

**ПОДГОТОВКА К ЕГЭ
ВЫСШИЙ УРОВЕНЬ КАЧЕСТВА**



ХИМИЯ

Решение задач

СДАЕМ БЕЗ ПРОБЛЕМ!

- ✓ Задания частей В и С
- ✓ Подробные решения и ответы

**ПОДГОТОВКА К ЕГЭ
ВЫСШИЙ УРОВЕНЬ КАЧЕСТВА**

ЕГЭ
2012

А.Э. Антошин

ХИМИЯ
Решение задач
СДАЕМ БЕЗ ПРОБЛЕМ!

Москва  ЭКСМО 2011

УДК 373.167.1:54
ББК 24я721
А 72

Об авторе:
А. Э. Антошин — кандидат химических наук

Антошин А. Э.
А 72 ЕГЭ 2012. Химия. Решение задач. Сдаем без проблем! /
А. Э. Антошин. — М.: Эксмо, 2011. — 112 с. — (ЕГЭ. Сдаем без проблем).

ISBN 978-5-699-51307-9

Книга адресована абитуриентам, поступающим в высшие учебные заведения, а также учащимся старших классов средних школ, гимназий, лицеев для подготовки к ЕГЭ по химии.

В пособии подробно разобраны решения всех типов задач базового, повышенного и высокого уровней сложности в соответствии с перечнем элементов содержания, проверяемых на едином государственном экзамене по химии. Регулярная работа с данным пособием позволит учащимся научиться быстро и без ошибок решать задачи по химии разных уровней сложности.

Издание окажет неоценимую помощь школьникам при подготовке к единому государственному экзамену по химии, а также может быть использовано репетиторами и учителями.

УДК 373.167.1:54
ББК 24я721

ISBN 978-5-699-51307-9

© Антошин А. Э., 2011
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2011

ОТ АВТОРА

Эта книга адресована прежде всего школьникам старших классов и предназначена для подготовки к единому государственному экзамену (ЕГЭ) по химии.

В ней подробно разобраны решения всех типов задач базового, повышенного и высокого уровней сложности в соответствии с перечнем элементов содержания, проверяемых на ЕГЭ по химии. К каждому типу задач дается краткий теоретический материал, на основании которого проводятся соответствующие расчеты.

Хочется подчеркнуть, что данное пособие не подменяет существующие учебники и учебные пособия (в первую очередь рекомендованные Рособнадзором и ФИПИ), а лишь дополняет их, поэтому наряду с данной книгой рекомендую пользоваться литературой, список которой приведен в конце книги.

За постоянную практическую помощь, поддержку и внимание огромное спасибо Т. В. Киселевой. Отдельная благодарность моим друзьям и коллегам: профессорам И. В. Рыбальченко, А. И. Кочергину, С. А. Лермонтову, доцентам К. В. Тугушову, Ю. Н. Рейхову, А. С. Шестакову, а также Н. Е. Ваулину и кандидату технических наук А. В. Симнанскому.

Я буду признателен читателям за любые замечания и пожелания, которые можно присылать по электронной почте veis444@mail.ru.

А.Э. Антошин

ЗАДАЧИ КАТЕГОРИИ А и В

Вычисление массы растворенного вещества, содержащегося в определенной массе раствора с известной массовой долей

Массовой долей называют отношение массы данного компонента $m(X)$ к массе всего раствора $M(\text{р-ра})$. Массовую долю обозначают символом ω (омега) и выражают в долях единицы или в процентах:

$$\omega(X) = m(X)/M(\text{р-ра}) \text{ (в долях единицы);}$$

$$\omega(X) = m(X) \cdot 100/M(\text{р-ра}) \text{ (в процентах).}$$

Молярной концентрацией называют количество растворенного вещества в 1 л раствора. Ее обозначают символом $c(X)$ и измеряют в моль/л:

$$c(X) = n(X)/V = m(X)/M(X) \cdot V.$$

В этой формуле $n(X)$ — количество вещества X , содержащегося в растворе, $M(X)$ — молярная масса вещества X ; V — объем раствора, л.

Молярная концентрация (моль/л) и массовая доля растворенного вещества (выраженная в %) связаны между собой уравнением:

$$\omega(X) = \frac{c(X) \cdot M(X)}{10 \cdot \rho},$$

$$c(X) = \frac{10 \cdot \omega(X) \cdot \rho}{M(X)},$$

где $M(X)$ — молярная масса вещества X (г/моль); ρ — плотность раствора, г/мл.

Рассмотрим несколько типовых задач. В контрольных измерительных материалах они идут под обозначением В9.

1. Определить массу бромида натрия, содержащегося в 300 г 15%-ного раствора.

Решение. Массу бромида натрия определим по формуле:

$$m(\text{NaBr}) = \omega \cdot M(\text{р-ра})/100; m(\text{NaBr}) = 15 \cdot 300/100 = 45 \text{ г.}$$

Ответ: 45 г.

2. Масса нитрата калия, которую нужно растворить в 200 г воды для получения 8%-ного раствора, равна _____ г. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Пусть $m(\text{KNO}_3) = x$ г, тогда $M(\text{р-ра}) = (200 + x)$ г. Массовая доля нитрата калия в растворе:

$$\omega(\text{KNO}_3) = x/(200 + x) = 0,08;$$

$x = 16 + 0,08x$; $0,92x = 16$; $x = 17,4$. После округления $x = 17$ г.

Ответ: 17 г.

3. Масса хлорида кальция, которую нужно добавить к 400 г 5%-ного раствора этой же соли, чтобы удвоить ее массовую долю, равна _____ г. (Ответ запишите с точностью до десятых.)

Решение. Масса CaCl_2 в исходном растворе равна:

$$m(\text{CaCl}_2) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{CaCl}_2) = 0,05 \cdot 400 = 20 \text{ г.}$$

Массовая доля CaCl_2 в конечном растворе равна $\omega_1 = 0,05 \cdot 2 = 0,1$.

Пусть масса CaCl_2 , которую нужно добавить в исходный раствор, равна x г, тогда масса конечного раствора $M_1(\text{р-ра}) = (400 + x)$ г. Массовая доля CaCl_2 в конечном растворе:

$$\omega_1 = \frac{20 + x}{400 + x} = 0,1.$$

Решив это уравнение, получим $x = 22,2$ г.

Ответ: 22,2 г.

4. Масса спирта, которую нужно испарить из 120 г 2%-ного спиртового раствора йода, чтобы повысить его концентрацию до 5%, равна _____ г. (Ответ запишите с точностью до десятых.)

Решение. Определим массу йода и спирта в исходном растворе:

$$m(I_2) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(I_2) = 0,02 \cdot 120 = 2,4 \text{ г},$$

$$m(C_2H_5OH) = M(\text{р-ра}) - m(I_2); m(C_2H_5OH) = \\ = 120 - 2,4 = 117,6 \text{ г}.$$

Пусть масса спирта, который нужно испарить из раствора, равна x г, тогда по условию задачи:

$$\frac{2,4}{117,6 - x} = 0,05.$$

Решив это уравнение, получим $x = 69,6$ г.

Ответ: $x = 69,6$ г.

5. Масса воды, которую нужно добавить к 200 г 20%-ного раствора бромида натрия, чтобы получить 5%-ный раствор, равна _____ г. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Определим массу бромида натрия в исходном растворе:

$$m(\text{NaBr}) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{NaBr}) = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ г}.$$

Пусть масса воды, которую нужно добавить для разбавления раствора, равна x г, тогда по условию задачи:

$$\frac{40}{200 + x} = 0,05.$$

Отсюда получим $x = 600$ г.

Ответ: 600 г.

6. Массовая доля сульфата натрия в растворе, полученном при смешении 200 г 5%-ного и 400 г 10%-ного растворов Na_2SO_4 , равна _____ %. (Ответ округлите до десятых.)

Решение. Определим массу сульфата натрия в первом исходном растворе:

$$m_1(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,05 \cdot 200 = 10 \text{ г}.$$

Определим массу сульфата натрия во втором исходном растворе:

$$m_2(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot 400 = 40 \text{ г.}$$

Определим массу сульфата натрия в конечном растворе:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 10 + 40 = 50 \text{ г.}$$

Определим массу конечного раствора:

$$M(\text{р-ра}) = 200 + 400 = 600 \text{ г.}$$

Определим массовую долю Na_2SO_4 в конечном растворе:

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M \text{ р-ра}};$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{50}{600} = 8,3\%.$$

Ответ: 8,3%.

7. Масса бромида натрия, которую необходимо прибавить к 140 г 5%-ного раствора, чтобы получить 10%-ный раствор, равна _____ г. (Ответ округлите до десятых.)

Решение. Определим массу NaBr в исходном растворе:

$$m(\text{NaBr}) = 140 \cdot 0,05 = 7,0 \text{ г.}$$

Пусть масса бромида натрия, который нужно прибавить, равна x г, тогда:

$$0,1 = \frac{7,0 + x}{140 + x}.$$

Решив это уравнение, получим: $x = 15,6$ г.

Ответ: 15,6 г.

8. Массовая доля нитрата калия в растворе, полученном при смешении 250 г 4%-ного раствора с 10 г этого же вещества, равна _____%. (Ответ округлите до целых %.)

Решение. Определим массу KNO_3 в исходном растворе:

$$m(\text{KNO}_3) = 0,04 \cdot 250 = 10 \text{ г.}$$

Массовая доля нитрата калия в конечном растворе равна:

$$\omega(\text{KNO}_3) = \frac{10 + 10}{250 + 10} = \frac{20}{260} = 8\%.$$

Ответ: 8%.

9. Концентрация глюкозы в растворе, полученном при смешении 150 г 10%-ного раствора и 50 г 20%-ного раствора, равна _____%. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Определим массу глюкозы в первом и втором исходных растворах:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \omega(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \cdot M(\text{р-ра});$$

$$m_1(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,1 \cdot 150 = 15 \text{ г};$$

$$m_2(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,2 \cdot 50 = 10 \text{ г.}$$

Общая масса глюкозы в конечном растворе:

$$m_3(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 15 + 10 = 25 \text{ г.}$$

Общая масса конечного раствора:

$$M(\text{р-ра}) = 150 + 50 = 20 \text{ г.}$$

Концентрация глюкозы в конечном растворе:

$$\omega = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{M \text{ р-ра}}; \quad \omega = \frac{25}{200} \cdot 100 = 12,5 \approx 13.$$

Ответ: 13%.

10. Масса 50%-ной азотной кислоты, которую необходимо взять для приготовления 200 г 10%-ного раствора, равна _____ г. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Определим массу чистой кислоты в конечном растворе:

$$m(\text{HNO}_3) = \omega \cdot M(\text{р-ра}); m(\text{HNO}_3) = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ г.}$$

Определим массу 50%-ного раствора азотной кислоты, в котором содержится 20 г чистого вещества:

$$M(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{\omega};$$

$$M(\text{р-ра}) = \frac{20}{0,5} = 40 \text{ г.}$$

Ответ: 40 г.

- 11.** Рассчитать массы железного купороса и воды, необходимые для приготовления 300 г 5%-ного раствора сульфата железа (II). Определить его молярную концентрацию, если плотность водного раствора равна 1,015 г/см³.

Решение. Формула железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, т. е. он представляет собой кристаллогидрат — вещество, состоящее из соли и нескольких, в данном случае семи, молекул кристаллизационной воды.

Определим массу безводного сульфата железа (II):

$$m(\text{FeSO}_4) = \omega \cdot M(\text{р-ра})/100 = 5 \cdot 300/100 = 15 \text{ г.}$$

Рассчитав молярные массы FeSO_4 (152 г/моль) и $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (278 г/моль), вычислим массу кристаллогидрата:

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 15 \cdot 278/152 = 27,4 \text{ г.}$$

Масса воды: 300 — 27,4 = 272,6 г.

Определим молярную концентрацию раствора:

$$c(\text{FeSO}_4) = m(\text{FeSO}_4)/(M(\text{FeSO}_4) \cdot V); V = M(\text{р-ра})/\rho;$$

$$c(\text{FeSO}_4) = m(\text{FeSO}_4) \cdot \rho / (M(\text{FeSO}_4) \cdot M(\text{р-ра}));$$

$$c(\text{FeSO}_4) = (15 \cdot 1,015) / (152 \cdot 0,3) = 0,33 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0,33 моль/л.

12. Молярная концентрация 30%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,21 г/мл) равна _____ моль/л. (Ответ запишите с точностью до сотых.)

Решение. Воспользуемся формулой:

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{10 \cdot \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)},$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{10 \cdot 30 \cdot 1,21}{98} = 3,70 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 3,70 моль/л.

13. Массовая доля хлороводорода в растворе, полученном при растворении 11,2 л HCl (н.у.) в 100 г воды, равна _____%. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Определим массу HCl:

$$m(\text{HCl}) = \frac{V(\text{HCl})}{V_A} \cdot M(\text{HCl});$$

$$m(\text{HCl}) = \frac{11,2}{22,4} \cdot 36,5 = 18,25 \text{ г.}$$

Определим массу раствора:

$$M_{\text{р-ра}} = 100 + 18,25 = 118,25 \text{ г.}$$

Определим процентное содержание HCl:

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{18,25 \cdot 100}{118,25} = 15,4\%.$$

Округлив до целого числа, получим 15%.

Ответ: 15%.

14. Растворимость аммиака в воде при н.у. равна 652 объема на 1 объем воды. Определите его процентную концентрацию при этих условиях. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Для расчетов выбираем объем воды 100 мл, тогда его масса будет равна 100 г, а объем аммиака $100 \cdot 652 / 1000 = 65,2$ л.

Определим массу аммиака:

$$m(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_A} \cdot M(\text{NH}_3);$$

$$m(\text{NH}_3) = \frac{65,2 \cdot 17}{22,4} = 49,5 \text{ г.}$$

Определим массу раствора:

$$M(\text{р-ра}) = 100 + 49,5 = 149,5 \text{ г.}$$

Определим процентную концентрацию NH_3 :

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{49,5 \cdot 100}{149,5} = 33,1\%.$$

С учетом округления 33%.

Отвeт: 33%.

Расчеты массы вещества или объема газов по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ

Основой для проведения количественных расчетов в химии является **закон сохранения массы**. Согласно этому закону *масса реагентов равна массе продуктов реакции*.

Отсюда следует, что для любой химической реакции массы реагентов и продуктов реакции относятся между собой как молярные массы веществ, умноженные на их стехиометрические коэффициенты.

Для расчета по химическим уравнениям можно использовать два способа: через количество вещества или через пропорцию.

Для определения массы (или количества вещества) продуктов реакции или исходных веществ по уравнениям химических реакций вначале составляют уравнение химической реакции и устанавливают стехиометрические коэффициенты; затем определяют молярную массу, массу и количество вещества известных реагентов химической реакции; со-

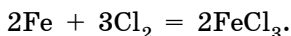
ставляют и решают пропорцию, в которую в зависимости от условий задачи вводят числовые значения величин: молярные массы, массы, количества веществ или их объемы (для газов).

При этом в одном столбце пропорций должны находиться одинаковые характеристики вещества с одной и той же размерностью.

Рассмотрим несколько типовых задач. В контрольных измерительных материалах они идут под обозначением **В10**.

1. Масса железа, вступившего в реакцию с 6 моль хлора, равна _____ г. (Ответ запишите с точностью до целого числа.)

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что 3 моль Cl_2 реагируют с 2 моль Fe , т. е.:

$$3 \text{ моль } (\text{Cl}_2) - 2 \text{ моль } (\text{Fe});$$

$$6 \text{ моль } (\text{Cl}_2) - x \text{ моль } (\text{Fe});$$

$$x = 6 \cdot 2/3 = 4 \text{ моль}.$$

Определяем массу железа:

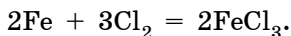
$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot A(\text{Fe}); \quad m(\text{Fe}) = 4 \cdot 56 = 224 \text{ г}.$$

Ответ: 224 г железа.

2. Масса железа, вступившего в реакцию с порцией хлора, содержащей в своем составе $3,07 \cdot 10^{25}$ электрона, равна _____ г. (Ответ запишите с точностью до целого числа.)

Решение. Молекула Cl_2 состоит из двух атомов хлора. Порядковый номер хлора в периодической системе 17, следовательно, в одной молекуле содержится $2 \cdot 17 = 34$ электрона, а в 1 моль — $34 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,05 \cdot 10^{25}$ электронов.

Составляем уравнение химической реакции:



Определяем количество вещества Cl_2 , вступившего в реакцию:

$$n(\text{Cl}_2) = 3,07 \cdot 10^{25} / 2,05 \cdot 10^{25} = 1,5 \text{ моль.}$$

Определяем количество вещества железа, вступившего в реакцию:

$$3 \text{ моль } (\text{Cl}_2) - 2 \text{ моль } (\text{Fe});$$

$$1,5 \text{ моль } (\text{Cl}_2) - x \text{ моль } (\text{Fe});$$

$$x = 1,5 \cdot 2/3 = 1 \text{ моль.}$$

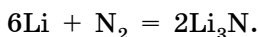
Определяем массу железа:

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot A(\text{Fe}); m(\text{Fe}) = 1 \cdot 56 = 56 \text{ г.}$$

О т в е т: 56 г железа.

3. Масса нитрида лития, образовавшегося в результате его реакции с азотом объемом 8,96 л, равна _____ г. (Ответ запишите с точностью до целого числа.)

Р е ш е н и е. Составляем уравнение химической реакции:



Определяем количество вещества азота, вступившего в реакцию:

$$n(\text{N}_2) = V(\text{N}_2)/V_A; n(\text{N}_2) = 8,96/22,4 = 0,4 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции следует, что из 1 моль N_2 образуется 2 моль Li_3N , т.е.:

$$1 \text{ моль } (\text{N}_2) - 2 \text{ моль } (\text{Li}_3\text{N});$$

$$0,4 \text{ моль } (\text{N}_2) - x \text{ моль } (\text{Li}_3\text{N});$$

$$x = 0,4 \cdot 2/1 = 0,8 \text{ моль.}$$

Определим массу Li_3N :

$$m(\text{Li}_3\text{N}) = n(\text{Li}_3\text{N}) \cdot M(\text{Li}_3\text{N});$$

$$m(\text{Li}_3\text{N}) = 0,8 \cdot 35 = 28 \text{ г.}$$

О т в е т: 28 г Li_3N .

4. Объем углекислого газа, образовавшегося в результате разложения карбоната магния количеством вещества 4 моль избытком соляной кислоты, равен _____ л. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что количество вещества углекислого газа и карбоната магния равны между собой, т.е. $n(\text{CO}_2) = 4$ моль.

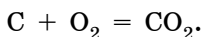
Определим $V(\text{CO}_2)$:

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_A; V(\text{CO}_2) = 4 \cdot 22,4 = 89,6 \text{ л.}$$

С учетом округления в большую сторону $V(\text{CO}_2) = 90$ л.
Ответ: 90 л CO_2 .

5. Объем углекислого газа, образовавшегося при сгорании 60 кг каменного угля, равен _____ м^3 . (Ответ запишите с точностью до целых.)

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что $n(\text{CO}_2) = n(\text{C})$. Вычисляем $n(\text{C})$:

$$n(\text{C}) = 6 \cdot 10^4 / 12 = 5 \cdot 10^3 \text{ моль.}$$

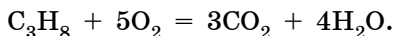
Определяем объем CO_2 :

$$V(\text{CO}_2) = 5 \cdot 10^3 \cdot 22,4 = 1,12 \cdot 10^5 \text{ л или } 112 \text{ м}^3.$$

Ответ: 112 м^3 .

6. Объем воздуха, необходимый для сжигания пропана объемом 500 л, равен _____ м^3 . (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что $V(\text{O}_2) = 5V(\text{C}_3\text{H}_8)$.

Определяем объем кислорода, вступившего в реакцию:

$$V(\text{O}_2) = 5 \cdot 500 = 2500 \text{ л.}$$

Определяем объем воздуха:

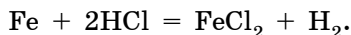
$$\begin{aligned} V_{\text{возд.}} &= V(\text{O}_2) / 0,21; \quad V_{\text{возд.}} = 2500 / 0,21 = \\ &= 1,19 \cdot 10^4 \text{ л или } 11,9 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

С учетом округления $V_{\text{возд.}} = 12 \text{ м}^3$.

Ответ: 12 м³ воздуха.

7. Объем водорода, который выделится при растворении 16,8 г железа в избытке разбавленной соляной кислоты, равен _____ л. (Ответ запишите с точностью до десятых.)

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Определим количество вещества железа:

$$n(\text{Fe}) = m(\text{Fe}) / A(\text{Fe}); \quad n(\text{Fe}) = 16,8 / 56 = 0,3 \text{ моль.}$$

Количество вещества железа и водорода в данном уравнении реакции равны между собой. Следовательно, количество вещества водорода также равно 0,3 моль.

Вычислим объем водорода:

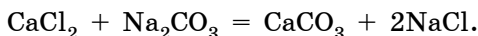
$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_A; \quad V(\text{H}_2) = 0,3 \cdot 22,4 = 6,72 \text{ л.}$$

С точностью до десятых: 6,7 л.

Ответ: 6,7 л.

8. Масса осадка, который образуется в результате взаимодействия 40,0 г хлорида кальция с избытком карбоната натрия, равна _____ г. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Составляем уравнение реакции:



Согласно уравнению химической реакции, составим пропорцию и решим ее:

$$111 \text{ г (CaCl}_2\text{)} - 100 \text{ г (CaCO}_3\text{)};$$

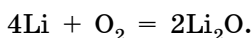
$$40 \text{ г (CaCl}_2\text{)} - x \text{ г (CaCO}_3\text{)};$$

$$x = 40 \cdot 100 / 111 = 36,0 \text{ г.}$$

Ответ: 36 г CaCO₃.

9. Масса оксида лития, которую можно получить при окислении 6 моль лития кислородом воздуха, равна _____ г.

Решение. Составляем уравнение реакции:



Из этого уравнения следует, что количество вещества оксида лития в два раза меньше, чем количество вещества лития, и равно $6/2 = 3$ моль.

Определяем массу оксида лития: $m(\text{Li}_2\text{O}) = 3 \cdot 30 = 90$ г.

Ответ: 90 г.

Расчеты объемных отношений газов при химических реакциях

Решение этого типа задач основано на знании газовых законов.

Закон Авогадро: в равных объемах различных газов при одинаковых условиях содержится одинаковое число молекул.

Следствия из закона Авогадро:

1. Одинаковое число молекул разных газов при одинаковых условиях будет занимать одинаковый объем;

2. При нормальных условиях (н. у.), т. е. при температуре 0 °С (273 К) и давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па (1 атм., 760 мм рт. ст.), моль любого газа занимает объем 22,4 л. Этот объем называют **молярным объемом газа** при н. у. (V_M), единица его измерения л/моль.

Молярный объем представляет собой частное от деления объема газа на количество вещества газа:

$$V_M = V(X)/n(X).$$

Плотность газа при нормальных условиях можно определить по формуле:

$$\rho(X) = M(X)/V_M,$$

где $\rho(X)$ — плотность газа, г/л; $M(X)$ — молярная масса газа, г/моль; V_M — молярный объем, л/моль.

При одинаковых внешних условиях плотности газов находятся в таком же соотношении, как и их молекулярные массы. Следовательно, если известны молекулярные массы двух газов, можно вычислить плотность одного газа по отношению к другому газу.

Относительной плотностью газа А по газу В, $D_B(A)$ называют отношение массы определенного объема одного газа к массе такого же объема другого газа в одних и тех же условиях:

$$D_B(A) = M(A)/M(B).$$

Объемная доля φ показывает долю объема данного компонента X от общего объема системы V:

$$\varphi(X) = V(X)/V \text{ или}$$

$$\varphi(X) = V(X) \cdot 100/V, \%$$

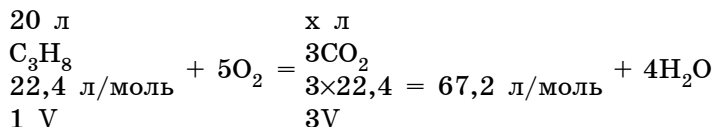
Закон объемных соотношений (Ж.-Л. Гей-Люссак, 1808 г.). Объемы газов, участвующих в реакции, относятся друг к другу как небольшие целые числа, равные коэффициентам в уравнении реакции.

Коэффициенты в уравнениях реакций показывают числа объемов реагирующих и образовавшихся газообразных веществ.

Рассмотрим несколько типовых задач. В контрольных измерительных материалах они идут под обозначением **В10**.

1. Объем углекислого газа, который образуется при сгорании 20 л пропана в избытке кислорода, равен _____ л. (Ответ запишите с точностью до целого числа.)

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



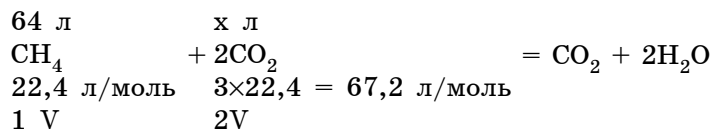
На основании закона объемных отношений вычисляем объем углекислого газа:

$$V(\text{CO}_2) = 3 \cdot V(\text{C}_3\text{H}_8)/1; V(\text{CO}_2) = 3 \cdot 20/1 = 60 \text{ л.}$$

Ответ: 60 л углекислого газа.

2. Объем воздуха, необходимый для сжигания 64 л метана равен _____ л. Ответ запишите с точностью до целого числа.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



На основании закона объемных отношений объем кислорода $V(\text{O}_2) = 2V(\text{CH}_4)$. Определяем объем кислорода, вступившего в реакцию:

$$V(\text{O}_2) = 2 \cdot 64 = 128 \text{ л.}$$

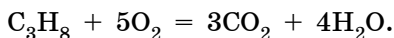
Определяем объем воздуха:

$V_{\text{возд.}} = V(\text{O}_2)/\phi; V_{\text{возд.}} = 128/0,21 = 609,5 \text{ л.}$ С учетом округления $V_{\text{возд.}} = 610 \text{ л.}$

Ответ: 610 л воздуха.

3. Объем воздуха, необходимый для сжигания пропана объемом 500 л, равен _____ м³. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что $V(\text{O}_2) = 5V(\text{C}_3\text{H}_8)$. Определяем объем кислорода, вступившего в реакцию:

$$V(\text{O}_2) = 5 \cdot 500 = 2500 \text{ л.}$$

Определяем объем воздуха:

$$V_{\text{возд.}} = V(\text{O}_2)/\phi; V_{\text{возд.}} = 2500/0,21 = 1,19 \cdot 10^4 \text{ л,}$$

или 11,9 м³. С учетом округления $V_{\text{возд.}} = 12 \text{ м}^3$.

Ответ: 12 м³ воздуха.

4. Объем кислорода, необходимый для каталитического окисления 400 л бутана в уксусную кислоту, равен _____ л.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



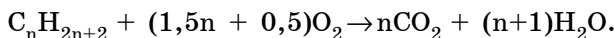
Из этого уравнения следует, что 2 объема бутана реагируют с 5 объемами кислорода, тогда объем кислорода, необходимый для окисления бутана, равен:

$$V(\text{O}_2) = 400 \cdot 5/2 = 1000 \text{ л}.$$

Ответ: 1000 л O_2 .

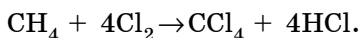
5. Для полного сгорания алкана требуется объем кислорода в раза больший, чем объем алкана. Определите объем хлороводорода, который образуется при полном хлорировании 22,4 л этого алкана.

Решение. Составляем уравнение реакции горения алкана:



По условию задачи $1,5n + 0,5 = 2$, отсюда $n = 1$, это метан.

Составляем уравнение хлорирования метана:

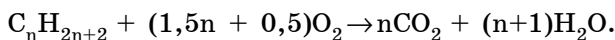


Из этого уравнения следует, что $V(\text{HCl}) = 4V(\text{CH}_4)$, следовательно, в результате реакции образуется $4 \cdot 22,4 = 89,6$ л хлороводорода.

Ответ: 89,6 л HCl .

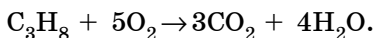
6. Для полного сгорания алкана требуется в 5 раз больший объем кислорода. Какой объем углекислого газа образуется в результате сгорания 44,8 л этого алкана?

Решение. Составляем в общем виде уравнение реакции сгорания алкана:



По условию задачи $1,5n + 0,5 = 5$, отсюда $n = 3$, это пропан.

Составляем уравнение реакции сгорания пропана:

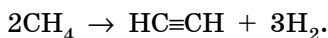


Из этого уравнения следует, что $V(\text{CO}_2) / V(\text{C}_3\text{H}_8) = 3/1$. Тогда $V(\text{CO}_2) = 3 \cdot 44,8/1 = 134,4$ л.

О т в е т: 134,4 л CO_2 .

7. Определите общий объем газов, которые образуются при частичном крекинге 1 м^3 метана с образованием ацетилена.

Р е ш е н и е. Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что из 2 объемов метана образуются 4 объема газов — продуктов реакции, т. е. объем газов увеличивается в 2 раза. Отсюда из 1 м^3 метана образуется $2 \cdot 1 = 2\text{ м}^3$ газов.

О т в е т: 2 м^3 .

Расчеты массовой или объемной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного

Выходом химической реакции называют отношение практического, т. е. полученного реально, количества продукта реакции к теоретическому, т. е. рассчитанному по уравнению реакции продукта. Выход реакции обозначают греческой буквой η (читается «эта») и определяют по формулам:

$$\eta = m_{\text{пр}}/m_{\text{теор}} \text{ (массовая доля выхода);}$$

$$\eta = m_{\text{пр}} \cdot 100/m_{\text{теор}} \text{ (в процентах);}$$

$$\eta = V_{\text{пр}}/V_{\text{теор}} \text{ (объемная доля выхода);}$$

$$\eta = V_{\text{пр}} \cdot 100/V_{\text{теор}} \text{ (в процентах).}$$

1. При разложении карбоната магния массой 33,6 г получено 7,2 л углекислого газа (н.у.). Определите выход реакции, %.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Вычисляем объем углекислого газа, который должен образоваться теоретически:

84 г (MgCO_3) образуют 22,4 л (CO_2),

33,6 г (MgCO_3) образуют x л (CO_2),

$$x = 33,6 \cdot 22,4 / 84 = 8,96 \text{ л.}$$

Определим выход реакции:

$$\eta = V_{\text{практ.}} \cdot 100 / V_{\text{теор.}}; \eta = 7,2 \cdot 100 / 8,96 = 80\%.$$

Ответ: 80%.

2. При каталитическом окислении бутана объемом 224 л получено 800 г уксусной кислоты. Определите выход продукта реакции, %.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Вычисляем количество вещества бутана: $n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 224 / 22,4 = 10$ моль.

Из уравнения реакции следует, что $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2n(\text{C}_4\text{H}_{10})$, следовательно, $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2 \cdot 10 = 20$ моль.

Вычисляем массу уксусной кислоты, которая должна образоваться теоретически: $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 20 \cdot 60 = 1200$ г.

Вычисляем выход продукта реакции:

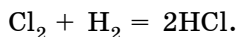
$$\eta(\text{CH}_3\text{COOH}) = m_{\text{теор.}} / m_{\text{практ.}};$$

$$\eta(\text{CH}_3\text{COOH}) = 800 \cdot 100 / 1200 = 66,7\%.$$

Ответ: 66,7%.

3. 5,0 л хлора (н.у.) вступили в реакцию с избытком водорода, при этом получено 7,6 л хлороводорода (н.у.). Вычислите выход реакции, %.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что $V(\text{HCl}) = 2V(\text{Cl}_2)$, т.е. $V(\text{HCl}) = 2 \cdot 5,0 = 10,0$ л.

Вычисляем выход реакции:

$$\eta = 7,6 \cdot 100/10 = 76\%.$$

Ответ: 76%.

4. Реакция образования бутадиена-1,3 из бутана идет с выходом 80%. Какой объем бутана (н.у., м³) необходимо взять для получения 1 тонны бутадиена-1,3?

Решение. Определим массу бутадиена-1,3, которая должна образоваться теоретически:

$$m_{\text{теор.}} = m_{\text{практ.}}/\eta; m_{\text{теор.}} = 1000/0,8 = 1250 \text{ кг.}$$

Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что $n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = n(\text{C}_4\text{H}_6)$. Вычисляем $n(\text{C}_4\text{H}_{10})$:

$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 1250/54 = 23,15$ кмоль. В этом уравнении 54 кг/моль – молярная масса бутадиена.

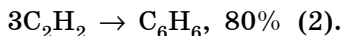
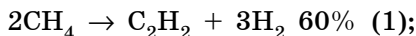
Вычисляем объем н-бутана:

$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 23,15 \cdot 22,4 = 518,5 \text{ м}^3.$$

Ответ: 518,5 м³.

5. Реакция образования ацетилена из метана прошла с выходом 60%; реакция тримеризации ацетилена с образованием бензола – с выходом 80%. Какой объем метана (н. у.) необходимо взять для получения 200 г бензола?

Решение. Способ 1. Составляем уравнения химических реакций:



Вычисляем массу бензола, которая должна образоваться теоретически:

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 200/0,8 = 250 \text{ г.}$$

Вычисляем объем ацетилена, вступившего в реакцию:

Из 67,2 л (C_2H_2) образуется 78 г (C_6H_6).

Из x л (C_2H_2) образуется 250 г (C_6H_6).

$$x = 215,4 \text{ л.}$$

Вычислим объем ацетилена, который теоретически должен образоваться по реакции (1):

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 215,4/0,6 = 359 \text{ л.}$$

Из уравнения реакции (1) следует, что $V(\text{CH}_4) = 2V(\text{C}_2\text{H}_2)$;
 $V(\text{CH}_4) = 2 \cdot 359 = 718 \text{ л.}$

Способ 2. Вычислим количество вещества бензола:

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = 200/78 = 2,564 \text{ моль.}$$

По совокупности уравнений химических реакций (1) и (2) для образования 1 моль бензола требуется 6 моль метана, т.е. $n(\text{CH}_4)_{\text{теор.}} = 6 \cdot 2,564 = 15,384 \text{ моль.}$ В этом случае общий выход химических реакций по двум стадиям равен произведению выходов химических реакций по стадиям:

$$\eta_{\text{общ.}} = \eta_1 \cdot \eta_2; \eta_{\text{общ.}} = 0,6 \cdot 0,8 = 0,48.$$

Отсюда $n(\text{CH}_4)_{\text{теор.}} = 15,384/0,48 = 32,05 \text{ моль;}$ $V(\text{CH}_4) = 32,05 \cdot 22,4 = 718 \text{ л.}$

Ответ: 718 л.

6. Вычислите массу железного колчедана, содержащего в своем составе 80% FeS_2 , необходимую для производства 400 кг 60%-ной серной кислоты. Общий выход реакции получения серной кислоты равен 75%. Ответ округлите до целого числа.

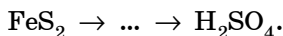
Решение. Вычислим массу 100%-ной серной кислоты:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,6 \cdot 400 = 240 \text{ кг.}$$

Поскольку образование серной кислоты из колчедана проходит с 75%-ным выходом, то масса серной кислоты, которая должна образоваться теоретически, равна

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{теор.}} = 240/0,75 = 320 \text{ кг.}$$

В соответствии с законом сохранения массы вне зависимости от способа получения серной кислоты масса серы в колчедане и серной кислоте будет одинаковой:



FeS_2 имеет молярную массу 120 кг/моль и содержит в своем составе $2 \cdot 32 = 64$ кг серы; H_2SO_4 имеет молярную массу 98 кг/моль и содержит в своем составе 32 кг серы. Отсюда

$$120 \text{ кг}(\text{FeS}_2) \text{ образуется } 196 \text{ кг}(\text{H}_2\text{SO}_4);$$

$$x \text{ кг}(\text{FeS}_2) \text{ образуется } 320 \text{ кг}(\text{H}_2\text{SO}_4).$$

$x = 120 \cdot 320/196 = 195,9$ кг. С учетом округления — 60 кг.

Ответ: 160 кг FeS_2 .

Расчеты массовой доли (массы) химического соединения в смеси

Массовой долей химического соединения в смеси называют отношение массы данного вещества в смеси к массе всей смеси. Ее обозначают символом ω (омега) и вычисляют по формуле:

$$\omega(X) = m(X)/M_{\text{смеси}},$$

где $\omega(X)$ — массовая доля вещества X,

$m(X)$ — его масса;

$M_{\text{смеси}}$ — масса смеси.

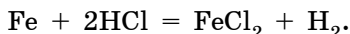
Массовая доля является величиной безразмерной. Ее выражают в долях от единицы или в процентах, если долю от единицы умножить на 100:

$$\omega(X) = m(X) \cdot 100\% / M_{\text{смеси}},$$

Рассмотрим несколько типовых заданий.

1. Смесь 15 г железных и медных опилок обработали избытком разбавленной соляной кислоты, при этом получили 4,48 л газа (н.у.). Вычислите массовую долю железа в смеси, %.

Решение. С разбавленной соляной кислотой реагирует только железо:



Вычисляем $n(\text{H}_2)$:

$$n(\text{H}_2) = 4,48/27,4 = 0,2 \text{ моль}.$$

Из уравнения реакции следует, что количество вещества железа и водорода равны между собой. Вычисляем массу железа в смеси:

$$m(\text{Fe}) = 0,2 \cdot 56 = 11,2 \text{ г}.$$

Вычисляем массовую долю железа в смеси:

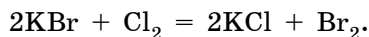
$$\omega(\text{Fe}) = m(\text{Fe})/M_{\text{смеси}};$$

$$\omega(\text{Fe}) = 11,2 \cdot 100/15 = 74,7\%.$$

Ответ: 74,7%.

2. Смесь бромида калия и хлорида калия общей массой 134 г растворили в воде и пропустили через нее избыток хлора. Реакционную массу выпарили и прокалили до постоянной массы, которая оказалась равна 111,75 г. Определите состав исходной смеси.

Решение. Хлорид калия в реакцию с хлором не вступает, бромид калия под действием хлора переходит в хлорид калия:



Из уравнения следует, что если в реакцию вступает 1 моль KBr , то уменьшение массы составит $119 - 74,5 = 44,5$ г, где 119 и 74,5 — относительные молярные массы бромида и хлорида калия соответственно.

Вычислим, на сколько уменьшилась масса исходной смеси:

$$\Delta(m) = 134 - 111,75 = 22,25 \text{ г.}$$

Это уменьшение обусловлено переходом бромида калия в хлорид калия. Вычислим количество вещества и массу KBr, вступившего в реакцию.

Реагирует 1 моль KBr — уменьшение массы на 44,5 г.

Реагирует x моль KBr — уменьшение массы на 22,25 г.

$$x = 22,25 \cdot 1/44,5 = 0,5 \text{ моль.}$$

$$m(\text{KBr}) = 0,5 \cdot 119 = 59,5 \text{ г.}$$

Определим $\omega(\text{KBr})$ и $\omega(\text{KCl})$:

$$\omega(\text{KBr}) = 59,5 \cdot 100/134 = 44,4\%;$$

$$\omega(\text{KCl}) = 100 - 44,4 = 55,6\%.$$

Ответ: $\omega(\text{KBr})$ 44,4%, $\omega(\text{KCl})$ 55,6%.

Тепловой эффект химической реакции. Термохимические уравнения. Расчеты теплового эффекта реакции

Тепловым эффектом химической реакции называют количество теплоты, выделенное или поглощенное в ходе химической реакции при условии, что температура продуктов реакции равна температуре исходных веществ.

Термохимическими уравнениями называют химические уравнения, в которых приводят тепловые эффекты реакций. Тепловой эффект обозначают символом Q (или ΔH), выражают в джоулях (Дж) или килоджоулях (кДж) и относят к количеству вещества, определенному в уравнении реакции.

В термохимических уравнениях указывают агрегатное состояние веществ (кристаллическое, жидкое, газообразное и т. д.). Следует подчеркнуть, что в термохимических уравнениях могут стоять дробные коэффициенты. Тепловой эффект реакции зависит от температуры и давления, поэтому,

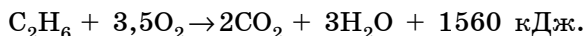
как правило, его приводят для стандартных условий, т. е. температуры 298 К и давления 101,3 кПа.

Тепловой эффект химической реакции рассчитывают по термохимическому уравнению.

Рассмотрим несколько типовых задач.

1. Теплота сгорания этана равна 1560 кДж/моль. Какое количество тепла выделится при сгорании 2 м³ этана?

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Составим пропорцию:

$$1 \text{ моль (22,4 л) (C}_2\text{H}_6) - 1560 \text{ кДж;}$$

$$2 \text{ м}^3 \text{ (2000 л) (C}_2\text{H}_6) - x \text{ кДж;}$$

$$x = 2000 \cdot 1560 / 22,4 = 1,39 \cdot 10^5 \text{ кДж.}$$

Ответ: $1,39 \cdot 10^5$ кДж.

2. Теплота сгорания магния равна 600 кДж. Какое количество тепла выделится при сжигании порции магния, содержащей $1,806 \cdot 10^{24}$ электронов?

Решение. Порядковый номер магния в Периодической системе – 12, следовательно, в его атоме содержится 12 электронов, а в 1 моль магния $12 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,224 \cdot 10^{24}$ электронов. Определяем количество вещества магния, вступившего в реакцию:

$$n(\text{Mg}) = 1,806 \cdot 10^{24} / 7,224 \cdot 10^{24} = 0,25 \text{ моль.}$$

Составляем пропорцию:

$$1 \text{ моль (Mg)} - 600 \text{ кДж;}$$

$$0,25 \text{ моль (Mg)} - x \text{ кДж;}$$

$$x = 0,25 \cdot 600 / 1 = 150 \text{ кДж.}$$

Ответ: 150 кДж.

3. При нейтрализации 11,2 г гидроксида калия соляной кислотой выделилось 11,4 кДж тепла. Составьте термохимическое уравнение этой реакции.

Решение. Определяем количество вещества гидроксида калия:

$$n(\text{KOH}) = 11,2/56 = 0,2 \text{ моль.}$$

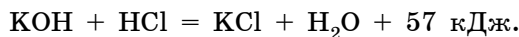
Составляем пропорцию:

$$0,2 \text{ моль (KOH)} - 11,4 \text{ кДж};$$

$$1 \text{ моль (KOH)} - x \text{ кДж};$$

$$x = 1 \cdot 11,4/0,2 = 57 \text{ кДж.}$$

Следовательно, термохимическое уравнение будет иметь вид:



4. Теплота сгорания серы равна 297 кДж/моль. Определите массу сгоревшей серы, если при этом выделилось 1336,5 кДж теплоты.

Решение. Составим пропорцию:

$$32 \text{ г (1 моль (S))} - 297 \text{ кДж};$$

$$x \text{ г (S)} - 1336,5 \text{ кДж};$$

$$x = 1336,5 \cdot 32/297 = 144 \text{ г.}$$

Ответ: 144 г S.

5. Теплота сгорания метана равна 890 кДж/моль. Теплота сгорания пропана равна 2220 кДж/моль. Определите объем метана, при сгорании которого выделится столько же тепла, сколько при сгорании 100 л пропана.

Решение. Определим количество тепла, которое выделится при сгорании 100 л пропана:

$$22,4 \text{ л (1 моль (C}_3\text{H}_8\text{))} - 2220 \text{ кДж};$$

$$100 \text{ л (C}_3\text{H}_8\text{)} - x \text{ кДж};$$

$$x = 100 \cdot 2220/22,4 = 9911 \text{ кДж.}$$

Определим объем метана, при сгорании которого выделится 9911 кДж тепла:

$$22,4 \text{ л (1 моль) (CH}_4\text{)} - 890 \text{ кДж};$$

$$x \text{ л (CH}_4\text{)} - 9911 \text{ кДж};$$

$$x = 9911 \cdot 22,4 / 890 = 249,4 \text{ л.}$$

О т в е т: 249,4 л метана.

ЗАДАЧИ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ (КАТЕГОРИЯ С)

Задания с *развернутым ответом* предусматривают комплексную проверку усвоения на профильном уровне нескольких (двух и более) элементов содержания из различных содержательных блоков. Они подразделяются на следующие типы:

— *задания*, проверяющие усвоение основополагающих элементов содержания, таких, например, как «окислительно-восстановительные реакции»;

— *задания*, проверяющие усвоение знаний о взаимосвязи веществ различных классов (на примерах превращений неорганических и органических веществ);

— *расчетные задачи*.

Задания с развернутым ответом ориентированы на проверку умений:

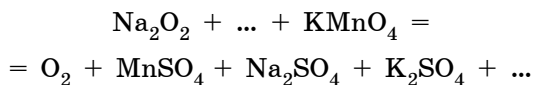
— *объяснять* обусловленность свойств и применения веществ их составом и строением; характер взаимного влияния атомов в молекулах органических соединений; взаимосвязь неорганических и органических веществ; сущность и закономерность протекания изученных типов реакций;

— *проводить* комбинированные расчеты по химическим уравнениям.

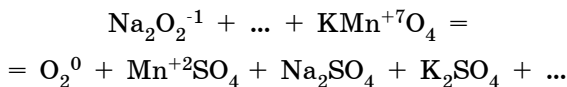
Реакции окислительно-восстановительные (С1)

При ответе на задания такого рода необходимо логически вычислить и обосновать пропущенные исходные вещества или продукты реакции.

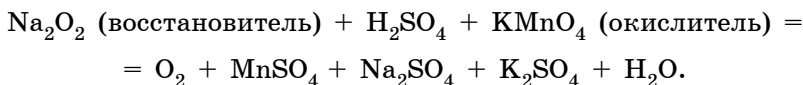
1. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



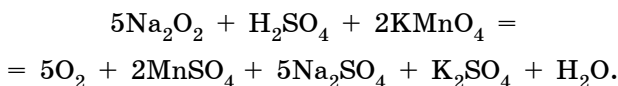
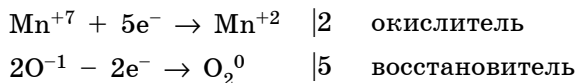
Проставляем степени окисления:



Очевидно, что окислителем является Mn^{+7} в молекуле перманганата калия, а восстановителем O^{-1} — в молекуле Na_2O_2 . Поскольку в правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы, то неизвестным веществом в левой части уравнения является серная кислота. Ионы водорода из нее должны в правой части уравнения перейти в молекулы воды:

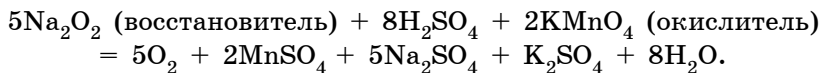


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

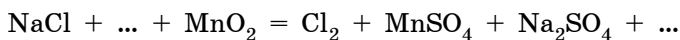


Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $2 + 1 + 5 = 8$. Следовательно, перед формулой серной кислоты следует поставить коэффициент 8. Число атомов водорода в левой части уравнения равно $8 \times 2 = 16$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $16/2 = 8$.

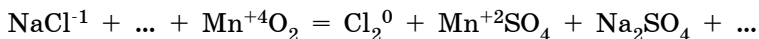
Окончательно получаем:



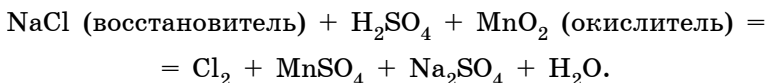
2. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



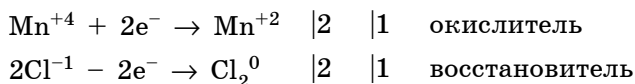
Проставляем степени окисления:



Очевидно, что окислителем является Mn^{+4} в оксиде марганца (IV), а восстановителем — Cl^{-1} в молекуле NaCl . Поскольку в правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы, то неизвестным веществом в левой части уравнения является серная кислота. Ионы водорода из нее должны в правой части уравнения перейти в молекулы воды:

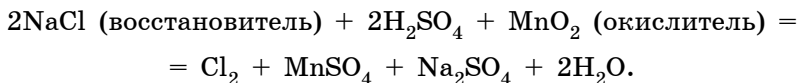


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

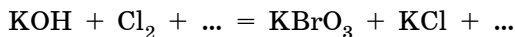


Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $1 + 1 = 2$. Следовательно, перед формулой серной кислоты следует поставить коэффициент 2. Число атомов водорода в левой части уравнения равно $2 \times 2 = 4$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $4/2 = 2$.

Окончательно получаем:



3. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:

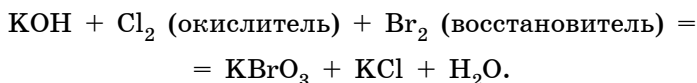


Проставляем степени окисления:

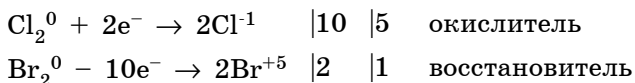


Хлор приобрел электроны, он является окислителем. В правой части имеется бром в степени окисления +5. Очевидно, что это — продукт окисления молекулы брома (неизвестное вещество в левой части). Тогда OH^- -ионы из моле-

кулы KOH должны перейти в молекулы воды (неизвестное вещество в правой части).

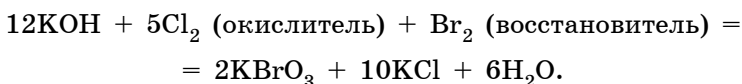


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

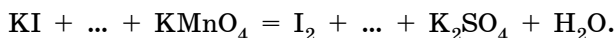


Подсчитаем число катионов калия в правой части. Оно равно $2 + 10 = 12$. Следовательно, перед формулой гидроксида калия нужно поставить коэффициент 12. Число атомов водорода в левой части уравнения равно 12. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $12/2 = 6$.

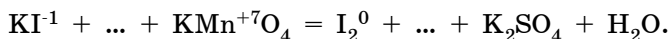
Окончательно получаем:



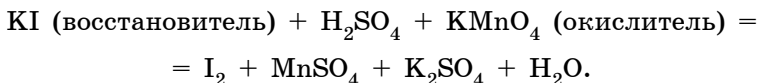
4. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



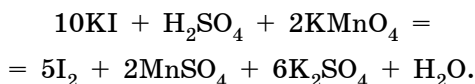
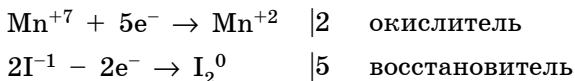
Проставляем степени окисления:



Очевидно, что окислителем является Mn^{+7} в молекуле перманганата калия, а восстановителем I^{-1} — в молекуле KI. Поскольку в правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы, то неизвестным веществом в левой части уравнения является серная кислота. В ходе окислительно-восстановительных реакций в кислой среде марганец из степени окисления +7 переходит в степень окисления +2 и связывается кислотным остатком серной кислоты в сульфат марганца (II):

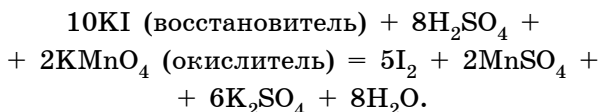


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

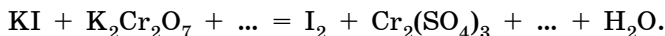


Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $2 + 6 = 8$. Следовательно, перед формулой серной кислоты нужно поставить коэффициент 8. Число атомов водорода в левой части уравнения равно $2 \times 8 = 16$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $16/2 = 8$.

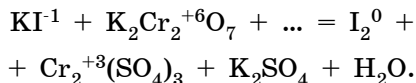
Окончательно получаем:



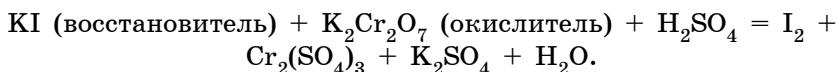
5. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



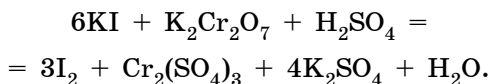
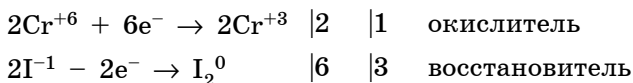
Проставляем степени окисления:



Очевидно, что окислителем является Cr^{+6} в молекуле бихромата калия, а восстановителем I^{-1} — в KI. Поскольку в правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы, то неизвестным веществом в левой части уравнения является серная кислота. В ходе реакции в кислой среде катион калия связывается кислотным остатком серной кислоты в сульфат калия:

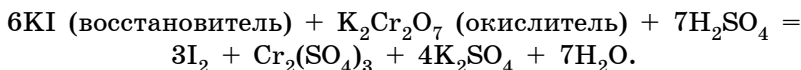


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

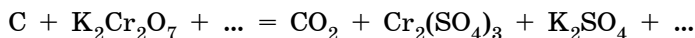


Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $3 + 4 = 7$. Следовательно, перед серной кислотой нужно поставить коэффициент 7. Число атомов водорода в левой части уравнения равно $2 \times 7 = 14$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $14/2 = 7$.

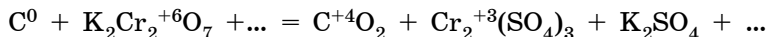
Окончательно получаем:



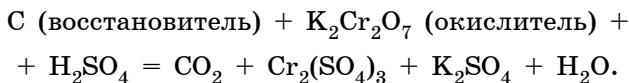
6. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



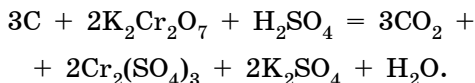
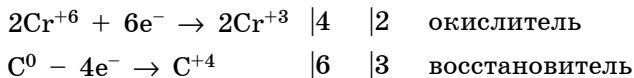
Проставляем степени окисления:



Очевидно, что окислителем является Cr^{+6} в молекуле бихромата калия, а восстановителем — атом углерода C^0 . Поскольку в правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы, то неизвестным веществом в левой части уравнения является серная кислота. В ходе реакции в кислой среде катионы водорода связываются в молекулы воды:

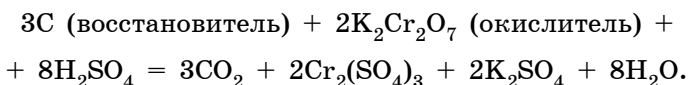


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

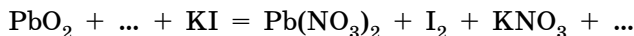


Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $6 + 2 = 8$. Следовательно, перед серной кислотой нужно поставить коэффициент 8. Число атомов водорода в левой части уравнения равно $2 \times 8 = 16$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $16/2 = 8$.

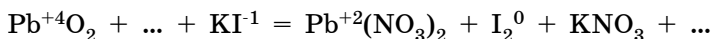
Окончательно получаем:



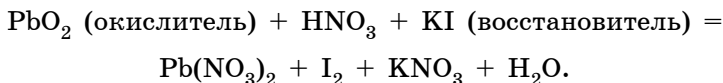
7. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



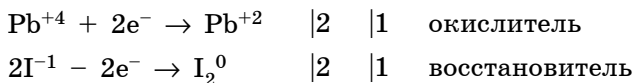
Проставляем степени окисления:

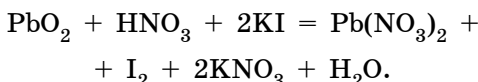


Очевидно, что окислителем является Pb^{+4} в молекуле оксида свинца (IV), а восстановителем — I^{-1} в йодиде калия. В правой части уравнения присутствуют нитрат-ионы. Следовательно, неизвестным веществом в левой части является азотная кислота. В ходе реакции в кислой среде катионы водорода связываются в молекулу воды (неизвестное вещество в правой части уравнения):



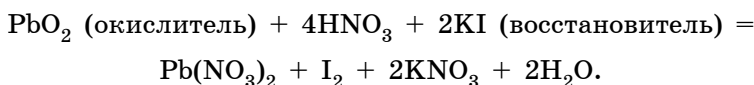
Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



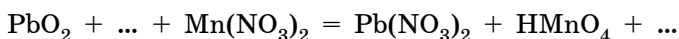


Подсчитаем число нитрат-ионов в правой части. Оно равно $2 + 2 = 4$. Следовательно, перед азотной кислотой нужно поставить коэффициент 4. Число атомов водорода в левой части уравнения равно $1 \times 4 = 4$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $4/2 = 2$.

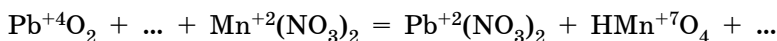
Окончательно получаем:



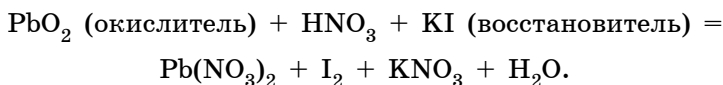
8. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



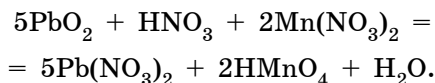
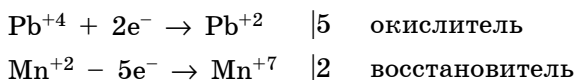
Проставляем степени окисления:



Очевидно, что окислителем является Pb^{+4} в оксиде свинца (IV), а восстановителем — Mn^{+2} в нитрате марганца. В правой части уравнения присутствуют нитрат-ионы и ионы водорода в кислоте HMnO_4 . Следовательно, неизвестным веществом в левой части является азотная кислота. В ходе реакции в кислой среде катионы водорода связываются в молекулу воды (неизвестное вещество в правой части уравнения):

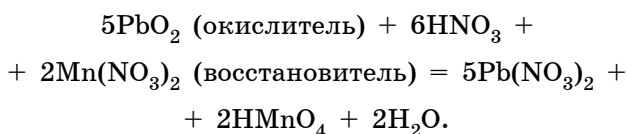


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



Подсчитаем число нитрат-ионов в правой части. Оно равно $5 \times 2 = 10$. При этом 4 нитрат-иона в левой части уравнения содержатся в нитрате марганца. Следовательно, перед азотной кислотой нужно поставить коэффициент $10 - 4 = 6$. Число атомов водорода в правой части уравнения равно $1 \times 2 = 2$ (марганцевая кислота). Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $(6 - 2)/2 = 2$.

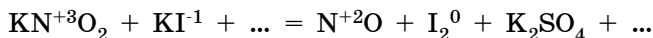
Окончательно получаем:



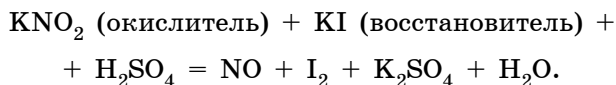
9. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



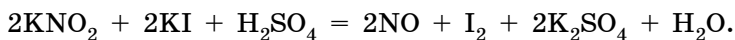
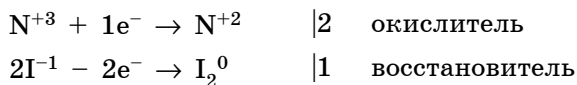
Проставляем степени окисления:



Очевидно, что окислителем является N^{+3} в молекуле нитрита калия, а восстановителем — I^{-1} в йодиде калия. В правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы. Следовательно, неизвестным веществом в левой части является серная кислота. В ходе реакции в кислой среде катионы водорода связываются в молекулу воды (неизвестное вещество в правой части уравнения):

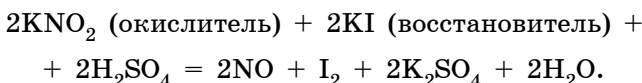


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $2 \times 1 = 2$. Следовательно, перед серной кислотой нужно поставить коэффициент 2. Число атомов водорода в правой части уравнения равно $2 \times 2 = 4$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $4/2 = 2$.

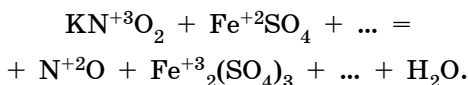
Окончательно получаем:



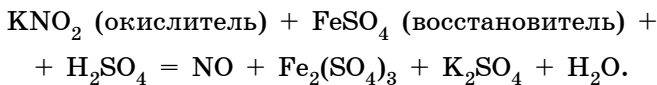
10. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



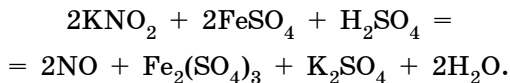
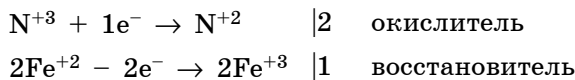
Проставляем степени окисления:



Очевидно, что окислителем является N^{+3} в молекуле нитрата калия, а восстановителем — Fe^{+2} в сульфате железа (II). В правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы. Следовательно, неизвестным веществом в левой части является серная кислота. В ходе реакции в кислой среде катионы калия связываются в молекулу сульфата калия (неизвестное вещество в правой части уравнения):



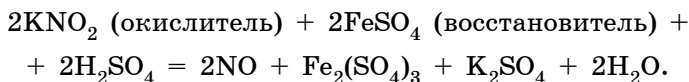
Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



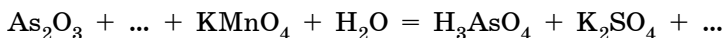
Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $3 + 1 = 4$. При этом два сульфат-иона входят в реакцию

в составе сульфата железа (II). Следовательно, перед серной кислотой нужно поставить коэффициент $4 - 2 = 2$. Число атомов водорода в правой части уравнения равно $2 \times 2 = 4$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $4/2 = 2$.

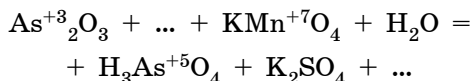
Окончательно получаем:



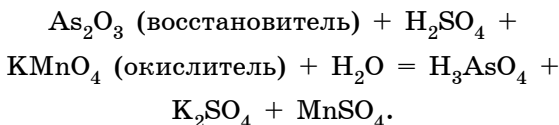
11. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



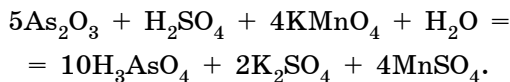
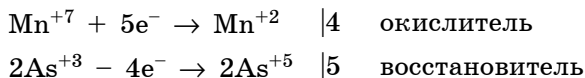
Проставляем степени окисления:



Очевидно, что окислителем является Mn^{+7} в молекуле перманганата калия, а восстановителем — As^{+3} в оксиде мышьяка (III). В правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы. Следовательно, неизвестным веществом в левой части является серная кислота. В ходе окислительно-восстановительной реакции в кислой среде Mn^{+7} переходит в Mn^{+2} (молекула сульфата марганца, неизвестное вещество в правой части уравнения):



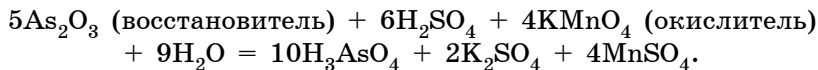
Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



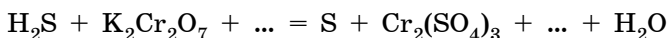
Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $2 + 4 = 6$. Следовательно, перед серной кислотой нужно

поставить коэффициент 6. Число атомов водорода в правой части уравнения равно $10 \times 3 = 30$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $(30 - 12)/2 = 9$.

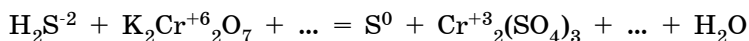
Окончательно получаем:



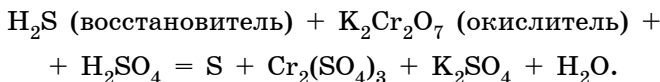
12. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



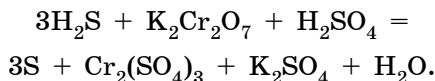
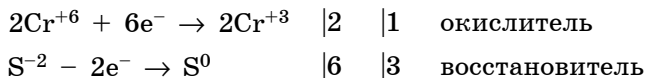
Проставляем степени окисления:



Окислителем является Cr^{+6} в молекуле бихромата калия, а восстановителем — S^{-2} в сероводороде. В правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы. Следовательно, неизвестным веществом в левой части является серная кислота. В ходе окислительно-восстановительной реакции в сернокислой среде катионы калия связываются в сульфат калия (неизвестное вещество в правой части уравнения):

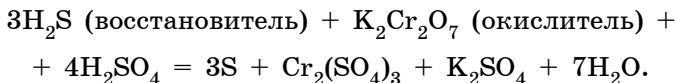


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

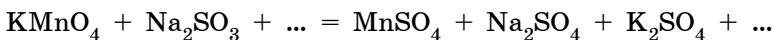


Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $3 + 1 = 4$. Следовательно, перед серной кислотой нужно поставить коэффициент 4. Общее число атомов водорода в левой части уравнения равно $6 + 8 = 14$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $14/2 = 7$.

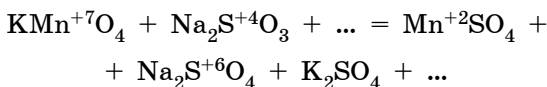
Окончательно получаем:



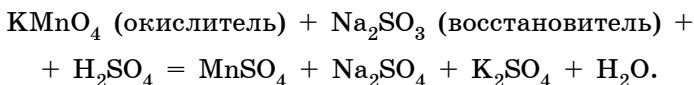
13. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



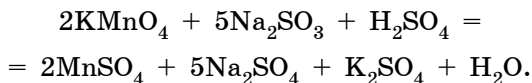
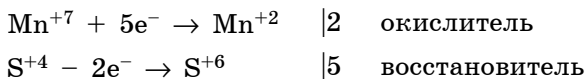
Проставляем степени окисления:



Окислителем является Mn^{+7} в молекуле перманганата калия, а восстановителем — S^{+4} в сульфите натрия. Марганец в ходе окислительно-восстановительных реакций изменяет свою степень окисления с +7 до +2, если процесс протекает в кислой среде. В правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы как продукты окисления Na_2SO_3 , а также из среды реакции. Следовательно, неизвестным веществом в левой части является серная кислота. Катионы водорода из серной кислоты будут связываться в молекулы воды (неизвестное вещество в правой части уравнения):



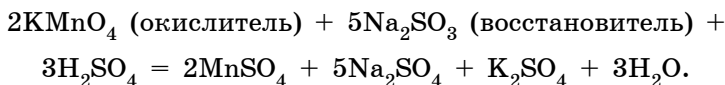
Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



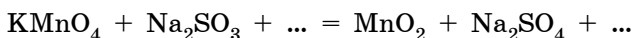
Подсчитаем число сульфат-ионов в правой части. Оно равно $2 + 1 = 3$ (число сульфат-ионов в молекуле сульфата

натрия при этом не учитываем, поскольку эти ионы образовались в результате окисления сульфита натрия). Следовательно, перед серной кислотой нужно поставить коэффициент 3. Общее число атомов водорода в левой части уравнения равно $3 \times 2 = 6$. Отсюда вычисляем коэффициент для воды: $6/2 = 3$.

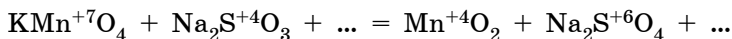
Окончательно получаем:



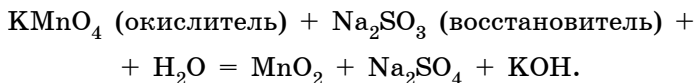
14. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



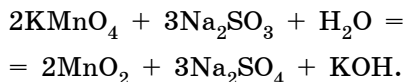
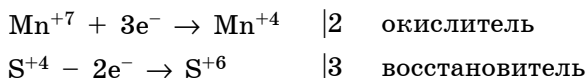
Проставляем степени окисления:



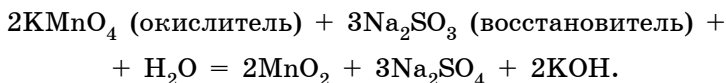
Окислителем является Mn^{+7} в молекуле перманганата калия, а восстановителем — S^{+4} в сульфите натрия. Марганец в ходе окислительно-восстановительных реакций изменяет свою степень окисления с +7 до +4, если процесс протекает в нейтральной среде. Следовательно, неизвестным веществом в левой части является вода. Катионы калия из перманганата калия в водной среде перейдут в гидроксид калия (неизвестное вещество в правой части уравнения):



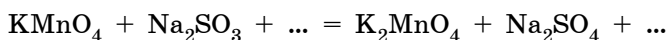
Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



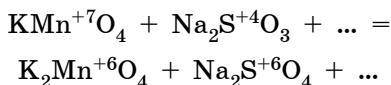
Подсчитаем число молекул гидроксида калия в правой части. Оно равно 2. Следовательно, коэффициент перед молекулой воды равен единице. Окончательно получаем:



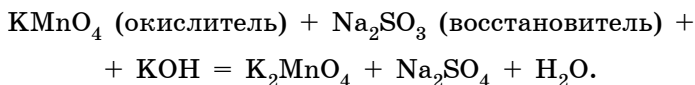
15. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



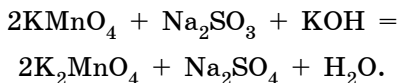
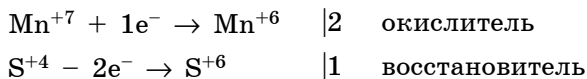
Проставляем степени окисления:



Окислителем является Mn^{+7} в молекуле перманганата калия, а восстановителем — S^{+4} в сульфите натрия. Марганец в ходе окислительно-восстановительных реакций изменяет свою степень окисления с +7 до +6, если процесс протекает в щелочной среде. Следовательно, неизвестным веществом в левой части является гидроксид калия, а неизвестным веществом в правой части уравнения будет молекула воды:



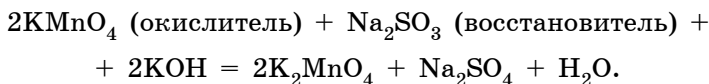
Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



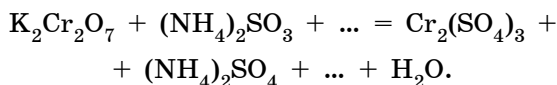
Число атомов калия в правой части равно $2 \times 2 = 4$. Следовательно, коэффициент перед гидроксидом калия в левой

части равен $4 - 2 = 2$. Коэффициент перед молекулой воды в правой части равен единице.

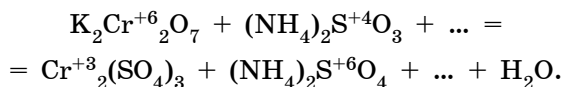
Окончательно получаем:



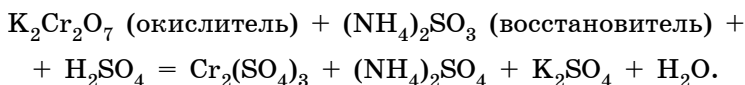
16. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



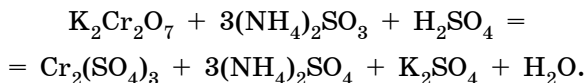
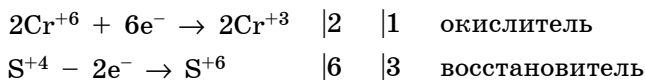
Проставляем степени окисления:



Окислителем является Cr^{+6} в молекуле бихромата калия, а восстановителем — S^{+4} в сульфите аммония. Поскольку в правой части уравнения присутствуют сульфат-ионы и вода, то очевидно, что неизвестным веществом в левой части уравнения является серная кислота. Катионы калия связываются в сульфат калия (неизвестное вещество в правой части уравнения):



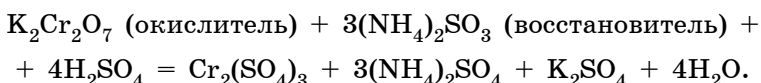
Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



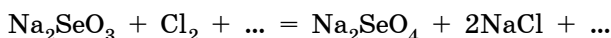
Число сульфат-ионов в правой части равно $3 + 1 = 4$ (сульфат-ионы в сульфате аммония не учитываются, поскольку они являются продуктами окисления сульфит-ионов.

Следовательно, коэффициент перед серной кислотой в левой части равен 4. Коэффициент перед молекулой воды в правой части также равен 4.

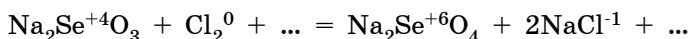
Окончательно получаем:



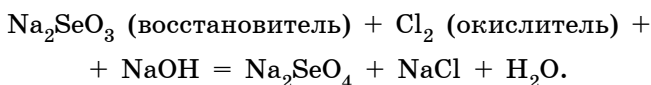
17. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



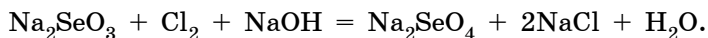
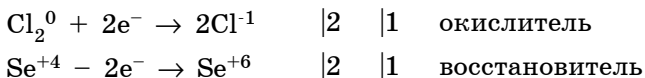
Проставляем степени окисления:



Окислителем является молекула хлора, а восстановителем — Se^{+4} в селените натрия. Поскольку в правой части схемы реакции присутствуют катионы натрия в количестве большем, чем в левой, то очевидно, что неизвестным веществом в левой части уравнения является гидроксид натрия, тогда неизвестным веществом в правой части уравнения будет вода:

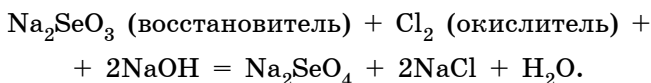


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

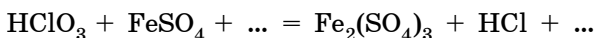


Число катионов натрия в правой части равно $2 + 2 = 4$. Следовательно, коэффициент перед гидроксидом натрия в левой части равен $4 - 2 = 2$. Коэффициент перед молекулой воды в правой части также равен 2.

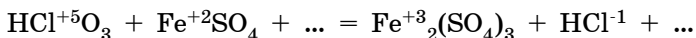
Окончательно получаем:



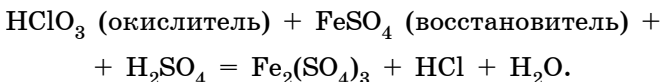
18. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



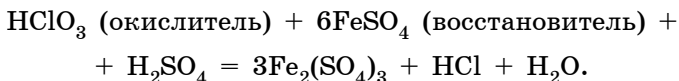
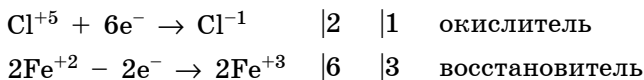
Проставляем степени окисления:



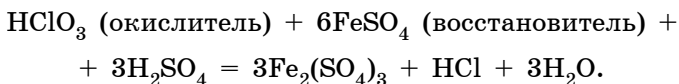
Окислителем является Cl^{+5} в $\text{HCl}^{+5}\text{O}_3$, а восстановителем — Fe^{+2} в сульфате железа (II). Поскольку в правой части схемы реакции присутствуют сульфат-ионы в количестве большем, чем в левой, то очевидно, что неизвестным веществом в левой части уравнения является серная кислота, тогда неизвестным веществом в правой части уравнения будет вода:



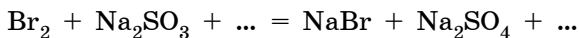
Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



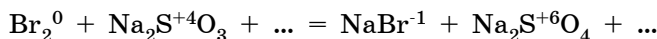
Число сульфат-ионов в правой части равно $3 \times 3 = 9$. Следовательно, коэффициент перед формулой серной кислоты в левой части равен $9 - 6 = 3$. Коэффициент перед молекулой воды в правой части также равен 3. Окончательно получаем:



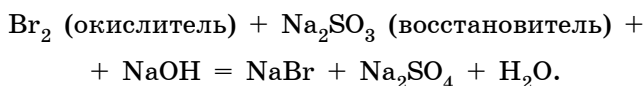
19. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



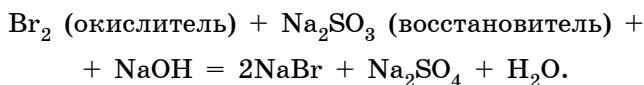
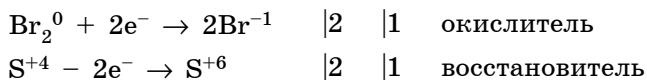
Проставляем степени окисления:



Окислителем является молекула брома, а восстановителем — S^{+4} в сульфите натрия. Поскольку в правой части схемы реакции присутствуют катионы натрия в количестве большем, чем в левой, то очевидно, что неизвестным веществом в левой части уравнения является гидроксид натрия, тогда неизвестным веществом в правой части уравнения будет вода:

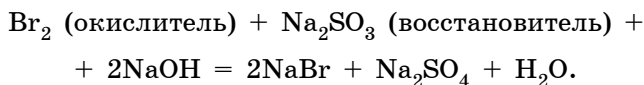


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

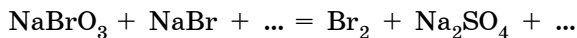


Число катионов натрия в правой части равно $2 + 2 = 4$. Следовательно, коэффициент перед гидроксидом натрия в левой части равен $4 - 2 = 2$. Коэффициент перед молекулой воды в правой части равен $2/2 = 1$.

Окончательно получаем:



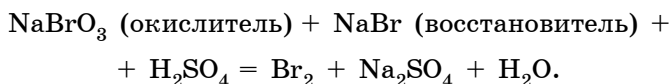
20. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



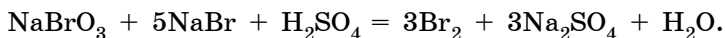
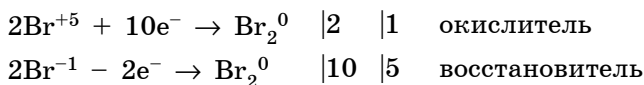
Проставляем степени окисления:



Окислителем является Br^{+5} в молекуле бромата натрия, а восстановителем — Br^{-1} в бромиде натрия. Этот процесс является реакцией конмутации. Поскольку в правой части схемы реакции присутствуют сульфат-ионы, то очевидно, что неизвестным веществом в левой части уравнения является серная кислота. Тогда неизвестным веществом в правой части уравнения будет вода:

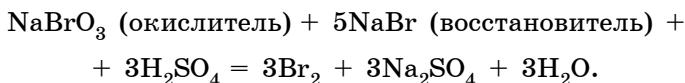


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

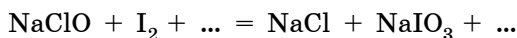


Число сульфат-ионов в правой части равно 3. Следовательно, коэффициент перед серной кислотой в левой части равен 3. Коэффициент перед молекулой воды в правой части также равен 3.

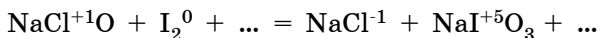
Окончательно получаем:



21. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:

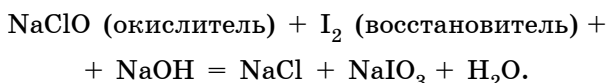


Проставляем степени окисления:

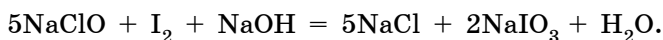
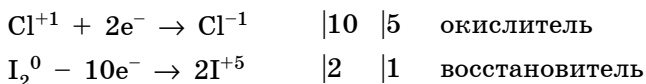


Окислителем является Cl^{+1} в молекуле гипохлорида натрия, а восстановителем — молекула I_2^0 . Поскольку в правой части схемы реакции присутствуют катионы натрия в количестве большем, чем в левой, то очевидно, что неизвестным веществом в левой части уравнения является гидроксид

натрия, тогда неизвестным веществом в правой части уравнения будет вода:

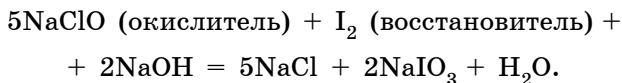


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

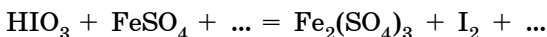


Число катионов натрия в правой части равно $2 + 5 = 7$. Следовательно, коэффициент перед гидроксидом натрия в левой части равен $7 - 5 = 2$. Коэффициент перед молекулой воды в правой части равен 1.

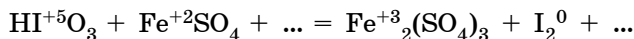
Окончательно получаем:



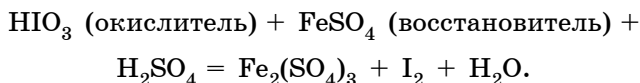
22. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



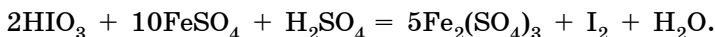
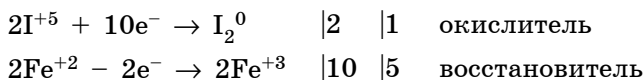
Проставляем степени окисления:



Окислителем является I^{+5} в йодноватой кислоте, а восстановителем — Fe^{+2} в сульфате железа (II). Поскольку в правой части схемы реакции присутствуют сульфат-ионы в количестве большем, чем в левой, то очевидно, что неизвестным веществом в левой части уравнения является серная кислота, тогда неизвестным веществом в правой части уравнения будет вода:

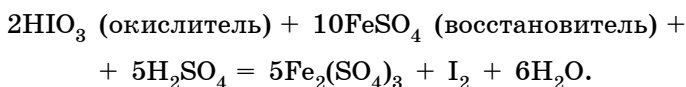


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:

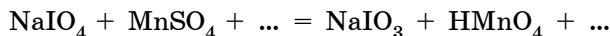


Число сульфат-ионов в правой части равно $5 \times 3 = 15$. Из них 10 входят в реакцию в составе сульфата железа (II). Следовательно, коэффициент перед серной кислотой в левой части равен $15 - 10 = 5$. Число атомов водорода в левой части уравнения $5 \times 2 + 2 \times 1 = 12$. Коэффициент перед молекулой воды в правой части равен $12/2 = 6$.

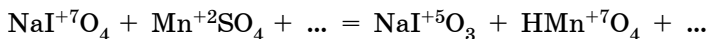
Окончательно получаем:



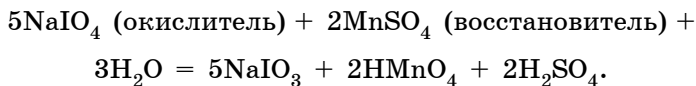
23. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель:



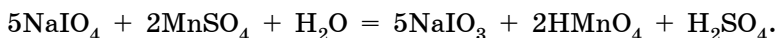
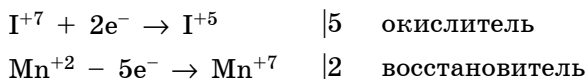
Проставляем степени окисления:



Окислителем является I^{+7} в молекуле метапериодата натрия, а восстановителем — Mn^{+2} в сульфате марганца (II). Поскольку в левой части схемы реакции присутствуют сульфат-ионы, а в правой — катионы водорода, очевидно, что неизвестным веществом в левой части уравнения является вода, а в правой — серная кислота:

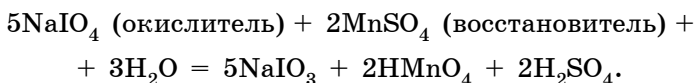


Составляем электронный баланс и проставляем основные коэффициенты в уравнение реакции:



Число сульфат-ионов в левой части равно 2. Следовательно, коэффициент перед серной кислотой в правой части равен 2. Коэффициент перед молекулой воды в левой части равен $(2 \times 1 + 2 \times 2)/2 = 3$.

Окончательно получаем:



Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических веществ (С2)

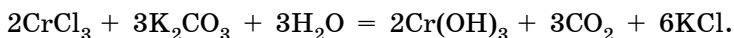
Задания этого типа предназначены для проверки знаний химических свойств основных классов неорганических веществ, а также общих закономерностей протекания химических реакций. В контрольных измерительных материалах такие задания идут под обозначением С2. Для ответа на них целесообразно использовать простейший прием: взять первое предложенное в задании соединение и рассмотреть возможность его взаимодействия с каждым из последующих веществ. Затем — рассмотреть возможные варианты взаимодействия второго из списка веществ с третьим и четвертым и т. д. При ответе на задания категории С2 следует иметь в виду, что дополнительно записанные (правильно или ошибочно) уравнения реакций не оцениваются.

И, конечно, при написании уравнений реакций следует помнить, что химические реакции идут до конца, если в их результате образуется осадок, газ, малодиссоциированное соединение или выделяется большое количество тепла.

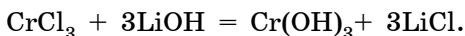
Рассмотрим несколько примеров.

1. Даны: хлорид хрома (III), поташ, бромоводородная кислота, гидроксид лития. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Берем первое вещество — хлорид хрома (III) и рассматриваем возможность его реакций с последующими веществами. Теоретически его взаимодействие с карбонатом калия должно привести к образованию хлорида калия и карбоната хрома. Однако последнее вещество не существует в водной среде и разлагается на гидроксид хрома (III) и углекислый газ. Следовательно, процесс совместного гидролиза можно описать уравнением:

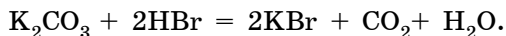


Хлорид хрома (III) может взаимодействовать с гидроксидом лития с образованием разных веществ в зависимости от соотношения между реагентами. Так, реакция при соотношении реагентов 1 : 3 приведет к образованию гидроксида хрома (III) и хлорида лития:

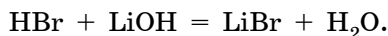


При соотношении 1 : 4 образуется тетрагидроксохромат лития и хлорид лития.

Бромоводородная кислота вытесняет угольную из ее солей:

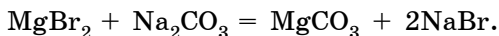


Бромоводородная кислота вступает с гидроксидом лития в реакцию нейтрализации:

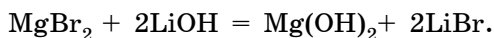


2. Даны: бромид магния, карбонат натрия, хлороводородная кислота, гидроксид лития. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

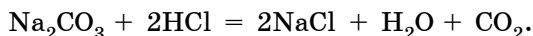
Берем первое вещество — бромид магния. С карбонатом калия он вступает в реакцию обмена с образованием нерастворимого осадка карбоната магния:



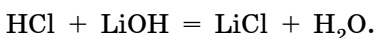
С гидроксидом лития также проходит обменная реакция с образованием нерастворимого гидроксида магния:



Хлороводородная кислота вытесняет угольную из ее солей:

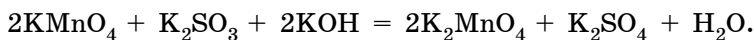


Реакция нейтрализации хлороводородной кислоты гидроксидом лития протекает по уравнению:

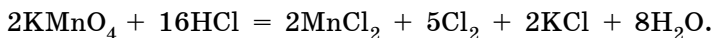


3. Даны: перманганат калия, сульфит калия, соляная кислота, гидроксид калия. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Берем первое вещество – перманганат калия. В щелочной среде он может окислить сульфит калия до сульфата по уравнению:



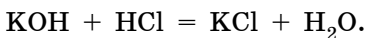
Перманганат калия реагирует с соляной кислотой по уравнению:



Соляная кислота может вытеснить сернистую из ее солей:

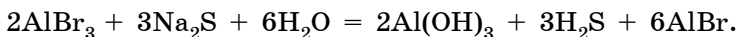


Реакция нейтрализации гидроксида калия соляной кислотой протекает по уравнению:



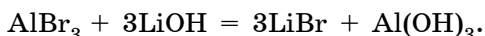
4. Даны: бромид алюминия, сульфид натрия, соляная кислота, гидроксид лития. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Взаимодействие сульфида натрия с бромидом алюминия в водной среде можно описать уравнением:



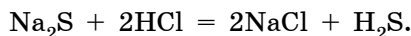
Бромид алюминия может взаимодействовать с гидроксидом лития с образованием разных веществ в зависимости от соотношения между реагентами. Так, реакция при соотно-

шении реагентов 1 : 3 приведет к образованию гидроксида алюминия и бромида лития:



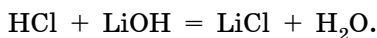
При соотношении 1 : 4 образуется тетрагидроксоалюминат лития и бромид лития.

Соляная кислота вытесняет сероводородную из ее солей:



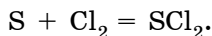
Возможно также образование смеси гидросульфида и хлорида натрия.

Нейтрализация соляной кислоты гидроксидом лития:



5. Даны: сера, хлор, бромид калия, гидроксид натрия. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

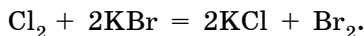
Хлорирование серы приведет к образованию хлорида серы (II):



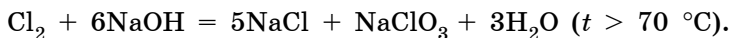
Диспропорционирование серы в горячей щелочи можно упрощенно описать уравнением:



Хлор способен вытеснить бром из бромидов:



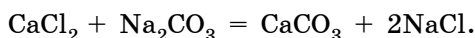
Диспропорционирование хлора в горячей щелочи идет по схеме:



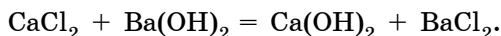
При температуре ниже 5 °С вместо хлората натрия образуется гипохлорит натрия.

6. Даны: хлорид кальция, карбонат натрия, бромоводородная кислота, гидроксид бария. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

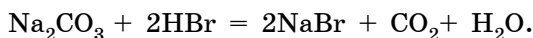
Реакция обмена между хлоридом кальция и карбонатом натрия происходит с образованием осадка карбоната кальция:



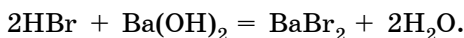
Взаимодействие хлорида кальция с гидроксидом бария приводит к образованию малорастворимого гидроксида кальция:



Бромоводородная кислота вытесняет угольную из ее солей:



Реакцию нейтрализации бромоводорода гидроксидом бария описывают уравнением:



7. Даны: сера, гидроксид калия, азотная кислота, бром. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

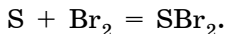
Сера диспропорционирует в концентрированном растворе гидроксида калия:



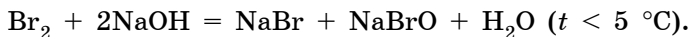
Окисление серы концентрированной азотной кислотой протекает по уравнению:



При бромировании серы образуется бромид серы (II):

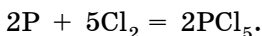


Диспропорционирование брома в гидроксиде натрия при охлаждении можно описать уравнением:



8. Даны: фосфор, хлор, азотная кислота, гидроксид лития. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

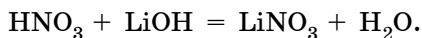
Окисление фосфора хлором в зависимости от соотношения между реагентами может привести к образованию хлорида фосфора (III) или хлорида фосфора (V):



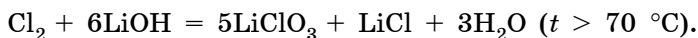
Окисление фосфора концентрированной азотной кислотой можно описать уравнением:



Нейтрализация азотной кислоты гидроксидом лития идет по следующему уравнению:

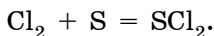


Диспропорционирование хлора в горячем растворе гидроксида лития:

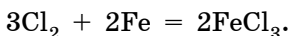


9. Даны: хлор, сера, железо, водород. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

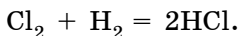
Окисление серы хлором приведет к образованию хлорида серы (II):



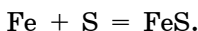
При взаимодействии железа с хлором единственным продуктом реакции является хлорид железа (III):



Взаимодействие хлора и водорода приведет к хлороводороду:

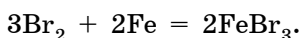


Железо при сплавлении с серой образует сульфид железа (II):

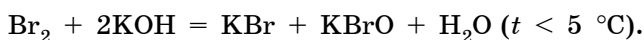


10. Даны: бром, железо, соляная кислота, гидроксид калия. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

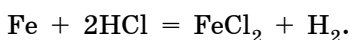
При взаимодействии железа с бромом образуется бромид железа (III):



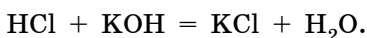
Диспропорционирование брома в растворе гидроксида калия при охлаждении можно описать уравнением:



Железо взаимодействует с раствором соляной кислоты с образованием хлорида железа (II):

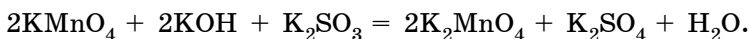


Взаимодействие соляной кислоты с гидроксидом калия:

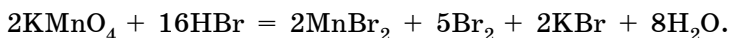


11. Даны: перманганат калия, сульфит калия, бромоводородная кислота, гидроксид калия. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

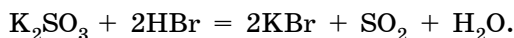
Перманганат калия в щелочной среде окисляет сульфит калия до сульфата калия:



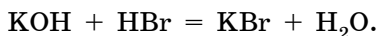
Перманганат калия вступает с бромоводородной кислотой в окислительно-восстановительную реакцию с образованием бромид марганца (II) и брома:



Бромоводородная кислота вытесняет сернистую кислоту из ее солей:

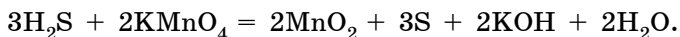


Нейтрализация гидроксида калия бромоводородной кислотой:

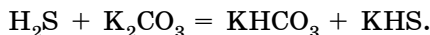


12. Даны: перманганат калия, сероводород, азотная кислота, йод, карбонат калия. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

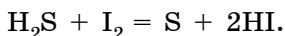
Перманганат калия способен окислить сероводород:



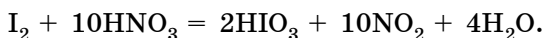
Взаимодействие сероводорода с карбонатом калия происходит следующим образом:



Йод окисляет сероводород до серы:

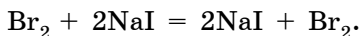


Окисление йода азотной кислотой идет с образованием йодноватой кислоты и оксида азота (IV):



13. Даны: бром, йодид натрия, карбонат натрия, серная кислота. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

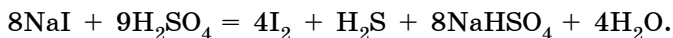
Бром вытесняет йод из его солей:



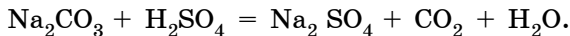
В концентрированном растворе соды бром вступает в реакцию диспропорционирования:



Концентрированная серная кислота окисляет йодиды до йода:

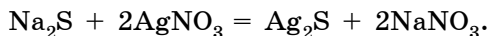


Серная кислота вытесняет угольную из ее солей:

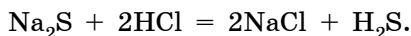


14. Даны: сульфид натрия, нитрат серебра, соляная кислота, пероксид водорода. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

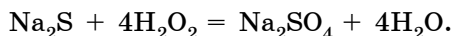
Сульфид натрия вступает с нитратом серебра в обменную реакцию с образованием осадка сульфида серебра:



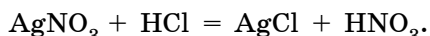
Соляная кислота вытесняет сероводородную из ее солей:



Пероксид водорода окисляет сульфид натрия до сульфата натрия:

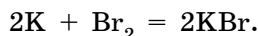


Нитрат серебра вступает в реакцию обмена с соляной кислотой с образованием осадка хлорида серебра:

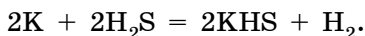


15. Даны: калий, бром, сероводород, азотная кислота. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

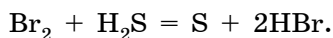
Калий активно реагирует с бромом с образованием бромида калия:



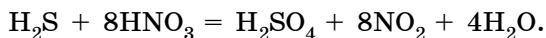
Реакция калия с сероводородом может идти с образованием сульфида или гидросульфида калия, например:



Бром окисляет сероводород:

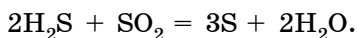


Концентрированная азотная кислота окисляет H_2S до серной кислоты. Продуктом восстановления является оксид азота (IV):

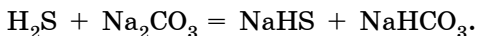


16. Даны: сероводород, оксид серы (IV), карбонат натрия, перманганат калия. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

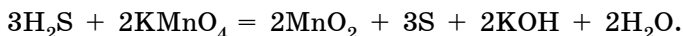
Взаимодействие сероводорода с оксидом серы (IV) приведет к образованию серы:



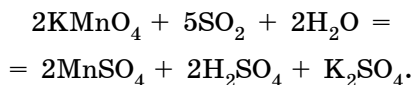
Реакция сероводорода с карбонатом натрия приведет к образованию смеси гидросульфида и гидрокарбоната натрия:



Перманганат калия окисляет сероводород до серы. Продуктом восстановления является оксид марганца (IV):

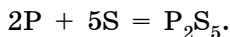


Окисление оксида серы (IV) перманганатом калия в водной среде приведет к образованию серной кислоты и сульфата марганца (II):



17. Даны: фосфор, сера, гидроксид натрия, азотная кислота. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Окисление фосфора серой в зависимости от соотношения между реагентами приведет к образованию сульфида фосфора (III) или сульфида фосфора (V):



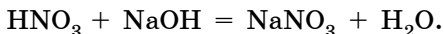
Концентрированная азотная кислота окисляет фосфор до фосфорной кислоты:



Концентрированная азотная кислота окисляет серу до серной кислоты:

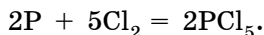


Нейтрализация азотной кислоты гидроксидом натрия:



18. Даны: фосфор, хлор, гидроксид калия, азотная кислота. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Взаимодействие фосфора с хлором в зависимости от соотношения между реагентами может привести к образованию хлорида фосфора (III) или хлорида фосфора (V):



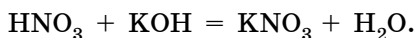
Диспропорционирование хлора в горячем растворе гидроксида калия:



Концентрированная азотная кислота окисляет серу до серной кислоты:

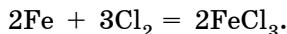


Нейтрализация азотной кислоты гидроксидом натрия:

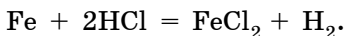


19. Даны: железо, хлор, соляная кислота, сера. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

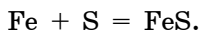
Взаимодействие железа с хлором приведет к образованию хлорида железа (III):



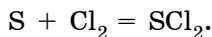
Взаимодействие железа с соляной кислотой приведет к образованию хлорида железа (II):



Реакция железа с серой при высокой температуре приведет к образованию сульфида железа (II):

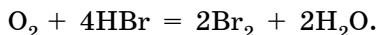


Окисление серы хлором приведет к образованию хлорида серы (II):

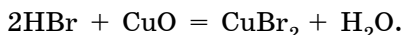


20. Даны: кислород, бромоводород, оксид меди (II), алюминий. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

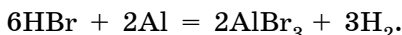
Кислород окисляет бромоводород до брома и воды:



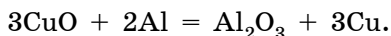
Реакция бромоводорода с оксидом меди (II) приведет к образованию бромида меди (II) и воды:



Реакция бромоводорода с алюминием приведет к образованию бромида алюминия и выделению водорода:

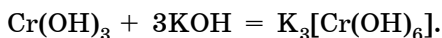
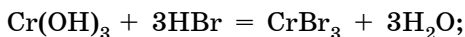


Алюминий восстанавливает оксид меди (II) до меди:

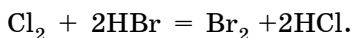


21. Даны: гидроксид хрома (III), бромоводородная кислота, хлор, гидроксид калия. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Гидроксид хрома (III) — амфотерное соединение, способное реагировать как с кислотами, так и с щелочами:



Взаимодействие хлора с бромоводородом приведет к образованию брома и хлороводорода:

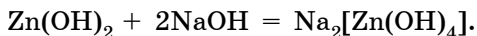
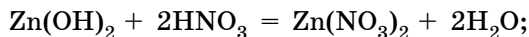


Диспропорционирование хлора в горячем растворе гидроксида калия идет так:

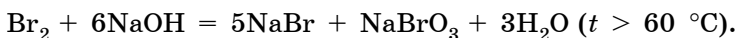
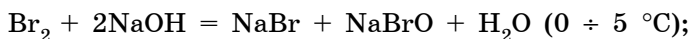


22. Даны: гидроксид цинка, азотная кислота, бром, гидроксид натрия. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Амфотерный гидроксид цинка способен реагировать как с кислотами, так и с щелочами:



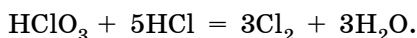
В зависимости от температуры реакция брома с раствором гидроксида натрия проходит по следующим направлениям:



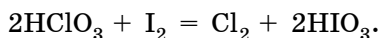
Азотная кислота может реагировать также с гидроксидом натрия.

23. Даны: хлорноватая кислота, соляная кислота, йод, гидроксид натрия. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

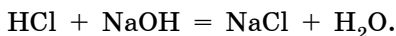
Хлорноватая кислота вступает с соляной кислотой в окислительно-восстановительную реакцию:



Хлорноватая кислота – сильный окислитель, способный окислить йод до йодноватой кислоты:



Нейтрализация соляной кислоты гидроксидом натрия:



Диспропорционирование йода в растворе гидроксида натрия при охлаждении:

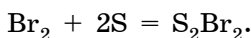


24. Даны: бром, йодид натрия, сера, азотная кислота. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Бром вытесняет йод из йодида натрия:



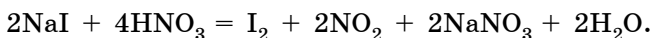
Взаимодействие серы с бромом в инертной атмосфере приведет к образованию бромида серы (I):



Окисление серы азотной кислотой приведет к серной кислоте:



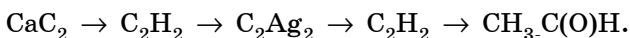
Концентрированная азотная кислота окисляет йодиды до йода:



Реакции, подтверждающие взаимосвязь органических соединений (С3)

При ответе на данные задания необходимо использовать знания основ органической химии. Именно за решения подобного рода цепочек превращений можно набрать максимальное число баллов на ЕГЭ.

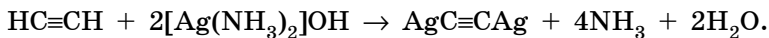
1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



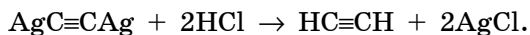
Реакция карбида кальция с водой приведет к образованию ацетилена и гидроксида кальция:



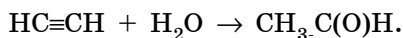
Взаимодействие ацетилена и аммиачного раствора оксида серебра даст ацетелинид серебра:



Под действием хлороводорода ацетелинид серебра превратится в ацетилен:



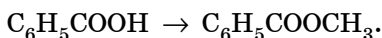
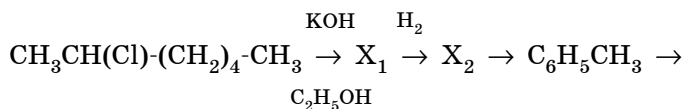
Гидратация ацетилена в присутствии солей ртути (реакция Кучерова) приведет к уксусному альдегиду:



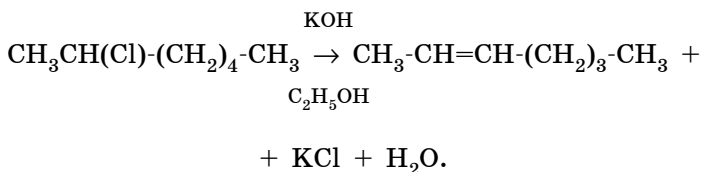
Реакция последнего с избытком метилового спирта даст ацеталь:



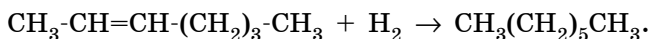
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



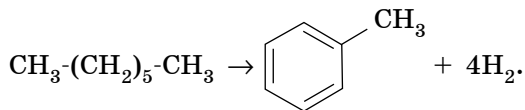
Дегидрогалогенирование 2-хлоргептана в щелочной среде приведет к гептену-2:



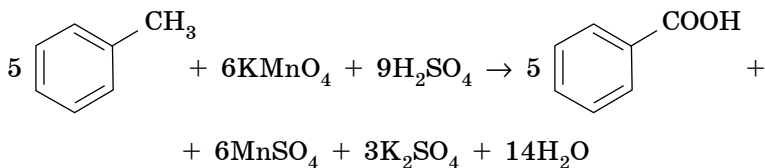
Гидрирование гептена-2 в присутствии катализатора даст н-гептан:



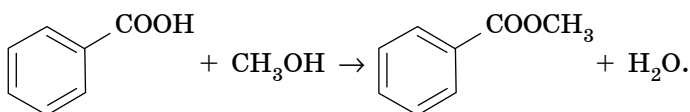
При повышенной температуре и в присутствии катализатора из н-гептана образуется толуол и выделяется водород:



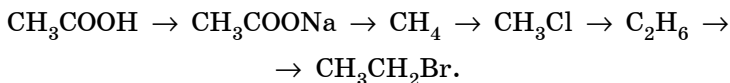
Окисление толуола перманганатом калия в кислой среде приведет к бензойной кислоте:



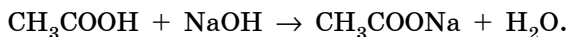
В результате ее этерификации образуется метиловый эфир бензойной кислоты и вода:



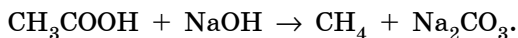
3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



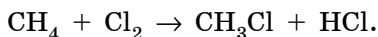
Нейтрализация уксусной кислоты гидроксидом натрия приведет к ацетату натрия:



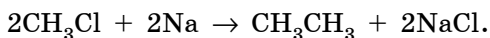
Реакция ацетата натрия с гидроксидом натрия при нагревании даст метан и карбонат натрия:



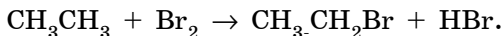
Хлорирование метана приведет к образованию хлористого метила:



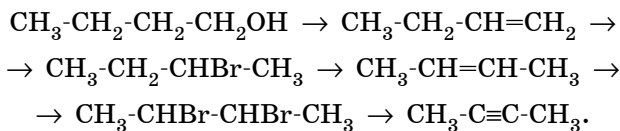
Хлористый метил вступает в реакцию Вюрца с образованием этана:



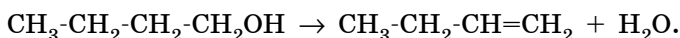
Бромирование последнего даст бромистый этил:



4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



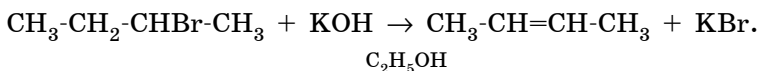
Каталитическая дегидратация бутанола-1 при повышенной температуре приведет к бутену-1:



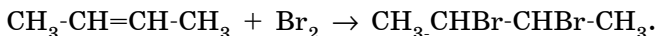
Взаимодействие бутена-1 с бромоводородом даст 2-бромбутан:



Реакция 2-бромбутана со спиртовым раствором щелочи приведет к бутену-2:



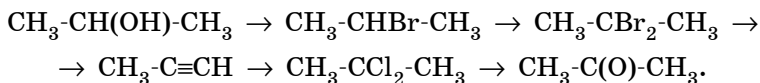
Бромирование бутена-2 даст 2,3-дибромбутан:



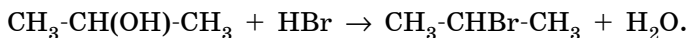
Обработка последнего избытком спиртового раствора щелочи даст бутин-2:



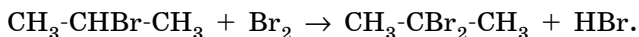
5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



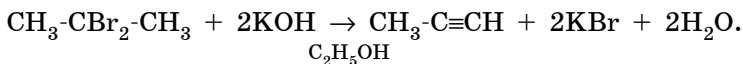
Взаимодействие пропанола-2 с избытком бромоводорода приведет к 2-бромпропану:



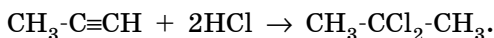
Бромирование 2-бромпропана даст 2,2-дибромпропан и бромоводород:



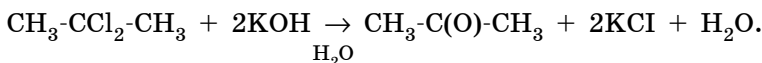
Под действием спиртового раствора щелочи 2,2-дибромпропан переходит в пропин:



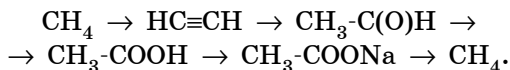
Из пропина и хлороводорода в четыреххлористом углероде образуется 2,2-дихлорпропан:



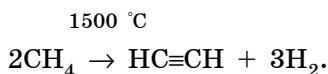
Реакция 2,2-дихлорпропана с водным раствором щелочи приведет к ацетону:



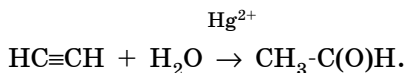
6. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



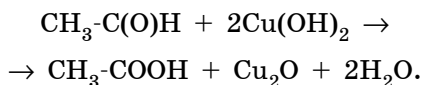
Термолиз метана при 1500 °С приведет к ацетилену:



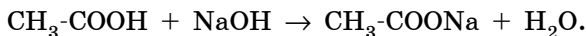
Ацетальдегид образуется из ацетилена по реакции Кучерова:



Окисление ацетальдегида раствором гидроксида меди даст уксусную кислоту:



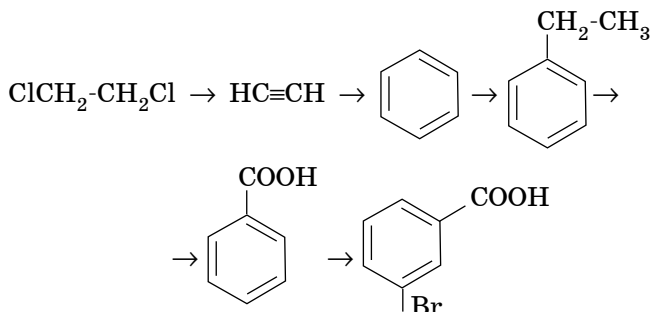
Нейтрализация уксусной кислоты гидроксидом натрия приведет к ацетату натрия:



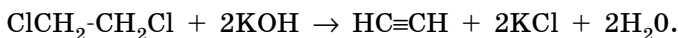
Нагревание ацетата натрия с гидроксидом натрия даст метан и карбонат натрия:



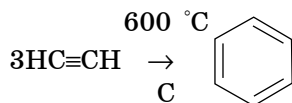
7. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



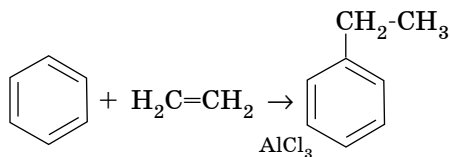
При взаимодействии 1,2-дихлорэтана со спиртовым раствором щелочи образуется ацетилен:



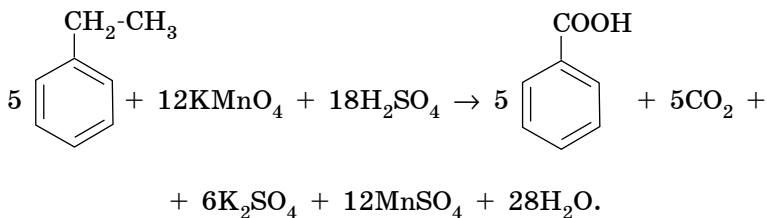
Тримеризация ацетилена при 600–650 °С на активированном угле даст бензол:



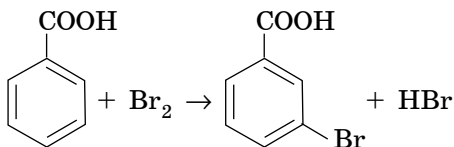
Алкилирование бензола этиленом приведет к этилбензолу:



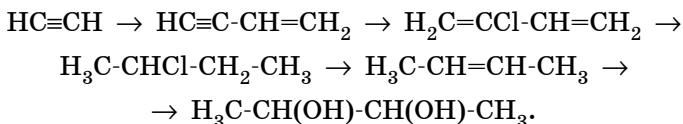
Окисление этилбензола перманганатом калия в кислой среде даст бензойную кислоту:



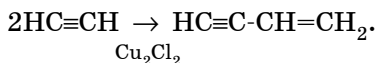
При бромировании бензойной кислоты образуется 3-бромбензойная кислота:



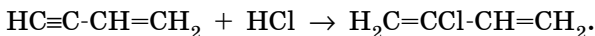
8. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



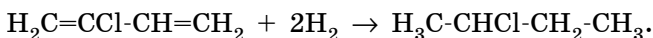
Димеризация ацетилена приведет к винилацетилену:



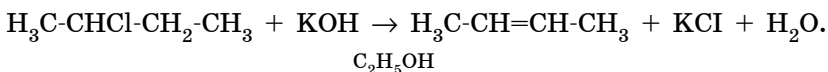
При взаимодействии винилацетилена и хлороводорода образуется хлоропрен:



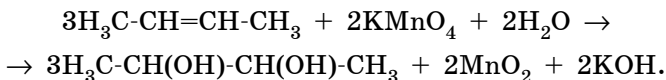
Каталитическое гидрирование хлоропрена даст 2-хлорбутан:



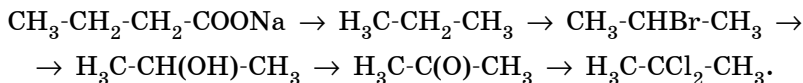
В результате реакции 2-хлорбутана со спиртовым раствором щелочи образуется бутен-2:



Окисление бутена-2 перманганатом калия в нейтральной среде приведет к бутандиолу-2,3:



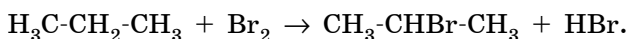
9. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



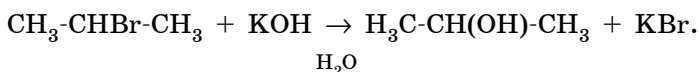
Декарбоксилирование бутирата натрия приведет к пропану:



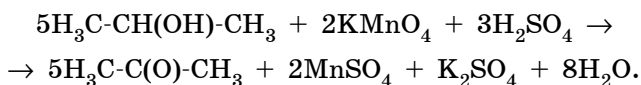
При бромировании пропана эквимольным количеством брома образуется 2-бромпропан:



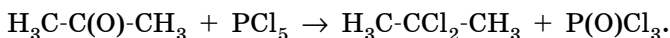
При взаимодействии 2-бромпропана с водным раствором гидроксида калия образуется пропанол-2:



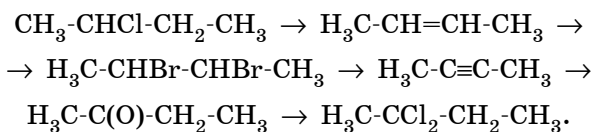
Окисление пропанола-2 перманганатом калия в кислой среде приведет к образованию ацетона:



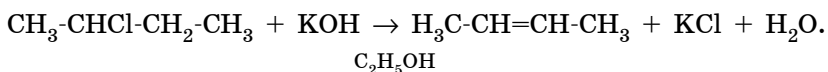
Реакция ацетона с хлоридом фосфора (V) даст 2,2-дихлорпропан:



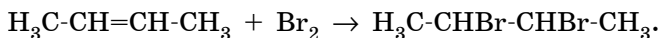
10. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



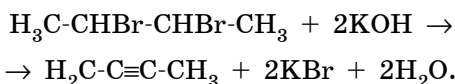
Дегидрохлорирование 2-хлорбутана в спиртовом растворе щелочи даст бутен-2:



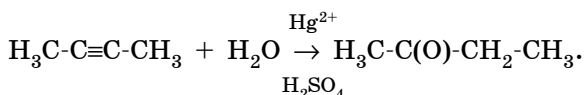
Взаимодействие бутена-2 с бромной водой или раствором брома в четыреххлористом углероде приведет к 2,3-дибромбутану:



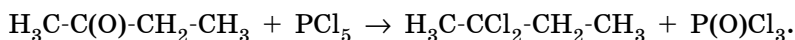
Из последнего под действием спиртового раствора щелочи образуется бутин-2:



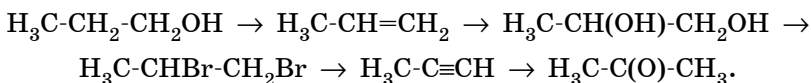
Гидратация бутина-2 приведет к бутанону-2:



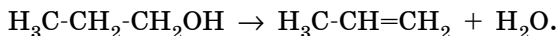
При взаимодействии последнего соединения с хлоридом фосфора (V) образуется 2,2-дихлорбутан:



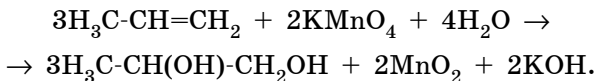
11. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



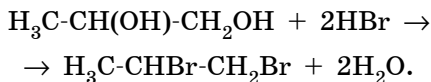
Дегидратация пропанола приведет к пропену:



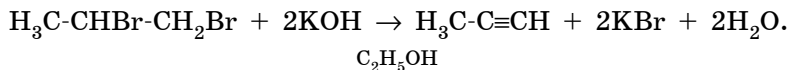
Окисление пропена перманганатом калия (реакция Вагнера) даст пропандиол-1,2:



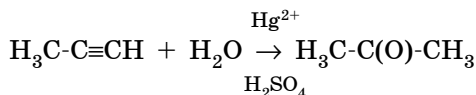
Под действием избытка бромоводорода это соединение перейдет в 1,2-дибромпропан:



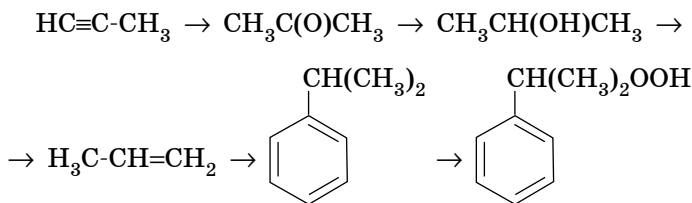
Из 1,2-дибромпропана действием спиртового раствора щелочи можно получить пропин:



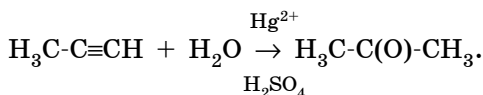
Взаимодействие пропина с водой (реакция Кучерова) приведет к ацетону:



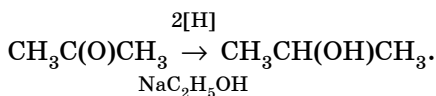
12. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



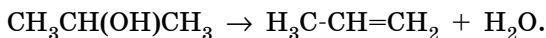
Гидратация пропина в присутствии солей ртути (реакция Кучерова) приведет к ацетону:



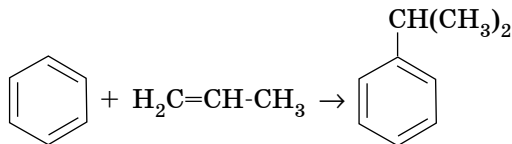
Восстановление ацетона алюмогидридом лития или натрием в этиловом спирте даст изопропиловый спирт:



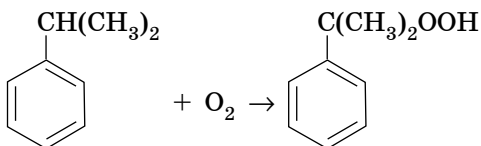
Дегидратация последнего приведет к пропену:



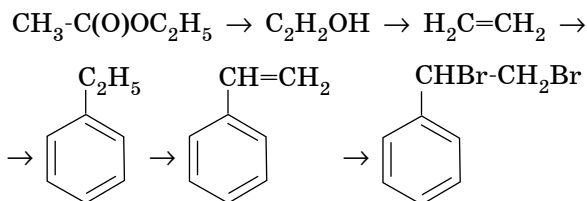
Алкилирование бензола пропеном даст изопропилбензол (кумол):



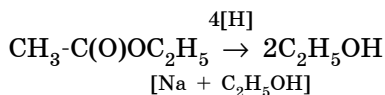
Окислением последнего может быть получена гидроперекись изопропилбензола:



13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



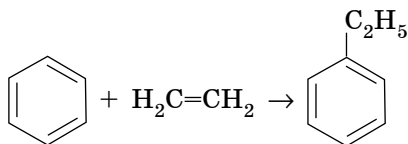
Восстановление этилацетата натрием в этаноле (восстановление по Буво-Блану) приведет к образованию этилового спирта:



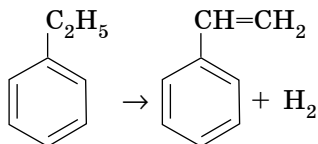
Дегидратация этанола даст этен:



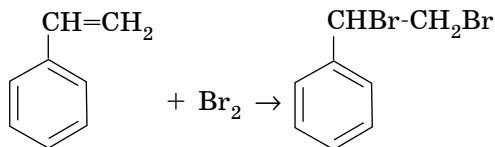
При каталитическом алкилировании бензола этеном образуется этилбензол:



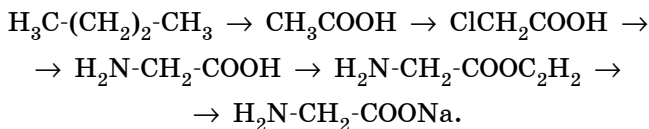
Дегидрированием последнего можно получить стирол:



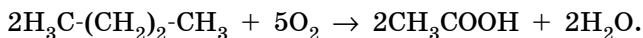
В результате бромирования стирола образуется 1,2-дибромэтилбензол:



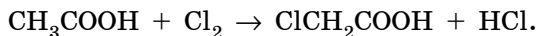
14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



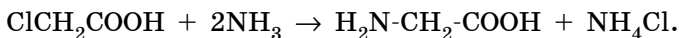
Каталитическое окисление бутана приведет к уксусной кислоте:



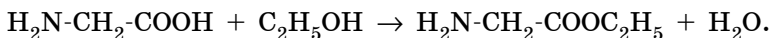
При хлорировании уксусной кислоты образуется хлоруксусная кислота:



Из хлоруксусной кислоты и аммиака образуется аминоксусная кислота:



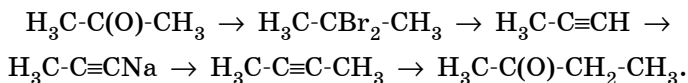
Этерификация аминоксусной кислоты даст этиловый эфир аминоксусной кислоты:



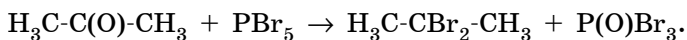
Щелочной гидролиз последнего приведет к натриевой соли аминоксусной кислоты:



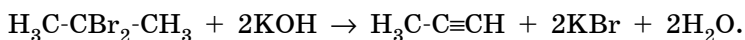
15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



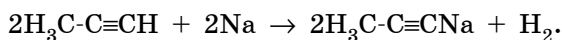
2,2-дибромпропан образуется при взаимодействии ацетона и бромид фосфора (V):



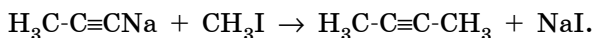
Взаимодействие 2,2-дибромпропана со спиртовым раствором щелочи приведет к пропиону:



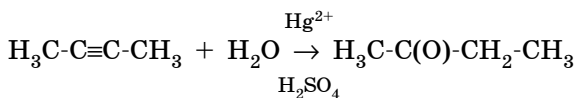
При взаимодействии последнего соединения с натрием образуется соль и водород:



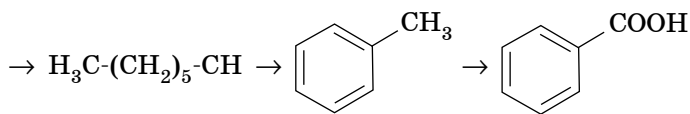
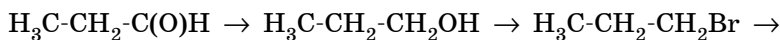
Реакция пропинида натрия с йодметаном приведет к бутину-2:



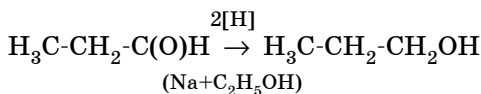
В условиях реакции Кучерова из бутина-2 образуется бутанон-2:



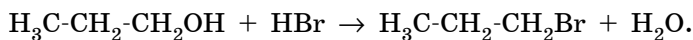
16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



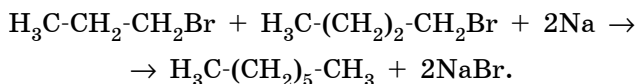
Восстановление пропаналь алюминидом лития или натрием в спирте приведет к пропанолу-1:



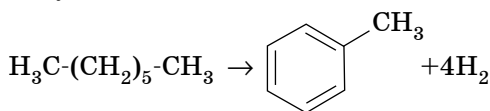
Под действием избытка бромоводорода пропанол-1 перейдет в 1-бромпропан:



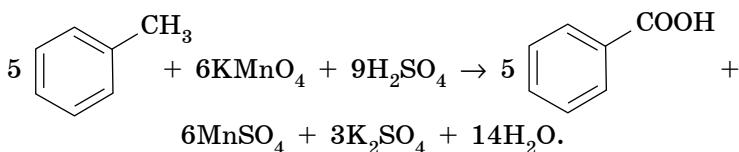
Взаимодействие 1-бромпропана с 1-бромбутаном и натрием (реакция Вюрца) приведет к н-гептану. Одновременно в качестве побочных продуктов будут образовываться гексан и октан:



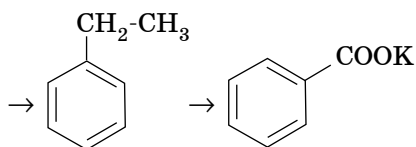
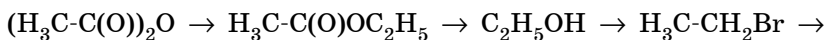
При нагревании в присутствии катализаторов н-гептан переходит в толуол:



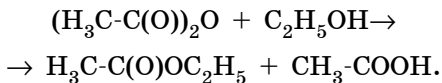
Окисление толуола перманганатом калия в кислой среде даст бензойную кислоту:



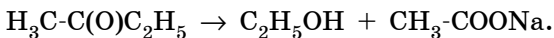
17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



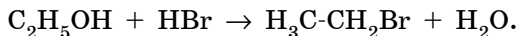
Ангидрид уксусной кислоты реагирует с этиловым спиртом с образованием этилацетата и уксусной кислоты:



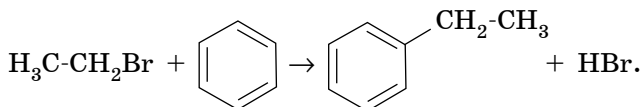
Щелочной гидролиз этилацетата приведет к образованию этанола и ацетата натрия:



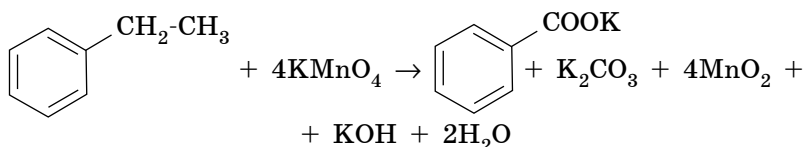
Под действием избытка бромоводорода этанол переходит в бромэтан:



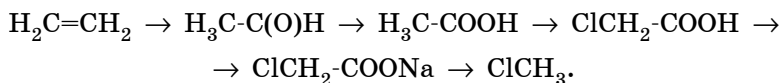
Алкилирование бензола бромэтаном в присутствии бромида алюминия или бромида железа (III) даст этилбензол:



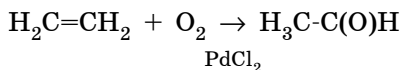
При окислении этилбензола перманганатом калия в нейтральной среде образуется бензоат калия:



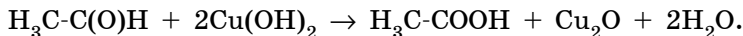
18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



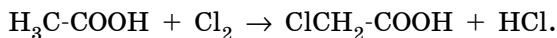
Окисление этилена в присутствии хлорида палладия дает ацетальдегид:



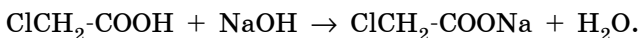
Взаимодействие ацетальдегида с свежесоаженным раствором гидроксида меди (II) приведет к уксусной кислоте:



При хлорировании уксусной кислоты эквимольным количеством хлора образуется монохлоруксусная кислота:



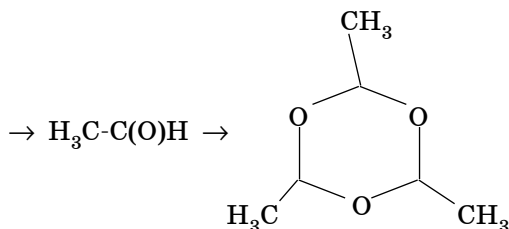
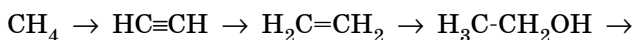
В результате нейтрализации монохлоруксусной кислоты гидроксидом натрия образуется натриевая соль монохлоруксусной кислоты:



При сплавлении этой соли с гидроксидом натрия образуется хлористый метил:

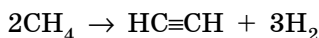


19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

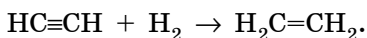


При температуре 1500 °С метан превращается в ацетилен:

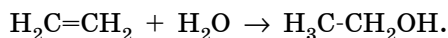
1500 °С



Каталитическое гидрирование ацетилена дает этен:

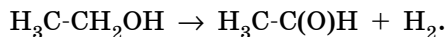


Этиловый спирт образуется в результате каталитической гидратации этена:

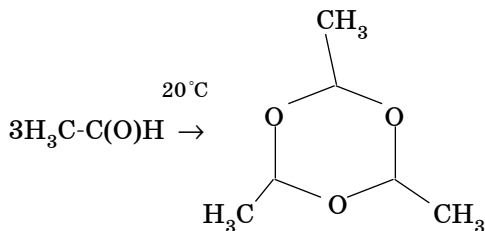


Каталитическое окисление этанола дает уксусный альдегид:

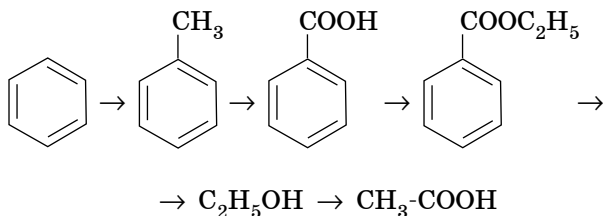
300 °С – 400 °С



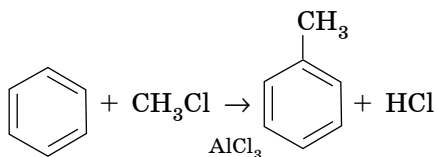
Тримеризация последнего приводит к паральдегиду:



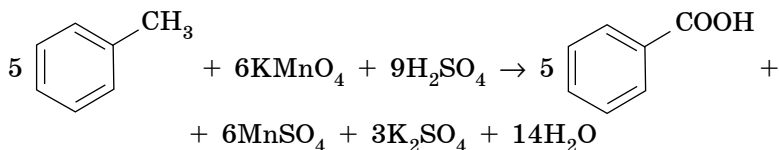
20. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



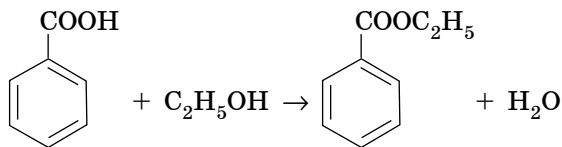
Алкилирование бензола хлористым метилом в присутствии хлорида алюминия даст толуол:



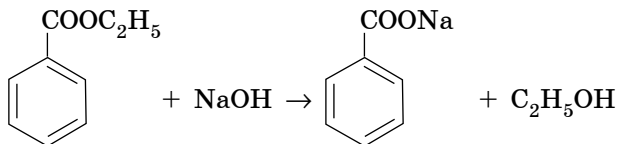
Окисление толуола перманганатом калия в кислой среде приведет к бензойной кислоте:



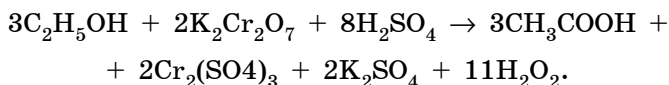
Этилбензоат может быть получен этерификацией бензойной кислоты:



Щелочной гидролиз этилбензоата даст этиловый спирт:



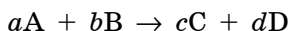
Окисление этанола бихроматом калия в кислой среде дает уксусную кислоту:



Расчеты: массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси), если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества (С4)

При решении такого рода задач проверяются знания основ количественных расчетов в химии. Так, например, при решении задач на избыток-недостаток вначале определяют, какое именно из исходных веществ дано в избытке, а какое — в недостатке и, следовательно, прореагирует полностью. Расчет продукта реакции проводят по веществу, которое полностью вступило в реакцию, т. е. находящемуся в недостатке.

Для некой реакции:



определение реагента, взятого в избытке, проводят, сравнивая количества вещества реагентов, деленные на их стехиометрические коэффициенты:

$$n_{\text{A}}/a \text{ и } n_{\text{B}}/b,$$

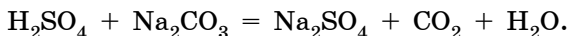
где n_{A} — количество вещества реагента А; a — стехиометрический коэффициент; n_{B} — количество реагента В; b — стехиометрический коэффициент.

Если $n_{\text{A}}/a < n_{\text{B}}/b$, то в избытке вещество В, а если $n_{\text{A}}/a > n_{\text{B}}/b$, то, наоборот, в избытке вещество А, и оно прореагирует полностью.

Рассмотрим несколько типовых задач.

1. К 80 мл 35%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,26 г/мл) прибавили 53 г карбоната калия. Сколько мл 20%-ной соляной кислоты (плотность 1,10 г/мл) нужно прибавить к полученной смеси для ее полной нейтрализации?

Решение. Составляем уравнение первой химической реакции и определяем количество вещества реагирующих веществ:



$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \omega \cdot \rho \cdot V; \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,35 \cdot 1,26 \cdot 80 = 35,3 \text{ г};$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / M(\text{H}_2\text{SO}_4);$$

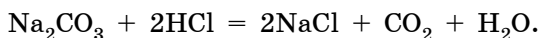
$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 35,3 / 98 = 0,36 \text{ моль}.$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}; \quad n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{53}{106} = 0,5 \text{ моль}.$$

Следовательно, карбонат натрия находится в избытке. Определим количество вещества карбоната натрия, которое не вступит в реакцию:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,5 - 0,36 = 0,14 \text{ моль}.$$

Составим уравнение второй реакции:



В соответствии с этим уравнением на нейтрализацию избыточного карбоната натрия пойдет $2 \cdot 0,14 = 0,28$ моль HCl.

Определим массу HCl и объем ее 20%-ного раствора:

$$m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}); \quad m(\text{HCl}) = 0,28 \cdot 36,5 = 10,2 \text{ г};$$

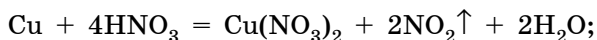
$$V(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{\rho \cdot \omega};$$

$$V(\text{HCl}) = \frac{10,2}{0,2 \cdot 1,10} = 46,4 \text{ мл}.$$

О т в е т: 46,4 мл.

2. Газ, выделившийся при взаимодействии 12,7 г меди с 500 мл 67%-ной азотной кислоты (плотность 1,4 г/мл), растворили в 500 мл 30%-ного раствора едкого натра (плотность 1,33 г/мл). Определите массовую долю нитрата натрия в полученном растворе.

Решение. Составляем уравнение первой химической реакции, находим количества вещества реагентов, а также количества вещества реагентов с учетом стехиометрических коэффициентов:



$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{A(\text{Cu})}; \quad n(\text{Cu}) = \frac{12,7}{63,5} = 0,2 \text{ моль};$$

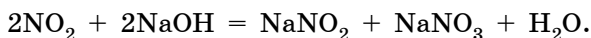
$$m(\text{HNO}_3) = \omega \cdot \rho \cdot V; \quad m(\text{HNO}_3) = 0,67 \cdot 1,4 \cdot 500 = 469 \text{ г};$$

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)};$$

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{469}{63} = 7,9 \text{ моль},$$

с учетом стехиометрического коэффициента $7,9/4 = 1,97$. Следовательно, азотная кислота находится в избытке. По уравнению химической реакции $n(\text{NO}_2) = 2n(\text{Cu})$; $n(\text{NO}_2) = 2 \cdot 0,2 = 0,4$ моль.

Составляем уравнение второй химической реакции:



Определяем массу раствора гидроксида натрия, массу и количество вещества чистого NaOH:

$$M_{p-ра} = \rho \cdot V; \quad M_{p-ра} = 1,33 \cdot 500 = 665 \text{ г};$$

$$m(\text{NaOH}) = \omega \cdot M_{p-ра}; \quad m(\text{NaOH}) = 0,3 \cdot 665 = 196,5;$$

$n(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH})/M(\text{NaOH})$; $n(\text{NaOH}) = 196,5/40 = 4,9$ моль. Гидроксид натрия находится в избытке.

По уравнению реакции $n(\text{NaNO}_3) = 0,5 n(\text{NO}_2)$; $n(\text{NaNO}_3) = 0,5 \cdot 0,4 = 0,2$ моль. Определим $m(\text{NaNO}_3)$:

$$m(\text{NaNO}_3) = 0,2 \cdot 85 = 17 \text{ г}.$$

Масса конечного раствора складывается из массы раствора NaOH (665 г) и массы поглощенного NO₂:

$$m(\text{NO}_2) = 0,4 \cdot 46 = 18,4 \text{ г.}$$

$$M_{\text{р-ра}} = 665 + 18,4 = 683,4 \text{ г.}$$

Определим $\omega(\text{NaNO}_3)$:

$$\omega(\text{NaNO}_3) = m(\text{NaNO}_3)/M_{\text{р-ра}};$$

$$\omega(\text{NaNO}_3) = 17 \cdot 100/683,4 = 2,5\%.$$

О т в е т: 2,5%.

3. Газ, образовавшийся при взаимодействии 250 мл 30%-ной соляной кислоты (плотность 1,15 г/мл) с 26,4 г оксида марганца (IV) пропустили при охлаждении через 300 г 20%-ного раствора гидроксида натрия. Определите процентную концентрацию гипохлорита натрия в конечном растворе.

Решение. Составляем уравнение первой химической реакции, определяем количество вещества MnO₂, массу и количество вещества HCl, а также какой из реагентов прореагирует полностью:



$$n(\text{MnO}_2) = m(\text{MnO}_2)/M(\text{MnO}_2);$$

$$n(\text{MnO}_2) = 26,4/87 = 0,3 \text{ моль.}$$

$$m(\text{HCl}) = \omega \cdot \rho \cdot V; m(\text{HCl}) = 0,3 \cdot 1,15 \cdot 250 = 86,25 \text{ г;}$$

$$n(\text{HCl}) = 86,25/36,5 = 2,36 \text{ моль.}$$

$$\frac{n(\text{MnO}_2)}{1} < \frac{n(\text{HCl})}{4}, \text{ поэтому полностью прореагирует MnO}_2.$$

Из уравнения реакции следует, что $n(\text{MnO}_2) = n(\text{Cl}_2) = 0,3$ моль.

Составляем уравнение второй химической реакции:



Вычисляем массу и количество вещества NaOH, определяем, какое вещество прореагирует полностью:

$$m(\text{NaOH}) = \omega \cdot M_{\text{р-ра}}; m(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = 60/40 = 1,5 \text{ моль.}$$

$$\frac{n(\text{Cl}_2)}{1} < \frac{n(\text{NaOH})}{2}, \text{ следовательно, полностью прореагирует хлор.}$$

Из уравнения второй химической реакции следует, что $n(\text{NaClO}) = n(\text{Cl}_2)$.

Определим массу NaClO:

$$m(\text{NaClO}) = 0,3 \cdot 74,5 = 22,35 \text{ г.}$$

Масса конечного раствора складывается из массы раствора NaOH (800 г) и массы поглощенного хлора ($0,3 \cdot 71 = 21,3$ г):

$$M_{\text{р-ра}} = 300 + 21,3 = 321,3 \text{ г.}$$

Определим $\omega(\text{NaClO})$:

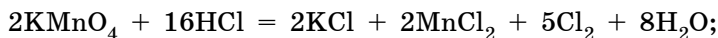
$$\omega(\text{NaClO}) = m(\text{NaClO})/M_{\text{р-ра}};$$

$$\omega(\text{NaClO}) = 22,35/321,3 \approx 7,0\%$$

Отв е т: 7,0%.

4. Газ, образовавшийся при взаимодействии 500 мл 30% -ной соляной кислоты (плотность 1,15 г/мл) с 15,8 г перманганата калия, пропустили при нагревании до 70 °С через 400 г 20% -ного раствора NaOH. Определите процентную концентрацию хлорида натрия в конечном растворе.

Р е ш е н и е. Составляем уравнение первой химической реакции, вычисляем количество вещества перманганата калия, массу и количество вещества HCl:



$$n(\text{KMnO}_4) = 15,8/158 = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{HCl}) = \omega \cdot \rho \cdot V; m(\text{HCl}) = 0,3 \cdot 1,15 \cdot 500 = 172,5 \text{ г};$$

$$n(\text{HCl}) = 172,5/36,5 = 4,73 \text{ моль.}$$

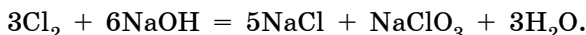
Определяем, какое вещество прореагирует полностью:

$$\frac{n(\text{MnO}_2)}{2} < \frac{n(\text{HCl})}{16}, \text{ следовательно, полностью прореагиру-}$$

ет KMnO_4 .

Из уравнения реакции видно, что из 2 моль KMnO_4 образуется 5 моль Cl_2 , тогда $n(\text{Cl}_2) = 0,1 \cdot 5/2 = 0,25$ моль.

Составляем уравнение второй химической реакции:



Вычислим массу и количество вещества гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = 80/40 = 2 \text{ моль}.$$

Определим, какое вещество прореагирует полностью:

$$\frac{n(\text{Cl}_2)}{3} < \frac{n(\text{NaOH})}{6}, \text{ следовательно, полностью прореагиру-}$$

ет хлор.

По уравнению химической реакции из 3 моль Cl_2 образуется 5 моль NaCl , тогда $n(\text{NaCl}) = 0,25 \cdot 5/3 = 0,42$ моль.

Вычислим массу хлорида натрия:

$$m(\text{NaCl}) = 0,42 \cdot 58,5 = 24,6 \text{ г}.$$

Масса конечного раствора складывается из массы раствора NaOH (400 г) и массы поглощенного хлора ($m(\text{Cl}_2) = 0,25 \cdot 71 = 17,8$ г).

$$m_{\text{р-ра}} = 400 + 17,8 = 417,8 \text{ г}.$$

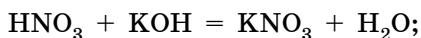
Вычислим $\omega(\text{NaCl})$:

$$\omega(\text{NaCl}) = 24,6 \cdot 100/417,8 = 5,9\%.$$

Ответ: 5,9%.

5. Смешали 400 мл 50%-ной азотной кислоты с массовой долей 50% (плотность 1,31 г/мл) и 400 мл раствора гидроксида калия с массовой долей 30% (плотность 1,29 г/мл). Какой объем воды (мл) необходимо прибавить к полученной смеси, чтобы массовая доля нитрата калия составила в ней 20%?

Решение. Составляем уравнение химической реакции, вычисляем массы и количества вещества HNO_3 и KOH :



$$m(\text{HNO}_3) = \omega \cdot \rho \cdot V; \quad m(\text{HNO}_3) = 0,5 \cdot 1,31 \cdot 400 = 262 \text{ г};$$

$$n(\text{HNO}_3) = m(\text{HNO}_3) / M(\text{HNO}_3);$$

$$n(\text{HNO}_3) = 262/63 = 4,16 \text{ моль}.$$

Аналогично:

$$m(\text{KOH}) = \omega \cdot \rho \cdot V; \quad m(\text{KOH}) = 0,3 \cdot 1,29 \cdot 400 = 154,8 \text{ г};$$

$$n(\text{KOH}) = m(\text{KOH}) / M(\text{KOH});$$

$$n(\text{KOH}) = 154,8/56 = 2,76 \text{ моль}.$$

$\frac{n(\text{HNO}_3)}{1} > \frac{n(\text{KOH})}{1}$, следовательно, полностью прореагирует KOH .

По уравнению реакции $n(\text{KNO}_3) = n(\text{KOH})$, следовательно, $n(\text{KNO}_3) = 2,76$ моль. Определим $m(\text{KNO}_3)$: $m(\text{KNO}_3) = 2,76 \cdot 101 = 278,8$ г.

Массы растворов азотной кислоты и гидроксида калия соответственно равны $M(\text{HNO}_3) = 1,31 \cdot 400 = 524$ г; $M(\text{KOH}) = 1,29 \cdot 400 = 516$ г.

Пусть к конечному раствору необходимо прибавить x г воды, тогда по условию задачи $\frac{278,8}{x + 516 + 524} = 0,2$.

Решив это уравнение, получим $x = 354$ г. Поскольку плотность воды — 1 г/мл, то ее объем — 354 мл.

Ответ: 354 мл.

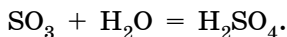
- 6.** Какую массу оксида серы (IV) необходимо добавить к 300 мл 40%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,305 г/мл), чтобы увеличить массовую долю H_2SO_4 на 10%?

Решение. Определим массу исходного раствора и массу серной кислоты в нем:

$$M_{\text{р-ра}} = \rho \cdot V; \quad M_{\text{р-ра}} = 1,305 \cdot 300 = 391,5 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \omega \cdot M_{\text{р-ра}}; \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,4 \cdot 391,5 \cdot 400 = 156,6 \text{ г}.$$

Составляем уравнение химической реакции:



Пусть в реакцию вступит x г SO_3 , тогда масса образующейся серной кислоты равна $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \cdot x / 80$, где 98 и 80 — молярные массы H_2SO_4 и SO_3 соответственно.

Концентрация серной кислоты в конечном растворе равна $40 + 10 = 50\%$.

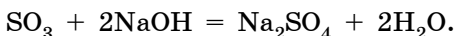
$$\text{Следовательно, } \frac{156,6 + x}{391,5 + x} = 0,5.$$

Решив это уравнение, получим $x = 78,3$.

Ответ: 78,3 г SO_3 .

7. Какую минимальную массу оксида серы (IV) необходимо добавить к 200 г 30%-ного раствора гидроксида натрия, чтобы процентная концентрация сульфата натрия в конечном растворе стала равна 5%?

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Пусть в реакцию вступит x г SO_3 , тогда масса образовавшегося Na_2SO_4 составит $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{142 \cdot x}{80} = 1,775x$ г. В этом уравнении 142 и 80 — молярные массы Na_2SO_4 и SO_3 соответственно. Масса конечного раствора составит $(200 + x)$ г,

тогда по уравнению задачи: $\frac{1,775 \cdot x}{200 + x} = 0,05$.

Решив это уравнение, получим: $x = 5,8$ г.

Ответ: 5,8 г SO_3 .

8. Смешали 100 г 20%-ного раствора сульфата натрия и 50 г 10%-ного раствора хлорида бария. Определите массовую долю хлорида натрия в конечном растворе.

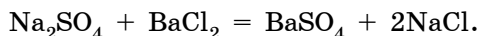
Решение. Вычислим массы и количества вещества реагентов:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \omega \cdot m_{\text{р-ра}}; \quad m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,2 \cdot 100 = 20 \text{ г};$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 20 / 142 = 0,14 \text{ моль};$$

$$m(\text{BaCl}_2) = 0,1 \cdot 50 = 5 \text{ г} \quad n(\text{BaCl}_2) = 5 / 208 = 0,024 \text{ моль}.$$

Составляем уравнение химической реакции:



Из него следует, что исходные вещества реагируют в отношении 1 : 1, поэтому полностью прореагирует хлорид бария.

Определим количество вещества и массу хлорида натрия в конечном растворе:

$$n(\text{NaCl}) = 2n(\text{BaCl}_2);$$

$$n(\text{NaCl}) = 2 \cdot 0,024 = 0,048 \text{ моль};$$

$$m(\text{NaCl}) = 0,048 \cdot 58,5 = 2,8 \text{ г}.$$

Определим массу сульфата бария, образовавшегося в результате реакции:

$$n(\text{BaSO}_4) = n(\text{BaCl}_2) = 0,024 \text{ моль};$$

$$m(\text{BaSO}_4) = 0,024 \cdot 233 = 5,6 \text{ г}.$$

Масса конечного раствора будет складываться из масс двух исходных растворов за вычетом массы сульфата бария, выпавшего в осадок:

$$m_{\text{р-ра}} = 100 + 50 - 5,6 = 144,4 \text{ г}.$$

Вычислим $\omega(\text{NaCl})$:

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{2,8}{144,4} \cdot 100 = 1,9\%.$$

О т в е т: 1,9 % NaCl.

9. Смешали 150 мл 30%-ной серной кислоты (плотность 1,22 г/мл) и 400 мл 30%-ного раствора едкого натра (плотность 1,33 г/мл). Какое количество вещества соляной кислоты необходимо добавить в реакционную массу до ее полной нейтрализации?

Р е ш е н и е. Вычисляем массу и количество вещества серной кислоты и гидроксида натрия:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \omega \cdot \rho \cdot V; m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,3 \cdot 1,22 \cdot 150 = 54,9 \text{ г};$$

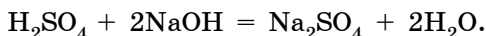
$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / M(\text{H}_2\text{SO}_4);$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 54,9/98 = 0,56 \text{ моль};$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,3 \cdot 1,33 \cdot 400 = 159,6 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = 159,6/40 = 4,0 \text{ моль}.$$

Составляем уравнение химической реакции:



Установим, какое вещество прореагирует полностью:

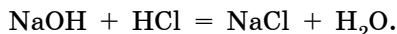
$\frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{1} < \frac{n(\text{NaOH})}{2}$, следовательно, полностью прореагирует серная кислота.

Определим количество вещества NaOH, вступившего в реакцию с серной кислотой $n(\text{NaOH}) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4)$, $n(\text{NaOH}) = 2 \cdot 0,56 = 1,12$ моль.

Определим оставшееся количество вещества NaOH:

$$n(\text{NaOH}) = 4 - 1,12 = 2,88 \text{ моль}.$$

Составим уравнение нейтрализации гидроксида натрия соляной кислотой:



Из этого уравнения следует, что $n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH}) = 2,88$ моль.

Ответ: 2,88 моль HCl.

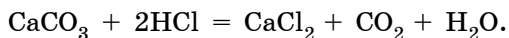
10. Образец карбоната кальция массой 150 г, содержащий 8% некарбонатных примесей, обработали избытком соляной кислоты. Какой объем 35%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,38 г/мл) потребуется на связывание выделившегося газа в виде кислой соли?

Решение. Определим массу и количество вещества чистого карбоната кальция:

$$m(\text{CaCO}_3) = (1 - 0,08) \cdot 150 = 138 \text{ г};$$

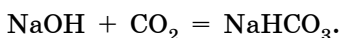
$$n(\text{CaCO}_3) = 138/100 = 1,38 \text{ моль}.$$

Составляем уравнение химической реакции:



Из него следует, что $n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 1,38$ моль.

Составляем уравнение реакции образования кислой соли:



Из этого уравнения следует, что $n(\text{NaOH}) = n(\text{CO}_2) = 1,38$ моль.

Определим массу NaOH и объем его 35%-ного раствора:

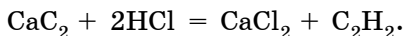
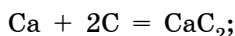
$$m(\text{NaOH}) = 1,38 \cdot 40 = 55,2 \text{ г.}$$

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{NaOH})}{\omega \cdot \rho}; \quad V_{\text{р-ра}} = \frac{55,2}{0,35 \cdot 1,38} = 114,3 \text{ мл.}$$

О т в е т: 114,3 мл.

11. Смесь кальция и углерода массой 26 г выдержали при высокой температуре в течение длительного времени, охладили до комнатной температуры и обработали разбавленной соляной кислотой. Определите объем выделившегося при этом газа, если масса нерастворившегося остатка составила 10 г. Выходы по всем реакциям считать количественными.

Р е ш е н и е. Составляем уравнения химических реакций:



Очевидно, что нерастворимым в разбавленной соляной кислоте остатком может быть только углерод. Следовательно, масса кальция и углерода, вступивших в реакцию, составляет $26 - 10 = 16$ г.

Из уравнения первой химической реакции видно, что это масса карбида кальция.

Определяем количество вещества CaC_2 ;

$$n(\text{CaC}_2) = m(\text{CaC}_2)/M(\text{CaC}_2);$$

$$n(\text{CaC}_2) = 16/64 = 0,25 \text{ моль.}$$

Как следует из уравнения второй химической реакции, количество вещества ацетилена равно количеству вещества карбида кальция. Определим $V(\text{C}_2\text{H}_2)$:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot V_A;$$

$$V(C_2H_2) = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ л.}$$

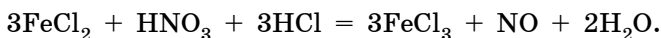
О т в е т: 5,6 л.

12. Хлорид железа (II) обработали смесью азотной и соляной кислот. При этом выделилось 8,96 л газа, плотность которого по гелию равна 7,5. Вычислите массу соли железа, если предположить, что анионом в этой соли является хлорид-ион.

Р е ш е н и е. Определяем молярную массу газообразного продукта реакции:

$$M = 7,5 \cdot M(He); M = 7,5 \cdot 4 = 30 \text{ г/моль.}$$

Эта молярная масса соответствует оксиду азота (II), NO. Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что на 1 моль NO образуется 3 моль FeCl₃. Определяем количество вещества NO:

$$n(NO) = 8,96/22,4 = 0,4 \text{ моль, следовательно,}$$

$$n(FeCl_3) = 3 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ моль.}$$

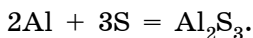
Определим массу FeCl₃:

$$m(FeCl_3) = 1,2 \cdot 162,5 = 195 \text{ г.}$$

О т в е т: 195 г FeCl₃.

13. Сплавляли 81 г алюминия и 122 г серы, полученный сплав обработали избытком воды. Определите объем выделившегося при этом газа, считая выходы по всем реакциям равными 100%.

Р е ш е н и е. Составляем уравнение первой химической реакции:



Вычисляем количества вещества алюминия и серы:

$$n(Al) = 81/27 = 3,22 \text{ моль;}$$

$$n(S) = 122/32 = 3,81 \text{ моль.}$$

Определим, какое вещество прореагирует полностью:

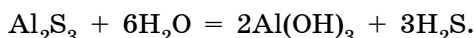
$$\frac{n(\text{Al})}{2} = \frac{3,22}{2} = 1,61 \text{ моль};$$

$$\frac{n(\text{S})}{3} = \frac{3,81}{3} = 1,27. \text{ Поскольку } \frac{n(\text{S})}{3} < \frac{n(\text{Al})}{2}, \text{ полностью прореагирует сера.}$$

Определим количество вещества образовавшегося сульфида алюминия:

$$n(\text{Al}_2\text{S}_3) = n(\text{S})/3 = 1,27 \text{ моль.}$$

Составляем уравнение второй химической реакции:



Из этого уравнения следует, что $n(\text{H}_2\text{S}) = 3n(\text{Al}_2\text{S}_3)$;
 $n(\text{H}_2\text{S}) = 3 \cdot 1,27 = 3,81 \text{ моль.}$

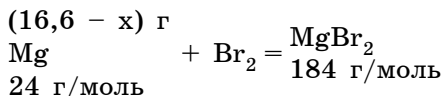
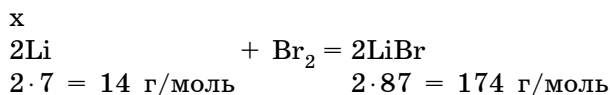
Определим объем сероводорода:

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 3,81 \cdot V_A; V(\text{H}_2\text{S}) = 3,81 \cdot 22,4 = 85,3 \text{ л.}$$

Ответ: 85,3 л.

14. Смесь лития и магния массой 16,6 г обработали избытком брома. По окончании реакции масса твердых продуктов составила 160,6 г. Эту смесь растворили в воде и добавили к ней избыток гидроксида натрия. Выпавший осадок отделили и прокалили до постоянной массы. Установите, какое вещество и какой массы было получено.

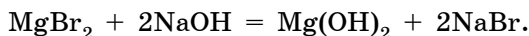
Решение. Пусть в исходной смеси было x г лития, тогда масса магния равна $(16,6 - x)$ г. Составляем уравнения химических реакций:



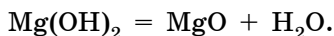
Из этих уравнений следует, что масса образовавшегося бромид лития равна $174/14 = 12,43 x$ г, а масса бромид магния $184 (16,6 - x) / 24 = 7,67 (16,6 - x)$ г. По условию

задачи $12,43x + 7,67(16,6 - x) = 160,6$. Решив это уравнение, получим $x = 7$ г. Тогда масса магния составит $16,6 - 7 = 9,6$ г.

При обработке бромидов лития и магния гидроксидом натрия с образованием осадка пойдет следующая реакция:



При прокаливании гидроксид магния теряет воду:



Из приведенных выше уравнений следует, что $n(\text{MgO}) = n(\text{Mg})$. Определим количество вещества магния: $n(\text{Mg}) = 9,6/24 = 0,4$ моль.

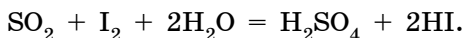
Определим массу MgO :

$$m(\text{MgO}) = 0,4 \cdot 40 = 16 \text{ г}.$$

О т в е т: 16 г MgO .

15. 8,96 л оксида серы (IV) пропустили через водный раствор, содержащий эквивалентное количество йода. Вычислите количество вещества гидроксида калия, необходимого для полной нейтрализации полученной реакционной массы.

Р е ш е н и е. Составляем уравнение химической реакции:

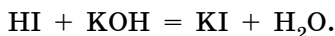
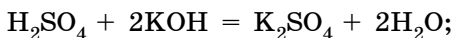


Определяем количество вещества SO_2 :

$$n(\text{SO}_2) = 8,96/22,4 = 0,4 \text{ моль}.$$

Из уравнения реакции следует, что $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_2) = 0,4$ моль, а $n(\text{HI}) = 2 \cdot n(\text{SO}_2) = 0,8$ моль.

Составляем уравнения реакций нейтрализации:



Из этих уравнений следует, что $n(\text{KOH}) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,8$ моль.

$$n(\text{KOH}) = n(\text{HI}) = 0,8 \text{ моль}.$$

Определяем общее количество вещества КОН:

$$n(\text{KOH}) = 0,8 + 0,8 = 1,6 \text{ моль.}$$

Ответ: 1,6 моль КОН.

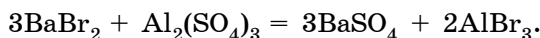
16. Количество вещества сульфата бария, которое образуется в результате взаимодействия в водном растворе 136,8 г сульфата алюминия и 148,5 г бромида бария, равно _____ моль. (Ответ запишите с точностью до сотых.)

Решение. Вычислим количество вещества сульфата алюминия и бромида бария:

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 136,8/342 = 0,4 \text{ моль;}$$

$$n(\text{BaBr}_2) = 148,5/297 = 0,5 \text{ моль.}$$

Составим уравнение химической реакции:



Определим, какое вещество прореагирует полностью:

$$n(\text{BaBr}_2)/3 = 0,17 \text{ моль.}$$

$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)/1 = 0,4$ моль. Следовательно, полностью прореагирует бромид бария.

Из уравнения реакции следует, что количества вещества бромида бария и сульфата бария равны между собой. Следовательно, количество вещества сульфата бария равно 0,5 моль.

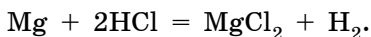
Ответ: 0,5 моль.

17. Объем газа, который выделится при обработке избытком соляной кислоты 200 г технического магния, содержащего 5% примесей, равен _____ л. (Ответ округлите до целого числа.)

Решение. Определим массу примесей: $m = 0,05 \cdot 200 = 10$ г. Определим массу чистого магния: $m(\text{Mg}) = 200 - 10 = 190$ г.

Вычисляем количество вещества магния: $n(\text{Mg}) = 190/24 = 7,9$ моль.

Составляем уравнение химической реакции:



Из этого уравнения следует, что $n(\text{Mg}) = n(\text{H}_2)$.

Вычислим объем водорода:

$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_A$; $V(\text{H}_2) = 7,9 \cdot 22,4 = 176,96$ л. Округлив до целого числа, получим 177 л.

О т в е т: 177 л.

18. Образец карбоната магния массой 400 г, содержащий в своем составе 8% сульфатных примесей, обработали избытком азотной кислоты. Какой объем газа при этом выделился? (Ответ округлите до целого числа.)

Р е ш е н и е. Рассчитаем массу примесей и массу карбоната магния.

$$m(\text{прим.}) = 0,08 \cdot 400 = 32 \text{ г};$$

$$m(\text{MgCO}_3) = 400 - 32 = 368 \text{ г}.$$

Вычислим количество вещества MgCO_3 :

$$n(\text{MgCO}_3) = 368/84 = 4,38 \text{ моль}.$$

Составляем уравнение химической реакции:



Из уравнения реакции следует, что $n(\text{CO}_2) = n(\text{MgCO}_3)$.
Определим $V(\text{CO}_2)$:

$$V(\text{CO}_2) = 4,38 \cdot 22,4 = 98,1 \text{ л. После округления — 98 л.}$$

О т в е т: 98 л CO_2 .

Нахождение молекулярной формулы вещества (С5)

Есть несколько вариантов такого рода задач.

Первые решают по следующей схеме: выбирают для расчетов образец вещества массой 100 г. Очевидно, массы элементов в этом соединении численно равны их процентному содержанию. Затем определяют количества вещества элементов, находят отношение количеств веществ и выводят простейшую формулу соединения.

Для определения истинной формулы соединения используют дополнительные сведения, позволяющие установить молекулярную массу вещества.

В задачах другого типа используют данные элементного анализа. При этом обязательно учитывают, что содержание кислорода в молекуле органического вещества элементным анализом не определяется, поэтому необходимо проверять суммарное содержание элементов в веществе. Если оно меньше 100%, то подразумевается, что недостающая часть приходится на кислород. Для решения задач подобного рода необходимо знать в том числе и общие формулы гомологических рядов основных классов органических соединений.

Эти формулы приведены в таблице:

Гомологический ряд	Общая формула
Алканы	$C_n H_{2n+2}$
Алкены	$C_n H_{2n}$
Алкины	$C_n H_{2n-2}$
Диены	$C_n H_{2n-2}$
Циклоалканы	$C_n H_{2n}$
Арены	$C_n H_{2n-6}$
Циклоалкены	$C_n H_{2n-2}$
Моногалогеналканы	$C_n H_{2n+1} X$
Дигалогеналканы	$C_n H_{2n} X_2$
Одноатомные спирты	$C_n H_{2n+1} OH$
Двухатомные спирты	$C_n H_{2n} (OH)_2$
Трехатомные спирты	$C_n H_{2n-1} (OH)_3$
Альдегиды	$C_n H_{2n+1} C(O)H$
Кетоны	$C_{n+1} H_{2n+2} O$
Предельные карбоновые одноосновные кислоты	$C_n H_{2n+1} COOH$
Простые эфиры	$C_n H_{2n+2} O$
Первичные амины	$C_n H_{2n+1} NH_2$
Аминокислоты	$(NH_2)C_n H_{2n} COOH$

Рассмотрим несколько типовых задач:

1. Неорганическое вещество содержит в своем составе 44,8% К, 18,4% серы и 36,8% кислорода по массе. Установите его формулу.

Решение. Для расчетов выбираем образец вещества массой 100 г, тогда массы элементов в нем будут численно равны их процентному содержанию. Определим количества вещества элементов:

$$n(\text{K}) = m(\text{K})/A(\text{K}); n(\text{K}) = 44,8/39 = 1,15 \text{ моль};$$

$$n(\text{S}) = m(\text{S})/A(\text{S}); n(\text{S}) = 18,4/32 = 0,575 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}) = m(\text{O})/A(\text{O}); n(\text{O}) = 36,8/16 = 2,3 \text{ моль}.$$

Количества вещества элементов относятся между собой как

$$n(\text{K}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = 1,15 : 0,575 : 2,3 = 2 : 1 : 4.$$

Следовательно, формула вещества K_2SO_4 .

Ответ: K_2SO_4 .

2. Бромид металла, проявляющего в своих соединениях постоянную степень окисления +2, содержит в своем составе 53,9% брома. Установите, какой это металл.

Решение. Из условий задачи следует, что формула бромида металла MeBr_2 . Процентное содержание металла в его бромиде составит $100 - 53,9 = 46,1\%$. Для расчетов выбираем образец вещества массой 100 г, тогда массы элементов в нем численно равны их процентному содержанию.

Определим количество вещества брома:

$$n(\text{Br}) = m(\text{Br})/A(\text{Br}); n(\text{Br}) = 53,9/80 = 0,67 \text{ моль}.$$

Из формулы бромида следует, что количество вещества металла $n(\text{Me}) = 0,5 n(\text{Br})$. Следовательно, $n(\text{Me}) = 0,5 \cdot 0,67 = 0,335 \text{ моль}$.

Определим атомную массу металла:

$$A(\text{Me}) = m(\text{Me})/n(\text{Me}); A(\text{Me}) = 46,1/0,335 = 137,6.$$

Следовательно, этот металл – барий.

Ответ: барий.

3. Установите формулу кристаллогидрата, который образует сульфат натрия, если в его составе содержится 55,9% воды.

Решение. Определим процентное содержание сульфата натрия в кристаллогидрате. Оно равно $100 - 55,9 = 44,1\%$. Для расчетов выбираем образец кристаллогидрата массой 100 г, тогда массы соединений в нем численно равны их процентному содержанию. Определим количество вещества сульфата натрия:

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m(\text{Na}_2\text{SO}_4)/M(\text{Na}_2\text{SO}_4)$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 44,1/142 = 0,31 \text{ моль.}$$

Определим количество вещества воды:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 55,9/18 = 3,1 \text{ моль.}$$

Определим количество моль воды, которое приходится на 1 моль сульфата натрия:

$$n = 3,1/0,31 = 10 \text{ моль.}$$

Следовательно, формула кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

О т в е т: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

4. При разложении 50 г карбоната щелочноземельного металла выделилось 11,2 л газа. Установите формулу карбоната.

Решение. Составляем в общем виде уравнение химической реакции:



Определим количество вещества углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2)/V_A;$$

$$n(\text{CO}_2) = 11,2/22,4 = 0,5 \text{ моль.}$$

Из уравнения химической реакции следует, что количество вещества карбоната также составит 0,5 моль.

Определим его молярную массу:

$$M(\text{MeCO}_3) = m(\text{MeCO}_3)/n(\text{MeCO}_3);$$

$$M(\text{MeCO}_3) = 50/0,5 = 100 \text{ г/моль.}$$

Обозначим атомную массу металла x , тогда $x + A(C) + 3A(O) = 100$;

$$x + 12 + 3 \cdot 16 = 100.$$

Решив это уравнение, получим $x = 40$. Следовательно, этот металл — кальций.

О т в е т: CaCO_3 .

5. Навеску кристаллогидрата сульфата железа (II) массой 112 г прокалили до постоянной массы, которая оказалась равна 61,6 г. Установите формулу кристаллогидрата.

Р е ш е н и е. При прокаливании кристаллогидрат потерял воду, масса которой составила $112 - 61,6 = 50,4$ г.

Определим количество вещества сульфата железа (II) и воды:

$$n(\text{FeSO}_4) = m(\text{FeSO}_4)/M(\text{FeSO}_4);$$

$$n(\text{FeSO}_4) = 61,6/154 = 0,4 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O});$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 50,4/18 = 2,8 \text{ моль}.$$

Определим соотношение между количеством вещества FeSO_4 и H_2O :

$$n(\text{FeSO}_4) : n(\text{H}_2\text{O}) = 0,4 : 2,8 = 1 : 7.$$

Следовательно, формула кристаллогидрата $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

О т в е т: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

6. Навеску нитрата щелочного металла прокалили, при этом уменьшение массы составило 6,4 г. Установите формулу соединения.

Р е ш е н и е. Составим в общем виде уравнение реакции:



Из этого уравнения следует, что уменьшение массы приходится на кислород. Определим количество вещества кислорода:

$$n(\text{O}_2) = m(\text{O}_2)/M(\text{O}_2); n(\text{O}_2) = 6,4/32 = 0,2 \text{ моль}.$$

Из уравнения химической реакции следует, что $n(\text{MeNO}_3) = 2n(\text{O}_2)$.

Следовательно, $n(\text{MeNO}_3) = 2 \cdot 0,2 = 0,4$ моль.

Определим молярную массу нитрата щелочного металла:

$$M(\text{MeNO}_3) = m(\text{MeNO}_3) / n(\text{MeNO}_3);$$

$$M(\text{MeNO}_3) = 40,4 / 0,4 = 101 \text{ г/моль.}$$

Пусть атомная масса щелочного металла равна x , тогда молярная масса его нитрата:

$$M(\text{MeNO}_3) = x + A(\text{N}) + 3A(\text{O}); 101 = x + 14 + 3 \cdot 16.$$

Решив это уравнение, получим: $x = 39$.

Этот элемент – калий; формула его нитрата — KNO_3 .

О т в е т: KNO_3 .

7. Установите брутто-формулу алкана, который содержит в своем составе 83,3% углерода.

Р е ш е н и е. Общая формула гомологического ряда алканов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Для расчетов выбираем образец алкана количеством вещества 1 моль, тогда масса углерода в нем составит $12n$, а молярная масса $12n + 2n + 2 = 14n + 2$.

По условию задачи

$$\frac{12n}{14n+2} = 0,833.$$

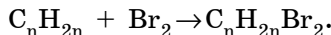
Решив это уравнение n , получим: $n = 5$.

Брутто-формула C_5H_{12} .

О т в е т: C_5H_{12} , пентан.

8. Образец алкена массой 28,0 г максимально может прореагировать с 64,0 г брома. Установите формулу алкена.

Р е ш е н и е. Составляем в общем виде уравнение химической реакции:



Определим количество вещества брома, вступившего в реакцию:

$$n(\text{Br}_2) = m(\text{Br}_2) / M(\text{Br}_2);$$

$$n(\text{Br}_2) = 64,0 / 160 = 0,4 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции следует, что $n(\text{C}_n\text{H}_{2n})$ также равно 0,4 моль; молярная масса алкена в общем виде равна $12 \cdot n + 2n = 14n$ г/моль.

Определим молярную массу алкена:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = m(\text{C}_n\text{H}_{2n})/n(\text{C}_n\text{H}_{2n});$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 28/0,4 = 70 \text{ г/моль.}$$

Из этого следует, что $70 = 14n$; $n = 5$.

Ответ: C_5H_{10} .

9. Образец алкена поглотили избытком раствора брома в CCl_4 . При этом массовая доля углерода в исходном алкене оказалась в 2,9 раза больше, чем в дибромалкане. Установите брутто-формулу исходного соединения.

Решение. Общая формула гомологического ряда алкенов C_nH_{2n} , а содержание углерода во всех алкенах одинаково и равно $12n/14n = 0,8571$.

По условию задачи $w(\text{C})$ в дибромалкане равно $0,8571/2,9 = 0,2956$.

Общая формула дибромалканов $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2$; их молярная масса $(14n + 160)$ г/моль, а содержание углерода $w(\text{C}) = 12n/(14n + 160)$.

Следовательно,

$$\frac{12n}{(14n + 160)} = 0,2956.$$

Решив это уравнение, получим $n = 6$.

Ответ: C_6H_{12} .

10. В образце кристаллогидрата сульфата цинка массой 22,42 г число атомов водорода равно числу Авогадро. Установите формулу кристаллогидрата.

Решение. Представим формулу кристаллогидрата сульфата цинка в общем виде: $\text{ZnSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где n — число молекул кристаллизационной воды. Из этой формулы следует, что в образце кристаллогидрата количеством вещества 1 моль число атомов водорода составит $2 \cdot n \cdot N_A$.

Молярная масса кристаллогидрата равна $(161 + n \cdot 18)$ г/моль, где 161 — молярная масса сульфата цинка, г/моль; n — число молекул кристаллизационной воды.

Отсюда следует:

$$(161 + 18n) \text{ г } (\text{ZnSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) - 2 \cdot n \cdot N_A(\text{H});$$

$$22,42 \text{ г } (\text{ZnSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) - N_A(\text{H});$$

$$n = 6; \text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}.$$

О т в е т: $\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

11. Массовая доля кислорода в кристаллогидрате сульфата кобальта равна 62,63%. Установите формулу кристаллогидрата.

Р е ш е н и е. Представим формулу кристаллогидрата сульфата цинка в общем виде: $\text{CoSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где n — число молекул кристаллизационной воды. Из этой формулы следует, что число атомов кислорода в молекуле кристаллогидрата равно $n + 4$, а молярная масса кристаллогидрата равна $(155 + n \cdot 18)$ г/моль. По условию задачи:

$$\omega(\text{O}) = \frac{16(4+n)}{155+18n}; 0,6263 = \frac{16(4+n)}{155+18n}$$

Решив это уравнение, получим: $n = 7$.

О т в е т: $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

12. Алкен прогидрировали в присутствии катализатора. В образовавшемся соединении содержание водорода стало на 1,5% больше. Установите формулу исходного алкена.

Р е ш е н и е. Общая формула гомологического ряда алкенов C_nH_{2n} , содержание водорода у всех представителей этого ряда одинаково и равно $2n/14n = 0,143$ или 14,3%. По условию задачи содержание водорода в конечном алкане стало $14,3 + 1,5 = 15,8\%$. Общая формула гомологического ряда алканов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, содержание водорода в них составит:

$$\omega(\text{H}) = \frac{(2n+2)}{14n+2} = 0,158.$$

Решив это уравнение относительно n , получим $n = 8$.

О т в е т: C_8H_{16} .

13. В соединении класса диолов содержание углерода на 17,8% больше, чем содержание кислорода. Установите формулу соединения.

Решение. Общая формула гомологического ряда диолов $C_nH_{2n+2}O_2$, молярная масса $12n + 2n + 2 \cdot 16 = 14n + 34$. Содержание кислорода:

$$\omega(O) = \frac{32}{14n + 34} \cdot 100;$$

содержание углерода:

$$\omega(C) = \frac{12n}{14n + 34} \cdot 100.$$

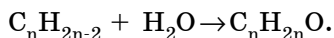
По условию задачи $\frac{3200}{14n + 34} + 17,8 = \frac{1200n}{14n + 34}$.

Решив это уравнение, получим $n = 4$.

Ответ: $C_4H_{10}O_2$.

- 14.** Установите формулу алкина, если известно, что его образец массой 27,2 г максимально может присоединить 7,2 г воды.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:

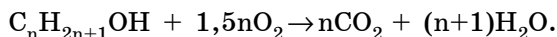


Определим количество вещества воды, вступившей в реакцию. Оно равно $7,2/18 = 0,4$ моль. Следовательно, количество вещества алкина также равно 0,4 моль. Определим его молярную массу $M(C_nH_{2n-2}) = 27,2/0,4 = 68$ г/моль. Молярная масса алкинов $M(C_nH_{2n-2}) = 14n - 2$. По условию задачи $14n - 2 = 68$. Отсюда $n = 5$.

Ответ: C_5H_8 .

- 15.** При сгорании в кислороде образца предельного одноатомного спирта количеством вещества 2,5 моль образовалось 224 л углекислого газа. Установите формулу спирта.

Решение. Составляем уравнение химической реакции:



Определим объем углекислого газа, который выделится при сгорании 1 моль спирта:

$$2,5 \text{ моль} - 226 \text{ л};$$

$$1 \text{ моль} - x = 89,6 \text{ л}.$$

Определим количество вещества CO_2 :

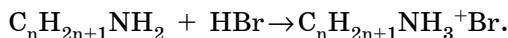
$$n(\text{CO}_2) = \frac{89,6 \text{ л}}{24,4 \text{ л/моль}} = 4 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции следует, что $n = 4$.

О т в е т: $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$.

16. Первичный амин массой 11,8 г полностью прореагировал с 16,2 г бромоводорода. Установите формулу амина.

Р е ш е н и е. Составим уравнение химической реакции:



Определим количество вещества бромоводорода:

$$n(\text{HBr}) = m(\text{HBr})/M(\text{HBr});$$

$$n(\text{HBr}) = 16,2/81 = 0,2 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции следует, что $n(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NH}_2) = 0,2 \text{ моль}$.

Определим молярную массу амина:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NH}_2) = m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NH}_2)/n(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NH}_2);$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NH}_2) = 11,8/0,2 = 59 \text{ г/моль.}$$

Молярная масса амина равна $(12n + 2n + 1 + 14 + 2) = 59 \text{ г/моль}$.

Отсюда $n = 3$.

О т в е т: $\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_2$.

17. Установите формулу кислой соли ортофосфорной кислоты, если известно, что в этой соли на $5,42 \cdot 10^{23}$ атома водорода приходится $2,41 \cdot 10^{23}$ атома кислорода.

Р е ш е н и е. Формула кислотного остатка ортофосфорной кислоты PO_4^{3-} . Определим, сколько атомов водорода приходится на 4 атома кислорода:

$$5,42 \cdot 10^{23} \text{ атома (H)} - 2,41 \cdot 10^{23} \text{ атома (O)};$$

$$x \text{ атомов (H)} - 4 \text{ атома (O)}.$$

Отсюда, $x = 9$. Этому условию отвечает формула $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

О т в е т: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

18. В образце йодида щелочноземельного металла количеством вещества 0,4 моль содержится $3,03 \cdot 10^{25}$ электронов. Установите формулу соли.

Решение. Определим количество электронов в 1 моль соли:

$$N(e^-) = 3,03 \cdot 10^{25} / 0,4 = 7,58 \cdot 10^{25}.$$

Следовательно, количество электронов в одной молекуле составит $7,58 \cdot 10^{25} / 6,02 \cdot 10^{23} = 126$.

Пусть порядковый номер металла n , тогда общее количество электронов в молекуле $n + 2 \cdot 53 = 126$. Отсюда, $n = 20$. Это химический элемент кальций.

Ответ: CaI_2 .

19. В образце газа, являющемся простым веществом, объемом 5,6 л содержится $3,61 \cdot 10^{24}$ электрона. Установите формулу газа.

Решение. Количество вещества газа $n = 5,6 / 22,4 = 0,25$ моль. Определим число электронов в 1 моль газа:

$$N(e^-) = \frac{3,61 \cdot 10^{24}}{0,25} = 1,444 \cdot 10^{25}.$$

Определим количество электронов в одной молекуле вещества. Оно равно:

$$\frac{1,444 \cdot 10^{25}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 24.$$

Простое вещество может быть одно-, двух- и трехатомной молекулой.

Химический элемент с порядковым номером 24 — хром — металл. Если предположить, что газ — двухатомная молекула, то порядковый номер элемента $24/2 = 12$. Но это порядковый номер химического элемента магния. И только предположение, что газ — трехатомная молекула, удовлетворяет условию задачи. Порядковый номер элемента $24/3 = 8$. Это кислород. Формула газа — O_3 , озон.

Ответ: O_3 , озон.

20. Плотность одного из газов, являющихся простым при нормальных условиях, равна 1,786 г/л. Установите формулу газа.

Решение. При нормальных условиях 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л и имеет массу, численно равную молярной. Определим массу 22,4 л газа:

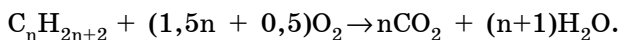
$$M = \rho \cdot V_A, M = 1,7886 \cdot 22,4 = 40.$$

Следовательно, молярная масса газа равна 40 г/моль. Это аргон.

Ответ: Ar, аргон.

21. Установите брутто-формулу алкана, если известно, что для сжигания порции этого вещества, содержащего $1,806 \cdot 10^{23}$ молекул, требуется порция кислорода, содержащая $1,806 \cdot 10^{24}$ атомов кислорода.

Решение. Составляем в общем виде реакцию горения алкана:



Вычисляем количество вещества алкана:

$$\begin{aligned} n(C_n H_{2n+2}) &= N/N_A; n(C_n H_{2n+2}) = \\ &= 1,806 \cdot 10^{23} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,3 \text{ моль.} \end{aligned}$$

Молекула кислорода состоит из двух атомов кислорода. Вычислим количество вещества молекулярного кислорода:

$$\begin{aligned} n(O_2) &= N(O)/2 \cdot N_A; n(O_2) = \\ &= 1,806 \cdot 10^{24} / 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,5 \text{ моль.} \end{aligned}$$

Из уравнения химической реакции следует, что $(1,5n + 0,5) \cdot n(C_n H_{2n+2}) = n(O_2)$, т. е. $0,3 \cdot (1,5n + 0,5) = 1,5$. Решив это уравнение, получим $n = 3$.

Ответ: C_3H_8 .

22. В газовой смеси паров циклоалкана с углекислым газом его объемная доля составляет 60%, а массовая — 65,63%. Установите брутто-формулу циклоалкана.

Решение. Для расчетов выбираем образец газовой смеси объемом 22,4 л, тогда объем циклоалкана в ней составит $0,6 \cdot 22,4 = 13,44$ л, а объем CO_2 — $22,4 - 13,44 = 8,96$ л.

$$\begin{aligned} n(C_n H_{2n}) &= 13,44 / 22,4 = 0,6 \text{ моль;} \\ n(CO_2) &= 8,96 / 22,4 = 0,4 \text{ моль.} \end{aligned}$$

Обозначим молярную массу циклоалкана x , тогда его масса в смеси составит $0,6x$, а масса CO_2 $44 \cdot 0,4 = 17,6$ л. По условию задачи:

$$\frac{0,6x}{0,6x + 17,6} = 0,6563.$$

Решив это уравнение относительно x , установим, что молярная масса циклоалкана равна 56 г/моль. Общая формула циклоалканов C_nH_{2n} , молярная масса в общем виде равна $14n$. Следовательно, $14n=56$; $n = 4$, брутто-формула циклоалкана C_4H_8 .

О т в е т: C_4H_8 .

23. Установите формулу первичного одноатомного спирта, если известно, что число протонов в его молекуле в 3 раза больше числа атомов.

Решение. Общая формула предельных одноатомных спиртов $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$, следовательно, общее число атомов в молекуле $3n+3$. В ядре атома углерода 6 протонов, водорода — 1 и кислорода — 8 протонов. Таким образом, общее число протонов в молекуле спирта $6n + 2n + 1 + 8 + 1 = 8n + 10$.

По условию задачи $\frac{8n+10}{3n+3} = 3$, отсюда $n = 1$, метанол.

О т в е т: CH_3OH .

СПИСОК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Антошин А. Э. ЕГЭ 2012. Химия. Сдаем без проблем! — М.: Эксмо, 2011. — 221 с.

Антошин А. Э. ЕГЭ. Репетитор. Химия. Эффективная методика. М. : Экзамен, 2010. — 445 с.

Каверин А. А., Медведев Ю. Н., Добротин Д. Ю. ЕГЭ 2010. Химия : Сборник экзаменационных заданий. М. : Эксмо, 2010. — 320 с.

Мешкова О. В. ЕГЭ. Химия : универсальный справочник. М. : Эксмо, 2010. — 368 с.

Мишина В. Ю., Пашкова Л. И., Романенков А. В. и др. ЕГЭ 2012. Химия. Тренировочные задания. М.: Эксмо, 2011.

Оржековский П. А., Богданова Н. Н. ЕГЭ 2012. Химия. Репетитор. М.: Эксмо, 2011.

Соколова И. А. ЕГЭ 2012. Химия. Тематические тренировочные задания. М.: Эксмо, 2011.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>От автора</i>	3
ЗАДАЧИ КАТЕГОРИИ А и В	4
Вычисление массы растворенного вещества, содержащегося в определенной массе раствора с известной массовой долей ...	4
Расчеты массы вещества или объема газов по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ	11
Расчеты объемных отношений газов при химических реакциях	16
Расчеты массовой или объемной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного	20
Расчеты массовой доли (массы) химического соединения в смеси	24
Тепловой эффект химической реакции. Термохимические уравнения. Расчеты теплового эффекта реакции	26
ЗАДАЧИ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ (КАТЕГОРИЯ С)	30
Реакции окислительно-восстановительные (С1)	30
Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических веществ (С2)	52
Реакции, подтверждающие взаимосвязь органических соединений (С3)	65
Расчеты: массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси), если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества (С4)	82
Нахождение молекулярной формулы вещества (С5)	97
<i>Список дополнительной литературы</i>	110

Издание для дополнительного образования

Для старшего школьного возраста

ЕГЭ. СДАЕМ БЕЗ ПРОБЛЕМ

Антошин Андрей Эдуардович

ЕГЭ 2012

ХИМИЯ

Решение задач

СДАЕМ БЕЗ ПРОБЛЕМ!

Ответственный редактор *А. Жилинская*. Ведущий редактор *Т. Судакова*
Художественный редактор *Е. Брынчик*. Технический редактор *Л. Зотова*
Компьютерная верстка *А. Григорьев*

ООО «Издательство «Эксмо»
127299, Москва, ул. Клары Цеткин, д. 18/5. Тел. 411-68-86, 956-39-21.
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru

Оптовая торговля книгами «Эксмо»:
ООО «ТД «Эксмо». 142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное,
Белокаменное ш., д. 1, многоканальный тел. 411-50-74.
E-mail: reception@eksmo-sale.ru

**По вопросам приобретения книг «Эксмо» зарубежными оптовыми
покупателями обращаться в отдел зарубежных продаж ТД «Эксмо»:**
E-mail: international@eksmo-sale.ru

**International Sales: International wholesale customers should contact
Foreign Sales Department of Trading House «Eksmo» for their orders.**
international@eksmo-sale.ru

**По вопросам заказа книг корпоративным клиентам, в том числе в специальном
оформлении, обращаться по тел. 411-68-59, доб. 2115, 2117, 2118,
411-68-99, доб. 2762, 1234. E-mail: vipzakaz@eksmo.ru**

**Оптовая торговля бумажно-беловыми и канцелярскими товарами для школы
и офиса «Канц-Эксмо»:** Компания «Канц-Эксмо»: 142700, Московская обл., Ленин-
ский р-н, г. Видное-2, Белокаменное ш., д. 1, а/я 5. Тел./факс +7 (495) 745-28-87
(многоканальный). e-mail: kanc@eksmo-sale.ru, сайт: www.kanc-eksmo.ru

Полный ассортимент книг издательства «Эксмо» для оптовых покупателей:

В Санкт-Петербурге: ООО СЗКО, пр-т Обуховской Обороны, д. 84Е.

Тел. (812) 365-46-03/04. **В Нижнем Новгороде:** ООО ТД «Эксмо НН», ул. Маршала
Воронова, д. 3. Тел. (8312) 72-36-70. **В Казани:** Филиал ООО «РДЦ-Самара»,
ул. Фрезерная, д. 5. Тел. (843) 570-40-45/46. **В Самаре:** ООО «РДЦ-Самара»,
пр-т Кирова, д. 75/1, литера «Е». Тел. (846) 269-66-70.

В Ростове-на-Дону: ООО «РДЦ-Ростов», пр. Стачки, 243А. Тел. (863) 220-19-34.

В Екатеринбурге: ООО «РДЦ-Екатеринбург», ул. Прибалтийская, д. 24а.

Тел. +7 (343) 272-72-01/02/03/04/05/06/07/08.

В Новосибирске: ООО «РДЦ-Новосибирск», Комбинатский пер., д. 3.

Тел. +7 (383) 289-91-42. E-mail: eksmo-nsk@yandex.ru.

В Киеве: ООО «РДЦ Эксмо-Украина», Московский пр-т, д. 9. Тел./факс (044)

495-79-80/81. **Во Львове:** ПП ООО «Эксмо-Запад», ул. Бузкова, д. 2. Тел./факс: (032)

245-00-19. **В Симферополе:** ООО «Эксмо-Крым», ул. Киевская, д. 153.

Тел./факс (0652) 22-90-03, 54-32-99. **В Казахстане:** ТОО «РДЦ-Алматы»,
ул. Домбровского, д. 3а. Тел./факс (727) 251-59-90/91. rdc-almaty@mail.ru

Подписано в печать 18.07.2011. Формат 60×90¹/₁₆.

Гарнитура «Школьная». Печать офсетная. Бум. тип. Усл. печ. л. 7,0.

Тираж экз. Заказ №

ISBN 978-5-699-51307-9



9 785699 513079 >