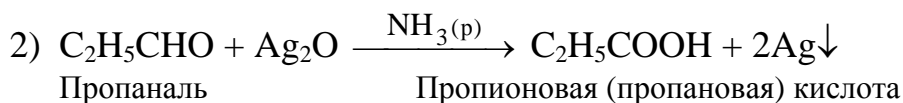
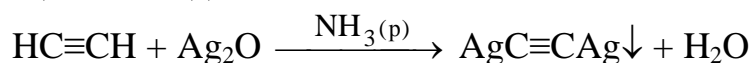




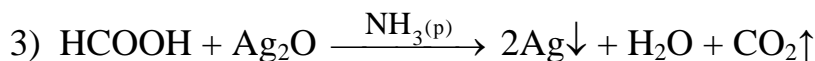
**11.30.** Оксид серебра образует в растворе аммиака комплексное соединение  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  (гидроксид диамминсеребра), с которым реагируют ацетилен, пропаналь и муравьиная кислота:



В упрощенном виде:



(Реакция «серебряного зеркала» – качественная на альдегидную группу).

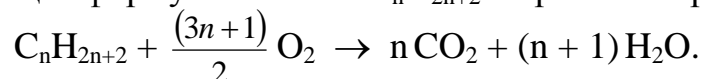


(Муравьиная (метановая) кислота также вступает в реакцию «серебряного зеркала», что отличает её от других карбоновых кислот).

**11.42.** С уксусным альдегидом в реакции присоединения (по месту разрыва  $\pi$ -связи в  $\text{C}=\text{O}$ ) вступают этиловый спирт (в присутствии каталитических количеств сильной кислоты образуется полуацеталь или ацеталь) и водород (при гидрировании на катализаторе образуется этанол). Гидроксид меди(II) окисляет альдегид до кислоты (уксусной), реакция идёт при нагревании.

**11.50.**  $\eta = 86\%$ .

**11.53.** Общая формула алканов  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Уравнение реакции:



Для реакции с 1 моль  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  требуется  $(3n+1)/2$  моль  $\text{O}_2$ . В соответствии с законом простых объёмных отношений и законом Авогадро молярное и объёмное соотношение для реагирующих газов одинаково:

$$v(\text{O}_2) : v(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = V(\text{O}_2) : V(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 39 : 6 = 13 : 2.$$

$$\frac{3n+1}{2} = \frac{13}{2}, \text{ откуда } n = 4, \text{ углеводород } \text{C}_4\text{H}_{10}.$$

Изомеры: бутан и 2-метилпропан.

**11.59.**  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ . Изомеры: *цис*-пентен-2 и *транс*-пентен-2.

**11.62.**  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 60\%$ ,  $\omega(\text{C}_2\text{H}_4) = 58,3\%$ .

**11.65.**  $\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = 62,5\%$ . В растворе оба углеводорода присоединяют бром (реакции бромирования).

**11.66.**  $n(\text{C}_2\text{H}_4) : n(\text{C}_2\text{H}_2) = 3 : 1$ .

**11.67.** 800 л  $\text{H}_2$ ;  $D_{\text{H}_2}$  (смеси) = 20,55.

**11.68** Бутин-1 и бутин-2.

**11.74.** 4-Бромтолуол ( $\chi = 0,4$ ) и 2,4-дибромтолуол ( $\chi = 0,6$ ). При бромировании толуола выделяется бромоводород, который в водном растворе является сильной кислотой и восстановителем (восстанавливает  $Mn^{+7}$  до  $Mn^{+2}$ , окисляясь при этом до  $Br_2$ ).

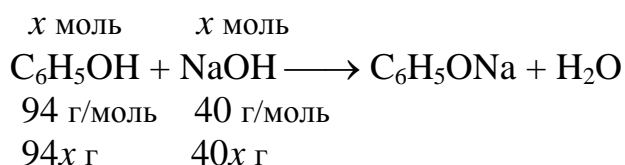
**11.75.**  $[CH_3NH_3]Br$  (бромид метиламмония),  $\omega=16\%$ ; 2,4-дибромтолуол.

**11.78.** 2-Метилбутен-1 (или 2-метилбутен-2). Присоединение  $HCl$  идёт по правилу Марковникова. 2-Метилбутанол-2 (трет-амиловый спирт).

**11.82.** 2,78 моль  $CH_3OH$ .

**11.83.**  $n(C_2H_5OH) : n(C_6H_5OH) = 2 : 1$ ;  $\omega(C_2H_5OH) \approx 49,5\%$ .

**11.84.** Фенол, в отличие от бензола, растворяется в воде и в водном растворе щёлочи, реагирует с ней химически, образуя растворимую (в воде) соль:



$m_1(NaOH) = m_1(p\text{-ра}) \cdot \omega_1/100 = 100 \cdot 0,041 = 4,1 \text{ г}$  (в исходном растворе),

$m_2(NaOH) = 4,1 - 40x$  (остаток после реакции)

$m_2(p\text{-ра}) = m_1(p\text{-ра}) + m(C_6H_5OH) = 100 + 94x$

$\frac{4,1 - 40x}{100 + 94x} = 0,02 \longrightarrow x = 0,05$ ;  $m(C_6H_5OH) = 4,7 \text{ г}$ ;  $\omega(C_6H_5OH) = 4,7\%$ .

**11.87.** Пропанол-1 (*n*-пропиловый спирт), пропаналь (пропионовый альдегид).

**11.89.** Пропаналь, пропанол-1; 32,7%-ный раствор  $KHCO_3$  (с учётом того, что продуктами сгорания альдегида являются  $CO_2$  и  $H_2O$ ).

**11.93.** 640 г  $CaC_2$ .

**11.96.**  $CH_3COOCH(CH_3)_2$  (изопропилацетат).

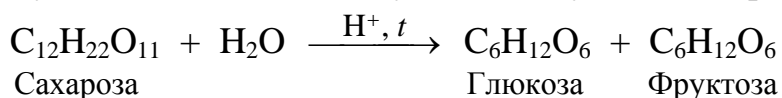
**11.98.**  $n(C_6H_5OH) : n(CH_3COOH) = 1:2$ ; 43,9%  $C_6H_5OH$ . (С бромной водой реагирует фенол).

**11.99.** Пропионовая кислота, этилпропионат;  $\chi(C_2H_5OH) = 33,3\%$  (мол.).

**11.100.** 4:1;  $c(HCOOH) = 0,2$  моль/л,  $c(CH_3COOH) = 0,8$  моль/л.

**11.101.** Метиламин; 0,12 моль (3,72 г); сульфат метиламмония.

**11.103.**  $n(C_6H_{12}O_6) : n(C_{12}H_{22}O_{11}) = 4 : 5$ . Гидролизу подвергается сахароза, и масса смеси увеличивается на массу воды, вступившей в реакцию:

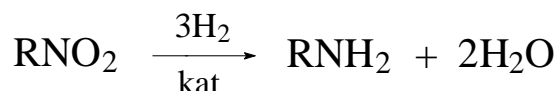
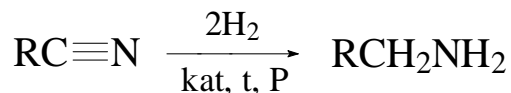
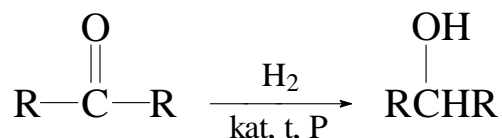
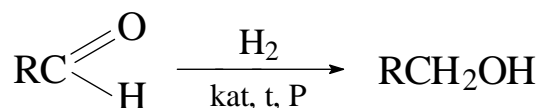
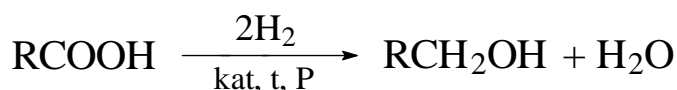
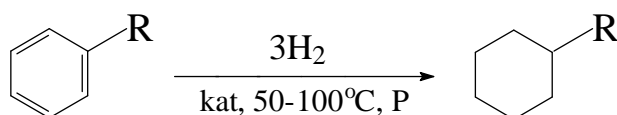
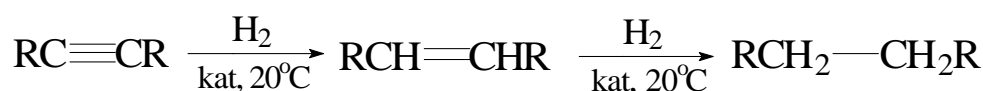


Глюкоза содержит альдегидную группу и вступает в реакцию «серебряного зеркала».

## 12. НЕКОТОРЫЕ РЕАКЦИИ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

**1. Гидрирование (гидрогенизация)** – присоединение  $H_2$ . Обратная реакция называется дегидрированием. Гидрирование и дегидрирование взаимосвязаны подвижным равновесием, положение которого определяется температурой и давлением  $H_2$ . Гидрирование обычно происходит при сравнительно низких температурах (20 – 200 °С), дегидрирование – при более высоких. Повышение давления способствует гидрированию. Реакции осуществляются в присутствии катализаторов: Ni, Pt и др. металлов платиновой группы, Cu, Cr, оксидов и сульфидов металлов, а также многокомпонентных катализаторов. Достаточно легко гидрируются алкины, алкены, нитросоединения, труднее – ароматические углеводороды, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты и их производные.

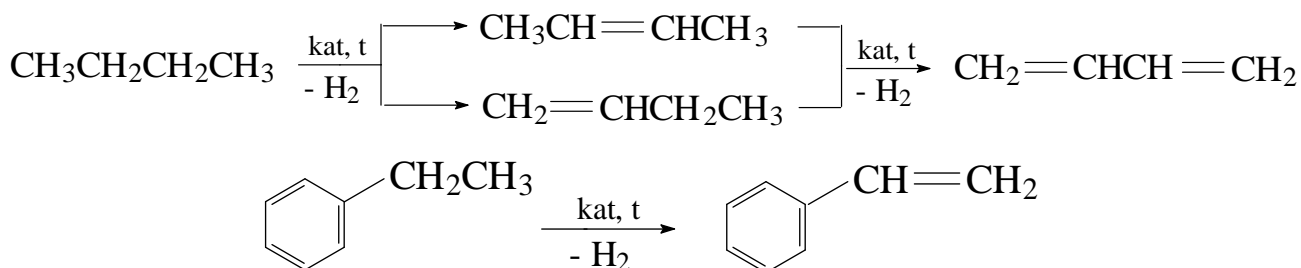
*Примеры:*



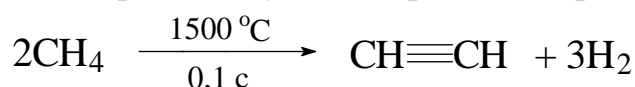
В органическом синтезе широко используется и некаталитическое гидрирование (восстановление). В этом случае донорами водорода являются металлы в спиртах (например,  $Na + C_2H_5OH$ ), кислотах (например,  $Fe + HCl$ ); комплексные гидриды металлов (например,  $Na[BH_4]$ ,  $Li[AlH_4]$ ). В упрощенном виде в уравнении реакции записывается  $[H]$ .

**2. Дегидрирование (дегидрогенизация)** – отщепление водорода (см. п.1). Катализаторы – обычно многокомпонентные системы, содержащие переходные металлы, их оксиды или сульфиды.

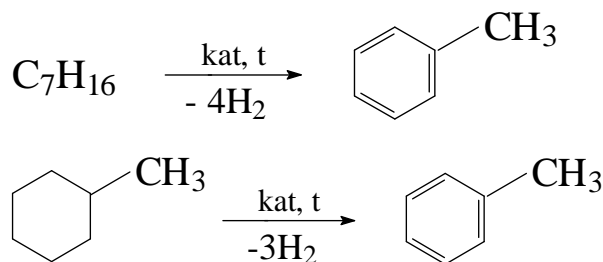
Примеры:



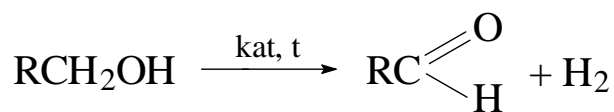
Дегидрирование может осуществляться и без катализатора при высокотемпературном *пиролизе* (крекинге) углеводородов, например:



Образование бензола и его ближайших гомологов из алканов называется *дегидроциклизацией*, а превращение циклических соединений в ароматические называется *дегидроароматизацией*, например:

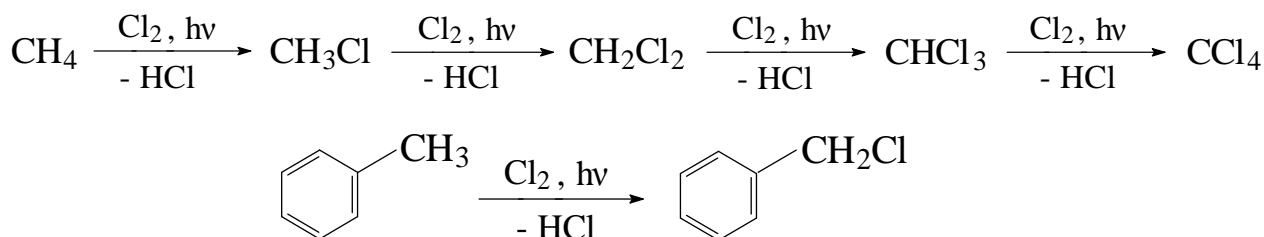


*Дегидрирование спиртов* на медном или смешанном (Cu–CrO<sub>3</sub>) катализаторе – наиболее общий способ получения альдегидов, объясняющий суть названия *альдегид* (от лат. **al**(cohol)**dehyd**(rogenatum) – алкоголь, лишённый водорода):

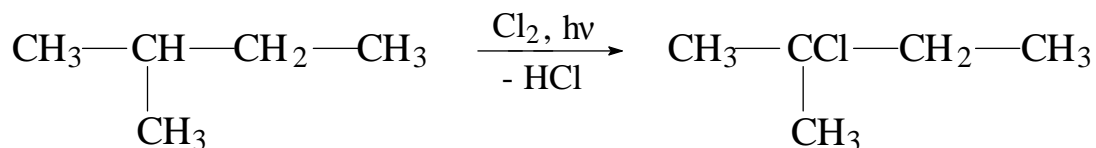


**3. Галогенирование** – введение галогена в молекулу органического соединения. Осуществляют путём реакций замещения или присоединения.

*Реакции замещения* на галоген (Cl или Br) атомов H в алканах и алкильных боковых цепях циклических и ароматических соединений инициируются светом и протекают по свободнорадикальному цепному механизму:

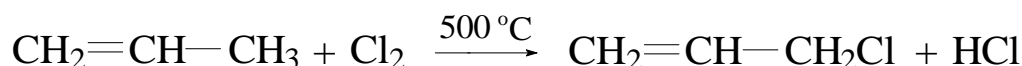


Замещение атома водорода на галоген легче всего идёт у третичного атома углерода, затем – у вторичного и в последнюю очередь – у первичного, например:

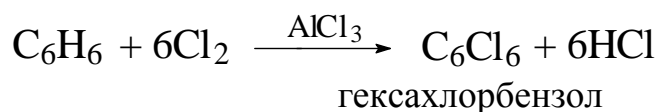
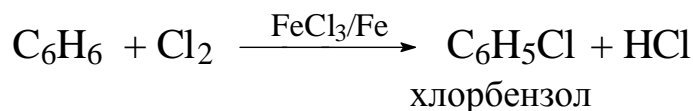


Эта закономерность объясняется различной энергией связи С–Н у первичного, вторичного и третичного атомов углерода, но определяет лишь главное направление реакции; на практике же всегда получается смесь разных продуктов.

При высоких температурах реакции замещения становятся возможными и для непредельных углеводородов:

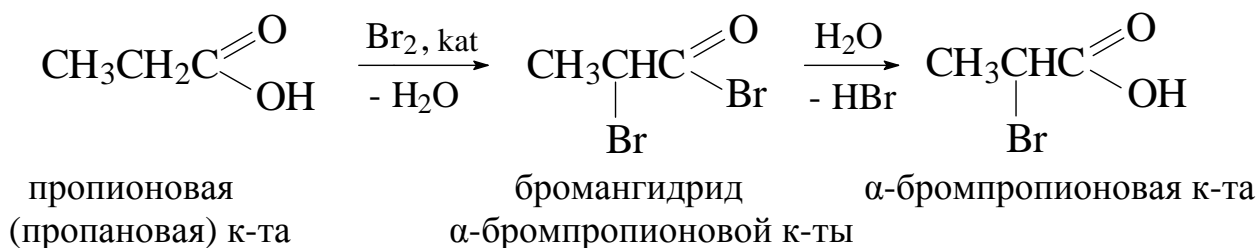
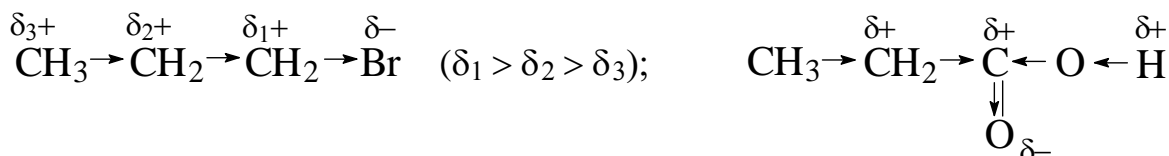


Заместительное галогенирование бензольного ядра протекает по механизму электрофильного замещения при использовании катализаторов, главным образом, тригалогенидов алюминия и железа. Используют также железные стружки – галогенид железа образуется в ходе реакции:



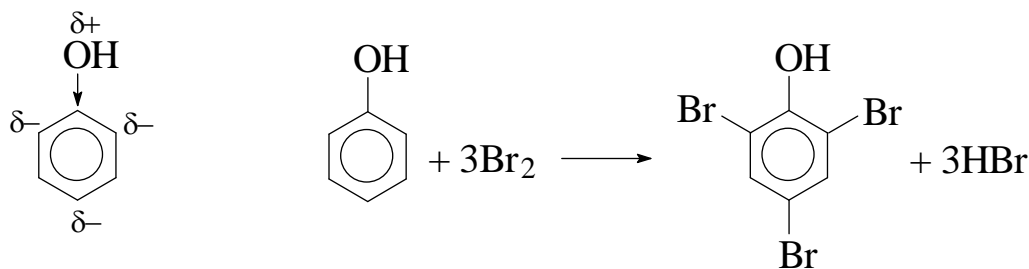
В органической химии большую роль играет взаимное влияние атомов в молекулах, которое выражается в частичной поляризации химических связей вследствие смещения электронной плотности от функциональной группы, или к ней.

Смещение электронной плотности по цепи σ-связей получило название *индукционного (I) эффекта* (+I-эффект, если смещение электронной плотности идёт от заместителя – функциональной группы, и –I-эффект, если смещение идёт к заместителю):

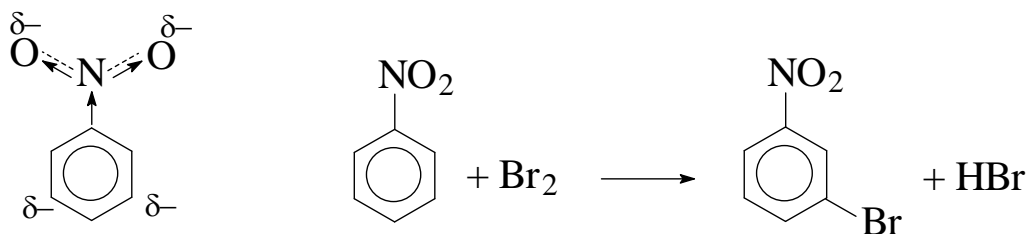


Смещение электронной плотности по цепи сопряжённых  $\pi$ -связей (например, в бензольном ядре) называется *мезомерным* или *M-эффектом*.

*Электронодонорные группы* (-OH, -NH<sub>2</sub>, -CH<sub>3</sub>, -C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, -Cl, -Br, -I) повышают электронную плотность в цепи  $\pi$ -связей бензольного кольца (+M-эффект), особенно в *орто*- и *пара*-положении по отношению к атому углерода, у которого расположена такая группа. Эти группы направляют последующее замещение преимущественно в *орто*- и *пара*-положение и получили название заместителей (ориентантов) первого рода. Все эти группы (кроме галогенов) увеличивают активность бензольного кольца и облегчают вступление второго заместителя:

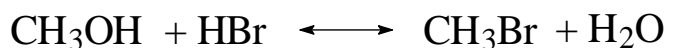


*Электроноакцепторные группы* (-NO<sub>2</sub>, -COOH, -CHO, -SO<sub>3</sub>H) понижают электронную плотность в цепи  $\pi$ -связей (-M-эффект). При этом наиболее заметное понижение электронной плотности происходит у атомов углерода в *орто*- и *пара*-положениях, а в *мета*-положении электронная плотность, напротив, повышается. Такие группы направляют последующее замещение преимущественно в *мета*-положение и получили название заместителей (ориентантов) второго рода. Все эти заместители уменьшают активность бензольного кольца и затрудняют вступление второго заместителя:



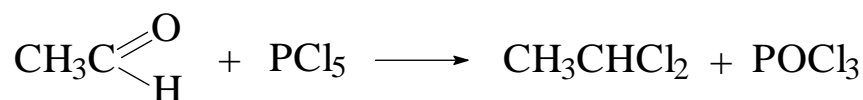
*Замещение на галоген атомов, отличных от водорода*, или групп атомов протекает чаще всего *по нуклеофильному механизму*. Атом углерода, связанный с электроотрицательным атомом функциональной группы и несущий, поэтому, избыточный положительный заряд, подвергается атаке со стороны нуклеофильной (имеющей избыток электронов) частицы (Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>). В качестве галогенирующих агентов используются галогеноводороды, галогениды фосфора, серы и другие галогенсодержащие соединения. Фтор- и иодорганические соединения часто получают замещением атомов Cl и Br в хлор- и бромпроизводных.

*Примеры:*



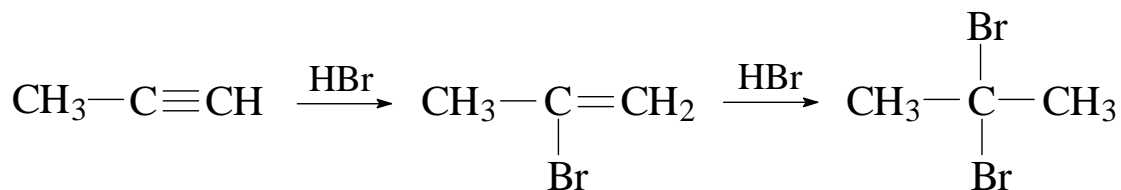
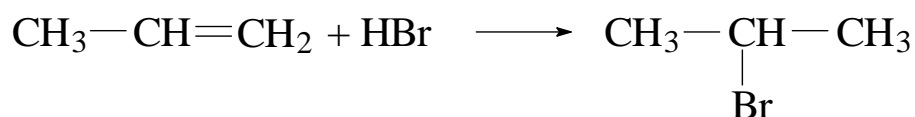
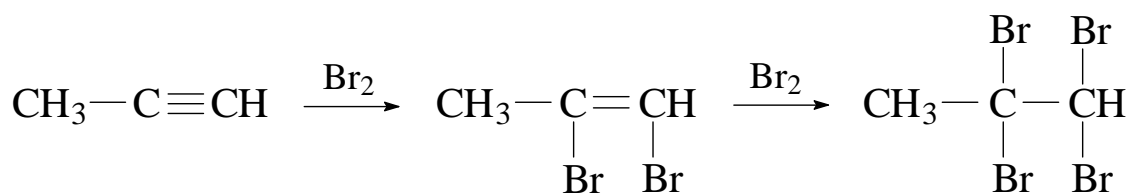
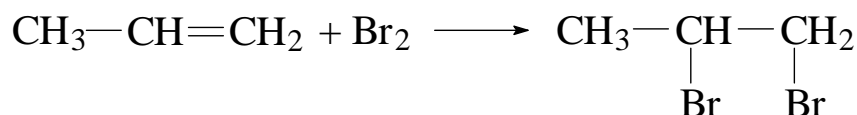
Данная реакция обратима. Избыток HBr и присутствие H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> увеличивает выход бромметана.





Реакции присоединения галогенов характерны для непредельных органических соединений. Их осуществляют в мягких условиях, используя свободные галогены, их растворы в воде (хлорная и бромная вода) и четырёххлористом углероде (CCl<sub>4</sub>), а также галогеноводороды (*гидрогалогенирование*).

Примеры:

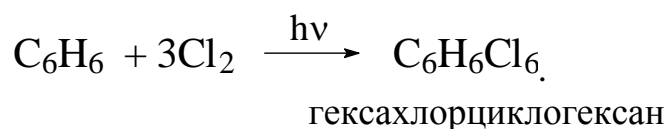


Присоединение галогеноводородов (и других полярных молекул) происходит по правилу Марковникова: атом водорода присоединяется к более гидрогенизированному атому углерода. Однако если непредельное органическое соединение содержит группы с сильными электроноакцепторными свойствами, реакция идёт против правила Марковникова:



Присоединение против правила Марковникова наблюдается также при свободнорадикальном механизме реакции (инициируется, например, добавкой пероксидов).

В жёстких условиях для бензола также характерны реакции присоединения (с нарушением ароматичности):



**4. Дегалогенирование и дегидрогалогенирование** – отщепление (элиминирование) атомов галогена или совместно галогена и водорода от молекулы органического соединения с образованием кратной связи между атомами С или цикла, а также замещение галогена на водород или другую группу.

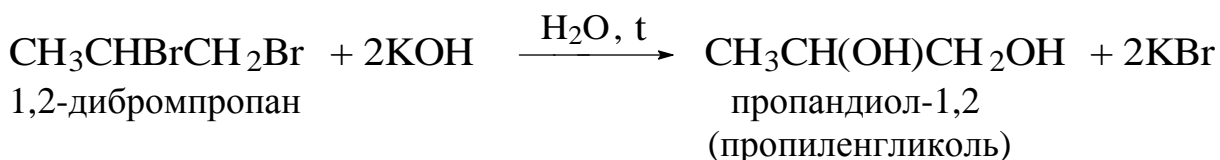
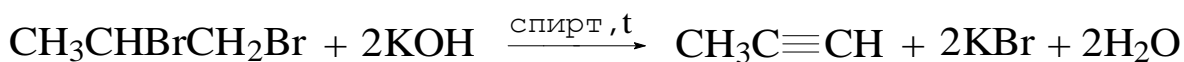
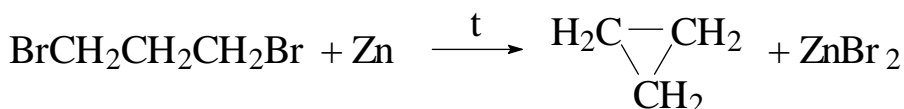
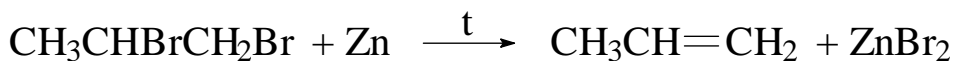
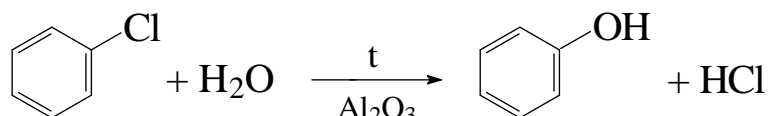
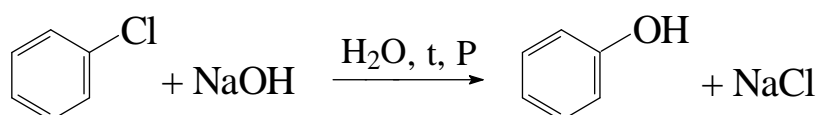
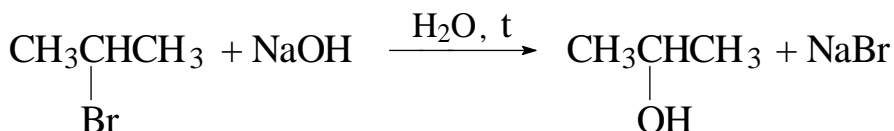
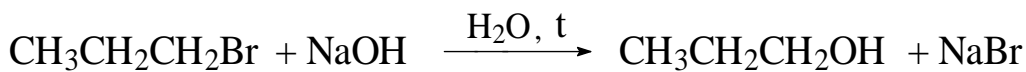
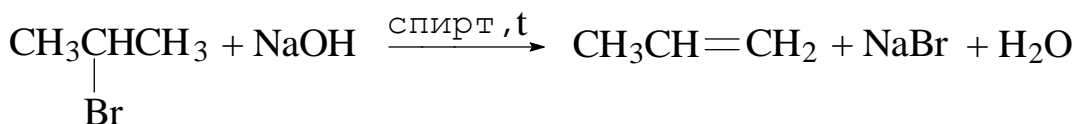
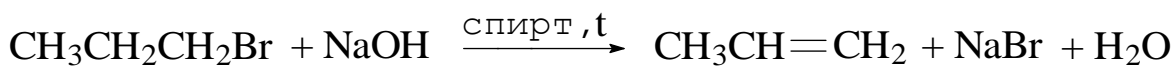
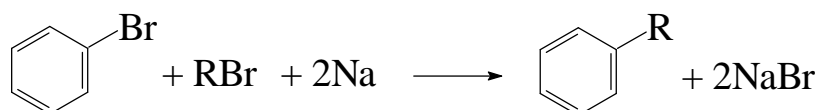
*Примеры:*



R – алкильный радикал (CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, ...), Hal – обычно Br или I.

Реакцию проводят при низких температурах в органических растворителях.

Модификацию реакции Вюрца используют для синтеза гомологов бензола (*реакция Вюрца – Фиттига*):



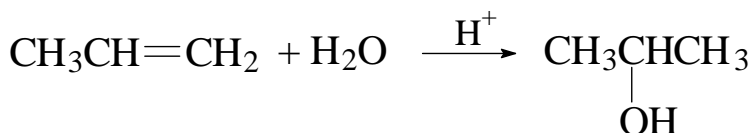
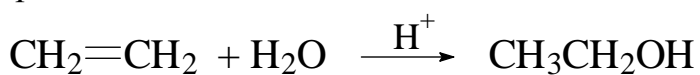


kat – Pt и др. В более мягких условиях замещение галогена на водород можно осуществлять, используя в качестве восстановителей Zn или Fe в соляной кислоте, или  $\text{LiAlH}_4$ .

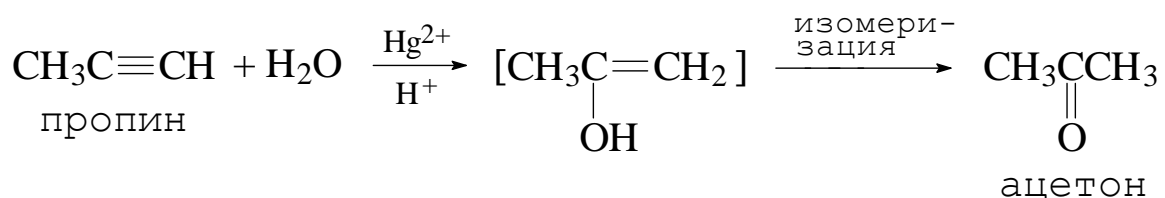
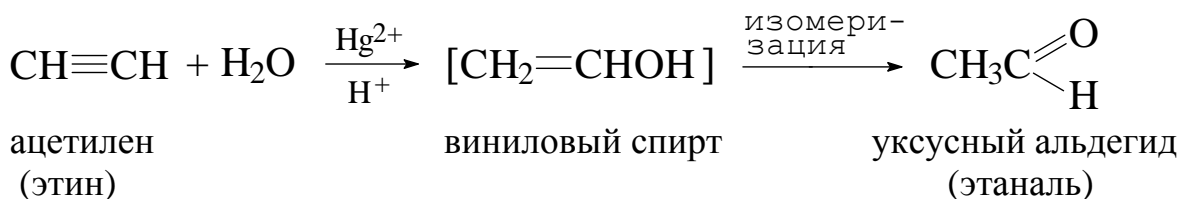
*Лёгкость замещения атомов галогена возрастает в ряду  $F < \text{Cl} < \text{Br} < \text{I}$ . При этом галоген, находящийся у третичного атома углерода, замещается водородом легче, чем галоген у вторичного и первичного атомов углерода.*

**5. Гидратация** – присоединение воды к молекулам ненасыщенных соединений с образованием спиртов или карбонильных соединений; обычно осуществляется в растворах в присутствии сильных кислот, часто вместе с солями ртути (*катализатор*), идёт по правилу Марковникова.

*Примеры:*

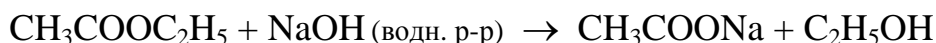
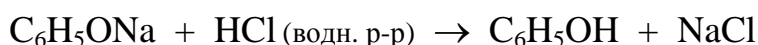
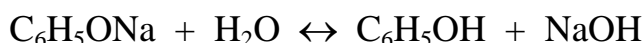
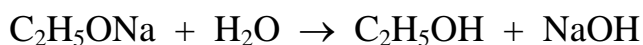


*Реакция Кучерова:*



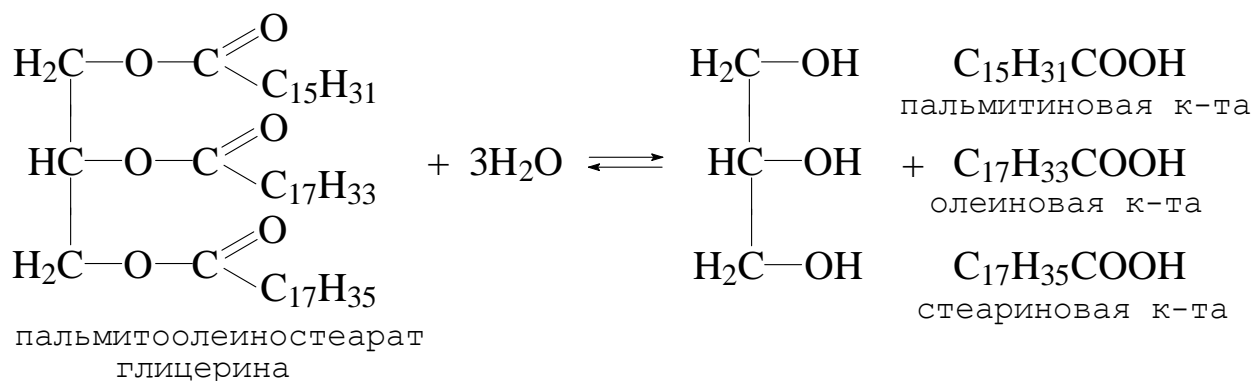
**6. Гидролиз** – обменная реакция с водой, часто в присутствии кислоты или щёлочи (катализ, смещение равновесия).

*Примеры (см. также п.4):*

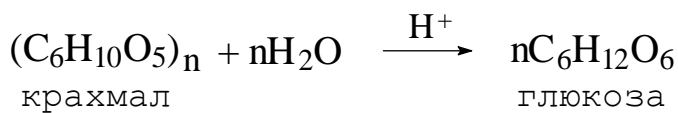
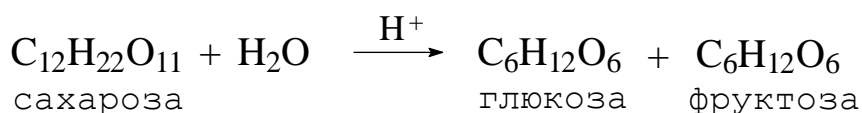


этилацетат

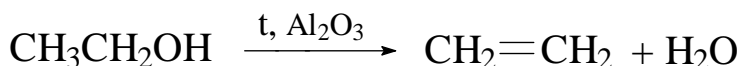
*Гидролиз жиров* – сложных эфиров глицерина и высших карбоновых кислот – также обратим. Смещению равновесия в сторону продуктов гидролиза способствует щелочная среда (*омыление* жиров), а в сторону обратной реакции – кислая среда:



*Гидролиз ди- и полисахаридов* практически необратим, катализируется сильными неорганическими кислотами и биологическими катализаторами – ферментами, – и приводит к образованию моносахаридов:

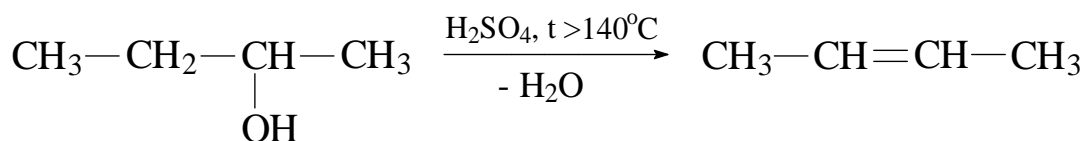


**7. Дегидратация** – отщепление воды. Осуществляется при нагревании (обычно в присутствии катализаторов) или под действием веществ, связывающих воду ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Различают *внутри- и межмолекулярную дегидратацию*. Пример внутримолекулярной дегидратации спиртов – синтез этилена из этилового спирта, осуществляемый в присутствии  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (при 300 – 400 °С) или под действием  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $t > 140$  °С):

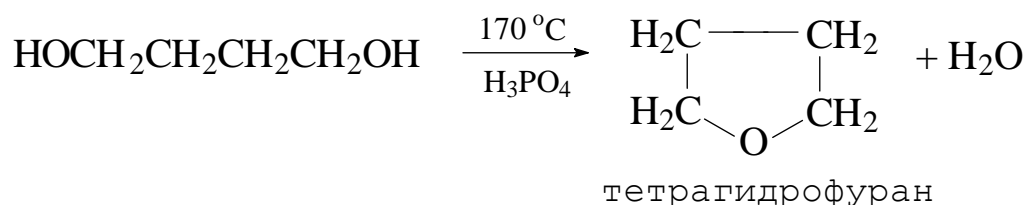
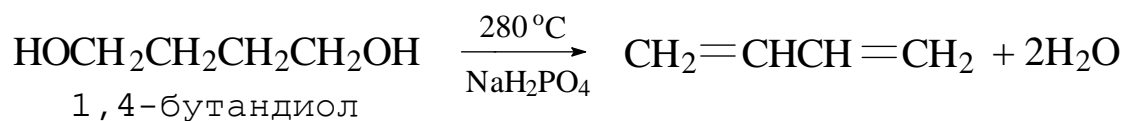
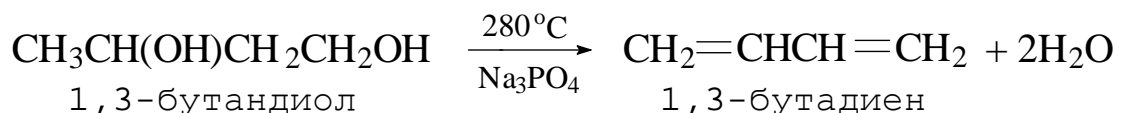


*Внутримолекулярная дегидратация вторичных и третичных спиртов* в присутствии сильных кислот (также как и дегидрогалогенирование вторичных и третичных алкилгалогенидов под действием оснований) происходит в соответствии с *правилом Зайцева*: атом водорода отщепляется преимущественно от наименее гидрогенизированного атома углерода.

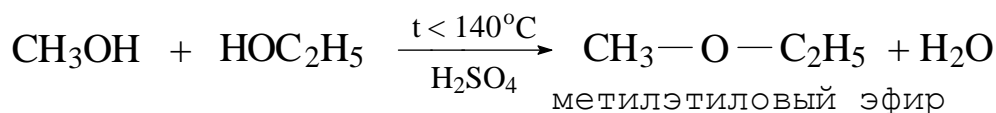
Так, при дегидратации бутанола-2 образуется бутен-2, а не бутен-1:



Дегидратация бутиленгликолей (бутандиолов):

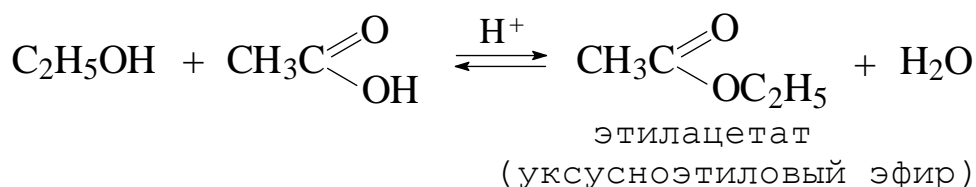


При межмолекулярной дегидратации спиртов образуются простые эфиры, например:



В результате межмолекулярной дегидратации смеси спирта и кислоты образуется сложный эфир (*реакция этерификации*).

Пример:



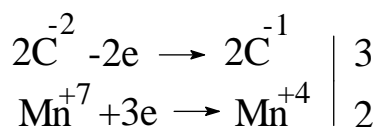
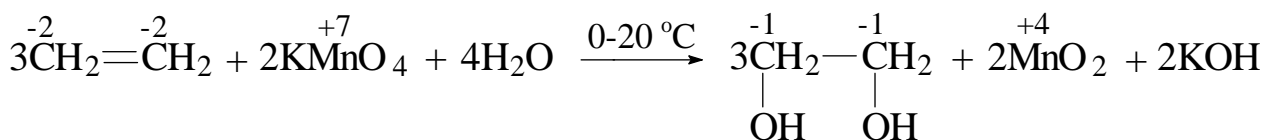
Реакция этерификации катализируется сильными неорганическими кислотами.

### 8. Окисление перманганатом калия

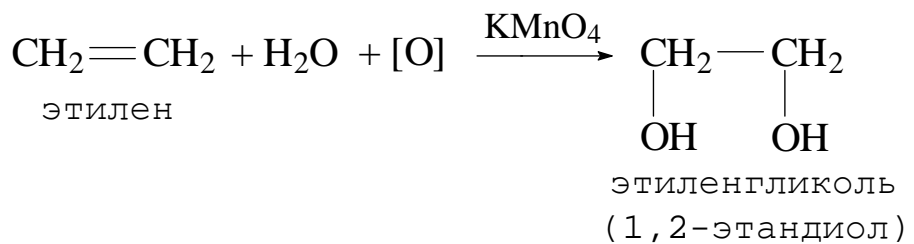
Непредельные углеводороды, гомологи бензола, спирты и альдегиды окисляются раствором перманганата калия. Продукты реакции во многом зависят от условий её проведения (рН среды, температуры).

Примеры.

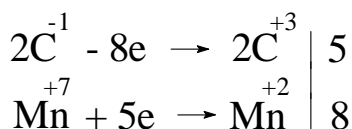
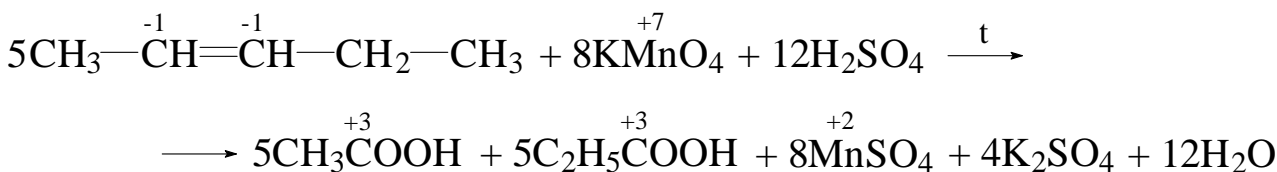
*Реакция Вагнера* – окисление алкенов нейтральным водным раствором  $\text{KMnO}_4$  при температуре, не превышающей  $20^\circ\text{C}$ , с образованием гликолей (при низкой температуре разрывается только  $\pi$ -связь между атомами углерода,  $\sigma$ -связь сохраняется):



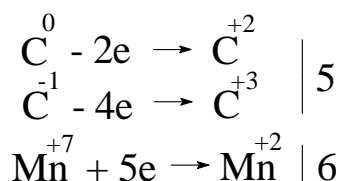
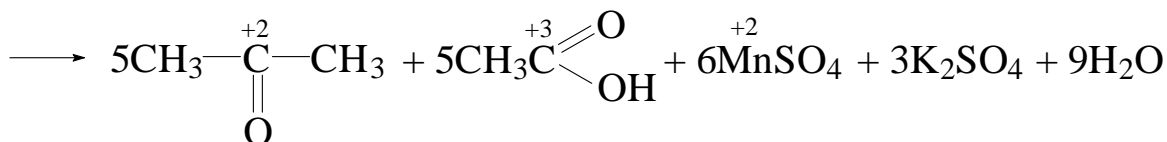
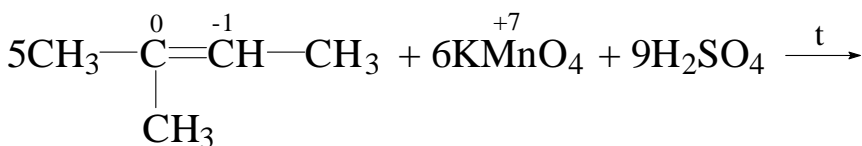
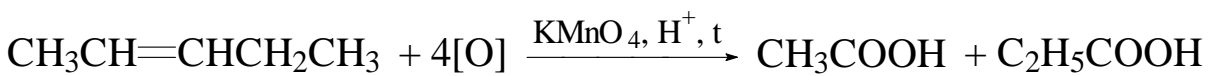
Упрощенный вид уравнения этой реакции:



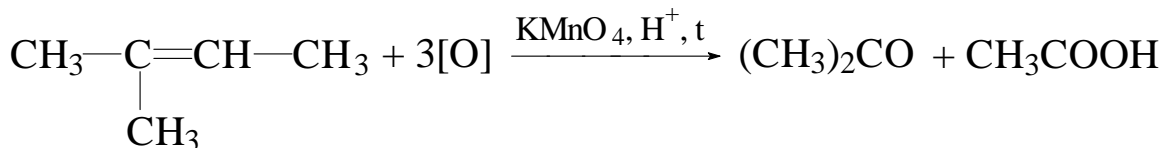
Взаимодействие алкенов с водным раствором перманганата калия в нейтральной или кислой среде при нагревании приводит к окислительной деструкции молекулы – разрыву  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей с образованием кетонов и карбоновых кислот (или их солей, если в результате реакции среда из нейтральной становится щелочной). Характерным примером могут служить реакции окисления пентена-2 и 2-метилбутена-2 в кислой среде:



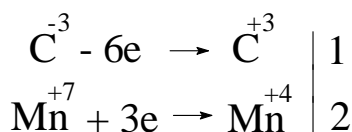
Упрощенная запись:



В упрощенной форме:

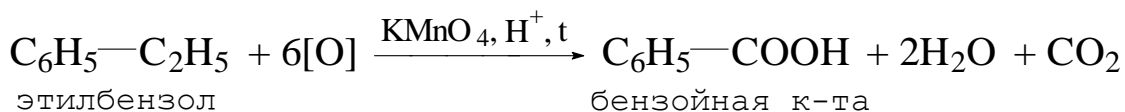


Окисление толуола:



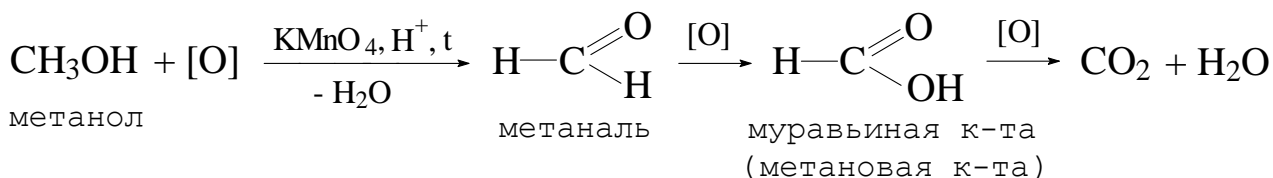
Попробуйте самостоятельно составить полное уравнение реакции окисления толуола перманганатом калия в сернокислой среде (в результате реакции образуется бензойная кислота).

Другие гомологи бензола, независимо от длины бокового радикала, также окисляются перманганатом калия в кислой среде до бензойной кислоты, например (упрощенно):

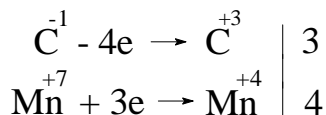


Перманганат калия окисляет спирты и ещё легче альдегиды (особенно в кислой среде, при нагревании). Первичные спирты и альдегиды окисляются до соответствующих карбоновых кислот. Муравьиная (НСООН) и щавелевая (НООС-СООН) кислоты легко окисляются дальше до угольной кислоты (СО<sub>2</sub> + Н<sub>2</sub>О). При окислении вторичных спиртов образуются кетоны. Третичные спирты более устойчивы к окислению, но и они в жёстких условиях (высокая температура и большая концентрация окислителя) могут окисляться с разрывом углерод-углеродных связей, ближайших к гидроксильной группе.

Примеры:

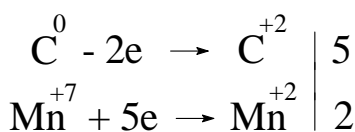
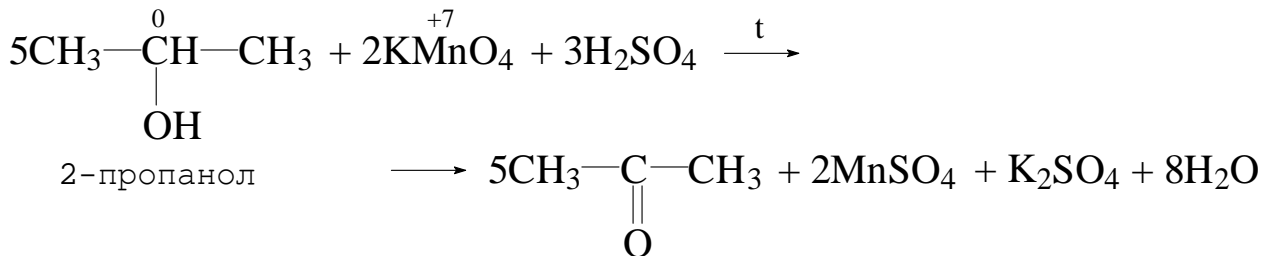
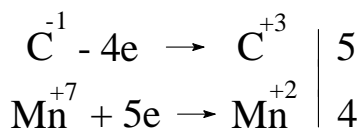
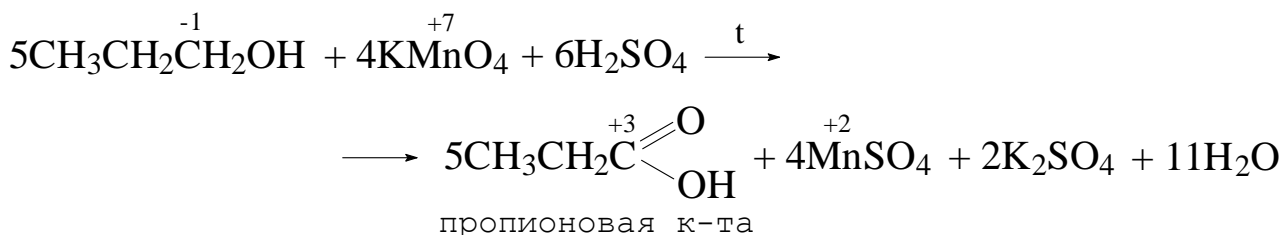


Полные уравнения реакций изомерных пропиловых спиртов с нейтральным и подкисленным раствором перманганата калия (при нагревании) имеют вид:



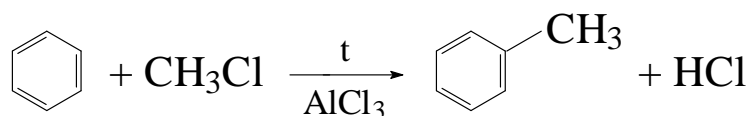
В результате реакции среда становится щелочной, поэтому образуется соль пропионовой (пропановой) кислоты.

Реакции в подкисленном растворе:

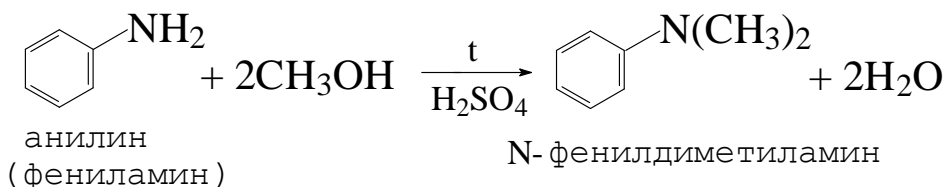
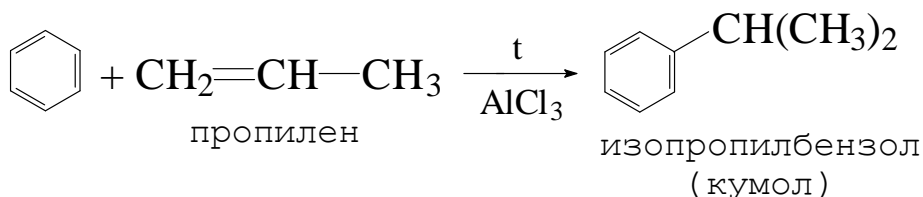
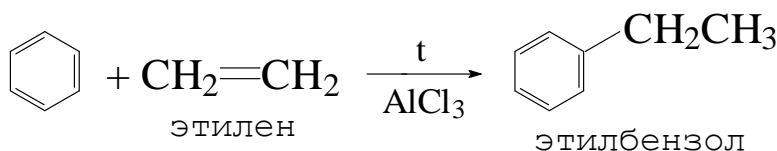


**9. Алкилирование** – введение алкильной группы в молекулу органического соединения, применяется, например, для получения гомологов бензола (*реакция Фриделя – Крафтса*). Наиболее часто в качестве алкилирующих агентов используют алкилгалогениды, алкены, спирты. Катализаторами обычно являются минеральные ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) и апротонные ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ) кислоты.

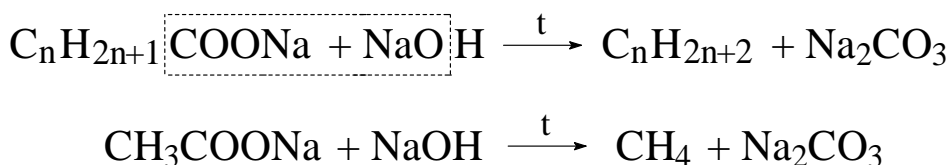
*Примеры:*







**10. Получение алканов декарбосилированием солей карбоновых кислот**  
(сплавление с твёрдой щёлочью):



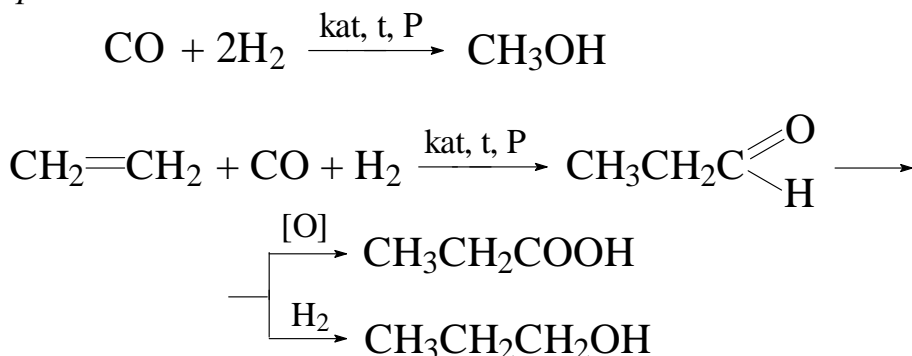
Таким же способом из соли бензойной кислоты можно получить бензол:



### 11. Синтезы с использованием CO

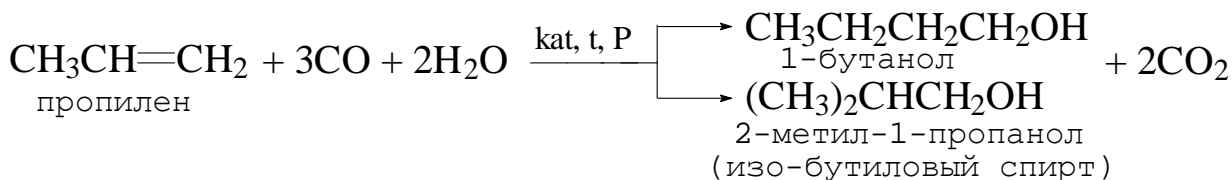
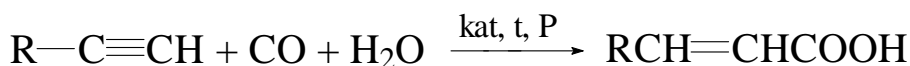
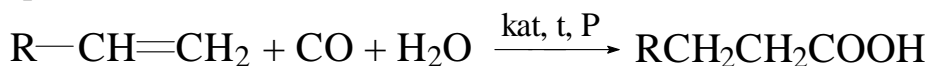
*Оксосинтез (гидроформилирование)* – синтез альдегидов и на их основе – первичных спиртов и карбоновых кислот взаимодействием ненасыщенных соединений со смесью CO и H<sub>2</sub> («синтез-газ») в присутствии катализатора, при повышенной температуре и давлении. Катализаторами служат карбонильные соединения кобальта и других металлов VIII группы периодической системы.

*Примеры:*

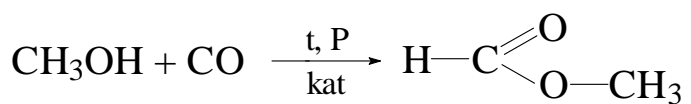
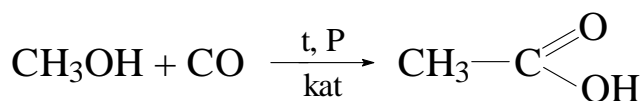


*Гидрокарбонилирование* – взаимодействие органических веществ с CO и H<sub>2</sub>O. В качестве катализаторов используются карбонилы металлов VIII группы.

Примеры:



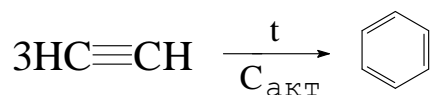
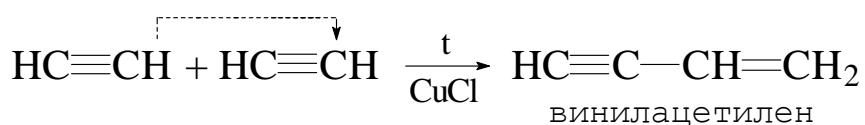
Возможно и взаимодействие органического вещества только с CO (в присутствии катализатора) – *карбонилирование*. Примером может служить реакция CO с метанолом с образованием, в зависимости от используемого катализатора и условий процесса, уксусной кислоты или метилформиата:



## 12. Синтез высокомолекулярных соединений – полимеров

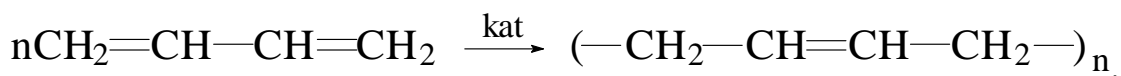
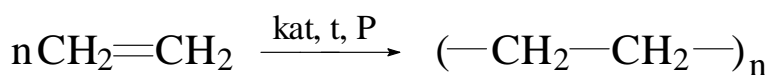
Высокомолекулярные соединения (ВМС) широко распространены в живой природе (белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, натуральный каучук и др.). Одной из важнейших задач органической химии является искусственный синтез полимеров с заданными свойствами.

Обычные способы получения ВМС – это *реакции полимеризации и поликонденсации*. Реакции полимеризации протекают за счёт присоединения к кратным связям или за счёт раскрытия циклов. Один из простейших примеров укрупнения молекул ненасыщенных соединений – димеризация и тримеризация ацетилена:

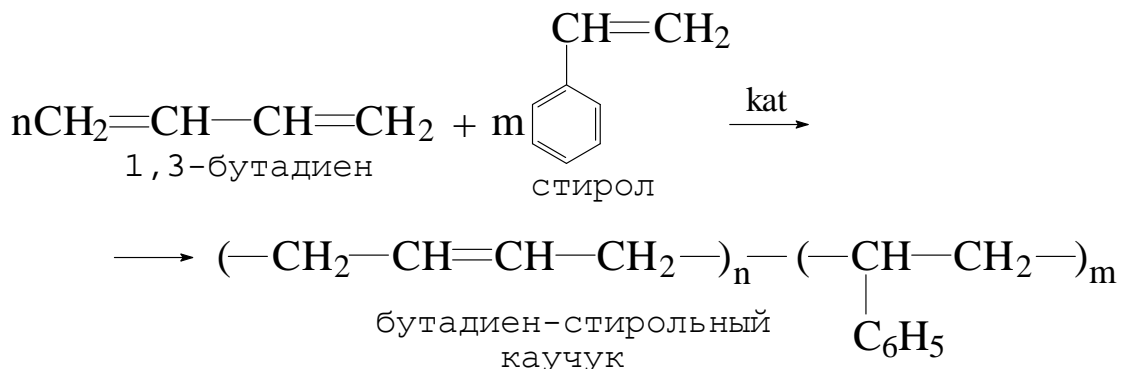


Процесс полимеризации может проходить по радикальному или ионному механизму в газовой, жидкой, твёрдой фазе или в растворе в присутствии различных катализаторов (и инициаторов реакции); при этом могут образовываться полимеры линейной, разветвлённой структуры или пространственного строения. В зависимости от условий реакции молекулярная масса синтезируемых макромолекул изменяется в широком диапазоне: от нескольких тысяч до нескольких (иногда многих) миллионов.

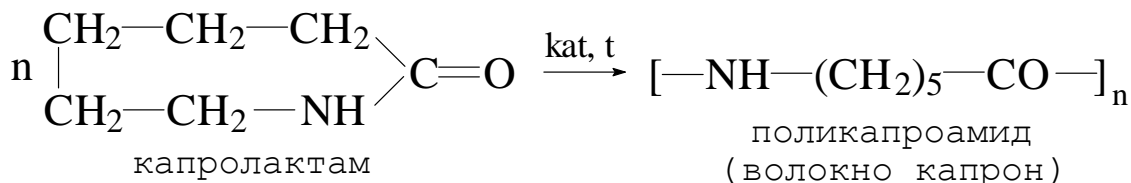
Примеры реакции полимеризации за счёт присоединения к кратным связям.  
 Полимеризация этилена и 1,3-бутадиена:



В совместной полимеризации могут участвовать разные мономеры (*реакция сополимеризации*), например:

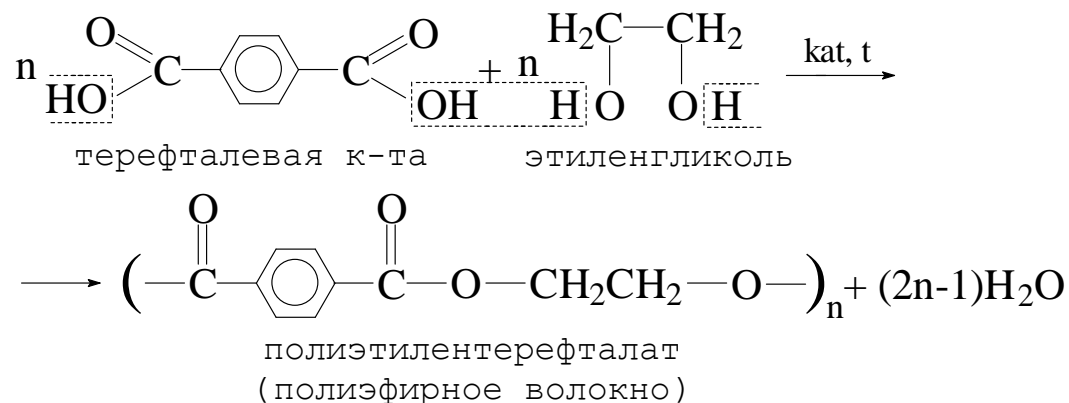


Примером реакции полимеризации за счёт раскрытия цикла может служить получение поликапроамида (волокно капрон):



*Реакция поликонденсации* протекает за счёт последовательного взаимодействия не менее двух функциональных групп в молекулах одинаковых или разных мономеров. При этом синтез полимера сопровождается выделением низкомолекулярного продукта (воды, спирта, галогеноводорода или др.).

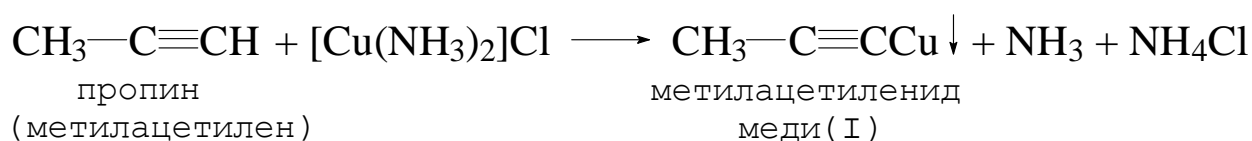
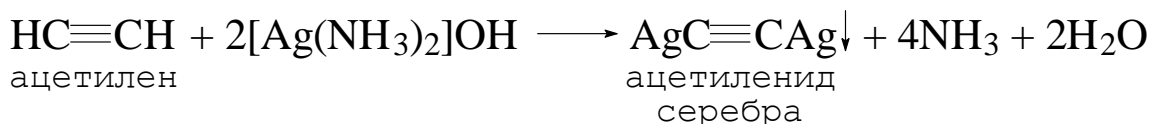
Пример – синтез полиэтилентерефталата (полиэфирное волокно лавсан) поликонденсацией терефталевой кислоты (или её диметилового эфира) с этиленгликолем:



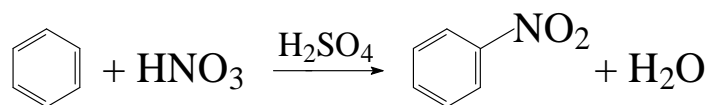
### 13. Качественные реакции на органические вещества

а) *Алкены, алкины, алкадиены* (ненасыщенные соединения) – лёгкое присоединение галогенов, окисление в мягких условиях: обесцвечивание бромной воды или раствора  $\text{Br}_2$  в  $\text{CCl}_4$  (см. п. 3), обесцвечивание разбавленного водного раствора  $\text{KMnO}_4$  (см. п. 8).

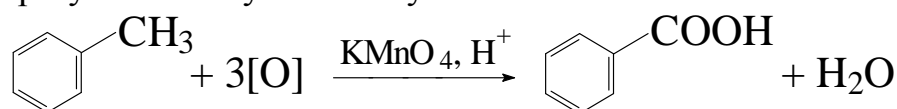
б) *Ацетилен* и его гомологи с тройной связью у крайнего атома углерода ( $\text{R}-\text{C}\equiv\text{CH}$ ) – замещение атомов водорода у тройной связи в реакциях с аммиачными растворами  $\text{CuCl}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$  или  $\text{Ag}_2\text{O}$  с образованием ацетиленидов меди(I) – красного цвета, или серебра(I) – жёлтого цвета:



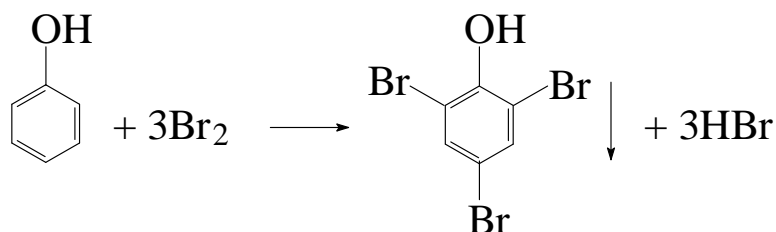
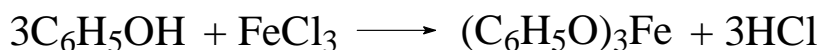
в) *Бензол* – взаимодействует со смесью азотной и серной кислот (нитрующая смесь) с образованием нитробензола (тяжёлой жидкости светло-жёлтого цвета с запахом горького миндаля):



г) *Толуол* – обесцвечивает подкисленный водный раствор перманганата Алия, образуя бензойную кислоту:

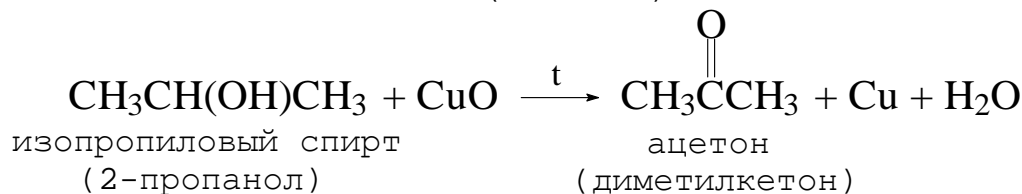
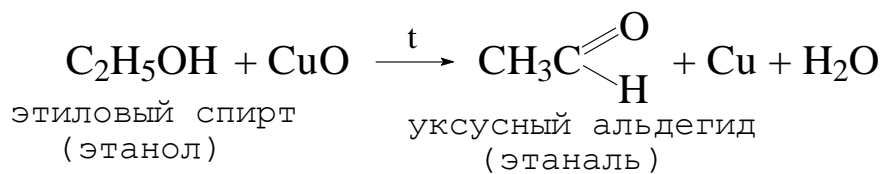


д) *Фенол* – окрашивает спиртовой раствор  $\text{FeCl}_3$  в фиолетовый цвет, образуя фенолят железа(III); в реакции с насыщенным водным раствором брома (бромной водой) образует 2,4,6-трибромфенол (белый осадок):

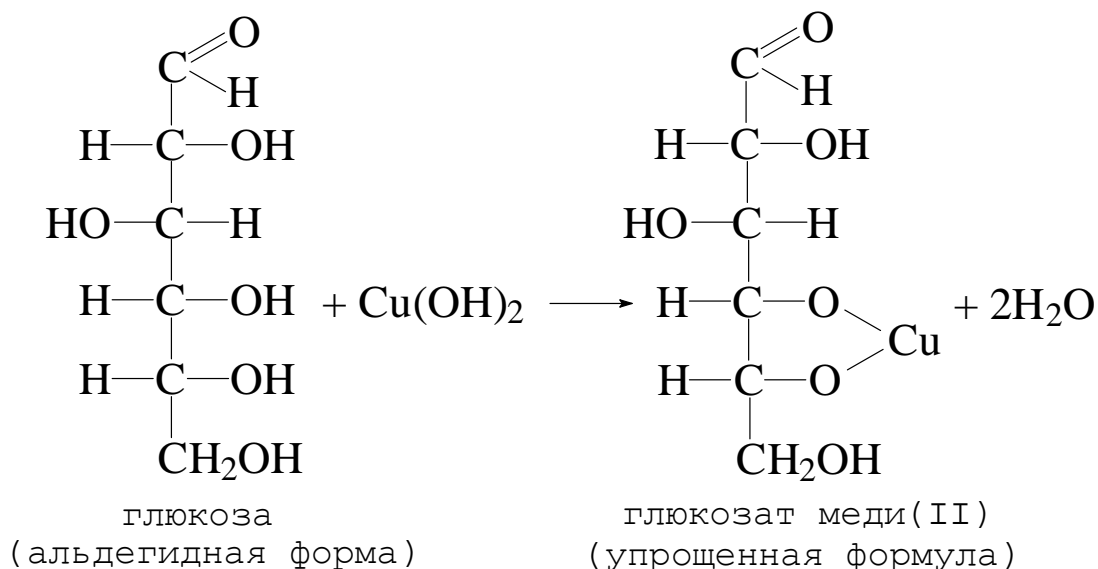
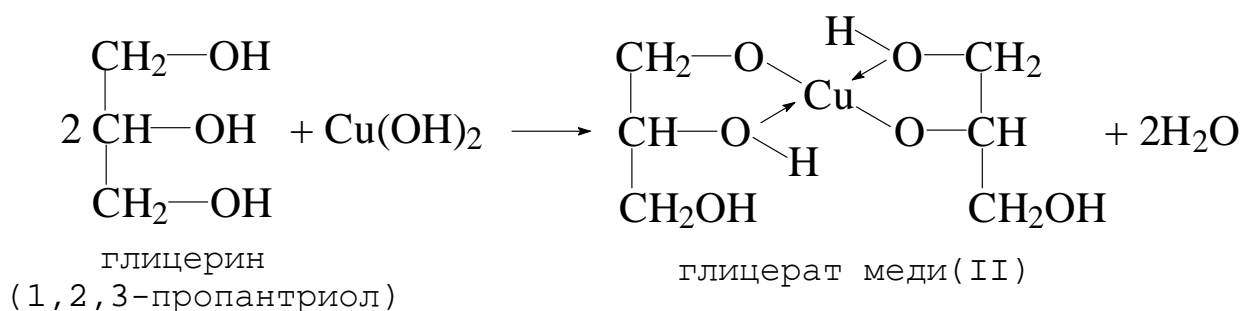


е) *Предельные одноатомные спирты* ( $\text{R}-\text{OH}$ ) – окисляются оксидом меди(II) при нагревании.

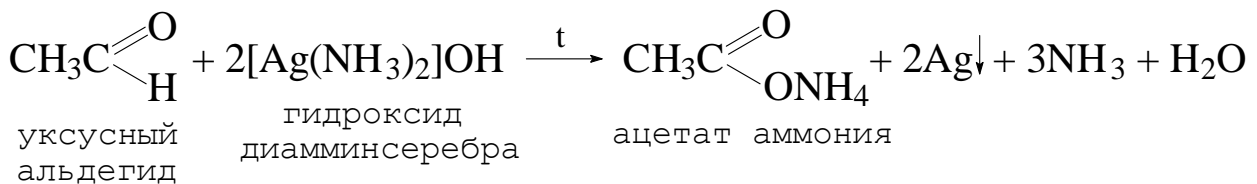
Первичные спирты окисляются до альдегидов, вторичные – труднее – до кетонов (каждый продукт реакции имеет специфический запах). Выделяющаяся медь затрудняет дальнейшее окисление альдегидов (ингибитор):



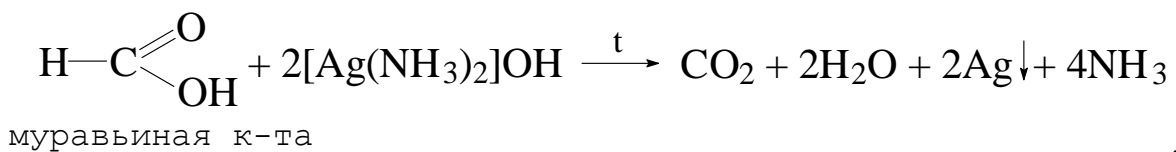
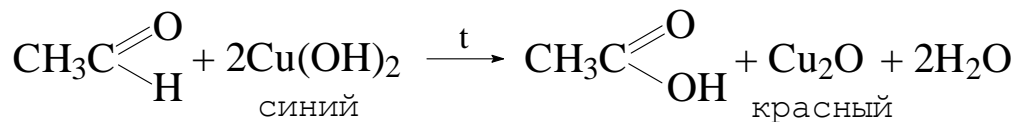
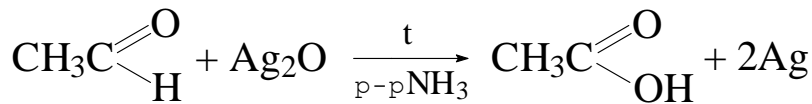
ж) *Многоатомные спирты, глюкоза* – в реакции со свежесажённым гидроксидом меди(II) образуют ярко-синие комплексные соединения:



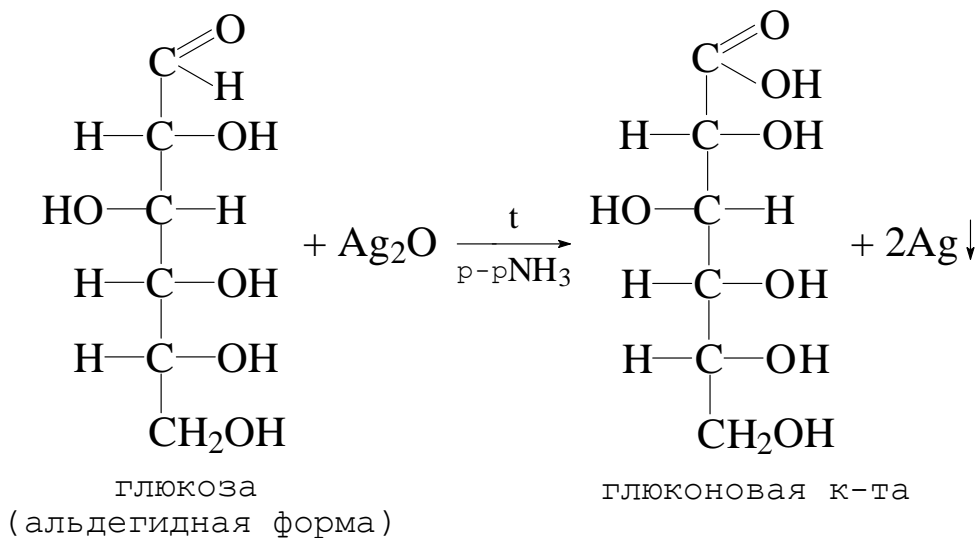
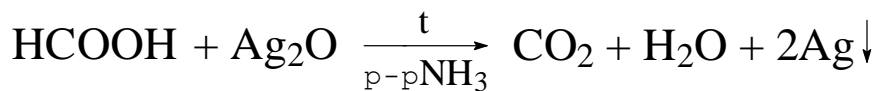
з) *Альдегиды, муравьиная кислота, глюкоза* – реагируют с аммиачным раствором оксида серебра при нагревании, образуя зеркальный налёт серебра на стенках сосуда (реакция «серебряного зеркала»); при нагревании окисляются свежесажённым  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , образуя красный осадок  $\text{Cu}_2\text{O}$ :



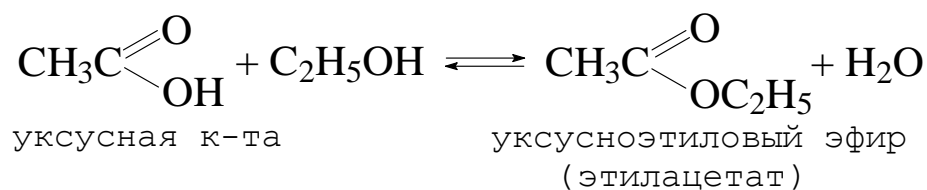
В упрощенном виде:



В упрощенном виде:



з) *Карбоновые кислоты* – слабокислая реакция среды в водном растворе (лакмус окрашивается в розово-красный цвет); при взаимодействии со спиртами образуют сложные эфиры, которые имеют характерный (часто фруктовый) запах – *реакция этерификации*:

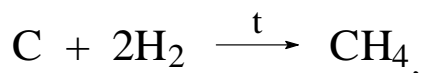


#### 14. Взаимосвязь между классами органических соединений

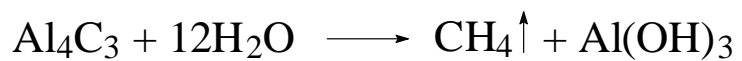
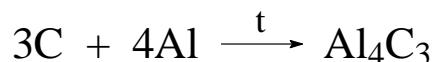
Между различными классами органических веществ существует генетическая взаимосвязь, позволяющая осуществлять синтезы нужных соединений, основываясь на выбранной схеме превращений. В свою очередь, простейшие органические вещества могут быть получены из неорганических веществ. В качестве примера рассмотрим практическое осуществление реакций согласно следующей схеме:



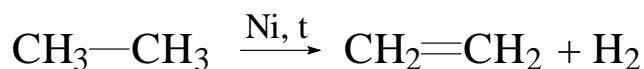
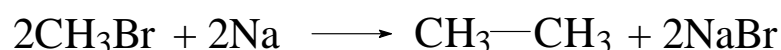
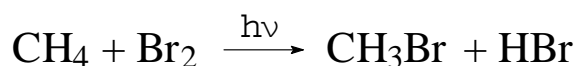
1) Из углерода (графита) метан можно получить прямым синтезом:



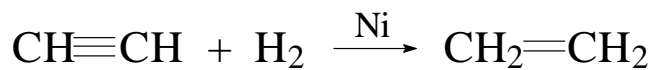
или в две стадии – через карбид алюминия:



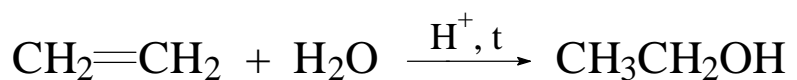
2) Этилен из метана можно получить разными способами в несколько стадий, например, можно провести синтез Вюрца с последующим дегидрированием этана:



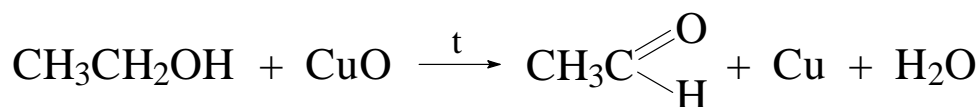
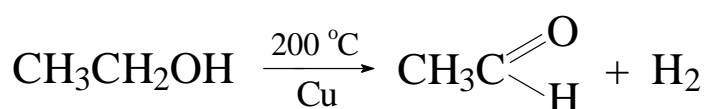
или осуществить термический крекинг метана и частичное гидрирование полученного ацетилена:



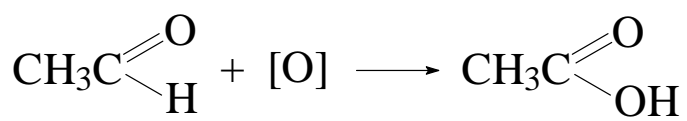
3) Этиловый спирт получается при гидратации этилена в присутствии неорганической кислоты:



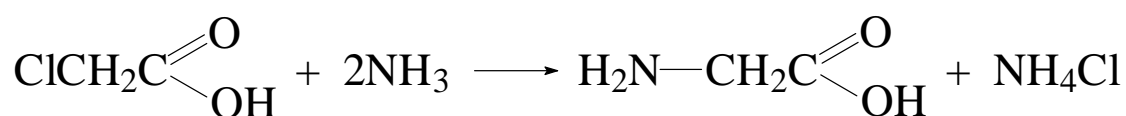
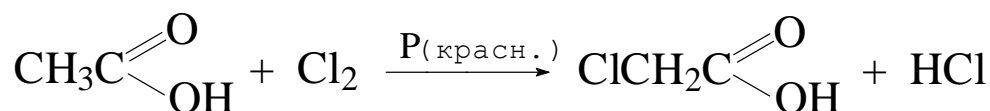
4) Уксусный альдегид (этаналь) можно получить дегидрированием этанола на медном катализаторе, или при окислении спирта оксидом меди(II):



5) Уксусный альдегид легко окисляется до уксусной кислоты, например, по реакции «серебряного зеркала», или при взаимодействии с подкисленным раствором  $\text{KMnO}_4$  или  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  при нагревании. Схематично это можно показать следующим уравнением (попробуйте составить полные уравнения реакций):



6) Синтез аминокислоты проводится через промежуточную стадию получения хлоруксусной кислоты:



*Обратите внимание на то, что галогенопроизводные органических соединений, ввиду их высокой реакционной активности, часто используются в органических синтезах в качестве исходных и промежуточных веществ.*



### 13. Примеры вариантов заданий для подготовки к единому государственному экзамену по химии

Внимательно прочитайте и проанализируйте каждое задание. Для экономии времени пропускайте задание, которое не удаётся выполнить сразу, и переходите к следующему. К пропущенному заданию вы сможете вернуться после выполнения всей работы, если останется время.

При выполнении работы вы можете пользоваться периодической системой химических элементов Д.И. Менделеева, таблицей растворимости солей, кислот и оснований в воде, электрохимическим рядом напряжений металлов (они прилагаются к тексту работы), а также непрограммируемым калькулятором, который выдается на экзамене.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

#### Вариант № 1

##### Часть 1

*При выполнении заданий этой части в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1 – A30) поставьте знак « x » в клеточку, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.*

A1. Число электронов в ионе железа  $Fe^{2+}$  равно

- 1) 54                      2) 28                      3) 58                      4) 24

A2. Среди элементов VIA группы максимальный радиус атома имеет

- 1) кислород      2) сера                      3) теллур                      4) полоний

A3. Соединения с ковалентной неполярной связью расположены в ряду:

- 1)  $O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $H_2$   
2)  $HCl$ ,  $N_2$ ,  $F_2$   
3)  $O_3$ ,  $P_4$ ,  $H_2O$   
4)  $NH_3$ ,  $S_8$ ,  $NaF$

A4. Наибольшую степень окисления сера проявляет в соединении

- 1)  $CaS$                       2)  $Li_2SO_3$                       3)  $CaSO_4$                       4)  $H_2S$

A5. Веществом молекулярного строения является

- 1) озон
- 2) оксид бария
- 3) графит
- 4) сульфид калия

A6. Амфотерным гидроксидом и кислотой соответственно являются

- 1)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{Zn}(\text{OH})\text{Cl}$
- 2)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $\text{Be}(\text{OH})_2$
- 3)  $\text{KHSO}_4$  и  $\text{NaOH}$
- 4)  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{HNO}_3$

A7. В каком ряду химические элементы расположены в порядке усиления металлических свойств?

- 1) Na, Mg, Al
- 2) Al, Mg, Na
- 3) Ca, Mg, Be
- 4) Mg, Be, Ca

A8. Формула высшего оксида хлора

- 1)  $\text{Cl}_2\text{O}$
- 2)  $\text{ClO}_2$
- 3)  $\text{Cl}_2\text{O}_5$
- 4)  $\text{Cl}_2\text{O}_7$

A9. Верны ли следующие суждения о меди?

А. Для меди характерны степени окисления +1 и +2.

Б. Медь вытесняет цинк из раствора сульфата цинка.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

A10. Оксид кальция взаимодействует с каждым из трёх веществ:

- 1) кислород, вода, серная кислота
- 2) соляная кислота, углекислый газ, вода
- 3) оксид магния, оксид серы(IV), аммиак
- 4) железо, азотная кислота, оксид фосфора(V)

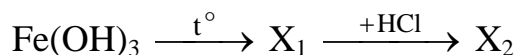
A11. Гидроксид хрома(III) взаимодействует с каждым из двух веществ:

- 1)  $\text{CO}_2$  и  $\text{HCl}$
- 2)  $\text{SiO}_2$  и  $\text{NaOH}$
- 3)  $\text{NO}$  и  $\text{NaNO}_3$
- 4)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaOH}$

A12. Карбонат кальция реагирует с

- 1) HCl                    2) MgO                    3) Pb                    4) H<sub>2</sub>O

A13. В схеме превращений



веществом «X<sub>2</sub>» является

- 1) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>                    2) FeO                    3) FeCl<sub>3</sub>                    4) FeCl<sub>2</sub>

A14. Изомерами являются

- 1) диметилпропан и пентан  
2) циклопентан и циклогексан  
3) пропан и пропен  
4) этан и пропан

A15. В молекуле какого вещества все атомы углерода находятся в состоянии *sp*<sup>2</sup>-гибридизации?

- 1) гексана                    2) гексена                    3) этана                    4) этена

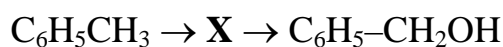
A16. Характерной реакцией для многоатомных спиртов является взаимодействие с

- 1) H<sub>2</sub>  
2) Cu  
3) Ag<sub>2</sub>O (NH<sub>3</sub> p-p)  
4) Cu(OH)<sub>2</sub>

A17. Уксусная кислота **не взаимодействует** с

- 1) CuO                    2) Cu(OH)<sub>2</sub>                    3) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>                    4) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

A18. В схеме превращений



веществом «X» является

- 1) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH  
2) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>—CH<sub>2</sub>Cl  
3) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl  
4) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH

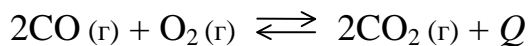
A19. К реакциям замещения относится взаимодействие

- 1) этена и воды  
2) брома и водорода  
3) брома и пропана  
4) метана и кислорода

A20. С наибольшей скоростью протекает реакция между

- 1)  $\text{AgNO}_3$  (р-р) и  $\text{NaCl}$  (р-р)
- 2)  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{HCl}$  (р-р)
- 3)  $\text{Zn}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- 4)  $\text{Mg}$  и  $\text{O}_2$

A21. В системе



смещению химического равновесия в сторону исходных веществ будет способствовать

- 1) увеличение давления
- 2) увеличение концентрации оксида углерода(IV)
- 3) уменьшение температуры
- 4) увеличение концентрации кислорода

A22. Неэлектролитами являются все вещества, указанные в ряду:

- 1) этанол, хлорид калия, сульфат бария
- 2) растительное масло, гидроксид калия, ацетат натрия
- 3) сахароза, глицерин, метанол
- 4) сульфат натрия, глюкоза, уксусная кислота

A23. С выпадением осадка протекает реакция ионного обмена между растворами

- 1) гидроксида натрия и хлорида бария
- 2) сульфата хрома(III) и гидроксида калия
- 3) нитрата кальция и бромида натрия
- 4) хлорида аммония и нитрата алюминия

A24. В какой реакции оксид серы(IV) является восстановителем?

- 1)  $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$
- 4)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$

A25. Щелочную реакцию среды имеет раствор каждой из двух солей:

- 1)  $\text{KCl}$  и  $\text{Na}_2\text{S}$
- 2)  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- 3)  $\text{FeCl}_2$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$
- 4)  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

A26. Верны ли следующие суждения?

А. Алканы вступают в реакции полимеризации.

Б. Этилен обесцвечивает раствор перманганата калия.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

A.27. Пропанол-1 образуется в результате реакции, схема которой

- 1)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + \text{H}_2 \rightarrow$
- 2)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow$
- 3)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- 4)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow$

A28. Белки приобретают жёлтую окраску под действием

- 1)  $\text{HNO}_3$  (конц.)
- 2)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- 3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.)
- 4)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$

A29. Основной составной частью природного газа является

- 1) ацетилен
- 2) метан
- 3) пропан
- 4) бутан

A30. Согласно уравнению реакции



при сжигании оксида углерода(II) выделилось 152 кДж теплоты.

Объём (н.у.) сгоревшего газа составил

- 1) 6 л
- 2) 12 л
- 3) 44,8 л
- 4) 120 л

## Часть 2

*Ответом к заданиям этой части (В1 – В10) является набор цифр или число, которые следует записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждую цифру и запятую в записи десятичной дроби пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.*

*В заданиях В1 – В5 на установление соответствия запишите в таблицу цифры выбранных вами ответов, а затем получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов № 1 без пробелов и других символов. (Цифры в ответе могут повторяться.)*

В1. Установите соответствие между названием органического соединения и классом, к которому оно принадлежит.

НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ	КЛАСС ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) диметилбензол	1) сложные эфиры
Б) гексанол-3	2) углеводороды
В) метилформиат	3) спирты
Г) стирол	4) карбоновые кислоты
	5) аминокислоты
	6) простые эфиры

А	Б	В	Г

В2. Установите соответствие между веществами, вступившими в реакцию, и продуктами их взаимодействия.

ФОРМУЛЫ РЕАГИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ	ПРОДУКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow$	1) $\text{HNO}_3$
Б) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Pt}}$	2) $\text{HNO}_3 + \text{O}_2$
В) $\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$	3) $\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Г) $\text{NH}_3 + \text{CuO} \xrightarrow{t^\circ}$	4) $\text{Cu} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	5) $\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

А	Б	В	Г

В3. Установите соответствие между формулой вещества и продуктом, который образуется на катоде в результате электролиза его водного раствора.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТ ЭЛЕКТРОЛИЗА
А) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	1) металл
Б) $\text{AgNO}_3$	2) водород
В) $\text{CaCl}_2$	3) кислород
Г) $\text{Na}_2\text{SO}_4$	4) хлор
	5) оксид серы (IV)
	6) оксид азота (IV)

А	Б	В	Г

В4. Установите соответствие между названием соли и её способностью к гидролизу.

НАЗВАНИЕ СОЛИ	СПОСОБНОСТЬ К ГИДРОЛИЗУ
А) карбонат натрия	1) гидролиз по катиону
Б) хлорид аммония	2) гидролиз по аниону
В) сульфат калия	3) гидролиз по катиону и аниону
Г) сульфид алюминия	4) гидролизу не подвергается

А	Б	В	Г

В5. Установите соответствие между веществами, вступающими в реакцию, и продуктами их взаимодействия.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ
А) $\text{KHCO}_3 + \text{KOH} \rightarrow$	1) $\text{KNO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Б) $\text{KHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$	2) $\text{KCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$
В) $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow$	3) $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
Г) $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$	4) $\text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
	5) $\text{BaCO}_3 + \text{KCl}$

А	Б	В	Г

**Ответом к заданиям В6 – В8 является последовательность цифр. Запишите три выбранные цифры в порядке возрастания сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 без пробелов и других символов.**

В6. С водородом взаимодействует каждое из двух веществ:

- 1) бензол, пропан
- 2) бутен, этан
- 3) дивинил, этен
- 4) стирол, бутадиен-1,3
- 5) дихлорэтан, бутан
- 6) этин, бутин-1

Ответ: \_\_\_\_\_ .

В7. Метанол взаимодействует с веществами:

- 1) хлороводород
- 2) карбонат натрия
- 3) глицин
- 4) гидроксид железа(III)
- 5) бензол
- 6) метановая кислота

Ответ: \_\_\_\_\_ .

В8. И с анилином, и с аланином способны реагировать

- 1) хлор
- 2) бромоводород
- 3) этан
- 4) пропен
- 5) серная кислота
- 6) гидроксид калия

Ответ: \_\_\_\_\_ .

***Ответом к заданиям В9, В10 является число. Запишите это число в текст работы, а затем перенесите его в бланк ответов № 1 без указания единиц измерения.***

В9. Определите массу воды, которую надо добавить к 20 г 70%-го раствора уксусной кислоты для получения 3%-го раствора уксуса.

Ответ: \_\_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

В10. Рассчитайте массу свинца, полученного в результате взаимодействия 6,6 г цинка с избытком раствора нитрата свинца.

Ответ: \_\_\_\_\_ г. (Запишите число с точностью до целых.)

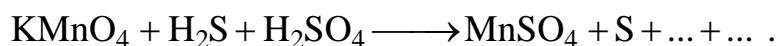
***Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.***



### Часть 3

**Для записи ответов к заданиям этой части (С1 – С5) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем полное решение. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

С1. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции

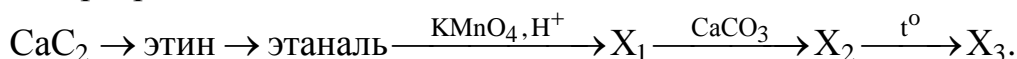


Определите окислитель и восстановитель.

С2. Даны вещества: алюминий, оксид марганца(IV), водный раствор сульфата меди и концентрированная соляная кислота.

Напишите уравнения четырёх возможных реакций между этими веществами.

С3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



С4. Сероводород объёмом 5,6 л (н.у.) прореагировал без остатка с 59,02 мл 20%-го раствора KOH (плотность 1,186 г/мл). Определите массу соли, полученной в результате этой химической реакции.

С5. При взаимодействии 25,5 г предельной одноосновной кислоты с избытком раствора гидрокарбоната натрия выделилось 5,6 л (н.у.) газа. Определите молекулярную формулу кислоты.

### **Инструкция по проверке и оценке работ. Ответы к варианту №1**

#### ЧАСТЬ 1

Задание с выбором ответа считается выполненным верно, если учащийся указал код правильного ответа. Во всех остальных случаях (выбран другой ответ; выбрано два или больше ответов, среди которых может быть и правильный; ответ на вопрос отсутствует) задание считается невыполненным.

№ задания	Ответ		№ задания	Ответ		№ задания	Ответ
A1	4		A11	4		A21	2
A2	4		A12	1		A22	3
A3	1		A13	3		A23	2
A4	3		A14	1		A24	4
A5	1		A15	4		A25	2
A6	4		A16	4		A26	2
A7	2		A17	4		A27	1
A8	4		A18	2		A28	1
A9	1		A19	3		A29	2
A10	2		A20	1		A30	2

## ЧАСТЬ 2

Задание с кратким свободным ответом считается выполненным верно, если правильно указана последовательность цифр (число).

За полный правильный ответ на задания В1 – В8 ставится 2 балла, за правильный неполный – 1 балл, за неверный ответ (или при его отсутствии) – 0 баллов.

За правильный ответ на задания В9 и В10 ставится 1 балл, за неверный ответ – 0 баллов.

№	Ответ
В1	2312
В2	3514
В3	1122
В4	2143
В5	3415
В6	346
В7	136
В8	125
В9	447
В10	21

## ЧАСТЬ 3

За выполнение заданий С1, С5 ставится от 0 до 3 баллов;

за задания С2, С4 – от 0 до 4 баллов; за задание С3 – от 0 до 5 баллов

### С1

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа.</p> <p>1) Составлен электронный баланс:</p> $\begin{array}{l} 5 \left  \text{S}^{-2} - 2\bar{e} \rightarrow \text{S}^0 \\ 2 \left  \text{Mn}^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2} \end{array}$ <p>2) Расставлены коэффициенты в уравнении реакции:  <math>2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{S} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + 5\text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}</math>.</p> <p>3) Указано, что сера в степени окисления –2 (или сероводород за счёт серы в степени окисления –2) является восстановителем, а марганец в степени окисления +7 – окислителем.</p>	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	3
В ответе допущена ошибка только в одном из элементов	2
В ответе допущены ошибки в двух элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

## С2

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа. Написаны четыре уравнения возможных реакций между указанными веществами: 1) $3\text{CuSO}_4 + 2\text{Al} = 3\text{Cu}\downarrow + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , $t^\circ$ 2) $3\text{MnO}_2 + 4\text{Al} = 3\text{Mn} + 2\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3) $2\text{Al} + 6\text{HCl}_{(\text{конц.})} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$ , 4) $4\text{HCl}_{(\text{конц.})} + \text{MnO}_2 = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ .	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано одно уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

*\*Примечание.* Дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

## С3

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Элементы ответа. Написаны уравнения реакций, соответствующие схеме превращений: 1) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$ , 2) $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Hg}^{2+}, \text{H}_2\text{SO}_4, t} \text{CH}_3\text{CHO}$ , 3) $5\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CH}_3\text{COOH} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ , 4) $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ , 5) $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} \xrightarrow{t^\circ} \text{CaCO}_3 + (\text{CH}_3)_2\text{CO}$ .	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	5
Правильно записаны 4 уравнения реакций	4
Правильно записаны 3 уравнения реакций	3
Правильно записаны 2 уравнения реакций	2
Правильно записано одно уравнение реакции	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	5

### C4

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа.</p> <p>1) Рассчитано количество вещества сероводорода:  <math>n(\text{H}_2\text{S}) = 5,6 / 22,4 = 0,25</math> моль.</p> <p>2) Определены масса раствора щелочи, масса щелочи в этом растворе и количество вещества КОН в растворе:  <math>m(\text{раствора КОН}) = 59,02 \cdot 1,186 = 70</math> г;  <math>m(\text{КОН}) = 70 \cdot 0,2 = 14</math> г; <math>n(\text{КОН}) = 14 / 56 = 0,25</math> моль.</p> <p>3) Установлено, что в результате химической реакции образуется гидросульфид калия и определено количество вещества образующейся соли:  <math>\text{КОН} + \text{H}_2\text{S} = \text{KHS}</math>; <math>n(\text{KHS}) = 0,25</math> моль.</p> <p>4) Рассчитана масса полученного в результате реакции гидросульфида калия:  <math>m(\text{KHS}) = 72 \cdot 0,25 = 18</math> г.</p>	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	3
В ответе допущена ошибка в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущена ошибка в трёх из названных выше элементов	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	4

### C5

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа.</p> <p>1) Составлено уравнение реакции в общем виде, и вычислено количество вещества газа:  <math>\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2</math>,  <math>n(\text{CO}_2) = 5,6 / 22,4 = 0,25</math> моль.</p> <p>2) Рассчитана молярная масса кислоты:  <math>n(\text{CO}_2) = n(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 0,25</math> моль;  <math>M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 25,5 / 0,25 = 102</math> г/моль.</p> <p>3) Установлена молекулярная формула кислоты:  <math>M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 12n + 2n + 1 + 45 = 102</math>,  <math>14n + 46 = 102</math>, <math>14n = 56</math>, <math>n = 4</math>.            Молекулярная формула <math>\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}</math>.</p>	
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	3
Правильно записаны первый и второй элементы ответа	2
Правильно записан первый или второй элементы ответа	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
<i>Максимальный балл</i>	3

## Вариант № 2

### Часть 1

A1. Атом элемента, максимальная степень окисления которого +4, в основном состоянии имеет электронную конфигурацию внешнего энергетического уровня:

- 1)  $3s^23p^4$                       2)  $2s^22p^2$                       3)  $2s^22p^4$                       4)  $2s^22p^6$

A2. С увеличением заряда ядра окислительные свойства атомов химических элементов третьего периода

- 1) усиливаются
- 2) ослабевают
- 3) не изменяются
- 4) изменяются периодически

A3. В аммиаке и хлориде бария химическая связь соответственно

- 1) ионная и ковалентная полярная
- 2) ковалентная полярная и ионная
- 3) ковалентная неполярная и металлическая
- 4) ковалентная неполярная и ионная

A4. Степень окисления  $-3$  фосфор проявляет в соединении

- 1)  $\text{PH}_3$                       2)  $\text{P}_2\text{O}_3$                       3)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$                       4)  $\text{H}_3\text{PO}_4$

A5. Верны ли следующие суждения?

**А.** Вещества с молекулярной кристаллической решёткой имеют низкие температуры плавления и низкую электропроводность.

**Б.** Вещества с атомной кристаллической решёткой пластичны и обладают высокой электрической проводимостью.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны

A6. К амфотерным оксидам относится

- 1)  $\text{CuO}$                       2)  $\text{P}_2\text{O}_3$                       3)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$                       4)  $\text{CrO}_3$

A7. Верны ли следующие суждения о соединениях меди?

**А.** Формула высшего оксида меди  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

**Б.** Высший оксид меди проявляет только окислительные свойства.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

A8. Соединения состава  $\text{KH}_2\text{ЭО}_4$  и  $\text{K}_2\text{HЭО}_4$  образует элемент

- 1) хлор                      2) сера                      3) азот                      4) фосфор

A9. В разбавленной серной кислоте растворяется

- 1) Cu                      2) Zn                      3) Ag                      4) Au

A10. Оксид серы(IV) проявляет свойства

- 1) только основного оксида  
2) амфотерного оксида  
3) только кислотного оксида  
4) несолеобразующего оксида

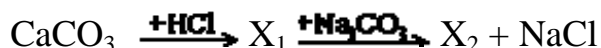
A11. Концентрированная азотная кислота в обычных условиях **не взаимодействует с**

- 1) магнием  
2) гидроксидом натрия  
3) железом  
4) оксидом магния

A12. Хлорид железа(II) реагирует с каждым из двух веществ:

- 1) MgO и HCl  
2) Zn и AgNO<sub>3</sub>  
3) HNO<sub>3</sub> и CO<sub>2</sub>  
4) CaO и CO<sub>2</sub>

A13. В схеме превращений



веществом «X<sub>2</sub>» является

- 1) CaCO<sub>3</sub>                      2) CaCl<sub>2</sub>                      3) CaO                      4) Ca(OH)<sub>2</sub>

A14. Гомологами являются

- 1) этен и метан  
2) пропан и бутан  
3) циклобутан и бутан  
4) этин и этен

A15. Атом кислорода в молекуле фенола образует

- 1) одну σ-связь  
2) две σ-связи  
3) одну σ- и одну π-связь  
4) две π-связи

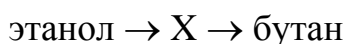
A16. Фенол взаимодействует с

- 1) соляной кислотой
- 2) гидроксидом натрия
- 3) этиленом
- 4) метаном

A17. Свойства, характерные для альдегидов и многоатомных спиртов, глюкоза проявляет при взаимодействии с веществом, формула которого

- 1)  $\text{Ag}_2\text{O}$
- 2)  $\text{H}_2$
- 3)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- 4)  $\text{NaOH}$

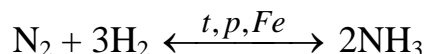
A18. В схеме превращений



веществом «X» является

- 1) бутанол-1
- 2) бромэтан
- 3) этан
- 4) этилен

A19. Реакция получения аммиака



является реакцией

- 1) замещения и каталитической
- 2) обмена и некаталитической
- 3) соединения и каталитической
- 4) замещения и некаталитической

A20. На скорость химической реакции между раствором серной кислоты и железом не оказывает влияния

- 1) концентрация кислоты
- 2) измельчение железа
- 3) температура реакции
- 4) увеличение давления

A21. Равновесие в системе



смещается в сторону продуктов реакции при одновременном

- 1) уменьшении температуры и увеличении давления
- 2) увеличении температуры и уменьшении давления
- 3) увеличении температуры и увеличении давления
- 4) уменьшении температуры и уменьшении давления

A22. Диссоциация по трём ступеням возможна в растворе

- 1) хлорида алюминия
- 2) нитрата алюминия
- 3) ортофосфата калия
- 4) ортофосфорной кислоты

A23. Газ выделяется при взаимодействии растворов

- 1) сульфата калия и азотной кислоты
- 2) хлороводородной кислоты и гидроксида хрома
- 3) серной кислоты и сульфита калия
- 4) карбоната натрия и гидроксида бария

A24. Процесс окисления отражён схемой

- 1)  $\text{CO}_3^{2-} \longrightarrow \text{CO}_2$
- 2)  $\text{Al}_3\text{C}_4 \longrightarrow \text{CH}_4$
- 3)  $\text{CO}_2 \longrightarrow \text{CO}$
- 4)  $\text{CH}_4 \longrightarrow \text{CO}_2$

A25. В водном растворе какого вещества среда нейтральная?

- 1)  $\text{NaNO}_3$
- 2)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- 3)  $\text{FeSO}_4$
- 4)  $\text{Na}_2\text{S}$

A26. При гидрировании алкенов образуются

- 1) алканы
- 2) алкины
- 3) алкадиены
- 4) спирты

A27. 3,3-диметилбутаналь образуется при окислении

- 1)  $(\text{CH}_3)_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$
- 2)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_2\text{OH}$
- 3)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2\text{OH}$
- 4)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2\text{OH}$

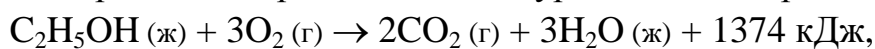
A28. Методом вытеснения воды нельзя собрать

- 1) азот
- 2) кислород
- 3) аммиак
- 4) водород

A29. Формула продукта полимеризации пропилена

- 1)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- 2)  $(-\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -)_n$
- 3)  $(-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -)_n$
- 4)  $(-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -)_n$

A30. В результате реакции, термохимическое уравнение которой



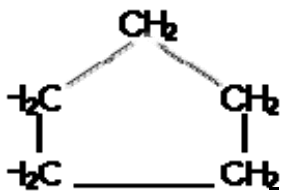
выделилось 687 кДж теплоты. Количество вещества этанола равно

- 1) 0,5 моль
- 2) 1 моль
- 3) 1,5 моль
- 4) 2 моль



## Часть 2

В1. Установите соответствие между структурной формулой углеводорода и общей формулой его гомологического ряда.

ФОРМУЛА УГЛЕВОДОРОДА	ОБЩАЯ ФОРМУЛА
А) $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_3$	1) $\text{C}_n\text{H}_{2n}$
Б) $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$	2) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
В) $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	3) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
Г) 	4) $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$

А	Б	В	Г

В2. Установите соответствие между уравнением реакции и веществом-окислителем, участвующим в данной реакции.

УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ	ОКИСЛИТЕЛЬ
А) $2\text{NO} + 2\text{H}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1) $\text{H}_2$
Б) $2\text{NH}_3 + 2\text{Na} = 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2$	2) $\text{NO}$
В) $\text{H}_2 + 2\text{Na} = 2\text{NaH}$	3) $\text{N}_2$
Г) $4\text{NH}_3 + 6\text{NO} = 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	4) $\text{NH}_3$

А	Б	В	Г

В3. Установите соответствие между формулой вещества и продуктом, который образуется на катоде в результате электролиза водного раствора.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТ ЭЛЕКТРОЛИЗА
А) $\text{AgNO}_3$	1) водород
Б) $\text{ZnSO}_4$	2) серебро
В) $\text{CH}_3\text{COOAg}$	3) кислород
Г) $\text{KOH}$	4) цинк и водород
	5) калий и водород
	6) бром

А	Б	В	Г

В4. Установите соответствие между составом соли и типом её гидролиза.

СОСТАВ СОЛИ	ТИП ГИДРОЛИЗА
А) $\text{BeSO}_4$	1) по катиону
Б) $\text{KNO}_2$	2) по аниону
В) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	3) по катиону и аниону
Г) $\text{CuCl}_2$	

А	Б	В	Г

В5. Оксид кремния реагирует с:

- 1) карбонатом калия
- 2) водой
- 3) фтороводородной кислотой
- 4) сульфатом меди
- 5) магнием
- 6) фосфорной кислотой

Ответ: \_\_\_\_\_.

В6. Для этилена характерны:

- 1) тетраэдрическое строение
- 2) взаимодействие с хлороводородом
- 3)  $sp^2$ -гибридизация углерода
- 4) реакции замещения
- 5) реакция гидратации
- 6) отсутствие запаха

Ответ: \_\_\_\_\_.

(Запишите соответствующие цифры в порядке возрастания).

В7. Метаналь может реагировать с

- 1)  $\text{HBr}$
- 2)  $\text{Ag}[(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
- 3)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
- 4)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$
- 5)  $\text{C}_6\text{H}_{14}$
- 6)  $\text{H}_2$

Ответ: \_\_\_\_\_.

(Запишите соответствующие цифры в порядке возрастания.)

В8. Пропиламин взаимодействует с

- 1) водой
- 2) муравьиной кислотой
- 3) бензолом
- 4) бутаном
- 5) водородом
- 6) кислородом

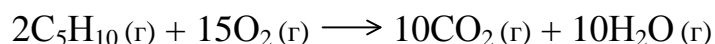
Ответ: \_\_\_\_\_ .

(Запишите соответствующие цифры в порядке возрастания.)

В9. В каком объёме воды следует растворить 3,2 г хлорида натрия, чтобы получить раствор с массовой долей NaCl 1%?

Ответ: \_\_\_\_\_ мл. (Запишите число с точностью до целых).

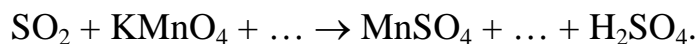
В10. При сгорании пентена в 5,6 л кислорода (н.у.) по уравнению



образовалась вода количеством вещества \_\_\_\_\_ моль. (Запишите число с точностью до десятых).

### Часть 3

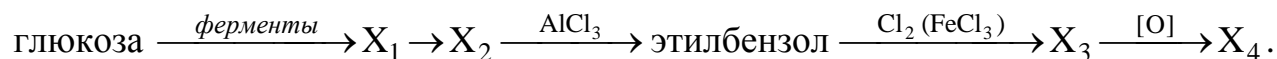
С1. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Определите окислитель и восстановитель.

С2. Даны вещества: магний, азот, аммиак, азотная кислота (разб.). Напишите уравнения четырёх возможных реакций между этими веществами.

С3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



С4. Смешали 125 мл 5 мас.% раствора гидроксида лития ( $\rho = 1,05$  г/мл) и 100 мл 5 мас.% раствора азотной кислоты ( $\rho = 1,03$  г/мл). Определите среднюю плотность полученного раствора и массовую долю в нём нитрата лития.

С5. При гидратации алкена получается спирт, плотность паров которого по воздуху равна в 2,07. Установите молекулярную формулу алкена.

## Список рекомендуемой литературы

1. *Габриелян О. С., Остроумов И. Г., Карцева А. А.* Химия. 10, 11 класс. М.: Дрофа, 2008.
2. *Габриелян О. С., Маскаев Ф. Н., Пономарёв С. Ю., Теренин В. И.* Химия. М.: Дрофа, 2008.
3. *Кузнецова Н. Е., Титова И. М., Тара Н. Н. / Под ред. Кузнецовой Н. Е.* Химия. ВЕНТАНА-ГРАФ, 2008.
4. *Кузнецова Н. Е., Литвинова Т. Н., Левкин А. Н. / Под ред. Кузнецовой Н. Е.* Химия. ВЕНТАНА-ГРАФ, 2008.
5. *Кузьменко Н. Е., Еремин В. В., Попков В. А.* Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы. М.: Экзамен, 2001.
6. *Лидин Р. А., Аликберова Л. Ю.* Химия: справочник для старшеклассников и поступающих в вузы. М.: Аст-Пресс Школа, 2004.
7. *Лидин Р. А., Молочко В. А., Андреева Л. Л.* Химия. Для школьников старших классов и поступающих в вузы. М.: Дрофа, 2001.
8. *Нифантьев Э. Е.* Органическая химия. Мнемозина, 2008.
9. *Шелинский Г. И., Юрова Н. М.* Химия – 11. СПб.: Издательский дом «Книжный мир», 2005.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
1. Фундаментальные понятия и законы химии .....	4
2. Строение вещества и периодический закон элементов .....	17
3. Классы неорганических веществ .....	27
4. Растворы. Состав растворов .....	39
5. Тепловые эффекты реакций .....	52
6. Скорость химических реакций. Химическое равновесие .....	56
7. Растворы электролитов .....	68
8. Окислительно-восстановительные реакции .....	77
9. Неметаллы .....	86
10. Металлы .....	106
11. Строение и свойства органических соединений .....	118
12. Некоторые реакции в органической химии .....	132
13. Примеры вариантов заданий для подготовки к единому государственному экзамену по химии .....	152
Список рекомендуемой литературы .....	171

*Учебное издание*

Пророков Валерий Николаевич  
Барбетова Людмила Павловна  
Пименова Нина Ивановна  
Кузнецов Владимир Васильевич

## **Химия**

### **Сборник вопросов и задач**

*Учебное пособие*

Под редакцией В.Н. Пророкова

Редактор Г.В. Куликова

Оформление обложки: Н.В. Пророкова

Подписано в печать 10.05.2009. Формат 60×84 1/16. Бумага писчая.  
Усл. печ.л. 10,12. Уч.-изд.л. 11,16. Тираж 500 экз. Заказ

ГОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический  
университет

Отпечатано на полиграфическом оборудовании кафедры экономики  
и финансов ГОУ ВПО «ИГХТУ»

153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7