

ТРЕНАЖЁР

ЕГЭ

ХИМИЯ

РАСЧЁТНЫЕ ЗАДАЧИ

2020

- Типовые задачи по курсу химии
- Задачи ЕГЭ 27, 28, 29, 34, 35 по всем темам
- Перечень понятий и формул
- Ответы и решения



М. А. Рябов

ТРЕНАЖЁР

ХИМИЯ

РАСЧЁТНЫЕ ЗАДАЧИ

*Типовые задачи по курсу химии
Задачи ЕГЭ 27, 28, 29, 34, 35
по всем темам
Перечень понятий и формул
Ответы и решения*

*Издательство
«ЭКЗАМЕН»*

МОСКВА
2020

УДК 372.8:54
ББК 74.262.4
Р98

Имена авторов, название и содержание произведений используются в данной книге в учебных целях в объёме, оправданном целью цитирования (ст. 1274 п. 1 части четвёртой Гражданского кодекса Российской Федерации).

Рябов М. А.

Р98 ЕГЭ 2020. Тренажёр. Химия. Расчётные задачи / М. А. Рябов. — М. : Издательство «Экзамен», 2020. — 118, [2] с. (Серия «ЕГЭ. Тренажёр»)

ISBN 978-5-377-15036-7

В пособии представлена методика поэтапной подготовки выпускника к выполнению расчётных задач 27, 28, 29, 34, 35 ЕГЭ по химии.

Первая часть посвящена более простым задачам, которые сгруппированы в 29 тем. Эти задачи подводят ученика к выполнению задач ЕГЭ, которые представлены во второй части.

По каждой теме приводится перечень используемых в ней понятий и формул, набор задач для самостоятельного решения, место для их решения, ответы на эти задачи и примеры решений.

Пособие адресовано учащимся 8–11 классов и учителям химии.

Приказом № 699 Министерства образования и науки Российской Федерации учебные пособия издательства «Экзамен» допущены к использованию в общеобразовательных организациях.

УДК 372.8:54
ББК 74.262.4

Формат 60x90/8. Гарнитура «Школьная».
Бумага газетная. Уч.-изд. л. 3,45. Усл. печ. л. 15.
Тираж 7000 экз. Заказ №6355/19

ISBN 978-5-377-15036-7

© Рябов М. А., 2020
© Издательство «ЭКЗАМЕН», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
1. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ.....	5
1.1. Задачи на основные понятия химии.....	5
1.2. Задачи на растворы.....	9
1.3. Задачи на расчет по формулам веществ и на вывод формул соединений.....	23
1.4. Задачи на расчеты по уравнению реакций.....	31
2. РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ ЕГЭ.....	73
2.1. Задание 27.....	73
2.2. Задание 28.....	79
2.3. Задание 29.....	85
2.4. Задание 34.....	91
2.5. Задание 35.....	108
ОТВЕТЫ.....	116

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие включает две части: решение типовых задач и решение заданий по тематике ЕГЭ. Решение типовых — тренировочных — задач дается по 29 различным темам, в том числе по таким, которые до сих пор не включались в ЕГЭ по химии, но могут быть включены в дальнейшем. По каждой теме приводится перечень используемых в ней понятий и соответствующих формул, набор задач, место для их решения, ответы на них и решение некоторых задач.

План ЕГЭ по химии предусматривает решение лишь пяти расчетных задач. В приводимой ниже таблице приводится номер задания ЕГЭ по химии, код задания в перечне элементов содержания ЕГЭ по химии и тема задания.

Номер	Код	Тема задания
27	4.3.1	Расчеты с использованием понятий «растворимость», «массовая доля вещества в растворе»
28	4.3.2	Расчеты объемных отношений газов при химических реакциях
	4.3.4	Расчеты теплового эффекта реакции
29	4.3.3	Расчеты массы вещества или объема газов по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ
34	4.3.5	Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси)
	4.3.6	Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества
	4.3.8	Расчеты массовой или объемной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного
	4.3.9	Расчеты массовой доли (массы) химического соединения в смеси
35	4.3.7	Установление молекулярной и структурной формул вещества

Задачи, предлагающиеся на ЕГЭ, в частности задания 34 и 35, имеют комплексный характер и требуют для своего решения как умение написать необходимые уравнения реакций, так и знание алгоритмов решения различных задач. Например, задач на расчет по уравнению реакций, задач на избыток, задач на растворы, задач на вывод формул и многих других. В этой связи представляется целесообразным, готовясь к ЕГЭ, ознакомиться с задачами разного типа, овладеть методами их решения и лишь после этого приступать к решению экзаменационных заданий.

Решение задач по химии, так же как и по математике, физике и другим предметам, направлено не только на успешную сдачу ЕГЭ, а прежде всего на развитие логических и мыслительных способностей учащегося.

1. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

1.1. Задачи на основные понятия химии

1.1.1. Задачи на понятие «количество вещества»

Количество вещества ν (моль) — отношение числа структурных единиц N к постоянной Авогадро N_A : $\nu = N/N_A$, где $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ частиц/моль.

Моль — количество вещества, содержащее $6,02 \cdot 10^{23}$ структурных единиц (атомов, молекул, ионов).

Молярная масса M (г/моль) — отношение массы вещества m (г) к количеству вещества ν (моль). $M = m/\nu$, откуда $m = M \cdot \nu$ и $\nu = m/M$.

Молярный объем газа V_M (л/моль) — отношение объема газа V (л) к количеству вещества этого газа ν (моль). При нормальных условиях $V_M = 22,4$ л/моль. $V_M = V/\nu$, откуда $V = V_M \cdot \nu$ и $\nu = V/V_M$.

Нормальные условия (н. у.): температура $t = 0$ °С или $T = 273$ К и давление $p = 1$ атм = 101325 Па = 760 мм рт. ст.

Понятие, количество вещества, взаимосвязано с такими понятиями, как масса вещества, объем газа и «число структурных единиц вещества». Эта взаимосвязь записывается в виде формулы:

$$\nu = m/M = V/V_M = N/N_A.$$

Наличие подобной взаимосвязи позволяет, зная одну из величин (количество вещества, массу, объем, число структурных величин), определить все другие величины.

1. Имеется 0,4 моль железа. Определите массу железа и число имеющихся атомов железа.

Решение. Используя: $\nu = m/M = V/V_M = N/N_A$ и $M(\text{Fe}) = 56$ г/моль, имеем:
 $m(\text{Fe}) = \nu \cdot M = 0,4 \cdot 56$ г/моль = 22,4 г; $N(\text{Fe}) = \nu \cdot N_A = 0,4 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,41 \cdot 10^{23}$ атомов.
Ответ: 22,4 г, $2,41 \cdot 10^{23}$ атомов.

2. Имеется 26,4 г оксида углерода (IV). Определите количество вещества оксида углерода (IV), его объем (н. у.), а также число имеющихся молекул оксида углерода (IV).

3. Имеется 39,2 л сероводорода (н. у.). Определите количество вещества сероводорода, его массу и число имеющихся молекул сероводорода.

4. Имеется $7,826 \cdot 10^{24}$ молекул хлора. Определите количество вещества хлора, его массу и объем (н. у.).

5. Определите молярную массу газа, если 1 г этого газа занимает объем 800 мл при н. у.

6. Имеется 20 л этана C_2H_6 при н. у. Определите количество вещества этана, его массу и число имеющихся молекул этана.

7. Определите молярную массу газа, имеющего плотность 0,714 г/л при н. у.

8. В каком количестве вещества воды содержится столько же атомов водорода, сколько их содержится в 3,4 г аммиака?

Решение. Имеем: $\nu(NH_3) = m(NH_3)/M(NH_3) = 3,4/17 = 0,2$ моль NH_3 ,

а $\nu(H/NH_3) = 3 \cdot \nu(NH_3) = 3 \cdot 0,2 = 0,6$ моль, так как в одной молекуле аммиака есть три атома водорода. Из равенства числа атомов водорода в аммиаке и в воде следует, что количества вещества атомов водорода в аммиаке и в воде также равны: $\nu(H/H_2O) = \nu(H/NH_3) = 0,6$ моль. Зная, что в молекуле воды имеется два атома водорода, находим искомое количество вещества воды: $\nu(H_2O) = \nu(H/H_2O)/2 = 0,6/2 = 0,3$ моль.

Ответ: 0,3 моль.

9. В каком количестве вещества серной кислоты содержится столько же атомов кислорода, сколько их содержится в 6,72 л озона (н. у.)?

10. В каком количестве вещества гидрокарбоната кальция содержится столько же атомов углерода, сколько их содержится в 13,44 л (н. у.) пропана C_3H_8 ?

1.1.2. Задачи на относительную плотность газов

Относительная плотность D газа 2 по газу 1 показывает, во сколько раз масса газа 2 больше массы такого же объема газа 1 : $D = M_2/M_1$. Относительная плотность D одного газа по другому — это безразмерная величина. Поскольку $M_{\text{возд.}} = 29$ г/моль и $M_{\text{водор.}} = 2$ г/моль, то $D_{\text{возд.}}(\text{газа}) = M_{\text{газа}}/M_{\text{возд.}} = M_{\text{газа}}/29$ и $D_{\text{водор.}}(\text{газа}) = M_{\text{газа}}/2$.

1. Определите молярную массу m газа, если его плотность ρ равна 2,59 г/л при н. у.

Решение. Используя формулу: $m/M = V/V_M$ и величину $\rho(\text{газа}) = m/V = 2,59$ г/л, имеем: $M = V_M \cdot m/V = V_M \cdot \rho = 22,4 \cdot 2,59 = 58$ г/моль.

Ответ: 58 г/моль.

2. Определите молярную массу m газа, если его относительная плотность по воздуху равна 2,207.
-
-
-

3. Определите относительную плотность хлороводорода по аммиаку.
-
-
-

4. Относительная плотность газа по воздуху равна 2,448. Определите массу 30 л этого газа при н. у.
-
-
-

5. Относительная плотность газа по воздуху равна 1,52. Определите объем (н. у.) 100 г этого газа.

Решение. Имеем $D_{\text{возд.}} = M(\text{газа})/29$, откуда $M(\text{газа}) = 29 \cdot D_{\text{возд.}}$.

Из формулы $v = m/M = V/V_M$ получаем выражение для объема газа: $V = m \cdot V_M/M$, куда подставляем найденное ранее выражение для молярной массы газа, получая:

$$V = m \cdot V_M / (29 \cdot D_{\text{возд.}}) = 100 \cdot 22,4 / (29 \cdot 1,52) = 50,8 \text{ л газа.}$$

Ответ: 50,8 л.

6. Найдите относительную массу некоторого газа по азоту, если 1 л (н. у.) этого газа имеет массу 3,17 г.
-
-
-

7. Определите относительную плотность некоторого газа по хлору, если 1 г этого газа занимает объем 1,32 л (при н. у.).
-
-
-

8. Определите истинную формулу вещества, если его простейшая формула CH_2 , а относительная плотность паров этого вещества по воздуху равна 1,931.

9. Определите истинную формулу вещества, если его простейшая формула CH , а относительная плотность паров этого вещества по водороду равна 39.

10. Определите истинную формулу вещества, если его простейшая формула C_2H_3 , а относительная плотность паров этого вещества по аммиаку равна 3,176.

1.1.3. Задачи на объединенный газовый закон

Объединенный газовый закон: $pV = \nu RT$, где: p — давление (Па, кПа); V — объем (м^3 , л); ν — количество вещества газа (моль); T — температура (К), $T(\text{К}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$; R — константа, $R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$, при этом $\text{Дж} = \text{Па} \cdot \text{м}^3 = \text{кПа} \cdot \text{л}$.

1. Сколько молекул оксида углерода(IV) содержится в 1 мл этого газа при температуре 27°C и давлении 20 кПа?

Решение. Записываем уравнение Менделеева — Клапейрона: $pV = \nu RT$ в виде: $pV = (N/N_A)RT$. Откуда получаем: $N = pVN_A/(RT)$, где $R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$, $T(\text{К}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273 = 27 + 273 = 300 \text{ К}$, а $V = 10^{-3} \text{ л}$. Так как $\text{Дж} = \text{Па} \cdot \text{м}^3 = \text{кПа} \cdot \text{л}$, то выражаем давление в кПа, а объем в литрах: $N = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / (8,314 \cdot 300) = 4,83 \cdot 10^{18}$ молекул.

Ответ: $4,83 \cdot 10^{18}$ молекул.

2. Какой объем займет 1 г азота при температуре 273°C и давлении 26,7 кПа?

3. Определите давление, при котором 1 г аммиака при 100°C займет объем 2 л.

4. Определите молярную массу газа, 1,56 г которого занимают объем 624 мл при 104,1 кПа и 290 К.

5. Определите молярную массу газа, 0,225 г которого занимают объем 124,8 мл при 100 кПа и 320 К.

1.2. Задачи на растворы

1.2.1. Задачи на массовую долю вещества в растворе

Раствор — однородная система, которая состоит из двух или более компонентов. Компоненты раствора: растворитель и растворенное вещество: $m_{\text{р-ра}} = m_{\text{в-ва}} + m_{\text{р-ля}}$.

Массовая доля вещества в растворе (w) — отношение массы растворенного вещества к массе раствора: $w = m_{\text{в-ва}}/m_{\text{р-ра}}$ и $w = m_{\text{в-ва}}/(m_{\text{в-ва}} + m_{\text{р-ля}})$.

Плотность раствора — ρ (г/мл). $\rho = m(\text{г})/V(\text{мл})$, откуда $m_{\text{р-ра}} = V \cdot \rho$ и $w = m_{\text{в-ва}}/(\rho \cdot V(\text{мл}))$.

Массовая доля может быть выражена в процентах: раствор с массовой долей 40 % — это то же самое, что раствор с массовой долей 0,4.

Массовая доля вещества в смеси — w . $w = m_{\text{в-ва}}/m_{\text{смеси}}$

Объемная доля вещества в смеси — φ . $\varphi = V_{\text{в-ва}}/V_{\text{смеси}}$

Молярная доля вещества в смеси — χ . $\chi = \nu_{\text{в-ва}}/\nu_{\text{смеси}}$

1. Определите массу воды в 250 г 10 %-ного раствора хлорида натрия.

Решение. Из $w = m_{\text{в-ва}}/m_{\text{р-ра}}$ находим массу хлорида натрия:

$m(\text{NaCl}) = w \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,1 \cdot 250 \text{ г} = 25 \text{ г}$. Поскольку $m_{\text{р-ра}} = m_{\text{в-ва}} + m_{\text{р-ля}}$, то получаем:

$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{в-ва}} = 250 \text{ г} - 25 \text{ г} = 225 \text{ г H}_2\text{O}$.

Ответ: 225 г H₂O.

2. В 100 г воды растворили 20 г соли. Определите массовую долю соли в растворе.

3. Сколько граммов воды нужно прибавить к 20 г соли для получения 16 %-ного раствора?

4. К 200 г 14 %-ного раствора соли добавили 80 г воды. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

5. При упаривании 150 мл раствора соли с массовой долей $w = 0,1$ и плотностью $\rho = 1,10$ г/мл из него было удалено 25 мл воды с плотностью $\rho = 1,00$ г/мл. Найдите массовую долю соли в полученном растворе.

6. К 200 мл раствора соли ($w = 0,10$, $\rho = 1,10$ г/мл) добавили 20 г этой соли. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

7. Определите массу хлороводорода в 400 мл раствора соляной кислоты с массовой долей 0,262 и плотностью 1,13 г/мл.

8. При охлаждении 300 мл насыщенного раствора с массовой долей 0,25 и плотностью 1,25 г/мл из него выпало 50 г соли. Найти массовую долю полученного раствора.

9. Какую массу кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и воды надо взять для приготовления 2 л 15 %-ного раствора сульфата натрия с плотностью $\rho = 1,14$ г/мл?

Решение. Для 2 л 15 %-ного раствора Na_2SO_4 с $\rho = 1,14$ г/мл имеем
 $m_{\text{р-ра}} = V \cdot \rho = 2000 \cdot 1,14 = 2280$ г и $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = w \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,15 \cdot 2280 = 342$ г Na_2SO_4 .

Отсюда $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m/M = 342/142 = 2,408$ моль.

Имеем $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 2,4085$ моль и

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \nu \cdot M = 2,4085 \cdot 322 = 776$ г.

Определим массу воды, необходимую для приготовления раствора:

$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{р-ра}} - m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 2280 - 776 = 1504$ г H_2O .

Для приготовления раствора нужно 776 г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и 1504 г H_2O .

Ответ: 776 г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и 1504 г H_2O .

10. Какую массу медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и воды нужно взять для приготовления 2 кг 2 %-ного раствора сульфата меди(II)?
-
-
-
-

1.2.2. Задачи на молярную концентрацию

Молярная концентрация (c) — отношение количества растворенного вещества ν (моль) к объему раствора V (в литрах): $c = \nu(\text{моль})/V(\text{л})$ и $c = m_{\text{в-ва}}/(M \cdot V(\text{л}))$.

Молярная концентрация имеет размерность: $c = 0,5M = 0,5$ моль/л.

Молярная концентрация связана с массовой долей растворенного вещества в растворе.

Имеем формулы $c = (w \cdot \rho \cdot 1000)/M$ и $w = cM/(\rho \cdot 1000)$, где 1000 имеет размерность мл/л.

1. Определите массу KOH , необходимую для приготовления 4 л 2M раствора.

Решение. Для растворов с молярной концентрацией имеем: $c = m/(M \cdot V)$,

где c — молярная концентрация, m — масса вещества, M — молярная масса вещества, а V — объем раствора в литрах. Отсюда $m(\text{KOH}) = c \cdot M \cdot V(\text{л}) = 2 \cdot 56 \cdot 4 = 448$ г.

Ответ: 448 г.

2. Определите массу NaOH , необходимую для приготовления 2 л 2M раствора.
-
-
-
-

3. Определите объем 0,2M раствора гидроксида калия, который можно приготовить из 14 г KOH .
-
-
-
-

4. Определите объем 0,5M раствора CuSO_4 , который можно приготовить из 12,5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
-
-
-
-

5. 4,48 л хлороводорода (н. у.) растворили в воде и довели объем до 250 мл. Найдите молярную концентрацию полученного раствора.
-
-
-
-

6. Определите объем (н. у.) растворенного в воде хлороводорода, если получено 2 л раствора с концентрацией 3 моль/л.

7. Определите молярную концентрацию 17,81 %-ного раствора гидроксида калия с плотностью 1,165 г/мл.

8. Определите молярную концентрацию 50,0 %-ного раствора серной кислоты с плотностью 1,395 г/мл.

9. Определите массовую долю гидроксида натрия в растворе с концентрацией 11,65 моль/л и плотностью 1,370 г/мл.

Решение. Имеем формулы: $w = m/(\rho \cdot V(\text{мл}))$ и $c = m/(M \cdot V(\text{л}))$.

Запишем вторую формулу в виде $c = m \cdot 1000/(M \cdot V(\text{мл}))$, где 1000 имеет размерность мл/л.

Выразим из второй формулы $m/(V(\text{мл})) = c \cdot M/1000$ и подставим в первую формулу.

Получаем выражение массовой доли растворенного вещества через молярную концентрацию:

$$w = c \cdot M/(\rho \cdot 1000). \text{ Находим } w = c \cdot M/(\rho \cdot 1000) = 11,65 \cdot 40/(1,37 \cdot 1000) = 0,340.$$

Ответ: 0,340.

10. Определите массовую долю хлороводорода в растворе с концентрацией 6,8 моль/л и плотностью 1,11 г/мл.

1.2.3. Задачи на растворимость

Растворимость — свойство вещества растворяться в воде или в другом растворителе. Насыщенный раствор — раствор, который находится в равновесии с осадком растворенного вещества. Коэффициент растворимости — растворимость (s) — максимальная масса вещества, растворимая в 100 г воды при данной температуре.

Растворимость s связана с массовой долей растворенного вещества в растворе w следующими формулами: $w = s/(100 + s)$ и $s = 100w/(1 - w)$. Однако обычно эти формулы не запоминаются, а выводятся в ходе решения задач.

1. Коэффициент растворимости хлората калия при 25 °С равен 8,6 г. Определите массовую долю этой соли в насыщенном растворе при 25 °С.

2. Массовая доля соли в насыщенном при 20 °С растворе хлорида калия равна 0,256. Определите растворимость этой соли в 100 г воды.

Решение: Пусть растворимость соли равна x г в 100 г воды.

Тогда масса раствора равна: $m_{\text{р-ра}} = m_{\text{воды}} + m_{\text{соли}} = (x + 100)$ г,

а массовая доля равна: $w = m_{\text{соли}}/m_{\text{р-ра}} = x/(100 + x) = 0,256$.

Отсюда $x = 25,6 + 0,256x$; $0,744x = 25,6$; $x = 34,4$ г на 100 г воды.

Ответ: 34,4 г.

3. Массовая доля хлорида меди (II) в насыщенном растворе равна 0,422. Определите коэффициент растворимости соли при этой температуре (в граммах на 100 г воды).

4. Определите массовую долю насыщенного раствора соли, если коэффициент растворимости этой соли равен 45 г на 100 г воды.

5. В 1 л воды при определенной температуре максимально растворяется 4,0 л (н. у.) сероводорода. Определите растворимость сероводорода при данной температуре.

1.2.4. Задачи на растворы газов в воде и смеси газов

При решении задач на водные растворы полезно помнить, что $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл}$.

Массовая доля вещества в смеси — w . $w = m_{\text{в-ва}}/m_{\text{смеси}}$

Объемная доля вещества в смеси — φ . $\varphi = V_{\text{в-ва}}/V_{\text{смеси}}$

Молярная доля вещества в смеси — χ . $\chi = v_{\text{в-ва}}/v_{\text{смеси}}$

Для газов молярная доля вещества в смеси равна его объемной доле.

1. Сколько литров хлороводорода (н. у.) нужно растворить в 1 л воды для получения 32,83 %-ного раствора?

Решение. Пусть $m(\text{HCl}) = x \text{ г}$. Масса воды равна: $m(\text{H}_2\text{O}) = \rho \cdot V(\text{мл}) = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ г}$.

Имеем: $w = m(\text{HCl})/(m(\text{HCl}) + m(\text{H}_2\text{O}))$. Решаем это уравнение: $x/(x + 1000) = 0,3283$;

$x = 0,3283x + 328,3$; $0,6717x = 328,3$; $x = 488,8 \text{ г HCl}$.

Находим $v(\text{HCl}) = m/M = 488,8/36,5 = 13,39 \text{ моль}$ и $V = vV_M = 13,39 \cdot 22,4 = 300 \text{ л}$.

Ответ: 300 л.

2. Сколько литров (н. у.) хлороводорода нужно растворить в 2 литрах воды для получения 10,24 %-ной соляной кислоты?

3. Определите массовую долю HCl в растворе, полученном при растворении 100 л хлороводорода (н. у.) в 1 л воды.

4. В каком объеме воды нужно растворить 50 л хлороводорода (н. у.) для получения 16,92 %-ной соляной кислоты?

5. В каком объеме воды нужно растворить 150 л аммиака (н. у.) для получения 10,7 %-ного раствора аммиака?

1.2.5. Задачи на приготовление растворов

Если мы добавляем воду к раствору, то масса растворенного вещества остается неизменной.

Если мы добавляем вещество к раствору этого вещества в воде, то масса воды остается неизменной.

Записывая условия задачи, следует давать разные индексы для исходного и полученного растворов, например, w_1 и w_2 и т. д.

1. К 200 г 15 %-ного раствора соли добавили 100 г воды. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

Решение. Для исходного раствора имеем: $m_{\text{р-ра}1} = 200$ г и $m_{\text{соли}1} = w_1 \cdot m_{\text{р-ра}1} = 0,15 \cdot 200 = 30$ г. Для полученного раствора имеем: $m_{\text{р-ра}2} = m_{\text{р-ра}1} + 100 = 200 + 100 = 300$ г и ту же самую массу соли $m_{\text{соли}2} = m_{\text{соли}1} = 30$ г. Отсюда $w_2 = m_{\text{соли}2} / m_{\text{р-ра}2} = 30 / 300 = 0,10$.

Ответ: 0,10.

2. К 400 г 10 %-ного раствора соли добавили 50 г этой же соли. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

3. К 500 г 10 %-ного раствора соли добавили 90 г этой же соли и 110 г воды. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

4. Из 300 г 16 %-ного раствора соли выпарили 60 г воды. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

5. При охлаждении 600 г 40 %-ного раствора соли выпало 40 г осадка соли. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

1.2.6. Задачи на смешивание растворов

При решении задач на смешивание растворов следует различать два исходных раствора (№ 1 и № 2) и образующийся раствор (№ 3), давая соответствующие индексы $m_{p-ра1}$, $m_{p-ра2}$, $m_{p-ра3}$ и т. д.

Иногда результаты расчетов полезно записывать в виде таблицы

№ _{p-ра}	$m_{p-ра}$	$m_{в-ва}$	$m_{воды}$
1			
2			
3			

Поскольку третий раствор готовят смешиванием первых двух, то выполняются соотношения $m_{p-ра3} = m_{p-ра1} + m_{p-ра2}$, $m_{в-ва3} = m_{в-ва1} + m_{в-ва2}$, $m_{воды3} = m_{воды1} + m_{воды2}$. Очевидно, что выполняются и ранее использованные соотношения $m_{p-ра3} = m_{в-ва3} + m_{воды3}$ и т. д.

1. Определите массовую долю раствора, полученного при смешивании 150 мл 14 %-ного раствора HNO_3 ($\rho = 1,080$ г/мл) и 250 мл 4 %-ного раствора HNO_3 ($\rho = 1,022$ г/мл).

Решение. Для раствора 1 (14 %) имеем $m_{p-ра1} = \rho_1 \cdot V_1(\text{мл}) = 1,080 \cdot 150 = 162,0$ г и $m_{в-ва1} = w_1 \cdot m_{p-ра1} = 0,14 \cdot 162 = 22,7$ г. Для раствора 2 (4 %) имеем $m_{p-ра2} = \rho_2 \cdot V_2(\text{мл}) = 1,022 \cdot 250 = 255,5$ г и $m_{в-ва2} = w_2 \cdot m_{p-ра2} = 0,04 \cdot 255,5 = 10,2$ г. Для раствора 3 имеем $m_{p-ра3} = m_{p-ра1} + m_{p-ра2} = 162,0 + 255,5 = 417,5$ г; $m_{в-ва3} = m_{в-ва1} + m_{в-ва2} = 22,7 + 10,2 = 32,9$ г и $w_3 = m_{в-ва3}/m_{p-ра3} = 32,9/417,5 = 0,0788$.
Ответ: 0,0788.

2. Определите массовую долю азотной кислоты в растворе, полученном при сливании 30 мл 96 %-ного раствора ($\rho = 1,5$ г/мл) и 40 мл 48 %-ного раствора азотной кислоты ($\rho = 1,3$ г/мл).

3. Определите массы исходных растворов с массовыми долями серной кислоты 7,5 % и 60 %, если при их смешивании образовался раствор массой 350 г с массовой долей серной кислоты 15 %.

4. Какие массы растворов с массовой долей растворенного вещества 0,10 и 0,50 надо взять, чтобы получить 800 г 25 %-ного раствора?

5. Определите массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при сливании 140 мл 80 %-ного раствора ($\rho = 1,73$ г/мл) и 280 мл 16 %-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,11$ г/мл).

1.2.7. Задачи на выпадение осадка из растворов

Растворимость вещества s преобразуется в массовую долю растворенного вещества по формуле: $w = s/(100 + s)$.

Если вещество удаляется из раствора в виде осадка, то масса воды остается неизменной.

При решении задач на растворимость с использованием таблицы данные для растворимости записываются в виде отдельной строки. Это позволяет, зная для раствора одну из величин $m_{в-ва}$, $m_{р-ра}$ или $m_{воды}$, найти с помощью пропорции остальные величины.

№ р-ра	$m_{р-ра}$, Г	$m_{в-ва}$, Г	$m_{воды}$, Г
1			
	$s_1 + 100$	s_1	100
2			
	$s_2 + 100$	s_2	100

1. Какая масса хлорида калия выпадает в осадок из 900 г раствора, насыщенного при 80 °С, при охлаждении его до 20 °С? Растворимость соли равна 51,1 г при 80 °С и 34,4 г при 20 °С.

2. Коэффициент растворимости соли при 80 °С равен 50 г, а при 20 °С — 20 г в 100 г воды. Определите массу осадка, полученного из 700 г насыщенного при 80 °С раствора в случае его охлаждения до 20 °С.

3. Из 200 мл 62,96 %-ного раствора нитрата калия ($\rho = 1,35$ г/мл) при охлаждении выпал осадок соли массой 120 г. Найти массовую долю соли в оставшемся растворе.

4. В 100 г воды при 10 °С растворяется 71,7 г нитрата натрия. Насыщенный при 10 °С раствор массой 75,0 г нагрели до 60 °С. Какую массу нитрата натрия можно дополнительно растворить в этом растворе, если растворимость указанной соли при 60 °С равна 124,7 г на 100 г воды?

Решение. Запишем условия задачи в таблицу, туда же запишем результаты расчетов

№ р-ра	$m_{\text{р-ра}}$, Г	$m_{\text{в-ва}}$, Г	$m_{\text{воды}}$, Г
1 (10 °С)	75,0	31,3	43,7
	171,7	71,7	100
2 (60 °С)	98,2	54,5	43,7
	224,7	124,7	100

Для раствора 1 находим $m_{\text{в-ва}1} = 75 \cdot 71,7/171,7 = 31,3$ г и $m_{\text{воды}1} = 75 - 31,3 = 43,7$ г.

Для раствора 2 имеем $m_{\text{воды}2} = m_{\text{воды}1} = 43,7$ г. Находим $m_{\text{в-ва}2} = 43,7 \cdot 124,7/100 = 54,5$ г и $m_{\text{р-ра}2} = 43,7 \cdot 224,7/100 = 98,2$ г.

Находим массу соли, которую можно дополнительно растворить:

$m_{\text{соли}} = m_{\text{в-ва}2} - m_{\text{в-ва}1} = 54,5 - 31,3 = 23,2$ г или $m_{\text{соли}} = m_{\text{р-ра}2} - m_{\text{р-ра}1} = 98,2 - 75,0 = 23,2$ г.

Ответ: 23,2 г.

5. Какая масса нитрата калия выпадает в осадок из 700 г раствора, насыщенного при 70 °С, при охлаждении его до 10 °С? Растворимость соли равна 137,5 г при 70 °С и 21,2 г при 10 °С.

1.2.8. Задачи на кристаллогидраты

При использовании таблицы масса кристаллогидрата записывается в графу массы раствора.

1. При охлаждении 400 мл 28 %-ного раствора сульфата меди ($\rho = 1,19$ г/мл) выпал осадок $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ массой 50 г. Найти массовую долю сульфата меди в оставшемся растворе.

Решение. Запишем условия задачи в таблицу, туда же записываем результаты расчетов.

№ р-ра	$m_{\text{р-ра}}$, Г	$m_{\text{в-ва}}$, Г
1 (28 %)	476	133,3
2 (кр-т)	50	32
3	426	101,3

Для раствора 1 находим $m_{\text{р-ра}1} = \rho \cdot V = 1,19 \cdot 400 = 476$ г и $m_{\text{в-ва}1} = w \cdot m_{\text{р-ра}1} = 0,28 \cdot 476 = 133,3$ г.

Для кристаллогидрата имеем $m_{\text{р-ра}2} = m_{\text{кр-та}} = 50$ г. Зная $M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250$ г/моль, находим $\nu(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = m/M = 50/250 = 0,20$ моль. Зная $M(\text{CuSO}_4) = 160$ г/моль и $\nu(\text{CuSO}_4) = \nu(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,20$ моль, находим $m(\text{CuSO}_4) = \nu \cdot M = 0,20 \cdot 160 = 32$ г.

Для раствора 3 имеем $m_{\text{р-ра}3} = m_{\text{р-ра}1} - m_{\text{р-ра}2} = 476 - 50 = 426$ г и $m_{\text{в-ва}3} = m_{\text{в-ва}1} - m_{\text{в-ва}2} = 133,3 - 32 = 101,3$ г. Отсюда $w_3 = m_{\text{в-ва}3}/m_{\text{р-ра}3} = 101,3/426 = 0,238$.

Ответ: 0,238.

2. Какую массу кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ надо добавить к раствору сульфата натрия с массовой долей 0,15 для приготовления 500 г раствора сульфата натрия с массовой долей 0,30?

3. К 400 мл раствора дихромата натрия с концентрацией 0,238 моль/л ($\rho = 1,041$ г/мл) добавили 40 г кристаллогидрата этой соли. Массовая доля соли в растворе стала равной 13,17 %. Сколько молей воды приходится на 1 моль дихромата натрия в этом кристаллогидрате?

4. Сколько граммов $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ нужно прибавить к 0,5 л 5 %-ного раствора сульфата натрия (плотностью 1,1 г/мл) для получения 10 %-ного раствора?

Решение. Запишем условия задачи в таблицу, туда же записываем результаты расчетов.

№ р-ра	$m_{\text{р-ра}}$, г	$m_{\text{в-ва}}$, г
1 (5 %)	550	27,5
2 (кр-т)	x	$0,441x$
3 (10 %)	$550 + x$	$55 + 0,1x$

Для раствора 1 имеем $m_{\text{р-ра1}} = \rho \cdot V = 1,1 \cdot 500 = 550$ г и $m_{\text{в-ва1}} = w \cdot m_{\text{р-ра1}} = 0,05 \cdot 550 = 27,5$ г.
 Для раствора 2 — кристаллогидрата имеем: пусть $m_{\text{р-ра1}} = m_{\text{кр-та}} = x$ г. Зная $M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 322$ г/моль, находим $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = m/M = x/322 = 0,003106x$ моль. Зная $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142$ г/моль и $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,003106x$ моль, находим:
 $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \nu \cdot M = 0,003106x \cdot 142 = 0,441x$ г.
 Для раствора 3 имеем $m_{\text{р-ра3}} = m_{\text{р-ра1}} + m_{\text{р-ра2}} = (550 + x)$ г и
 $m_{\text{в-ва2}} = w_2 \cdot m_{\text{р-ра2}} = 0,10(550 + x) = (55 - 0,10x)$ г.
 Из $m_{\text{в-ва1}} + m_{\text{в-ва2}} = m_{\text{в-ва3}}$ имеем $27,5 + 0,441x = 55 + 0,1x$; $0,341x = 27,5$; $x = m_{\text{кр-та}} = 80,6$ г.
 Ответ: 80,6 г.

5. Коэффициент растворимости Na_2SO_4 при 18°C равен 14,3 г в 100 г воды. Определите массу кристаллов $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, которая выделится из 1,2 кг 30 %-ного раствора сульфата натрия при его охлаждении до 18°C .

1.2.9. Задачи на олеум

Олеум — раствор оксида серы(VI) SO_3 (вещество) в безводной серной кислоте (растворитель). В олеуме нет воды, поскольку SO_3 реагирует с водой с образованием серной кислоты.

1. В каком соотношении по объему необходимо смешать 10 %-ный раствор олеума с плотностью 1,870 г/мл и 20 %-ный раствор серной кислоты с плотностью 1,143 г/мл для получения 80 %-ного раствора серной кислоты с плотностью 1,732 г/мл?

Решение. Поскольку в задаче отсутствуют количественные характеристики предположим, что объем олеума равен 1 л, а объем 20 % кислоты равен x л.

Запишем условия задачи в таблицу, туда же записываем результаты расчетов

№ _{р-ра}	$m_{\text{р-ра}}$, Г	$m(\text{H}_2\text{SO}_4)$, Г	$m_{\text{воды}}$, Г	$m(\text{SO}_3)$, Г
1 (ол)	1870	1683	—	187
2 (20 %)	1143x	228,6x	914,4x	—
3 (80 %)	1870 + 1143x	1912,1 + 228,6x	914,4x - 42,1	—

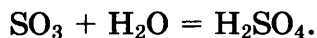
Для раствора 1 — олеума имеем $m_{\text{р-ра1}} = \rho \cdot V = 1,87 \cdot 1000 = 1870$ г,
 $m(\text{SO}_3) = w \cdot m_{\text{р-ра1}} = 0,1 \cdot 1870 = 187$ г и $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_{\text{р-ра1}} - m(\text{SO}_3) = 1870 - 187 = 1683$ г.
 Зная $M(\text{SO}_3) = 80$ г/моль, находим $\nu(\text{SO}_3) = m/M = 187/80 = 2,338$ моль.

Для раствора 2 имеем $m_{\text{р-ра2}} = \rho \cdot V = 1,143 \cdot 1000x = 1143x$ г,

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = w \cdot m_{\text{р-ра1}} = 0,2 \cdot 1143x = 228,6x$ г и

$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{р-ра2}} - m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1143x - 228,6x = 914,4x$ г.

При сливании растворов 1 и 2 идет реакция:



При этом вода — в избытке, поскольку после реакции остается вода в растворе 80 % кислоты, а SO_3 реагирует полностью.

Из уравнения реакции видно: $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{SO}_3) = 2,338$ моль.

Отсюда масса прореагировавшей воды $m(\text{H}_2\text{O}) = \nu \cdot M = 2,338 \cdot 18 = 42,1$ г и масса образовавшейся серной кислоты $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu \cdot M = 2,338 \cdot 98 = 229,1$ г.

Для раствора 3 находим $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1683 + 228,6x + 229,1 = 1912,1 + 228,6x$ и $m(\text{H}_2\text{O}) = 914,4x - 42,1$.

Из $m_{\text{в-ваз}} = m(\text{H}_2\text{SO}_4) = w \cdot m_{\text{р-раз}}$ имеем $1912,1 + 228,6x = 0,8(1870 + 1143x) = 1496 + 914,4x$; $685,8x = 416,1$; $x = 0,607$ л. Отсюда $V_1 : V_2 = 1 : 0,607$.

Ответ: 1 : 0,607.

2. Какой объем соляной кислоты с концентрацией 6 моль/л необходимо смешать с 80 г олеума, в котором молярное соотношение оксид : кислота равно 1 : 2, чтобы в полученном растворе сравнялись массовые доли кислот?

3. Смешали 75 мл 40 %-ного раствора серной кислоты с плотностью 1,307 г/мл и 10 г олеума, в котором массовая доля серы равна 0,352. Определите, какой объем 18,0 %-ного раствора хлорида бария с плотностью 1,18 г/мл может вступить в реакцию с полученной смесью?

4. Определите объем 5 %-ного раствора олеума с плотностью 1,850 г/мл, который нужно добавить к 150 мл 25 %-ного раствора серной кислоты с плотностью 1,183 г/мл для получения 80 %-ного раствора кислоты.

5. Смешали 50 мл 6 %-ного раствора серной кислоты с плотностью 1,040 г/мл и 20 мл 10 %-ного раствора олеума с плотностью 1,870 г/мл. Определите, какой объем водорода (н. у.) выделится при взаимодействии полученной смеси с избытком железа?

1.3. Задачи на расчет по формулам веществ и на вывод формул соединений

1.3.1. Задачи на расчет по формулам

Формула химического соединения характеризует качественный и количественный состав этого соединения. Так, формула серной кислоты H_2SO_4 означает, что в одной молекуле H_2SO_4 содержатся два атома водорода, один атом серы и четыре атома кислорода. Кроме того, из $M(H_2SO_4) = 2 \cdot M(H) + 1 \cdot M(S) + 4 \cdot M(O) = 2 + 32 + 64 = 98$ г/моль следует, что в 1 моль серной кислоты массой 98 г содержится 2 г водорода, 32 г серы и 64 г кислорода. Это позволяет определить массовые доли элементов в соединении.

1. Определите массовые доли элементов в сульфате меди $CuSO_4$.

Решение. Записываем формулу сульфата меди и определяем массы элементов в одном моле вещества: $M(CuSO_4) = 1 \cdot 64 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 64 + 32 + 64 = 160$ г/моль.

Видно, что в 1 моль сульфата меди массой 160 г содержится 64 г меди, 32 г серы и 64 г кислорода. Отсюда имеем: $w(\text{Cu}) = 64/160 = 0,40$, $w(\text{S}) = 32/160 = 0,20$, $w(\text{O}) = 64/160 = 0,40$.

Ответ: $w(\text{Cu}) = 0,40$, $w(\text{S}) = 0,20$, $w(\text{O}) = 0,40$.

2. Определите массовую долю углерода в этаноле $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

3. Определите массовые доли элементов в сульфите натрия Na_2SO_3 .

4. Определите массовые доли элементов в дихромате калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

5. Определите массовую долю безводной соли и воды в медном купоросе $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

6. Определите массовую долю водорода и кислорода в железном купоросе $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

7. Определите массовую долю безводной соли и воды в кристаллогидрате $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

8. Определите шестивалентный элемент, оксид которого содержит 48,0 % кислорода.

Решение. Обозначим элемент буквой Э, а его молярную массу атомов примем за x . Тогда $M(\text{ЭO}_3) = (x + 48)$ г/моль. Откуда видно, что в 1 моль оксида, т. е. в $(x + 48)$ г содержится 48 г кислорода. Имеем $w(\text{O}) = 48/(x + 48) = 0,48$. Решая это уравнение, находим, что $(x + 48) = 100$ и $x = 52$. Отсюда неизвестный шестивалентный элемент имеет молярную массу атомов 52 г/моль, этот элемент — хром Cr.

Ответ: Хром.

9. Определите четырехвалентный элемент, оксид которого содержит 50,0 % кислорода.

10. Определите пятивалентный элемент, оксид которого содержит 56,34 % кислорода.

1.3.2. Задачи на вывод формул соединений

Имея массовые доли элементов в соединении, можно вывести его молекулярную формулу, то есть определить числа атомов в молекулах. Так, для молекулы $\text{A}_x\text{B}_y\text{C}_z$ имеем массовые доли атомов: $w(\text{A}) = x \cdot M(\text{A})/M$, $w(\text{B}) = y \cdot M(\text{B})/M$, $w(\text{C}) = z \cdot M(\text{C})/M$, где M — молярная масса молекулы, а $M(\text{A})$, $M(\text{B})$ и $M(\text{C})$ — молярные массы атомов А, В и С. Имеем числа атомов элементов в молекуле: $x = w(\text{A}) \cdot M/M(\text{A})$, $y = w(\text{B}) \cdot M/M(\text{B})$, $z = w(\text{C}) \cdot M/M(\text{C})$.

Отсюда соотношение между числами атомов в молекуле равно частному от деления массовых долей элементов на молярные массы их атомов. Так, для молекулы $\text{A}_x\text{B}_y\text{C}_z$ имеем:

$$x : y : z = w(\text{A})/M(\text{A}) : w(\text{B})/M(\text{B}) : w(\text{C})/M(\text{C}).$$

При этом массовые доли удобнее выражать в процентах. Вместо массовых долей можно брать пропорциональные им массы элементов для одного и того же количества вещества $\text{A}_x\text{B}_y\text{C}_z$. Полученное соотношение необходимо преобразовать до получения наименьших це-

ных чисел x, y, z , разделив на наименьшее из них, а при необходимости помножив на нужное число. Полученная формула является простейшей. Для нахождения истинной формулы необходимо знать молярную массу вещества. Сравнивая величины молярной массы вещества и молярной массы простейшей формулы вещества, находим истинную формулу вещества.

1. Соль содержит по массе 6,25 % водорода, 43,75 % азота и 50,0 % кислорода. Определите простейшую формулу соли.

Решение. Для $H_xN_yO_z$ имеем:

$$x : y : z = 6,25/1 : 43,75/14 : 50/16 = 6,25 : 3,125 : 3,125 = 2 : 1 : 1 = 4 : 2 : 2.$$

Откуда получаем простейшую формулу H_2NO .

В соли отсутствует металл, но есть азот и водород, значит, это соль аммония и в молекуле должно быть не менее четырех атомов водорода.

Поэтому формула соли — $H_4N_2O_2$ или NH_4NO_2 .

Ответ: NH_4NO_2 .

2. Химическое соединение содержит по массе 44,8 % калия, 18,4 % серы и 36,8 % кислорода. Определите простейшую формулу соединения.
-
-
-

3. Химическое соединение содержит по массе 17,56 % натрия, 39,69 % хрома и 42,75 % кислорода. Определите простейшую формулу соединения.
-
-
-

4. Определите формулу кристаллогидрата карбоната натрия, массовая доля кислорода в котором равна 0,7273.
-
-
-
-
-
-
-
-

5. Химическое соединение содержит по массе 62,07 % углерода, 10,34 % водорода и 27,59 % кислорода. Определите формулу этого соединения, если его молярная масса равна 58 г/моль. Какие два соединения могут иметь такую формулу?
-
-
-

6. Химическое соединение содержит по массе 52,2 % углерода, 13,0 % водорода и 34,8 % кислорода. Определите простейшую формулу соединения.

7. Химическое соединение содержит по массе 40,0 % углерода, 6,7 % водорода и 53,3 % кислорода. Определите истинную формулу соединения, если относительная плотность его паров по воздуху равна 2,07. Приведите примеры соединений, отвечающих этой формуле, назовите их.

8. При сжигании органического соединения массой 22,4 г образовалось 15,68 л (н. у.) оксида углерода(IV) и 25,2 г воды. Установите формулу этого соединения и назовите его, если относительная плотность его паров по гелию равна 8.

Решение. Определим массу углерода в углекислом газе. Для этого найдем количество вещества оксида углерода(IV): $\nu(\text{CO}_2) = V/V_M = 15,68/22,4 = 0,70$ моль.

Поскольку в одной молекуле CO_2 имеется один атом С, то:

$$\nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2) = 0,70 \text{ моль и } m(\text{C}) = M \cdot \nu = 12 \cdot 0,7 = 8,4 \text{ г.}$$

Аналогично находим массу водорода в образовавшейся воде:

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = m/M = 25,2/18 = 1,40 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{H}) = 2 \cdot \nu(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1,4 = 2,8 \text{ моль и } m(\text{H}) = M \cdot \nu = 1 \cdot 2,8 = 2,8 \text{ г.}$$

Сумма масс углерода и водорода в соединении, равная $8,4 + 2,8 = 11,2$ г, меньше, чем масса соединения, равная 22,4 г. Это означает, что исходное соединение содержит еще один элемент — кислород, поскольку продукты сгорания содержат только три элемента: углерод, водород и кислород. Масса кислорода равна $22,4 - 11,2 = 11,2$ г.

Запишем формулу исходного соединения в виде $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$.

$$x : y : z = 8,4/12 : 2,8/1 : 11,2/16 = 0,7 : 2,8 : 0,7 = 1 : 4 : 1.$$

Простейшая формула CH_4O .

Молярная масса простейшей формулы равна: $M(\text{CH}_4\text{O}) = 32$ г/моль.

По условию имеем $D = M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)/M(\text{He}) = 8$. Откуда $M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 8 \cdot M(\text{He}) = 8 \cdot 4 = 32$ г/моль.

Видно, что молярные массы простейшей и истинной формул оказались одинаковыми. Значит, истинная формула совпадает с простейшей формулой — CH_4O . Этой формуле отвечает метиловый спирт CH_3OH .

Ответ: CH_3OH .

9. При сжигании органического соединения массой 24,0 г образовалось 17,92 л (н. у.) оксида углерода (IV) и 14,4 г воды. Определите истинную формулу соединения, если относительная плотность его паров по неону равна 3,0. Какие два соединения могут отвечать этой формуле?

10. При сжигании 9,2 г органического соединения образовалось 10,8 г воды и 8,96 л (н. у.) оксида углерода(IV). Определите истинную формулу соединения, если относительная плотность его паров по хлору равна 0,6479. Какие два соединения могут отвечать этой формуле?

1.3.3. Задачи на общие формулы органических соединений

Некоторые общие формулы органических соединений:

- C_nH_{2n+2} — алканы
 C_nH_{2n} — алкены, циклоалканы
 C_nH_{2n-2} — алкины, алкадиены, циклоалкены
 C_nH_{2n-6} — арены ряда бензола
 $C_nH_{2n+2}O$ — одноатомные спирты, простые эфиры
 $C_nH_{2n}O$ — альдегиды, кетоны
 $C_nH_{2n}O_2$ — кислоты, сложные эфиры
 $C_nH_{2n+3}N$ — амины
 $C_nH_{2n+1}O_2N$ — нитроалканы, аминокислоты ряда глицина

1. Установите формулу алкана, если при сгорании 100 г этого алкана образовалось 154,5 л (н. у.) углекислого газа.

Решение. Находим $\nu(\text{CO}_2) = V/V_M = 154,5/22,4 = 6,90$ моль.

Отсюда $\nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2) = 6,90$ моль, $m(\text{C}) = \nu \cdot M = 6,9 \cdot 12 = 82,8$ г и

$w(\text{C}) = m(\text{C})/m_{\text{алкана}} = 82,8/100 = 0,828$, или 82,8 %.

Тогда $w(\text{H}) = 1 - 0,828 = 0,172$, или 17,2 %

Для углеводорода C_xH_y имеем $x : y = 82,8/12 : 17,2/1 = 6,9 : 17,2 = 1 : 2,5 = 2 : 5$.

Простейшая формула C_2H_5 . Общая формула алкана $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

Алкан, который соответствует этой простейшей формуле, это бутан C_4H_{10} .

Можно решить эту задачу по-другому. Из $w(\text{C}) = 12n/(14n + 2)$ получаем $n = 2w/(12 - 14w)$.

Если $w(\text{C}) = 0,828$, то $n = 2w/(12 - 14w) = 2 \cdot 0,828/(12 - 14 \cdot 0,828) = 1,656/0,408 = 4$.

Алкан – C_4H_{10} .

Ответ: C_4H_{10} .

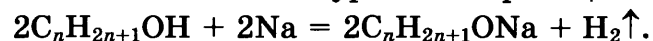
2. Определите молекулярную формулу алкена, при сгорании 2 моль которого образуется 10 моль оксида углерода(IV).
-
-
-

3. Определите молекулярную формулу алкина, который содержит 88,89 % углерода.
-
-
-

4. Гомолог бензола сожгли. Определите молярную массу этого арена, если масса образовавшейся воды оказалась равной массе сгоревшего арена.
-
-
-
-

5. Определите молекулярную формулу спирта, при взаимодействии которого с избытком натрия образовалось 30 г алкоголята натрия и выделилось 4,1 л (н. у.) водорода.

Решение. Напишем уравнение реакции в общем виде:



Находим $\nu(\text{H}_2) = V/V_M = 4,1/22,4 = 0,183$ моль.

Из уравнения видно $\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{ONa}) = 2\nu(\text{H}_2) = 2 \cdot 0,183 = 0,366$ моль.

Отсюда $M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{ONa}) = m/M = 30/0,366 = 82,0$ г/моль.

Из формулы алкоголята имеем $M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{ONa}) = 12n + 2n + 1 + 16 + 23 = (14n + 40)$ г/моль.

Получаем $14n + 40 = 82$; $14n = 42$; $n = 3$. Формула спирта $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$. Это пропанол-1 или пропанол-2.

Ответ: $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$.

6. Определите молекулярную формулу альдегида, массовая доля кислорода в котором равна 0,276.

7. Определите молярную массу сложного эфира, если для полного гидролиза 26,4 г эфира требуется 16,8 г гидроксида калия.

8. Определите формулу вторичного амина и назовите его, если массовая доля брома в соли этого амина с бромоводородом равна 0,571.

9. Определите молекулярную формулу аминокислоты, являющейся гомологом глицина, если массовая доля азота в аминокислоте равна 0,1359.

10. Калийная соль аминокислоты в 1,165 раз тяжелее такого же количества натриевой соли этой кислоты. Определите молекулярную формулу кислоты.

Решение. Общая формула: аминокислоты $C_nH_{2n+1}NO_2$, натриевой соли аминокислоты: $C_nH_{2n}NO_2Na$, калийной соли аминокислоты $C_nH_{2n}NO_2K$.

Молярные массы солей: $M(C_nH_{2n}NO_2Na) = (14n + 69)$ г/моль и $M(C_nH_{2n}NO_2K) = (14n + 85)$ г/моль. Отсюда $M(C_nH_{2n}NO_2K) / M(C_nH_{2n}NO_2Na) = (14n + 85) / (14n + 69) = 1,165$;

$14n + 85 = 16,31n + 80,38$; $2,31n = 4,62$; $n = 2$.

Формула кислоты $C_2H_5NO_2$ или NH_2CH_2COOH . Это глицин.

Ответ: NH_2CH_2COOH .

1.4. Задачи на расчеты по уравнению реакций

1.4.1. Задачи на расчет по уравнению реакции

Уравнение реакции непосредственно указывает на то, какие вещества и в каком количестве участвуют в реакции. Так, например, из уравнения реакции:

$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ следует, что 1 моль пропана реагирует с 5 моль кислорода, при этом образуется 3 моль оксида углерода (IV) и 4 моль воды.

При решении задачи:

а) определяем количество вещества реагента или продукта реакции, для которых известны масса или объем;

б) записываем уравнение реакции;

в) по уравнению реакции определяем количество вещества искомого реагента или продукта;

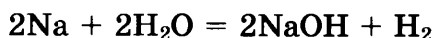
г) зная количество вещества, определяем требуемую массу или объем вещества.

1. Определите массу гидроксида натрия, которая необходима для нейтрализации 39,2 г серной кислоты.

2. Определите массовую долю гидроксида в растворе, полученном при растворении в 100 мл воды 0,92 г натрия.

Решение. Находим $\nu(Na) = m/M = 0,92/23 = 0,04$ моль. $m(H_2O) = \rho \cdot V = 1,0 \cdot 100 = 100$ г.

Запишем уравнение реакции:



Из уравнения реакции видно, что $\nu(NaOH) = \nu(Na) = 0,04$ моль,

а $\nu(H_2) = \nu(Na)/2 = 0,04/2 = 0,02$ моль.

$m(NaOH) = \nu \cdot M = 0,04 \cdot 40 = 1,6$ г. $m(H_2) = \nu \cdot M = 0,02 \cdot 2 = 0,04$ г.

$m_{p-ра} = m(H_2O) + m(Na) - m(H_2) = 100 + 0,92 - 0,04 = 100,88$ г.

$w(NaOH) = m(NaOH)/m_{p-ра} = 1,6/100,88 = 0,0159$.

Ответ: 0,0159.

3. Определите объем водорода (н. у.), который выделится при взаимодействии с избытком соляной кислоты 10,8 г алюминия.

4. Определите массу железа, если при растворении этого железа в соляной кислоте выделилось 560 мл (н. у.) газа.

5. Сульфид железа(II) массой 4,4 г растворили в избытке соляной кислоты. Определите объем (н. у.) выделившегося газа.

6. Сколько граммов железа растворили в избытке концентрированной серной кислоты при нагревании, если при этом выделилось 112 мл (н. у.) оксида серы(IV)?

7. Хром массой 2,6 г поместили в избыток разбавленной серной кислоты. Определите массу образовавшейся соли.

8. Определите массу оксида меди(II) и объем (н. у.) оксида серы(IV), которые образуются при обжиге 48 г сульфида меди(I).

Решение. Зная $M(\text{Cu}_2\text{S}) = 160$ г/моль, находим $\nu(\text{Cu}_2\text{S}) = m/M = 48/160 = 0,30$ моль.

Запишем уравнение реакции.



Из уравнения реакции видно, что $\nu(\text{CuO}) = 2\nu(\text{Cu}_2\text{S}) = 2 \cdot 0,30 = 0,60$ моль.

Зная $M(\text{CuO}) = 80$ г/моль, находим $m(\text{CuO}) = \nu \cdot M = 0,60 \cdot 80 = 48,0$ г.

Из уравнения реакции видно, что $\nu(\text{SO}_2) = \nu(\text{Cu}_2\text{S}) = 0,30$ моль.

Отсюда $V(\text{SO}_2) = \nu \cdot V_M = 0,30 \cdot 22,4 = 6,72$ л.

Ответ: 6,72 л.

9. Определите массу меди, образующейся при пропускании водорода над разогретым оксидом меди(II), если в ходе реакции образовалось 9 г паров воды.
-
-
-
-

10. Определите объем газа (н. у.), который образуется при растворении 1,28 г меди в избытке концентрированной серной кислоты.
-
-
-
-

1.4.2. Задачи на расчет по уравнению реакции, если одно из веществ дано в виде раствора или содержит примеси

В подобных случаях, как правило, надо выполнить соответствующие предварительные вычисления и определить количество этого вещества. Затем выполнять расчет по уравнению реакции.

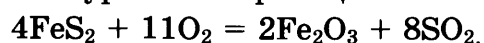
1. Определите объем (н. у.) оксида серы (IV), который образуется при обжиге 1 кг пирита, содержащего 90 % FeS_2 .

Решение. Находим массу и количество вещества FeS_2 :

$$m(\text{FeS}_2) = w \cdot m_{\text{пирита}} = 0,9 \cdot 1000 \text{ г} = 900 \text{ г};$$

$$\nu(\text{FeS}_2) = m/M = 900 \text{ г} / (120 \text{ г/моль}) = 7,5 \text{ моль}.$$

Запишем уравнение реакции:



Видно, что $\nu(\text{SO}_2) = 2 \cdot \nu(\text{FeS}_2) = 2 \cdot 7,5 \text{ моль} = 15 \text{ моль}$.

Отсюда $V(\text{SO}_2) = \nu \cdot V_M = 15 \cdot 22,4 = 336$ л.

Ответ: 336 л.

2. Определите массу раствора серной кислоты с массовой долей 0,80 и плотностью 1,73 г/мл, который можно получить из 40 г оксида серы(VI).

3. Определите объем раствора гидроксида натрия с массовой долей 0,11 и плотностью 1,12 г/мл, который необходим для полного осаждения меди из 160 мл раствора нитрата меди(II) с массовой долей 0,06 и плотностью 1,05 г/мл.

4. Определите массу соли, полученной растворением 2,24 л (н. у.) оксида серы (IV) в 200 г 2 %-ного раствора гидроксида натрия.

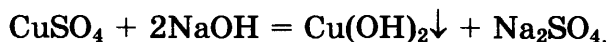
5. Определите объем соляной кислоты с массовой долей 0,0951 и плотностью 1,045 г/мл, необходимый для полной нейтрализации 17,3 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей 0,0647 и плотностью 1,070 г/мл.

6. Определите массу осадка, который образуется при сливании 300 г 10 %-ного раствора CuSO_4 и избытка раствора NaOH .

Решение. Находим $m(\text{CuSO}_4) = w \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,1 \cdot 300 = 30$ г.

Зная $M(\text{CuSO}_4) = 36,5$ г/моль, находим $\nu(\text{CuSO}_4) = m/M = 30/160 = 0,1875$ моль.

Запишем уравнение реакции.



Видно, что $\nu(\text{Cu(OH)}_2) = \nu(\text{CuSO}_4) = 0,1875$ моль. Зная $M(\text{Cu(OH)}_2) = 98$ г/моль, находим $m(\text{Cu(OH)}_2) = \nu \cdot M = 0,1875 \cdot 98 = 18,4$ г.

Ответ: 18,4 г.

7. Определите объем раствора гидроксида натрия с массовой долей 0,11 и плотностью 1,12 г/мл, который необходим для полного осаждения меди из 160 мл раствора нитрата меди (II) с массовой долей 0,06 и плотностью 1,05 г/мл.

8. Определите (н. у.) объем аммиака, который нейтрализует 200 мл раствора соляной кислоты с массовой долей 0,105 и плотностью 1,05 г/мл.

9. Определите массу иода, который образуется при пропускании избытка хлора через 100 мл раствора иодида калия с массовой долей 0,10 и плотностью 1,08 г/мл.

10. Определите объем раствора гидроксида натрия с массовой долей 0,101 и плотностью 1,11 г/мл, необходимый для нейтрализации 50 мл 8,0 %-ного раствора иодоводородной кислоты с плотностью 1,06 г/мл.

1.4.3. Задачи на выход реакции

Задача усложняется, если реакция идет не количественно, то есть в соответствии с уравнением реакции, а с определенным выходом.

Выход реакции η — это отношение практически полученной массы (количества вещества, объема) продукта к теоретической (рассчитанной по уравнению реакции) массе (количеству вещества, объему) этого продукта.

$$\eta = m_{\text{практ.}}/m_{\text{теор.}} \quad \eta = v_{\text{практ.}}/v_{\text{теор.}} \quad \eta = V_{\text{практ.}}/V_{\text{теор.}}$$

1. Через озонатор пропустили 30 л (н. у.) молекулярного кислорода O_2 и получили 4 л (н. у.) озона O_3 . Определите выход продукта в этой реакции.

2. При получении водорода по реакции раскаленного железа с парами воды было получено (с выходом 80 %) 7,17 л (н. у.) водорода. Определите массу израсходованного железа.

Решение. Находим $V_{\text{теор.}}(H_2) = V_{\text{практ.}}(H_2)/\eta = 7,17/0,80 = 8,96$ л.

Находим $v_{\text{теор.}}(H_2) = V/V_M = 8,96/22,4 = 0,40$ моль.

Запишем уравнение реакции.



Видно, что $v(Fe) = (3/4) \cdot v(H_2) = (3/4) \cdot 0,40 = 0,30$ моль.

Находим $m(Fe) = v \cdot M = 0,3 \cdot 56 = 16,8$ г.

Ответ: 16,8 г.

3. При однократном пропускании через катализатор азотоводородной смеси, содержащей 100 г водорода и избыток азота, образовалось 100 г аммиака. Определите выход реакции.

4. Определите массовую долю примесей в угле, если при сгорании 42 г угля было получено с выходом 85 % 60 л (н. у.) углекислого газа

5. Определите выход реакции, протекающей в контактном аппарате, если из 10 л (н. у.) оксида серы(IV) было получено 32,0 г оксида серы(VI).

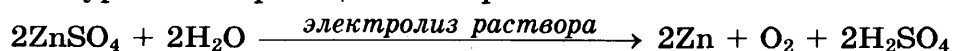
6. При электролизе водного раствора хлорида цинка на катоде выделилось 68,25 г цинка, а на аноде — 28,22 л (н. у.) хлора. Определите выход цинка, если выход хлора составил 0,90.

7. Определите массу помещенного в электролизер медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, если к моменту полного осаждения меди на катоде образовалось 3,2 г вещества.

8. При электролизе водного раствора сульфата цинка на катоде выделилось 4,64 г цинка. Считая выход кислорода количественным, определите выход цинка, если на аноде выделилось 1,34 г кислорода.

Решение. Находим $\nu(\text{O}_2) = m/M = 1,34/32 = 0,04188$ моль.

Запишем уравнение реакции электролиза.



Видно, что $\nu(\text{Zn}) = 2 \cdot \nu(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,04188 = 0,08376$ моль

$m_{\text{теор.}}(\text{Zn}) = \nu \cdot M = 0,08376 \cdot 65 = 5,44$ г

$\eta(\text{Zn}) = m_{\text{практ.}}(\text{Zn})/m_{\text{теор.}}(\text{Zn}) = 4,64/5,44 = 0,85$.

Ответ: 0,85.

9. Сколько граммов оксида серы(IV) образуется при сжигании 10 г технической серы, содержащей 96 % чистой серы, если выход реакции составляет 90 % ?

10. Какую массу карбоната кальция необходимо подвергнуть термическому разложению, чтобы выделившийся углекислый газ образовал с избытком гидроксида бария осадок массой 9,85 г, если выход реакции разложения карбоната кальция равен 90 %, а выход реакции взаимодействия углекислого газа с гидроксидом бария равен 95 % ?

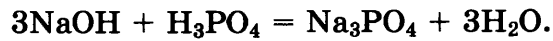
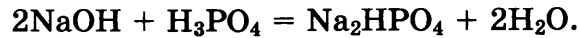
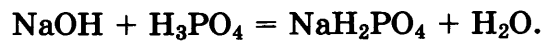
1.4.4. Задачи на избыток

Усложнение задачи может достигаться введением в задачу информации о количествах вещества двух реагентов. Вообще говоря, эти вещества могут реагировать полностью. Но возможно, что полностью реагировать будет только одно вещество, а второе останется после реакции в избытке. Такие задачи называют задачами на избыток. В этом случае необходимо предварительно определить, какое вещество — в избытке. Для этого надо определить, например, какое количество вещества второго реагента требуется для того, чтобы первое вещество прореагировало полностью. После этого следует сравнить имеющееся количество вещества второго реагента с требуемым количеством вещества.

Если имеющееся количество вещества реагента меньше требуемого по реакции, то это вещество — в недостатке и реагирует полностью. Поэтому имеющееся количество этого вещества можно использовать для выполнения дальнейшего расчета по уравнению реакции.

Если имеющееся количество вещества реагента больше требуемого по реакции, то это вещество — в избытке и не реагирует полностью. Поэтому использование имеющегося количества вещества реагента в избытке при решении задачи будет неверным. Разумеется, можно вести расчет по веществу в избытке, если брать не имеющееся количество вещества, а то, которое полностью вступает в реакцию.

В некоторых случаях в ходе реакции между двумя веществами могут образовываться разные продукты, в зависимости от соотношения количества вещества реагентов. Так, в ходе реакции гидроксида натрия с фосфорной кислотой возможны реакции:



Видно, что характер образующейся соли зависит от соотношения между количествами реагирующих веществ.

Если $\nu(\text{NaOH}) : \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1 : 1$, то образуется NaH_2PO_4 .

Если $\nu(\text{NaOH}) : \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2 : 1$, то образуется Na_2HPO_4 .

Если $\nu(\text{NaOH}) : \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 : 1$, то образуется Na_3PO_4 .

В промежуточных случаях образуются две соответствующие соли.

Если $1 < \nu(\text{NaOH})/\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) < 2$, то образуются NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4 ,

если $2 < \nu(\text{NaOH})/\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) < 3$, то образуются Na_2HPO_4 и Na_3PO_4 .

В последнем случае гидроксид натрия будет в избытке при образовании Na_2HPO_4 и в недостатке при образовании Na_3PO_4 .

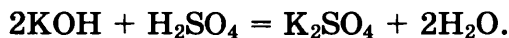
1. Сколько граммов соли образуется при реакции 0,5 моль гидроксида калия с 49 граммами серной кислоты?

2. Определите массу соли, которая образуется при взаимодействии 18,67 г гидроксида калия и 14,08 г серной кислоты.

Решение. Находим $\nu(\text{KOH}) = m/M = 18,67/56 = 0,333$ моль и

$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = m/M = 14,08/98 = 0,144$ моль.

Поскольку количество вещества KOH более чем вдвое больше, чем количество вещества H_2SO_4 , реакция идет до образования средней соли:



Гидроксид калия остается в избытке, так как для реакции с серной кислотой нужно 0,288 моль KOH, а имеется 0,333 моль KOH.

Видно, что $\nu(\text{K}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,144$ моль.

Находим $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = \nu \cdot M = 0,144 \cdot 174 = 25$ г.

Ответ: 25 г.

3. Какая масса соли образуется при пропускании 22,4 л оксида серы(IV) в раствор, содержащий 1 моль гидроксида натрия?

4. Определите массу соли, образующейся при взаимодействии 10 г гидроксида натрия и 10 г азотной кислоты.

5. Определите объем оксида углерода(IV) (н. у.), который образуется при взаимодействии 15 г гидрокарбоната натрия и 10 г серной кислоты.

6. Определите массу этилата натрия, который может быть получен из этанола массой 13,8 г и натрия массой 9,2 г.

7. Определите массу этилпропионата, который можно получить из 51,8 г пропионовой кислоты и 41,4 г этилового спирта.

8. Сколько граммов хлорида аммония образуется при взаимодействии 5,6 л аммиака (н. у.) и 7,3 г хлороводорода?

9. В 50,5 г 2 %-ного раствора фосфорной кислоты растворили 0,412 г NaOH. Вычислите массовую долю образовавшегося вещества в растворе.

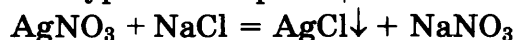
10. Раствор, содержащий 13 г нитрата серебра, смешали с 41,7 мл 26 %-ного раствора хлорида натрия ($\rho = 1,2$ г/мл) и осадок отфильтровали. Рассчитайте массу каждого из оставшихся в растворе веществ.

Решение. Находим $m(\text{NaCl}) = V \cdot \rho \cdot w = 41,7 \cdot 1,2 \cdot 0,26 = 13,0$ г и

$\nu(\text{NaCl}) = 13,0/58,5 = 0,2224$ моль,

Находим $\nu(\text{AgNO}_3) = m/M = 13/170 = 0,0765$ моль.

Запишем уравнение реакции.



Видно, что NaCl — в избытке. После реакции в растворе останется избыток хлорид натрия и образовавшийся нитрат натрия.

Из уравнения видно, что $\nu(\text{NaNO}_3) = \nu(\text{AgNO}_3) = 0,0765$ моль.

Отсюда $m(\text{NaNO}_3) = \nu \cdot M = 0,0765 \cdot 85 = 6,50$ г.

Находим избыток NaCl: $\nu(\text{NaCl}) = 0,2224 - 0,0765 = 0,1459$ моль и

$m(\text{NaCl}) = 0,1459 \cdot 58,5 = 8,54$ г.

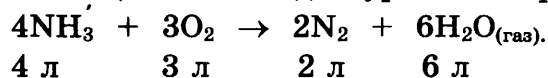
Ответ: $m(\text{NaNO}_3) = 6,50$ г и $m(\text{NaCl}) = 8,54$ г.

1.4.5. Задачи на объемные отношения газов в химических реакциях

Отношение объемов газов А и Б равно отношению их количеств вещества:

$$V(\text{A}) : V(\text{B}) = \nu(\text{A}) \cdot V_{\text{M}} : \nu(\text{B}) \cdot V_{\text{M}} = \nu(\text{A}) : \nu(\text{B}).$$

Поэтому отношение объемов, участвующих в реакции газов, равно отношению их количеств вещества. Так для уравнения реакции горения аммиака можно записать:



4 л 3 л 2 л 6 л

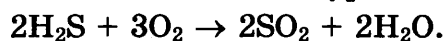
Записав подобным образом уравнение, легко увидеть, что 4 л аммиака реагируют с 3 л кислорода. При этом образуются 2 л азота и 6 л паров воды.

Поэтому, зная объем одного из газов, можно рассчитать объемы и других участвующих в реакции газов.

Полезно помнить, что объемная доля кислорода в воздухе составляет 0,21, или 21 %:
 $\varphi(\text{O}_2) = V(\text{O}_2)/V_{\text{воздуха}} = 0,21$.

1. Определите объем воздуха (н. у.), необходимый для полного сгорания 12 л (н. у.) сероводорода.

Решение. Запишем уравнение реакции.



Из уравнения видно, что $V(\text{O}_2) = V(\text{H}_2\text{S}) \cdot 3/2 = 12 \cdot 3/2 = 18$ л.

Из формулы $\varphi = V(\text{O}_2)/V_{\text{воздуха}} = 0,21$ имеем $V_{\text{воздуха}} = V(\text{O}_2)/\varphi = 18/0,21 = 85,7$ л.

Ответ: 85,7 л.

2. Определите объем (в литрах) воздуха (н. у.), необходимый для сжигания 10 л водорода (н. у.) до воды.
-
-
-

3. Определите формулу алкана, на сгорание 6 л которого необходимо 30 л кислорода.
-
-
-

4. Определите объем воздуха (н. у.), необходимый для полного сгорания 30 л (н. у.) C_3H_8 .
-
-
-

5. Определите формулу алкена, на сгорание 10 л которого необходимо 60 л кислорода.
-
-
-

6. 100 л (н. у.) смеси циклобутана, бутена-1 и бутена-2 сожгли. Определите объем (н. у.) выделившегося углекислого газа.
-
-
-

7. При дегидрировании бутана до дивинила образовалось 56 л (н. у.) водорода. Определите объем (н. у.) израсходованного бутана.

8. При окислении аммиака образовалось 10 л (н. у.) азота и 20 л (н. у.) оксида азота(II). Определите объем (н. у.) израсходованного аммиака.

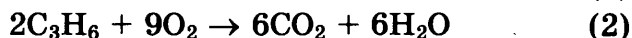
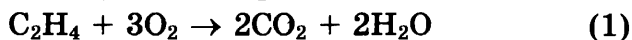
9. На полное сгорание 10 л (н. у.) смеси этилена и пропилена израсходовано 36 л (н. у.) кислорода. Определите объемную долю пропилена в исходной смеси.

Решение. Задача на параллельное протекание реакций.

Пусть $x = V(\text{C}_2\text{H}_4)$, а $y = V(\text{C}_3\text{H}_6)$.

Имеем уравнение: $x + y = 10$ л.

Запишем уравнения реакций



Из уравнения (1) имеем $V_1(\text{O}_2) = 3 \cdot V(\text{C}_2\text{H}_4) = 3x$ л.

Из уравнения (2) имеем $V_2(\text{O}_2) = (9/2) \cdot V(\text{C}_3\text{H}_6) = 4,5y$ л.

Имеем уравнение: $V(\text{O}_2) = V_1(\text{O}_2) + V_2(\text{O}_2) = 3x + 4,5y = 36$ л.

Составим систему уравнений:

$$x + y = 10$$

$$3x + 4,5y = 36$$

Умножим первое уравнение на 3 и вычтем произведение из второго уравнения.

Имеем $1,5y = 6$, $y = V(\text{C}_3\text{H}_6) = 4$ л. Объемная доля пропилена равна:

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = V(\text{C}_3\text{H}_6)/V_{\text{смеси}} = 4/10 = 0,40.$$

Ответ: 0,40.

10. При полном сгорании 10 л (н. у.) смеси пропилена и бутилена образовалось 38 л (н. у.) оксида углерода(IV). Определите объемную долю пропилена в исходной смеси.

1.4.6. Задачи на смеси газов

Если в задачах отсутствуют количественные характеристики системы, то можно один из параметров принять равным, например, 1 моль, а другой — x моль.

В задачах на смеси газов используют относительную плотность по воздуху $D_{\text{возд.}}(\text{газа}) = M_{\text{газа}}/29$ и относительную плотность по водороду $D_{\text{вод.}}(\text{газа}) = M_{\text{газа}}/2$.

Следует помнить, что молярная доля газа в смеси χ равна его объемной доле φ :

$$\chi = \nu_{\text{газа}}/\nu_{\text{смеси}} = (\nu_{\text{газа}} \cdot V_M)/(\nu_{\text{смеси}} \cdot V_M) = V_{\text{газа}}/V_{\text{смеси}} = \varphi.$$

1. Газовую смесь паров этанала и водорода с плотностью по воздуху 0,5034 пропустили через контактный аппарат для получения этанола. Определите объемную долю паров этанола в полученной реакционной смеси, если ее плотность по воздуху стала равной 0,5923.

Решение. Исходная смесь состоит из паров этанала ($M(\text{CH}_3\text{CHO}) = 44$ г/моль) и водорода ($M(\text{H}_2) = 2$ г/моль).

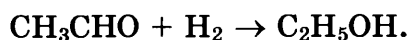
$$M_{\text{смеси}} = D_{\text{возд.}} \cdot M_{\text{возд.}} = 0,5034 \cdot 29 = 14,6 \text{ г/моль.}$$

Пусть $\nu_{\text{смеси}} = 1$ моль, $\nu(\text{CH}_3\text{CHO}) = x$ моль и $\nu(\text{H}_2) = (1 - x)$ моль.

Из $m(\text{CH}_3\text{CHO}) + m(\text{H}_2) = m_{\text{смеси}}$ и $m = \nu \cdot M$ имеем $44x + 2(1 - x) = 14,6 \cdot 1$; $42x = 12,6$,

$x = \nu(\text{CH}_3\text{CHO}) = 0,3$ моль. $\nu(\text{H}_2) = 1 - 0,3 = 0,7$ моль.

Запишем уравнение реакции



Пусть прореагировали x моль этанала и x моль водорода, образовалось x моль этанола ($M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46$ г/моль).

Конечная смесь содержит $(0,3 - x)$ моль этанала массой $44(0,3 - x)$ г, $(0,7 - x)$ моль водорода массой $2(0,7 - x)$ г и x моль этанола массой $46x$ г.

При этом $\nu_{\text{смеси}} = 0,3 - x + 0,7 - x + x = (1 - x)$ моль, а

$$M_{\text{смеси}} = D_{\text{возд.}} \cdot M_{\text{возд.}} = 0,5923 \cdot 29 = 17,18 \text{ г/моль.}$$

Из $m(\text{CH}_3\text{CHO}) + m(\text{H}_2) + m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = m_{\text{смеси}}$ и $m = \nu \cdot M$ имеем:

$$44(0,3 - x) + 2(0,7 - x) + 46x = 17,18(1 - x); 13,2 - 44x + 1,4 - 2x + 46x = 17,18 - 17,18x;$$

$$17,18x = 2,58, \quad x = \nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,15 \text{ моль.}$$

Отсюда $\nu(\text{CH}_3\text{CHO}) = 0,15$ моль и $\nu(\text{H}_2) = 0,55$ моль и $\nu_{\text{смеси}} = 0,85$ моль.

Находим $\varphi(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \chi(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})/\nu_{\text{смеси}} = 0,15/0,85 = 0,176$.

Ответ: 0,176.

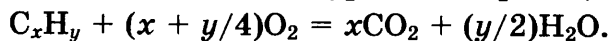
2. Смесь этана, бутана и ацетилен с плотностью по воздуху 1,2828 пропустили через склянку с бромной водой. После чего плотность газовой смеси по воздуху составила 1,4483. Определите объемную долю ацетилена в исходной смеси.

3. Смесь пропана, водорода и бутилена с плотностью по воздуху 0,7517 пропустили через раствор перманганата калия. После чего плотность газовой смеси по водороду составила 5,2. Определите массовую долю бутилена в исходной смеси.

4. Смесь аммиака и этана объемом 40 л смешали с 15 л хлороводорода. После чего относительная плотность по воздуху полученной смеси составила 0,9448. Определите объемную долю аммиака в смеси газов с хлороводородом до реакции.

5. Газообразный углеводород смешали с 11-кратным объемом кислорода (н. у.) в замкнутом сосуде (кислород взят в избытке) и подожгли. После окончания реакции и приведения к начальным условиям давление в сосуде уменьшилось на 29,17 %. Определите число атомов водорода в молекуле углеводорода.

Решение. Запишем уравнение реакции горения углеводорода в общем виде.



Для исходной смеси предположим $\nu(C_xH_y) = 1$ моль, тогда $\nu(O_2) = 11$ моль и $\nu_{\text{смеси}} = 12$ моль.

Из уравнения реакции видно, что $\nu_{\text{реак.}}(O_2) = (x + y/4)$ моль, $\nu(CO_2) = x$ моль.

Из уравнения $P\nu = \nu RT$ видно, что уменьшение давления в сосуде связано с уменьшением количества вещества газов в полученной смеси.

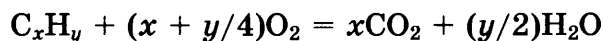
Находим $\Delta\nu_{\text{смеси}} = \nu_{\text{смеси}} \cdot 0,2917 = 12 \cdot 0,2917 = 3,5$ моль. Отсюда количество вещества газов в полученной смеси равно $\nu_{\text{смеси}2} = \nu_{\text{смеси}} - \Delta\nu_{\text{смеси}} = 12 - 3,5 = 8,5$ моль.

Поскольку при н. у. вода не является газом, то итоговая смесь состоит из избытка кислорода $\nu_{\text{изб.}}(\text{O}_2) = 11 - (x + y/4)$ моль и углекислого газа $\nu(\text{CO}_2) = x$ моль, при этом $\nu_{\text{смеси}} = 8,5$ моль. Имеем $11 - (x + y/4) + x = 8,5$, откуда $y/4 = 2,5$ и $y = 10$. В углеводороде было 10 атомов водорода.

Ответ: 10.

1.4.7. Задачи на горение углеводородов

Из уравнения горения углеводорода C_xH_y в общем виде:



следует, что $\nu(\text{O}_2) = \nu(\text{C}) + 0,25\nu(\text{H})$ или $\nu(\text{O}_2) = \nu(\text{CO}_2) + 0,5 \cdot \nu(\text{H}_2\text{O})$.

Устанавливать формулу углеводорода в данных задачах не нужно.

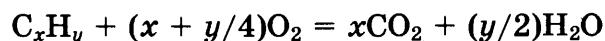
1. При сгорании 31,2 г углеводорода образовались 105,6 г оксида углерода(IV) и вода. Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

Решение. Находим: $\nu(\text{CO}_2) = m/M = 105,6/44 = 2,4$ моль. $\nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2) = 2,4$ моль.

$m(\text{C}) = \nu \cdot M = 2,4 \cdot 12 = 28,8$ г. $m(\text{H}) = m(\text{C}_x\text{H}_y) - m(\text{C}) = 31,2 - 28,8 = 2,4$ г.

$\nu(\text{H}) = m/M = 2,4/1 = 2,4$ моль.

Из уравнения реакции



видно, что $\nu(\text{O}_2) = \nu(\text{C}) + 0,25\nu(\text{H}) = 2,4 + 0,25 \cdot 2,4 = 2,4 + 0,6 = 3,0$ моль.

$V(\text{O}_2) = \nu \cdot V_M = 3 \cdot 22,4 = 67,2$ л.

Ответ: 67,2 л.

2. При сгорании 46,8 г углеводорода образовались 32,4 г воды и оксид углерода(IV). Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

3. При сгорании 40 г углеводорода образовались 110 г оксида углерода(IV) и вода. Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

4. При сгорании 24 г углеводорода образовались 54 г воды и оксид углерода(IV). Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

5. При сгорании 46,4 г углеводорода образовались 140,8 г оксида углерода(IV) и вода. Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

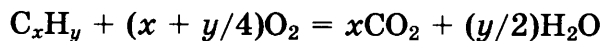
6. При сгорании 34,8 г углеводорода образовались 54 г воды и оксид углерода(IV). Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

7. При сгорании 34,4 г углеводорода образовались 105,6 г оксида углерода(IV) и вода. Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

8. При сгорании 51,6 г углеводорода образовались 75,6 г воды и оксид углерода(IV). Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

Решение. Находим: $\nu(\text{H}_2\text{O}) = m/M = 75,6/18 = 4,2$ моль. $\nu(\text{H}) = 2 \cdot \nu(\text{H}_2\text{O}) = 8,4$ моль.
 $m(\text{H}) = \nu \cdot M = 8,4 \cdot 1 = 8,4$ г. $m(\text{C}) = m(\text{C}_x\text{H}_y) - m(\text{H}) = 51,6 - 8,4 = 43,2$ г.
 $\nu(\text{C}) = m/M = 43,2/12 = 3,6$ моль.

Из уравнения реакции



видно, что $\nu(\text{O}_2) = \nu(\text{C}) + 0,25\nu(\text{H}) = 3,6 + 0,25 \cdot 8,4 = 3,6 + 2,1 = 5,7$ моль.

$V(\text{O}_2) = \nu \cdot V_M = 5,7 \cdot 22,4 = 127,7$ л.

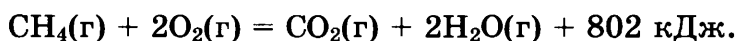
Ответ: 127,7 л.

9. При сгорании 31,8 г углеводорода образовались 105,6 г оксида углерода(IV) и вода. Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

10. При сгорании 53 г углеводорода образовались 45 г воды и оксид углерода(IV). Определите объем израсходованного кислорода (н. у.).

1.4.8. Задачи на термохимические уравнения реакций

В термохимических уравнениях реакции записывается тепловой эффект, относящийся к указанным в уравнении количествам реагирующих веществ. Тепловой эффект может быть охарактеризован величиной выделившейся или поглощенной теплоты Q . Так, уравнение экзотермической реакции горения метана записывается:



Это уравнение означает, что в ходе сгорания одного моль метана расходуется 2 моль кислорода, образуются 1 моль углекислого газа и 2 моль воды, а также выделяется 802 кДж теплоты. Наличие взаимосвязи между количествами участвующих в реакции веществ и выделяющейся теплотой позволяет выполнить требуемые расчеты с учетом условий задачи.

Теплота образования вещества — это теплота, выделяющаяся или поглощающаяся при образовании 1 моль этого вещества.

1. Используя термохимическое уравнение: $2\text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 484 \text{ кДж}$, определите массу образовавшейся воды, если выделилось 1479 кДж энергии.

Решение. Записываем уравнение реакции.



Имеем из условия задачи: x моль H_2O — 1479 кДж

Имеем из уравнения реакции: 2 моль H_2O — 484 кДж

Отсюда $x = \nu(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1479 / 484 = 6,11$ моль.

Находим $m(\text{H}_2\text{O}) = \nu \cdot M = 6,11 \cdot 18 = 110 \text{ г}$.

Ответ: 110 г.

2. Используя термохимическое уравнение: $2\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г}) = 4\text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2610 \text{ кДж}$, определите массу образовавшегося углекислого газа, если при этом выделилось 578,4 кДж энергии.
-
-
-
-
-

3. Используя термохимическое уравнение: $\text{C}(\text{графит}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 394 \text{ кДж}$, определите объем (н. у.) израсходованного кислорода, если выделилось 422,2 кДж.
-
-
-
-
-

4. Используя термохимическое уравнение: $\text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 802 \text{ кДж}$, определите объем метана (н. у.), который необходимо сжечь для получения 3580 кДж энергии.
-
-
-
-
-

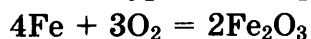
5. Используя термохимическое уравнение: $\text{C}(\text{графит}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 394 \text{ кДж}$, определите количество теплоты, которая выделяется при сгорании 36,55 г графита.
-
-
-
-
-

6. Используя термохимическое уравнение: $\text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 802 \text{ кДж}$, определите количество теплоты, которая выделяется при сгорании 100 л (н. у.) метана.

7. Определите теплоту образования оксида железа(III) (в кДж/моль), если при сжигании 40 г железа до оксида железа(III) выделилось 293,6 кДж энергии.

Решение. Находим $\nu(\text{Fe}) = m/M = 40/56 = 0,714$ моль.

Записываем уравнение реакции:



Из уравнения видно, что $\nu(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \nu(\text{Fe})/2 = 0,714/2 = 0,357$ моль.

Имеем	0,357 моль Fe_2O_3	—	293,6 кДж
	1 моль Fe_2O_3	—	x кДж

Находим $x = Q = 1 \cdot 293,6/0,357 = 822$ кДж.

Отсюда $Q_{\text{обр.}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 822$ кДж/моль.

Ответ: 822 кДж/моль.

8. Определите теплоту образования оксида меди(II) (в кДж/моль), если при сжигании 24 г меди до оксида меди(II) выделилось 60,75 кДж энергии.

9. Определите теплоту образования оксида кальция (в кДж/моль), если при сжигании 15 г кальция до оксида кальция выделилось 238,5 кДж энергии.

10. Определите теплоту образования оксида алюминия (в кДж/моль), если при сжигании 3,22 г алюминия выделилось 100 кДж энергии.

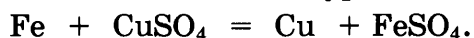
1.4.9. Задачи на изменение массы Δm

Если в условии задачи не указаны массы веществ, а сообщается лишь об изменении массы веществ Δm , то задачу решают, принимая за x количество вещества реагента и выражая через « x » величину Δm . Так решена задача 1 настоящего раздела.

Задачу удобно решать, добавив в уравнение реакции дополнительный член Δm , соответствующий этому изменению. В этом случае под уравнением записывают массы имеющихся в уравнении количеств вещества реагентов и продуктов, рассчитываемые по формуле $m = \nu \cdot M$. Это позволит рассчитать величину Δm для уравнения реакции, составить нужную пропорцию, записывая условия задачи над уравнением, и найти искомую величину. Так решена задача 6 настоящего раздела.

1. Железную пластинку поместили в раствор сульфата меди (II). Определите массу выделившейся на пластинке меди, если масса пластинки увеличилась на 1,6 г.

Решение. Запишем уравнение реакции.



Пусть $\nu(\text{Fe}) = x$ моль, тогда $\nu(\text{Cu}) = \nu(\text{Fe}) = x$ моль.

Находим $m(\text{Fe}) = \nu \cdot M = 56x$ г и $m(\text{Cu}) = \nu \cdot M = 64x$ г.

Изменение массы пластинки $\Delta m = m(\text{Cu}) - m(\text{Fe}) = 64x - 56x = 8x = 1,6$ г.

$x = \nu(\text{Cu}) = 1,6/8 = 0,2$ моль. $m(\text{Cu}) = \nu \cdot M = 0,2 \cdot 64 = 12,8$ г.

Ответ: 12,8 г.

2. Железную пластинку массой 52,8 г поместили в раствор сульфата меди (II). Определите массу растворившегося железа, если масса пластинки стала равной 53,6 г.

3. В раствор, содержащий 11,28 г нитрата меди(II) и 13,0 г нитрата ртути(II), погрузили кадмиевую пластинку массой 50 г. На сколько процентов увеличится масса пластинки после полного выделения меди и ртути из раствора?

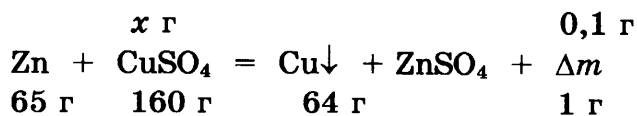
4. В раствор сульфата меди(II) массой 150 г опустили железную пластинку массой 20 г. Вычислите массовую долю соли железа в получившемся растворе, если через некоторое время масса пластинки оказалась равной 20,4 г.

5. Медную пластинку опустили в раствор нитрата серебра. Через некоторое время масса пластинки увеличилась на 3,04 г. Определите массу осажденного на пластинке серебра.

6. Цинковая пластинка массой 20 г помещена в раствор сульфата меди. После окончания реакции, когда вся медь выделилась на пластинке, ее промыли, высушили и взвесили. Масса пластинки составила 19,9 г. Определите массу сульфата меди, находившегося в исходном растворе.

Решение. Находим $\Delta m = 20,0 - 19,9 = 0,1$ г.

Запишем уравнение в виде:



$$x = m(\text{CuSO}_4) = 160 \cdot 0,1/1 = 16 \text{ г.}$$

Ответ: 16 г.

7. Магниевые стружки поместили в раствор сульфата меди(II). Определите массу растворившегося магния, если масса стружек увеличилась на 8,0 г.

8. Цинковую пластинку поместили в раствор нитрата свинца(II). Определите массу прореагировавшего нитрата свинца(II), если масса пластинки увеличилась на 1,42 г.

9. Цинковую пластинку массой 14,3 г поместили в раствор сульфата никеля(II). Определите массу выделившегося на пластинке никеля, если масса пластинки стала равной 14,0 г.

10. В 100 г раствора, содержащего смесь хлороводородной и азотной кислот, растворяется максимум 24,0 г оксида меди(II). После упаривания раствора и прокаливания остатка его масса составляет 29,5 г. Напишите уравнения происходящих реакций и определите массовую долю хлороводородной кислоты в исходном растворе.

1.4.10. Задачи на электролиз

В ходе электролиза водных растворов солей на катоде выделяются:

- водород, если металл в ряду напряжений от Li до Al;
- металл и водород, если металл в ряду напряжений от Mn до Pb;
- металл, если металл в ряду напряжений после водорода.

На нерастворимом аноде выделяются:

- хлор, бром, иод, сера в ходе окисления анионов бескислородных кислот, кроме фторид-ионов;
- кислород в ходе окисления воды в случае анионов кислородных кислот и фторид-ионов.

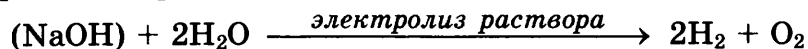
1. При электролизе водного раствора хлорида натрия на аноде выделилось 112 л (н. у.) газа. Определите массу израсходованного хлорида натрия.
-
-
-

2. В электролизер поместили 270 г водного раствора гидроксида натрия с массовой долей 0,10. Определите массовую долю вещества в растворе после окончания электролиза, если на катоде выделилось 8 г вещества.

Решение. Исходный раствор содержал: $m(\text{NaOH}) = w \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,1 \cdot 270 = 27$ г.

При электролизе водного раствора гидроксида натрия на катоде выделяется водород, а на аноде — кислород, то есть расходуется вода, а количество гидроксида натрия в растворе остается неизменным. Находим для водорода: $\nu(\text{H}_2) = m/M = 8/2 = 4$ моль.

Из уравнения реакции электролиза:



видно, что $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{H}_2) = 4$ моль и $m(\text{H}_2\text{O}) = \nu \cdot M = 4 \cdot 18 = 72$ г.

Находим массу раствора после электролиза: $m_{\text{р-ра}} = 270 - 72 = 198$ г и массовую долю гидроксида натрия в этом растворе: $w = m(\text{NaOH})/m_{\text{р-ра}} = 27/198 = 0,136$.

Ответ: 0,136.

3. В электролизер поместили 200 г водного раствора сульфата калия с массовой долей 0,08. Определите массовую долю вещества в растворе после окончания электролиза, если на аноде выделилось 56 л (н. у.) газа.
-
-
-

4. При электролизе расплава хлорида натрия на аноде выделилось 6,72 л (н. у.) газа. Определите массу вещества, образовавшегося на катоде.
-
-

5. При электролизе расплава гидроксида натрия на аноде выделилось 2,24 л (н. у.) газа. Определите массу израсходованного гидроксида натрия.

6. При электролизе водного раствора хлорида цинка на катоде выделилось 68,25 г цинка, а на аноде — 28,22 л (н. у.) хлора. Определите выход цинка, если выход хлора составил 0,90.

7. Определите массу помещенного в электролизер медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, если к моменту полного осаждения меди на катоде образовалось 3,2 г вещества.

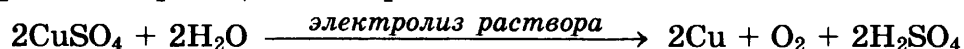
8. Электролиз 500 г раствора сульфата меди(II) с массовой долей 0,08 продолжали до тех пор, пока масса раствора не стала меньше на 8 г. Определите массовые доли оставшихся в растворе веществ и массы веществ, выделившихся на катоде и аноде.

Решение. В исходном растворе: $m_{\text{р-ра}} = 500$ г, $m(\text{CuSO}_4) = w \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,08 \cdot 500 = 40$ г.

Масса конечного раствора равна $m_{\text{р-ра}} = 500 - 8 = 492$ г.

При электролизе раствора сульфата меди(II) на катоде выделяется медь, а на аноде — кислород. Пусть в реакцию вступило x моль CuSO_4 .

Из уравнения реакции электролиза:



видно, что $\nu(\text{Cu}) = \nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{CuSO}_4) = x$ моль, а $\nu(\text{O}_2) = \nu(\text{CuSO}_4)/2 = 0,5x$ моль.

Имеем $m(\text{Cu}) = \nu \cdot M = x \cdot 64$ г и $m(\text{O}_2) = \nu \cdot M = 0,5x \cdot 32$ г = $16x$ г.

При электролизе выделилось $m_{\text{продуктов}} = m(\text{Cu}) + m(\text{O}_2) = 64x + 16x = 80x$ г = 8 г.

Отсюда $x = \nu(\text{CuSO}_4) = 8/80 = 0,10$ моль.

На электродах выделилось $m(\text{Cu}) = \nu \cdot M = 0,1 \cdot 64 = 6,4$ г и $m(\text{O}_2) = \nu \cdot M = 0,05 \cdot 32 = 1,6$ г.

Прореагировало $m(\text{CuSO}_4) = \nu \cdot M = 0,1 \cdot 160 = 16$ г,

осталось в растворе $m(\text{CuSO}_4) = 40 - 16 = 24$ г.

Находим $w(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4)/m_{\text{р-ра}} = 24/492 = 0,0488$.

В растворе образовалось $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu \cdot M = x \cdot 98 = 98 \cdot 0,1 = 9,8$ г.

Находим $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4)/m_{\text{р-ра}} = 9,8/492 = 0,0199$.

Ответ: 0,0199.

9. При электролизе водного раствора сульфата цинка на катоде выделилось 4,64 г цинка. Считая выход кислорода количественным, определите выход цинка, если на аноде выделилось 1,34 г кислорода.

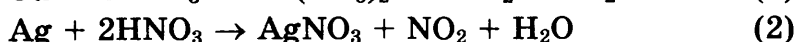
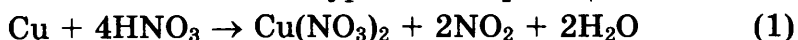
10. Электролиз 400 г 8,5 %-ного раствора нитрата серебра продолжали, пока масса раствора не уменьшилась на 25 г. Найти массовую долю вещества в растворе и объем газа (н. у.), выделившегося на катоде.

1.4.11. Задачи на изменение концентрации азотной кислоты

В подобных задачах, как правило, дано изменение концентрации кислот, но не даны количественные характеристики растворов. Поэтому следует принять массу исходного раствора кислоты за 100 г, а количество вещества металла — за x моль.

1. Сплав меди и серебра, в котором число атомов меди в два раза больше числа атомов серебра, растворили в 64 %-ный азотной кислоте. При этом ее концентрация уменьшилась до 56 %. Определите массовые доли солей в образовавшемся растворе.

Решение. Запишем уравнения реакций.



Пусть $m_{\text{р-ра}}(\text{HNO}_3) = 100$ г, тогда $m(\text{HNO}_3) = w \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,64 \cdot 100 = 64$ г,

Пусть $\nu(\text{Cu}) = x$ моль, тогда $m(\text{Cu}) = \nu \cdot M = 64x$ г.

По условию $\nu(\text{Ag}) = 0,5 \cdot \nu(\text{Cu}) = 0,5x$ моль, тогда $m(\text{Ag}) = \nu \cdot M = 0,5x \cdot 108 = 54x$ г.

Из (1) имеем:

$$v_1(\text{HNO}_3) = 4v(\text{Cu}) = 4x \text{ моль}, m_1(\text{HNO}_3) = v \cdot M = 4x \cdot 63 = 252x \text{ г},$$

$$v(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = v(\text{Cu}) = x \text{ моль}, m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = v \cdot M = 188x \text{ г},$$

$$v_1(\text{NO}_2) = 2v(\text{Cu}) = 2x \text{ моль}, m_1(\text{NO}_2) = v \cdot M = 2x \cdot 46 = 92x \text{ г}.$$

Из (2) имеем:

$$v_2(\text{HNO}_3) = 2v(\text{Ag}) = 2 \cdot 0,5x = x \text{ моль}, m_2(\text{HNO}_3) = v \cdot M = x \cdot 63 = 63x \text{ г},$$

$$v(\text{AgNO}_3) = v(\text{Ag}) = 0,5x \text{ моль}, m(\text{AgNO}_3) = v \cdot M = 0,5x \cdot 170 = 85x \text{ г},$$

$$v_2(\text{NO}_2) = v(\text{Ag}) = 0,5x \text{ моль}, m_2(\text{NO}_2) = v \cdot M = 0,5x \cdot 46 = 23x \text{ г}.$$

Для итогового раствора имеем:

$$m(\text{HNO}_3) = 64 - 252x - 63x = (64 - 315x) \text{ г},$$

$$m_{\text{р-ра}} = 100 + 64x + 54x - 92x - 23x = (100 + 3x) \text{ г},$$

$$w(\text{HNO}_3) = (64 - 315x)/(100 + 3x) = 0,56; 64 - 315x = 56 + 1,68x; 316,68x = 8;$$

$$x = 0,02526 \text{ моль}.$$

$$\text{Отсюда } m_{\text{р-ра}} = 100 + 3x = 100 + 0,076 = 100,076 \text{ г},$$

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 188x = 0,02526 \cdot 188 = 4,749 \text{ г},$$

$$w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2)/m_{\text{р-ра}} = 4,749/100,076 = 0,474,$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 85x = 0,02526 \cdot 85 = 2,147 \text{ г},$$

$$w(\text{AgNO}_3) = m(\text{AgNO}_3)/m_{\text{р-ра}} = 2,147/100,076 = 0,0214.$$

Ответ: $w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,474$ и $w(\text{AgNO}_3) = 0,0214$.

2. При растворении серебра в 64 %-ной азотной кислоте концентрация кислоты уменьшилась до 58 %. К полученному раствору добавили равный по массе 3 %-ный раствор бромида калия. Определите массовые доли солей в образовавшемся растворе.

3. Сплав меди и серебра растворили в 62 %-ной азотной кислоте. При этом ее концентрация уменьшилась до 52 %, а масса образовавшегося раствора оказалась равной массе исходного раствора кислоты. Определите массовые доли солей в образовавшемся растворе.

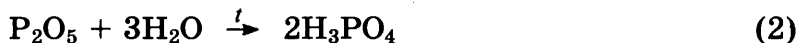
4. Эквимолярный сплав меди и серебра растворили в 65 %-ной азотной кислоте. При этом ее концентрация уменьшилась до 60 %. Определите массовые доли солей в образовавшемся растворе.

5. При растворении меди в 65 %-ной азотной кислоте концентрация кислоты уменьшилась до 60 %. В полученном растворе кислоты растворили серебро, при этом массовая доля кислоты уменьшилась до 55 %. Определите массовые доли солей в образовавшемся растворе.

1.4.12. Задачи на неизвестные вещества

1. Простое вещество А красного цвета массой 12,4 г сожгли в избытке воздуха. В результате получили белый порошок В, который растворили в 471,6 мл горячей воды и получили раствор С. Если раствор С нейтрализовать содой, а затем добавить избыток нитрата серебра, то выпадает желтый осадок. Назовите вещества А, В, С. Определите массовую долю соли в растворе, полученном при взаимодействии 50 г раствора С с 1,12 г негашеной извести.

Решение. Простое вещество А — красный фосфор, белый порошок В — оксид фосфора(V) P_2O_5 , раствор С — раствор ортофосфорной кислоты H_3PO_4 , желтый осадок — $Ag_3PO_4\downarrow$, негашеная известь — CaO . Запишем уравнения реакций.



$\nu(P) = 12,4/31 = 0,40$ моль.

Из уравнения (1) видно, что $\nu(P_2O_5) = 0,5 \cdot \nu(P) = 0,5 \cdot 0,4 = 0,2$ моль.

$m(P_2O_5) = \nu \cdot M = 0,2 \cdot 142 = 28,4$ г. $m(H_2O) = \rho \cdot V = 1,0 \cdot 471,6 = 471,6$ г.

$m_{p-ра\ C} = 28,4 + 471,6 = 500$ г.

Из уравнения (2) видно, что $\nu(H_3PO_4) = 2 \cdot \nu(P_2O_5) = 2 \cdot 0,2 = 0,4$ моль.

Составим пропорцию: 500 г раствора — 0,4 моль H_3PO_4

50 г раствора — x моль H_3PO_4

$x = \nu(H_3PO_4) = 0,04$ моль H_3PO_4 . $\nu(CaO) = m/M = 1,12/56 = 0,02$ моль CaO .

Видно, что CaO реагирует с фосфорной кислотой в соотношении 1 моль к 2 моль. В результате образуется дигидрофосфат кальция.



Из уравнения (5) видно, что $\nu(Ca(H_2PO_4)_2) = \nu(CaO) = 0,02$ моль.

$m(Ca(H_2PO_4)_2) = \nu \cdot M = 0,02 \cdot 234 = 4,68$ г. $m_{p-ра} = 50 + 1,12 = 51,12$ г.

$w(Ca(H_2PO_4)_2) = m(Ca(H_2PO_4)_2)/m_{p-ра} = 4,68/51,12 = 0,0915$.

Ответ: 0,0915.

2. Соль А окрашивает пламя в желтый цвет и с раствором нитрата серебра образует белый творожистый осадок. При нагревании соли А с концентрированной серной кислотой выделился газ, который растворили в воде. Получившаяся при этом кислота реагирует с 43,5 г оксида, содержащего 63,22 % четырехвалентного металла, с образованием газа

В, способного обесцветить влажную бумагу, окрашенную фиолетовыми чернилами. Напишите уравнения реакций и определите массу израсходованной соли А.

3. При сжигании на воздухе простого желтого вещества А образуется газ Б с резким запахом. Газ Б образуется также при обжиге минерала В на воздухе. При действии соляной кислоты на вещество Г, состоящее из тех же элементов, что и минерал В, но другого процентного состава, выделяется газ Д с запахом тухлых яиц и образуется раствор, который с красной кровяной солью дает темно-синий осадок. При пропускании смеси газов Б и Д через воду выпадает вещество А. Назовите вещества А — Д и напишите уравнения реакций. Определите массу соли, которая образуется при пропускании 7,84 л (н. у.) газа Д через 370,4 мл 18 %-ного раствора сульфата меди (II) с плотностью 1,20 г/мл.

4. Через электролизер, содержащий 1309 мл 10 %-ного раствора сульфата меди (II) с плотностью 1,10 г/мл, пропустили электрический ток. В оставшийся после электролиза раствор пропустили избыток газа А. При этом образовалось 38,4 г черного осадка. При сжигании газа А в кислороде образуются вода и газ Б, который обесцвечивает бромную воду. Напишите уравнения реакций и определите объем 65 %-ной азотной кислоты с плотностью 1,391 г/мл, израсходованной в ходе растворения меди, выделившейся на катоде при электролизе.

5. Белое кристаллическое вещество А при взаимодействии с раствором соляной кислоты выделяет газ В с плотностью 1,964 г/л (н. у.). При нагревании этого вещества выделяется тот же газ В, но в количестве в два раза меньшем. Вещество А окрашивает пламя горелки в желтый цвет. При действии избытка соляной кислоты на 6,72 г вещества А из раствора после упаривания можно выделить 4,68 г соли В — продукта реакции. Определите вещества А — В, напишите уравнения реакций. Ответ дайте в виде массовой доли металла в веществе А.

6. Соль А окрашивает пламя горелки в фиолетовый цвет, а соль В — в желтый цвет. Раствор соли В дает белый осадок с раствором соли А, желтый осадок с раствором соли Б и белый творожистый осадок с раствором нитрата серебра. Назовите соли А — В, напишите уравнения реакций. Определите массу взятого для перекристаллизации раствора соли А, если при охлаждении насыщенного при 60 °С раствора соли А до 0 °С выкристаллизовалось 65,1 г соли А. При этом растворимость соли при 60 °С равна 18,2 г, а при 0 °С — 7,35 г.

Решение. Соль А содержит ионы калия, которые окрашивают пламя горелки в фиолетовый цвет. Соль В содержит ионы натрия, которые окрашивают пламя горелки в желтый цвет. Соль В содержит хлорид-ионы, которые дают белый творожистый осадок с раствором нитрата серебра.

Катион соли В дает белый осадок с анионом соли А и желтый осадок с анионом соли Б. Та-
кими осадками могут быть $BaSO_4$ и $BaCrO_4$ соответственно. Отсюда соль А — это K_2SO_4 , соль
Б — это Na_2CrO_4 и соль В — это $BaCl_2$.

Запишем уравнения реакций.



Пусть исходная масса раствора K_2SO_4 равна x г. Запишем данные для растворов в таблицу,
туда же запишем и результаты расчетов

№ р-ра	$m_{\text{р-ра}}$, Г	$m(K_2SO_4)$, Г	$m_{\text{воды}}$, Г
1 (60 °C)	x	$0,1540x$	$0,8460x$
	118,2	18,2	100
2 (0 °C)		$0,0622x$	$0,8460x$
	107,35	7,35	100

Зная $m_{\text{р-ра}1} = x$ г и данные по растворимости, находим $m_1(K_2SO_4) = 18,2 \cdot x / 118,2 = 0,1540 x$ г
и $m_{\text{воды}1} = 100 \cdot x / 118,2 = 0,8460 x$ г.

Поскольку в осадок выпадает только вещество, то $m_{\text{воды}2} = m_{\text{воды}1} = 0,8460x$ г.

Зная данные по растворимости, находим $m_2(K_2SO_4) = 7,35 \cdot 0,8460 / 100 = 0,0622x$ г.

Отсюда $m_{\text{осадка}} = m_1(K_2SO_4) - m_2(K_2SO_4) = 0,1540x - 0,0622x = 0,0918x = 65,1$ г и

$x = m_{\text{р-ра}1} = 65,1 / 0,0918 = 709$ г.

Ответ: 709 г.

7. Простое желтое вещество А при нагревании взаимодействует с бесцветным газом Б, ко-
торый можно получить при разложении бертолетовой соли, образуя газ В с резким за-
пахом. При пропускании газа В в раствор гидроксида натрия образуется соль Г. Газы В
и В реагируют при нагревании над катализатором V_2O_5 , образуя вещество Д. Это веще-
ство, растворяясь в воде, образует кислоту Е, которая с раствором хлорида бария обра-
зует белый, не растворимый в кислотах осадок. При действии кислоты Е на соль Г вы-
деляется газ В. Назовите вещества А — Е, напишите уравнения реакций и определите
максимальный объем газа В, который может раствориться в 293 мл 20 %-ного раствора
гидроксида натрия с плотностью 1,219 г/мл.

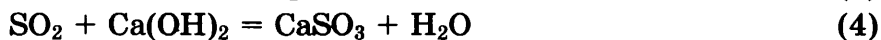
8. Газ А получили действием избытка соляной кислоты на 58,2 г сульфида цинка. Газ Б
образовался при термическом разложении бертолетовой соли в присутствии оксида
марганца(IV). Газы А и Б смешали и сожгли, а продукты реакции пропустили через

избыток раствора гидроксида кальция, при этом получили сульфит кальция и осталось 6,72 л газа, не прореагировавшего с гидроксидом кальция. Напишите уравнения реакций и определите массу израсходованной бертолетовой соли.

Решение. Газ А — это сероводород H_2S . Бертолетова соль — это хлорат калия KClO_3 .

Газ В — это кислород.

Запишем уравнения реакций.



Имеем $\nu(\text{ZnS}) = m/M = 58,2/97 = 0,60$ моль.

Из уравнения (1) видно, что $\nu(\text{H}_2\text{S}) = \nu(\text{ZnS}) = m/M = 0,60$ моль.

В реакции (3) сероводород прореагировал полностью, а 6,72 л кислорода остались в избытке.

Если бы в реакции (3) в избытке остался сероводород, то он бы прореагировал с гидроксидом кальция в реакции (4) и выделения газа не наблюдалось бы.

Из уравнения (3) видно, что $\nu_3(\text{O}_2) = 1,5 \cdot \nu(\text{H}_2\text{S}) = 1,5 \cdot 0,60 = 0,90$ моль.

В избытке осталось $\nu_{\text{изб.}}(\text{O}_2) = V/V_M = 6,72/22,4 = 0,30$ моль.

В реакции (2) образовалось $\nu_2(\text{O}_2) = \nu_3(\text{O}_2) + \nu_{\text{изб.}}(\text{O}_2) = 0,90 + 0,30 = 1,20$ моль.

Из уравнения (2) видно, что $\nu(\text{KClO}_3) = (2/3) \cdot \nu_2(\text{O}_2) = (2/3) \cdot 1,20 = 0,80$ моль.

Отсюда $m(\text{KClO}_3) = \nu \cdot M = 0,80 \cdot 122,5 = 98$ г.

Ответ: 98 г.

9. Простое вещество А массой 18,6 г при взаимодействии с магнием образует 40,2 г соединения Mg_3A_2 , при обработке которого избытком соляной кислоты выделилось газообразное вещество В. Сжиганием в избытке воздуха всего вещества В получили твердое вещество В, которое полностью растворили в 200 г горячей воды. Напишите уравнения реакций и определите массовую долю полученного раствора.

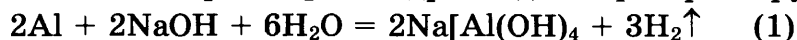
10. При прокаливании смеси серы с 33,6 г неизвестного металла без доступа воздуха протекает реакция с образованием сульфида металла (II). При растворении продуктов реакции в избытке соляной кислоты выделяется газ А и остается 9,6 г нерастворимого вещества, при сжигании которого в избытке кислорода получается газ В. Количественное взаимодействие газа А с газом В приводит к образованию 28,8 г простого вещества. Напишите уравнения реакций, определите массовую долю серы в исходной смеси с металлом и неизвестный металл.

1.4.13. Задачи на последовательное протекание реакций

Условия задач данного типа сходны с условиями задач на параллельное протекание реакций — два вещества смешивают с двумя другими реактивами. Однако в данном случае решение задачи упрощается, поскольку одна из реакций не идет. Решение следует начинать с реакции, в которой реактив реагирует только с одним из двух исходных веществ, и далее последовательно вести расчет по уравнениям реакций.

1. Смесь магния и алюминия обработали избытком раствора гидроксида натрия. При этом выделилось 6,72 л (н. у.) водорода. Определите массовую долю магния в смеси, если при взаимодействии такого же образца смеси с избытком раствора соляной кислоты выделилось 11,2 л (н. у.) водорода.

Решение. С раствором гидроксида натрия реагирует только алюминий.

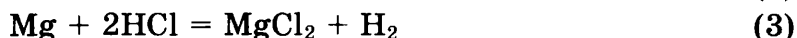


Имеем $\nu(\text{H}_2) = V/V_M = 6,72/22,4 = 0,30$ моль.

Из уравнения (1) видно, что $\nu(\text{Al}) = \nu(\text{H}_2) \cdot 2/3 = 0,3 \cdot 2/3 = 0,20$ моль,

$$m(\text{Al}) = \nu \cdot M = 0,2 \cdot 27 = 5,4 \text{ г.}$$

С соляной кислотой реагируют оба металла



Из уравнения (2) видно, что $\nu_1(\text{H}_2) = \nu(\text{Al}) \cdot 3/2 = 0,2 \cdot 3/2 = 0,30$ моль.

Имеем $\nu_{\text{общее}}(\text{H}_2) = V/V_M = 11,2/22,4 = 0,5$ моль.

Значит, $\nu_2(\text{H}_2) = \nu_{\text{общее}}(\text{H}_2) - \nu_1(\text{H}_2) = 0,50 - 0,30 = 0,20$ моль.

Из уравнения (3) видно, что $\nu(\text{Mg}) = \nu_2(\text{H}_2) = 0,20$ моль.

$$m(\text{Mg}) = \nu \cdot M = 0,2 \cdot 24 = 4,8 \text{ г,}$$

$$m_{\text{смеси}} = m(\text{Al}) + m(\text{Mg}) = 5,4 + 4,8 = 10,2,$$

$$\omega(\text{Mg}) = m(\text{Mg})/m_{\text{смеси}} = 4,8/10,2 = 0,471.$$

Ответ: 0,471.

2. Смесь магниевых и цинковых стружек обработали избытком раствора соляной кислоты, при этом выделилось 2,24 л (н. у.) газа. Определите массовую долю цинка в смеси, если при обработке такого же количества этой смеси раствором гидроксида натрия выделилось: а) 672 мл (н. у.) газа, б) 1,12 л (н. у.) газа.

3. Газы, полученные при термическом разложении 27,3 г смеси нитратов натрия и меди(II), пропустили через 115,2 мл воды. При этом 1,12 л (н. у.) газа не поглотилось. Определите массовую долю нитрата натрия в исходной смеси и массовую долю вещества в растворе, полученном после растворения газов.

4. При взаимодействии 44,0 г смеси неизвестного металла(II) и его карбоната с соляной кислотой выделилось 8,96 л газов (н. у.). После сжигания смеси газов и конденсации водяных паров объем газов уменьшился до 6,72 л (н. у.). Определите неизвестный металл.

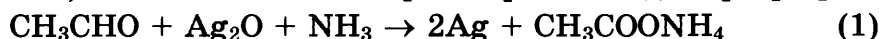
5. Смесь бутина-1 и пентина-2 обесцвечивает максимально 1600 г 2 %-ного раствора брома, а при взаимодействии с избытком аммиачного раствора оксида серебра образует 9,66 г осадка. Определите массовую долю бутина-1 в исходной смеси.

6. Смесь этилового спирта и *трет*-бутилового спирта при взаимодействии с оксидом меди(II) образует 5,12 г металла, а при сгорании образует 9,856 л (н. у.) оксида углерода(IV). Определите массовую долю этанола в исходной смеси.

7. Смесь фенола и этанола реагирует и с раствором гидроксида натрия, и с металлическим натрием. Определите массовую долю фенола в исходной смеси, если смесь реагирует и с 1,0 г растворенного гидроксида натрия, и с 1,0 г натрия.

8. При взаимодействии смеси этанола, этанала и этановой кислоты с избытком аммиачного раствора оксида серебра образовалось 21,6 г металла. При взаимодействии этой же смеси с металлическим натрием выделилось 5,6 л (н. у.) газа. Определите массовые доли компонентов в исходной смеси, если на нейтрализацию этой смеси требуется 100 г 8 %-ного раствора гидроксида натрия.

Решение. С аммиачным раствором оксида серебра реагирует только этаналь.



Находим $\nu(\text{Ag}) = m/M = 21,6/108 = 0,20$ моль.

Из уравнения (1) имеем $\nu(\text{CH}_3\text{CHO}) = \nu(\text{Ag})/2 = 0,20/2 = 0,10$ моль и

$m(\text{CH}_3\text{CHO}) = \nu \cdot M = 0,10 \cdot 44 = 4,4$ г.

С раствором гидроксида натрия реагирует только этановая кислота.



Находим $m(\text{NaOH}) = w \cdot m_{\text{раствора}} = 0,08 \cdot 100 = 8$ г, $\nu(\text{NaOH}) = m/M = 8/40 = 0,20$ моль.

Из уравнения (2) имеем $\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = \nu(\text{NaOH}) = 0,20$ моль,

$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = \nu \cdot M = 0,20 \cdot 60 = 12$ г.

С металлическим натрием реагирует и этановая кислота, и этанол.



Находим $\nu(\text{H}_2) = V/V_M = 5,6/22,4 = 0,25$ моль.

Из уравнения (3) имеем $\nu_3(\text{H}_2) = \nu(\text{CH}_3\text{COOH})/2 = 0,20/2 = 0,10$ моль.

Находим $\nu_4(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) - \nu_3(\text{H}_2) = 0,25 - 0,10 = 0,15$ моль.

Из уравнения (4) имеем $\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 2 \cdot \nu_4(\text{H}_2) = 2 \cdot 0,15 = 0,30$ моль и

$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \nu \cdot M = 0,30 \cdot 46 = 13,8$ г.

$m_{\text{смеси}} = m(\text{CH}_3\text{CHO}) + m(\text{CH}_3\text{COOH}) + m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 4,4 + 12,0 + 13,8 = 30,2$ г,

$w(\text{CH}_3\text{CHO}) = 4,4/30,2 = 0,146$.

$w(\text{CH}_3\text{COOH}) = 12,0/30,2 = 0,397$.

$w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 13,8/30,2 = 0,457$.

Ответ: $w(\text{CH}_3\text{CHO}) = 0,146$, $w(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,397$ и $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,457$.

9. На нейтрализацию смеси двух кислот, одна из которых — уксусная кислота, требуется 280 г 10 %-ного раствора гидроксида калия. Определите массовую долю уксусной кислоты в исходной смеси, если при взаимодействии исходной смеси с избытком аммиачного раствора оксида серебра образовалось 64,8 г металла.

-
-
-
-
-
10. Смесь метилформиата и этилацетата обработали избытком аммиачного раствора оксида серебра, при этом образовалось 64,8 г серебра. Определите массовую долю метилформиата в исходной смеси, если для полного гидролиза эфиров потребовалось 200 г 10 %-ного раствора гидроксида натрия.
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

1.4.14. Задачи на параллельное протекание реакций

В условиях некоторых задач даны суммарные количества веществ, участвующих в двух одновременно протекающих реакциях. В этом случае оказывается затруднительным выполнение расчета только по одному из уравнений реакций, а следует вести расчет сразу по двум уравнениям реакция. Такие задачи можно назвать задачами на «параллельное» протекание реакций или задачами на «икс» и «игрек».

Последнее название связано с обычным способом решения этих задач, который состоит в том, что количество вещества одного из реагентов первого уравнения реакций принимается за x моль, а количество вещества одного из реагентов второго уравнения реакций — за y моль. Далее выполняются расчеты по каждому из уравнений реакции для определения количеств других веществ с тем, чтобы оказалось возможным составить некоторую систему математических уравнений. Решение этой системы уравнений позволяет найти величины x и y , а далее найти искомые величины.

1. Смесь алюминиевых и железных стружек массой 22 г обработали 350 мл 28 %-ного раствора серной кислоты с плотностью 1,2 г/мл. Избыток кислоты полностью нейтрализовали 117,3 мл 22 %-ного раствора гидроксида натрия с плотностью 1,24 г/мл. Определите массовую долю алюминия в исходной смеси.

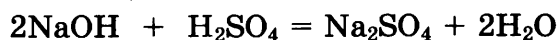
Решение. Из условия задачи видно, что это задача на «параллельное» протекание реакций — дана суммарная масса разных металлов, участвующих в разных реакциях. Имеющееся в задаче количество кислоты реагирует не только с каждым из двух металлов, но и с

гидроксидом натрия. В этой связи надо вначале найти количество кислоты, которое реагирует только с металлами, а затем решать задачу на «параллельное» протекание реакций.

Находим: $m(\text{NaOH}) = w \cdot V \cdot \rho = 0,22 \cdot 117,3 \text{ мл} \cdot 1,24 \text{ г/мл} = 32,0 \text{ г}$,

$\nu(\text{NaOH}) = m/M = 32 \text{ г} / (40 \text{ г/моль}) = 0,8 \text{ моль}$,

Записываем уравнение реакции нейтрализации:



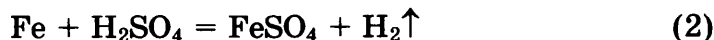
Видно, что $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{NaOH})/2 = 0,8/2 = 0,4 \text{ моль}$

Найдем общее количество серной кислоты:

$\nu_{\text{общее}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = V \cdot \rho \cdot w/M = 350 \text{ мл} \cdot 1,2 \text{ г/мл} \cdot 0,28 / (98 \text{ г/моль}) = 1,2 \text{ моль}$,

Найдем количество кислоты, которая реагировала с металлами:

$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,2 \text{ моль} - 0,4 \text{ моль} = 0,8 \text{ моль}$



Пусть $\nu(\text{Al}) = x \text{ моль}$, а $\nu(\text{Fe}) = y \text{ моль}$.

Тогда $\nu_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,5x \text{ моль}$, а $\nu_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = y \text{ моль}$

Имея $M(\text{Al}) = 27 \text{ г/моль}$ и $M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}$, получаем

$m(\text{металлов}) = 27x + 56y = 22 \text{ г}$

$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,5x + y = 0,8 \text{ моль}$

Решаем систему: $27x + 56y = 22$

$$1,5x + y = 0,8$$

Умножаем второе уравнение на 56 и, вычитая первое уравнение из произведения, имеем:

$57x = 22,8$ и $x = 0,4 \text{ моль Al}$.

$m(\text{Al}) = \nu \cdot M = 0,4 \cdot 27 = 10,8 \text{ г}$ и

$w(\text{Al}) = m(\text{Al})/m(\text{смеси}) = 10,8/22 = 0,491$.

Ответ: 0,491.

2. Для полного хлорирования 3 г порошковой смеси железа и меди потребовалось 1,12 л (н. у.) хлора. Определите массовую долю железа в исходной смеси.

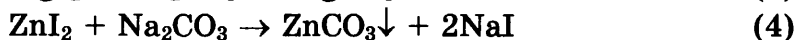
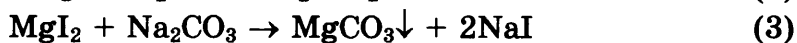
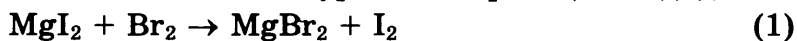
3. Смесь алюминиевых и железных стружек массой 3,3 г обработали 98,7 мл раствора серной кислоты с массовой долей 0,161 и плотностью 1,11 г/мл. Избыток кислоты полностью нейтрализовали 39,0 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей 0,11 и плотностью 1,12 г/мл. Определите массовую долю алюминия в исходной смеси.

4. При обработке кислотой 9,92 г смеси карбидов кальция и алюминия образуется 4,48 л (н. у.) смеси газов. Определите массовую долю карбида кальция в исходной смеси.

5. При нагревании бертолетовой соли в отсутствие катализатора ее распад идет по двум направлениям: с образованием кислорода и с образованием перхлората калия. Определите, какая доля бертолетовой соли разложилась с образованием перхлората калия, если при полном разложении 73,5 г этой соли получено 33,5 г хлорида калия.

6. Смесь иодида магния и иодида цинка обработали избытком бромной воды, полученный раствор выпарили. Масса сухого остатка оказалась в 1,445 раза меньше массы исходной смеси. Во сколько раз масса осадка, полученного после обработки такой же смеси избытком карбоната натрия, будет меньше массы исходной смеси?

Решение. Запишем уравнения реакций иодида магния и иодида цинка с бромной водой



Пусть $\nu(\text{MgI}_2) = \nu(\text{MgBr}_2) = \nu(\text{MgCO}_3) = x$ моль, а

$\nu(\text{ZnI}_2) = \nu(\text{ZnBr}_2) = \nu(\text{ZnCO}_3) = y$ моль.

В реакциях (1) и (2) сухой остаток — это бромиды магния и цинка, иод при нагревании улетучился. Зная $M(\text{MgI}_2) = 278$ г/моль, $M(\text{MgBr}_2) = 184$ г/моль, $M(\text{MgCO}_3) = 84$ г/моль, $M(\text{ZnI}_2) = 319$ г/моль, $M(\text{ZnBr}_2) = 225$ г/моль, $M(\text{ZnCO}_3) = 125$ г/моль, находим массы иодидов, бромидов и карбонатов магния и цинка.

$m_{\text{иодидов}} = (278x + 319y)$ г, $m_{\text{бромидов}} = (184x + 225y)$ г, $m_{\text{карбонатов}} = (84x + 125y)$ г.

По условию: $(278x + 319y) = 1,445(184x + 225y)$, откуда $y = 1,979x$.

$m_{\text{иодидов}} = (278x + 319 \cdot 1,979x) = 909,3x$ г, $m_{\text{карбонатов}} = (84x + 125 \cdot 1,979x) = 331,4x$ г.

$m_{\text{иодидов}}/m_{\text{карбонатов}} = 909,3x/331,4x = 2,74$.

Ответ: в 2,74 раза.

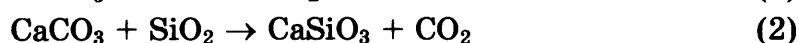
7. После прокаливании смеси нитратов натрия и меди(II) масса полученного твердого остатка оказалась в 1,719 раза меньше, чем исходная масса смеси нитратов. Определите массовую долю меди в полученном остатке.

8. При полном гидролизе смеси карбидов кальция и алюминия образуется смесь газов, которая в 1,6 раза легче кислорода. Определите массовую долю карбида кальция в исходной смеси.

9. После прокаливания смеси карбонатов магния и кальция масса выделившегося газа оказалась равной массе твердого остатка. Определите массовую долю карбоната кальция в исходной смеси.

10. Смесь оксида кремния(IV) и карбоната кальция сильно нагрели, масса выделившегося при этом газа оказалась в 1,818 раза меньше массы твердого остатка. Масса твердого остатка при промывании водой уменьшилась. Определите, во сколько раз в исходной смеси число атомов кислорода больше числа атомов кремния?

Решение. Запишем уравнения реакций.



Пусть $\nu(\text{CaCO}_3) = x$ моль, а $\nu(\text{SiO}_2) = y$ моль. По условию задачи в твердом остатке имеется растворимый оксид кальция, отсюда $\nu(\text{CaCO}_3) > \nu(\text{SiO}_2)$.

Имеем $\nu_1(\text{CaCO}_3) = \nu(\text{CaO}) = \nu_1(\text{CO}_2) = (x - y)$ моль и

$\nu_2(\text{CaCO}_3) = \nu(\text{SiO}_2) = \nu(\text{CaSiO}_3) = \nu_2(\text{CO}_2) = y$ моль.

Отсюда $m(\text{CaO}) = M \cdot \nu = 56 \cdot (x - y)$ г, $m(\text{CaSiO}_3) = M \cdot \nu = 116$ г.

$m_{\text{тв.остатка}} = m(\text{CaO}) + m(\text{CaSiO}_3) = 56 \cdot (x - y) + 116y = (56x + 60y)$ г.

$m_1(\text{CO}_2) = M \cdot \nu = 44 \cdot (x - y)$ г, $m_2(\text{CO}_2) = M \cdot \nu = 44 \cdot y$ г и

$m(\text{CO}_2) = m_1(\text{CO}_2) + m_2(\text{CO}_2) = 44x - 44y + 44y = 44x$ г.

По условию задачи $m_{\text{тв.остатка}} = m(\text{CO}_2) \cdot 1,818$ или

$(56x + 60y) = 44x \cdot 1,818$, откуда $x = 2,5y$.

Имеем $\nu(\text{Si}) = \nu(\text{SiO}_2) = y$ моль, $\nu(\text{O}/\text{CaCO}_3) = 3 \cdot \nu(\text{CaCO}_3) = 3 \cdot x = 3 \cdot 2,5y = 7,5y$ моль.

$\nu(\text{O}/\text{SiO}_2) = 2 \cdot \nu(\text{SiO}_2) = 2y$ моль. $\nu(\text{O}) = \nu(\text{O}/\text{CaCO}_3) + \nu(\text{O}/\text{SiO}_2) = 7,5y + 2y = 9,5$ моль.

$N(\text{O})/N(\text{Si}) = \nu(\text{O})/\nu(\text{Si}) = 9,5y/y = 9,5$.

Ответ: $N(\text{O})/N(\text{Si}) = 9,5$.

2. РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ ЕГЭ

2.1. Задание 27

Расчеты с использованием понятий «растворимость» и «массовая доля вещества в растворе»

1. Определите массовую долю насыщенного при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ раствора нитрата цезия, если растворимость соли при этой температуре равна $23,0\text{ г}$ в 100 г воды.

Ответ: _____ %. (Запишите число с точностью до целых.)

2. Массовая доля насыщенного при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ раствора сульфата натрия равна $0,326$. Определите растворимость соли в 100 г воды при данной температуре.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до десятых.)

3. Определите массу хлората калия в 250 г насыщенного раствора при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, если растворимость соли при этой температуре равна $8,6\text{ г}$ в 100 г воды.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

4. Сколько граммов нитрата калия надо растворить в 400 г 20 %-ного раствора KNO_3 до получения насыщенного при 25 °С раствора, если растворимость нитрата калия при этой температуре равна 37,9 г в 100 г воды?

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

5. Растворимость сульфата калия при 30 °С равна 13,0 г в 100 г воды. Определите массу сульфата калия, которую надо прибавить к смеси 150 г 5 %-ного и 250 г 9 %-ного растворов этой же соли для получения насыщенного при 30 °С раствора.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

6. В 1 л воды ($\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл}$) растворили 100 л (н. у.) аммиака NH_3 . Определите массовую долю полученного раствора.

Ответ: _____ %. (Запишите число с точностью до целых.)

7. Определите массовую долю хлорида натрия в растворе, полученном при смешивании 300 г 10 %-ного раствора NaCl и 100 г 24 %-ного раствора NaCl.

Ответ: _____ %. (Запишите число с точностью до десятых.)

8. Смешали 300 мл 12 %-ной серной кислоты с плотностью 1,08 г/мл и 400 мл 35 %-ной серной кислоты с плотностью 1,26 г/мл. Определите массовую долю кислоты в полученном растворе.

Ответ: _____ %. (Запишите число с точностью до целых.)

9. Определите объем воды ($\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1$ г/мл), которую надо добавить к 400 мл 21,9 %-ного раствора гидроксида натрия с плотностью 1,24 г/мл для получения 10 %-ного раствора гидроксида натрия.

Ответ: _____ мл. (Запишите число с точностью до целых.)

10. Определите объем 5 %-ного раствора азотной кислоты с плотностью 1,025 г/мл, который можно получить из 100 мл 30 %-ного раствора этой кислоты с плотностью 1,18 г/мл.

Ответ: _____ мл. (Запишите число с точностью до целых.)

11. Смешали 160 г 25 %-ного раствора нитрата калия и 40 г 40 %-ного раствора этой же соли. Массовая доля соли в полученном растворе равна _____ %.

(Запишите число с точностью до целых.)

12. К 200 г раствора нитрата бария с массовой долей 0,10 добавили 12 мл воды и 28 г этой же соли. Массовая доля соли в полученном растворе равна _____ %.

(Запишите число с точностью до целых.)

13. К 300 г 10 %-ного раствора с массовой долей нитрата кальция добавили 20 г этой же соли и выпарили 70 мл воды. Массовая доля соли в полученном растворе равна _____ %. (Запишите число с точностью до целых.)

14. Найдите массу хлорида магния, который надо растворить в 200 г 10 %-ного раствора для получения 15 %-ного раствора.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до десятых.)

15. Какую массу воды надо добавить к 250 г 30 %-ного раствора соли для получения 20 %-ного раствора?

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

16. Какую массу (в граммах) воды нужно испарить из 400 г 8 %-ного раствора гидроксида калия, чтобы увеличить его массовую долю в 1,5 раза?

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

17. Какую массу соли нужно добавить к 150 г 12 %-ного раствора соли, чтобы увеличить ее концентрацию в два раза?

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

18. Какую массу 20 %-ного раствора нитрата калия следует прибавить к 150 г 30 %-ного раствора для получения 24 %-ного раствора?

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

19. Смешали 200 г 25 %-ного раствора нитрата натрия и 120 г 50 %-ного раствора этой же соли. Какую массу соли нужно добавить к полученному раствору, чтобы концентрация соли в нем стала равной 40 %?

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение. Находим массы соли в 1 и 2 растворах:

$$m_1 = w_1 \cdot m_{\text{р-ра } 1} = 0,25 \cdot 200 = 50 \text{ г}, \quad m_2 = w_2 \cdot m_{\text{р-ра } 1} = 0,50 \cdot 120 = 60 \text{ г}.$$

Пусть масса добавленной соли равна $m_{\text{соли}} = x$ г.

Для полученного раствора 3 находим:

$$m_{\text{р-ра } 3} = m_{\text{р-ра } 1} + m_{\text{р-ра } 2} + m_{\text{соли}} = 200 + 120 + x = (320 + x) \text{ г},$$

$$m_3 = m_1 + m_2 + m_{\text{соли}} = 50 + 60 + x = (110 + x) \text{ г},$$

$$w_3 = m_3 / m_{\text{р-ра } 3} = (110 + x) / (320 + x) = 0,40, \quad 110 + x = 128 + 0,4x, \quad 0,6x = 18,$$

$$x = m_{\text{соли}} = 30 \text{ г}.$$

Ответ: 30 г.

20. Смешали 170 г 30 %-ного раствора нитрата натрия и 330 г 20 %-ного раствора этой же соли. Какую массу воды нужно выпарить из полученного раствора, чтобы концентрация соли в нем стала равной 26 %?

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение. Находим массы соли в 1 и 2 растворах:

$$m_1 = w_1 \cdot m_{\text{р-ра } 1} = 0,30 \cdot 170 = 51 \text{ г}, \quad m_2 = w_2 \cdot m_{\text{р-ра } 1} = 0,20 \cdot 330 = 66 \text{ г}.$$

Для полученного раствора 3 находим:

$$m_3 = m_1 + m_2 = 51 + 66 = 117 \text{ г},$$

$$m_{\text{р-ра } 3} = m_3 / w_3 = 117 / 0,26 = 450 \text{ г}.$$

$$\text{Отсюда } m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{р-ра } 1} + m_{\text{р-ра } 2} - m_{\text{р-ра } 3} = 170 + 330 - 450 = 50 \text{ г}.$$

Ответ: 50.

2.2. Задание 28

Расчеты объемных отношений газов при химических реакциях. Расчеты по термохимическим уравнениям

1. Определите объем кислорода (н. у.), необходимого для полного сгорания 20 л (н. у.) C_3H_8 .

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

2. Определите объем кислорода (н. у.), необходимого для полного сгорания 10 л (н. у.) сероводорода до оксида серы(IV).

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

3. Определите объем кислорода (н. у.), израсходованного на полное сгорание бутена-1, если образовалось 20 л (н. у.) углекислого газа.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

4. Определите объем газа, который останется в избытке при взаимодействии 300 л оксида азота(II) и 200 л кислорода.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

5. Определите объем углекислого газа, образующегося при взаимодействии 80 л угарного газа и 50 л кислорода.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

6. Определите объем кислорода (н. у.), израсходованный на полное сгорание этилена, если образовалось 40 л (н. у.) углекислого газа.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

7. Определите объем азота (н. у.), образующегося при полном сгорании аммиака в избытке кислорода, если при этом было израсходовано 90 л (н. у.) кислорода.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

8. Определите объем кислорода (н. у.), израсходованный на полное сгорание пентана, если при этом образовалось 40 л (н. у.) углекислого газа.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

9. Определите объем кислорода (н. у.), израсходованный на полное сгорание ацетилена, если при этом образовалось 20 л (н. у.) углекислого газа.

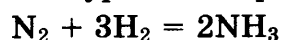
Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

10. При взаимодействии 42 л (н. у.) водорода с азотом образовалось 20 л (н. у.) аммиака. Определите объем (н. у.) оставшегося в избытке водорода.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение. Определим объем водорода, необходимый для получения 20 л аммиака.

Запишем уравнение реакции.



Из уравнения реакции видно, что $V(\text{H}_2) = (3/2) \cdot V(\text{NH}_3) = (3/2) \cdot 20 = 30$ л.

Водород в избытке, поскольку водорода (42 л) имеется больше, чем нужно по уравнению реакции (30 л). Объем оставшегося водорода равен $V(\text{H}_2) = 42 - 30 = 12$ л.

Ответ: 12.

11. Используя термохимическое уравнение: $\text{CaCO}_{3(\text{тв.})} = \text{CaO}_{(\text{тв.})} + \text{CO}_{2(\text{г})} - 180$ кДж, определите количество теплоты, затраченное при разложении 35 г CaCO_3 .

Ответ: _____ кДж. (Запишите число с точностью до целых.)

12. Используя термохимическое уравнение: $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO} + 600$ кДж, определите массу сгоревшего магния, если выделилось 1000 кДж теплоты.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

13. Используя термохимическое уравнение: $2\text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 484$ кДж, определите количество теплоты, выделившееся при сгорании 11,2 л (н. у.) водорода.

Ответ: _____ кДж. (Запишите число с точностью до целых.)

14. Теплота образования оксида алюминия равна 1676 кДж/моль. Определите количество теплоты, выделившейся при сгорании 32 г алюминия.

Ответ: _____ кДж. (Запишите число с точностью до целых.)

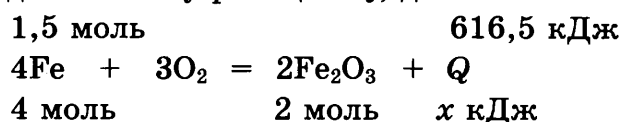
15. При сгорании 84 г железа до оксида железа(III) выделилось 616,5 кДж энергии. Определите теплоту образования оксида железа(III).

Ответ: _____ кДж/моль. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение. Находим количество вещества железа:

$$\nu(\text{Fe}) = m/M = 84/56 = 1,5 \text{ моль.}$$

Находим теплоту реакции Q , для чего записываем уравнение реакции в виде:



Откуда $x = Q = 4 \cdot 616,5/1,5 = 1644$ кДж. Видно, что теплота Q выделяется при образовании 2 моль оксида железа(III). Поэтому при образовании 1 моль оксида будет выделяться $1644/2 = 822$ кДж/моль.

Ответ: 822.

16. Теплота образования оксида магния равна 602 кДж/моль. Определите массу сгоревшего магния, если при этом выделилось 2508 кДж теплоты.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

17. Используя термохимическое уравнение: $2\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{SO}_{3(\text{г})} + 198 \text{ кДж}$, определите массу образовавшегося оксида серы(VI), если при этом выделилось 693 кДж теплоты.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

18. Определите теплоту Q для реакции: $2\text{C}_2\text{H}_{2(\text{г})} + 5\text{O}_{2(\text{г})} = 4\text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + Q$, если при сгорании 6,72 л (н. у.) этина выделилось 391,5 кДж энергии.

Ответ: _____ кДж. (Запишите число с точностью до целых.)

19. Определите теплоту Q для реакции: $2\text{C}_2\text{H}_{6(\text{г})} + 7\text{O}_{2(\text{г})} = 4\text{CO}_{2(\text{г})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + Q$, если при образовании 100 г углекислого газа выделилось 1617 кДж энергии.

Ответ: _____ кДж. (Запишите число с точностью до целых.)

20. Используя термохимическое уравнение: $\text{CaCO}_{3(\text{тв.})} = \text{CaO}_{(\text{тв.})} + \text{CO}_{2(\text{г})} - 180 \text{ кДж}$, определите количество теплоты, затраченной на образование 100 г углекислого газа.

Ответ: _____ кДж. (Запишите число с точностью до целых.)

2.3. Задание 29

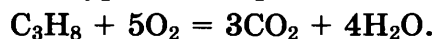
Расчеты массы вещества или объема газов по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ

1. При сгорании пропана образовалось 54 г воды. Определите объем (н. у.) израсходованного кислорода.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение. Находим $\nu(\text{H}_2\text{O}) = m/M = 54/18 = 3,0$ моль.

Запишем уравнение реакции:



Из уравнения видно, что $\nu(\text{O}_2) = (5/4)\nu(\text{H}_2\text{O}) = (5/4) \cdot 3,0 = 3,75$ моль

Находим объем кислорода $V(\text{O}_2) = \nu \cdot V_M = 3,75 \cdot 22,4 = 84$ л.

Ответ: 84.

2. При сгорании этанола выделилось 83 л (н. у.) углекислого газа. Определите массу образовавшейся при этом воды.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

3. При растворении железа в избытке соляной кислоты выделилось 8,82 л (н. у.) газа. Определите массу образовавшейся при этом соли.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

4. При взаимодействии карбида алюминия с избытком соляной кислоты выделилось 46,7 л (н. у.) газа. Определите массу вступившего в реакцию карбида алюминия.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

5. При полном восстановлении оксида железа(III) было израсходовано 30 л (н. у.) водорода. Определите массу полученного железа.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

6. При растворении гидрида натрия в избытке соляной кислоты выделилось 11,5 л (н. у.) газа. Определите массу образовавшейся при этом соли.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

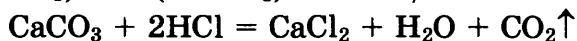
7. Определите массу смеси карбоната кальция и гидрокарбоната калия, которая с избытком соляной кислоты выделила 16,8 л (н. у.) газа.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

Решение. Находим $\nu(\text{CO}_2) = V/V_M = 16,8/22,4 = 0,75$ моль

Молярные массы карбоната кальция и гидрокарбоната калия одинаковы:

$M(\text{CaCO}_3) = M(\text{KHCO}_3) = 100$ г/моль. Запишем уравнения реакций.



При взаимодействии 1 моль каждой из этих солей с избытком соляной кислоты образуется 1 моль углекислого газа. Поэтому 0,75 моль углекислого газа образуется из 0,75 моль солей.

Находим $m_{\text{солей}} = \nu \cdot M = 0,75 \cdot 100 = 75$ г.

Ответ: 75.

8. Определите объем воздуха (н. у.), необходимый для сжигания 100 г гептана, если объемная доля кислорода в воздухе равна 0,21.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

9. Определите объем газа (н. у.), образующегося при термическом разложении 282 г перманганата калия.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

10. Определите объем оксида серы(IV) (н. у.), образовавшегося при обжиге пирита FeS_2 , если было получено 1000 г оксида железа(III).

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

11. В ходе сгорания бутана было получено 89,6 л (н. у.) углекислого газа. Определите массу полученной при этом воды.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

12. При сгорании бутадиена-1,3 образовалось 50,9 л (н. у.) углекислого газа. Определите массу вступившего в реакцию кислорода.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

13. При растворении карбоната натрия в избытке серной кислоты выделилось 8,45 л (н. у.) газа. Определите массу вступившего в реакцию карбоната натрия.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

14. Определите объем (н. у.) газа, образующегося при взаимодействии 343 г карбида кальция с избытком воды.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

15. Определите объем оксида углерода(II) (н. у.), расходуемого при получении железа из 155 г Fe_3O_4 .

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

16. Определите объем газа (н. у.), выделяющегося при растворении 30 г алюминия в избытке раствора гидроксида натрия.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

17. Определите объем бромоводорода (н. у.), необходимый для взаимодействия с 90 г смеси этиламина и диметиламина.

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

18. Определите объем кислорода (н. у.), необходимый для сжигания 100 г оксида углерода(II).

Ответ: _____ л. (Запишите число с точностью до целых.)

19. При термическом разложении нитрата меди образовалось 5,96 л (н. у.) кислорода. Определите массу разложившейся соли.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

20. Определите массу технического карбида кальция, содержащего 15 % примесей, необходимую для получения в ходе реакции с водой 100 л (н. у.) ацетилена.

Ответ: _____ г. (Запишите число с точностью до целых.)

2.4. Задание 34

Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси).

Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества.

Расчеты массовой или объемной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного.

Расчеты массовой доли (массы) химического соединения в смеси

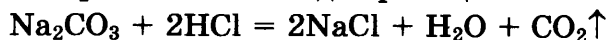
1. Гептагидрат сульфата железа(II) массой 41,7 г растворили в воде, получив 12 %-ный раствор сульфата железа(II). Раствор разделили в два стакана. В первый стакан прибавили избыток раствора хлорида бария и получили осадок массой 23,3 г. Во второй стакан прибавили 164 г 10 %-ного раствора фосфата натрия. Определите массовую долю фосфата натрия в полученном во втором стакане растворе.

2. Декагидрат карбоната натрия массой 42,9 г растворили в воде, получив 15,9 %-ный раствор карбоната натрия. Раствор разделили в два стакана. В первый стакан прибавили избыток соляной кислоты и получили газ объемом 2,24 л (н. у.). Во второй стакан прибавили 104 г 20 %-ного раствора хлорида бария. Определите массовую долю хлорида бария в полученном во втором стакане растворе.

Решение. Находим $\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = m/M = 42,9/286 = 0,15$ моль.

Отсюда $\nu_{\text{общ.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,15$ моль, $m_{\text{общ.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \nu \cdot M = 0,15 \cdot 106 = 15,9$ г и $m_{\text{р-ра}} = m(\text{Na}_2\text{CO}_3)/w = 15,9/0,159 = 100$ г.

В первом стакане идет реакция:



$\nu(\text{CO}_2) = V/V_M = 2,24/22,4 = 0,10$ моль. $\nu_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \nu(\text{CO}_2) = 0,10$ моль.

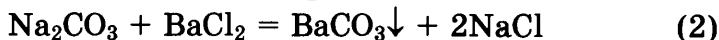
Имеем $\nu_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \nu_{\text{общ.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) - \nu_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,15 - 0,10 = 0,05$ моль.

Находим массу раствора во втором стакане по пропорции:

$$m_{\text{р-ра общ.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 100 \text{ г} - \nu_{\text{общ.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m_{\text{р-ра } 2}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = x \text{ г} \quad - \quad v_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,05 \text{ моль} \quad x = 0,05 \cdot 100/0,15 = 33,33 \text{ г.}$$

Во втором стакане идет реакция:



$$m_{\text{общ.}}(\text{BaCl}_2) = w \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,20 \cdot 104 = 20,8 \text{ г}, \quad v_{\text{общ.}}(\text{BaCl}_2) = m/M = 20,8/208 = 0,10 \text{ моль},$$

$$v(\text{BaCO}_3) = v_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,05 \text{ моль}, \quad m(\text{BaCO}_3) = v \cdot M = 0,05 \cdot 197 = 9,85 \text{ г},$$

$$v_2(\text{BaCl}_2) = v_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,05 \text{ моль},$$

$$v_{\text{изб.}}(\text{BaCl}_2) = v_{\text{общ.}}(\text{BaCl}_2) - v_2(\text{BaCl}_2) = 0,10 - 0,05 = 0,05 \text{ моль},$$

$$m_{\text{изб.}}(\text{BaCl}_2) = v \cdot M = 0,05 \cdot 208 = 10,4 \text{ г},$$

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{р-ра}}(\text{BaCl}_2) + m_{\text{р-ра } 2}(\text{Na}_2\text{CO}_3) - m(\text{BaCO}_3) = 104 + 33,33 - 9,85 = 127,48 \text{ г},$$

$$w_{\text{изб.}}(\text{BaCl}_2) = m_{\text{изб.}}(\text{BaCl}_2)/m_{\text{р-ра}} = 10,4/127,48 = 0,0816.$$

Ответ: 0,0816.

3. Определите массу оксида серы(VI), который нужно растворить в 122,5 г 40 %-ного раствора серной кислоты для получения 67,12 %-ного раствора серной кислоты.

4. 4,48 л (н. у.) хлороводорода растворили в воде. К полученному раствору прибавили 70,6 мл 20 %-ного раствора гидроксида калия с плотностью 1,19 г/мл. Определите объем 4 %-ного раствора серной кислоты с плотностью 1,024 г/мл, необходимый для полной нейтрализации полученной смеси.

5. Определите массу оксида калия, которую необходимо растворить в 200 г 8 %-ного раствора гидроксида калия для получения 15 %-ного раствора.

6. 32 г карбида кальция добавили к 67,3 мл 15,2 %-ной соляной кислоты с плотностью 1,07 г/мл. Определите объем 30 %-ной азотной кислоты с плотностью 1,18 г/мл, который следует добавить к полученной смеси для ее полной нейтрализации.

7. Определите массу карбида алюминия, который следует добавить к 200 мл 30 %-ной соляной кислоты с плотностью 1,18 г/мл, чтобы массовая доля кислоты уменьшилась в три раза.

8. Пентагидрат сульфата меди(II) массой 50 г растворили в 250 г воды. К полученному раствору прибавили 200 г 15,6 %-ного раствора сульфида натрия. Определите массовые доли солей в образовавшемся растворе.

9. Смешали 300 г 9,8 %-ного раствора фосфорной кислоты и 200 г 10 %-ного раствора гидроксида натрия. Определите массовую долю веществ в образовавшемся растворе.

10. Смесь карбоната кальция и карбоната магния прокалили до постоянной массы, равной 2,32 г. Выделившийся газ образовал с избытком раствора гидроксида бария осадок массой 9,85 г. Определите массовую долю карбоната кальция в исходной смеси.

11. 7,84 л (н. у.) водорода нагрели с избытком оксида железа(II), получив 30,4 г твердого остатка. Твердый остаток растворили в 500 мл 30 %-ной соляной кислоты с плотностью 1,15 г/мл. Определите массовую долю кислоты в полученном растворе.

12. При добавлении избытка металлического натрия к смеси этиленгликоля с фенолом выделилось 1,12 л водорода (н. у.). При действии избытка раствора брома на такое же количество смеси этиленгликоля с фенолом образовался осадок массой 6,62 г. Определите массовую долю фенола в смеси.

13. Смесь железных и медных опилок при нагревании прореагировала с избытком хлора. Определите массовую долю опилок меди в исходной смеси, если массовая доля хлорида меди в полученной смеси солей равна 0,50.

14. При растворении смеси железных и медных опилок массой 4,72 г в 30 %-ном растворе азотной кислоты выделилось 1,568 л (н. у.) газа. Определите массовую долю меди в исходной смеси.

15. При пропускании смеси пропена и пропиона в раствор брома образовалось 18,88 г смеси дибромпропана и тетрабромпропана, а при пропускании такого же количества этой смеси в аммиачный раствор оксида серебра образовалось 4,41 г осадка. Определите массовую долю пропиона в его смеси с пропеном.

16. Смесь алюминиевых и железных стружек массой 5,23 г обработали 97,6 мл соляной кислоты с массовой долей 0,204 и плотностью 1,10 г/мл. Избыток кислоты полностью нейтрализовали 96,7 мл раствора гидроксида калия с массовой долей 0,12 и плотностью 1,11 г/мл. Определите массовую долю алюминия в исходной смеси.

Решение. Находим $\nu_{\text{общ.}}(\text{HCl}) = m/M = V \cdot \rho \cdot w/M = 97,6 \cdot 1,10 \cdot 0,204/36,5 = 0,60$ моль.
 $\nu(\text{KOH}) = m/M = V \cdot \rho \cdot w/M = 96,7 \cdot 1,11 \cdot 0,12/56 = 0,23$ моль
 $\text{HCl} + \text{KOH} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O} \quad (1)$

Из уравнения (1) видно, что
 $\nu_1(\text{HCl}) = \nu(\text{KOH}) = 0,23$ моль.

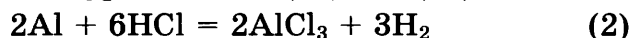
Значит, с металлами по уравнениям (2) и (3) прореагировало

$\nu_{2-3}(\text{HCl}) = \nu_{\text{общ.}}(\text{HCl}) - \nu_1(\text{HCl}) = 0,60 - 0,23 = 0,37$ моль.

Пусть $\nu(\text{Al}) = x$ моль, а $\nu(\text{Fe}) = y$ моль, тогда

$m(\text{Al}) = M \cdot \nu = 27x$ г, $m(\text{Fe}) = M \cdot \nu = 56y$ г.

Составим уравнение $m(\text{Al}) + m(\text{Fe}) = 27x + 56y = 5,23$ г.



Из уравнения (2) видно, что

$\nu_2(\text{HCl}) = \nu(\text{Al}) \cdot 3 = 3x$ моль.

Из уравнения (3) видно, что $\nu_3(\text{HCl}) = 2\nu(\text{Fe}) = 2y$ моль.

По условию $\nu_{2-3}(\text{HCl}) = \nu_2(\text{HCl}) + \nu_3(\text{HCl}) = 3x + 2y = 0,37$ моль.

Решаем систему уравнений:

$$27x + 56y = 5,23$$

$$3x + 2y = 0,37$$

Умножаем второе уравнение на 28 и вычитаем первое уравнение из произведения:

$$57x = 5,13; x = \nu(\text{Al}) = 0,09 \text{ моль};$$

$$m(\text{Al}) = \nu \cdot M = 0,09 \cdot 27 = 2,43 \text{ г.}$$

$$w(\text{Al}) = m(\text{Al})/m_{\text{смеси}} = 2,43/5,23 = 0,465.$$

Ответ: 0,465.

17. Смесь оксида магния и оксида кальция массой 9,28 г растворили в 124,6 мл раствора 30 %-ной азотной кислоты с плотностью 1,18 г/мл. Избыток кислоты полностью нейтрализовали 49,2 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей 0,20 и плотностью 1,22 г/мл. Определите массовую долю оксида магния в исходной смеси.

18. Медный купорос массой 50 г растворили в воде. Полученный раствор подвергли электролизу, при этом выделились 1,12 л газа. Определите массу 10 %-ного раствора гидроксида натрия, необходимую для полной нейтрализации раствора после электролиза и осаждения всех ионов меди из этого раствора.

19. Фосфор смешали с избытком порошка алюминия. Навеску смеси массой 47,9 г нагрели в инертной атмосфере. Полученное твердое вещество охладили и полностью растворили в соляной кислоте, при этом выделилось 34,72 л (н. у.) газа. Определите массовую долю фосфора в исходной смеси. Напишите уравнения всех проведенных реакций.

20. Смесь гидрокарбоната калия и карбоната кальция массой 10 г обработали избытком соляной кислоты. Выделившийся газ растворили в 152,7 мл 3,29 %-ного раствора гидроксида натрия с плотностью 1,035 г/мл. Определите массовые доли солей в полученном растворе.

21. Железную пластинку опустили в раствор сульфата меди. Через некоторое время, когда масса пластинки увеличилась на 0,4 г, ее опустили в избыток раствора 25 %-ный азотной кислоты, при этом выделилось 5,227 л оксида азота(II). Определите исходную массу железной пластинки.

22. Смесь опилок железа и магния массой 11,6 г полностью прореагировала с газом, выделившимся при полном электролизе 225 г 24 %-ного раствора хлорида меди. Рассчитайте массовую долю магния в исходной смеси.

23. Смесь кальция и алюминия массой 20,1 г прокалили без доступа воздуха с избытком порошка графита. Образовавшиеся продукты обработали избытком соляной кислоты, при этом выделилось 11,76 л (н. у.) газа. Определите массовую долю кальция в исходной смеси.

24. При взаимодействии 26,1 г смеси меди, железа и алюминия с концентрированной азотной кислотой выделилось 6,72 л газа (н. у.), а при взаимодействии такого же количества этой смеси с хлороводородной кислотой — 13,44 л газа (н. у.) Определите массовую долю железа в исходной смеси.

25. Смесь опилок алюминия и меди обработали избытком гидроксида натрия, в результате чего выделилось 6,72 л (н. у.) водорода. Нерастворившийся осадок отфильтровали, промыли и растворили в концентрированной азотной кислоте. Раствор выпарили досуха, осадок прокалили. Масса оставшегося продукта составила 3,4 г. Определите массовую долю меди в исходной смеси.

26. При нагревании бертолетовой соли в отсутствие катализатора ее распад идет одновременно с образованием кислорода и перхлората калия. Определите объем (н. у.) выделившегося кислорода, если при полном разложении 24,5 г бертолетовой соли получено 9,31 г хлорида калия.

27. Для реакции в присутствии серной кислоты с солью (26,53 % калия; 35,37 % хрома и 38,10 % кислорода по массе) массой 8,82 г был получен сульфит натрия путем пропускания сернистого газа в 16 %-ный раствор гидроксида натрия плотностью 1,175 г/мл. Определите необходимый для этого объем раствора гидроксида натрия.

28. Смесь гидрокарбоната и карбоната калия с массовой долей карбоната в ней 67,43 % может прореагировать с 70 г 16 %-ного раствора гидроксида калия. Исходную смесь обработали избытком раствора серной кислоты. Какой объем (н. у.) газа выделяется при этом?

29. Смесь гидросульфата и сульфата натрия с массовой долей сульфата в ней 61,2 % может вступить в реакцию с 63,8 мл 16 %-ного раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,175$ г/мл). На исходную смесь подействовали избытком раствора гидроксида бария. Определите массу образовавшегося при этом осадка.

30. Сплавляли 31,8 г карбоната натрия и 15,3 г оксида алюминия. Полученный плав растворили в 500 мл 30 %-ного раствора азотной кислоты с плотностью 1,18 г/мл. Определите массовую долю азотной кислоты в полученном растворе.

31. Оксид углерода(II) объемом 1,12 л (н. у.) полностью прореагировал при нагревании с оксидом цинка массой 12,15 г. Полученный твердый остаток растворили в 100 мл 30 %-ного раствора гидроксида калия с плотностью 1,19 г/мл. Определите массовую долю соли в образовавшемся растворе.

32. Водород объемом 5,6 л (н. у.) полностью прореагировал при нагревании с 32 г оксида меди(II). Образовавшийся твердый остаток растворили в 400 мл 67 %-ного раствора азотной кислоты с плотностью 1,40 г/мл. Определите массовую долю азотной кислоты в полученном растворе.

33. Измельченную смесь, образовавшуюся в результате прокаливания 3,24 г порошка алюминия с 9,6 г оксида железа(III), внесли в 16 %-ной раствор сульфата меди, содержащий 50 г медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Определите массовую долю сульфата меди в полученном растворе.

34. Смесь алюминиевых, железных и медных опилок сожгли в атмосфере хлора. Масса полученных продуктов составила 102,1 г. При обработке этой же смеси 30 %-ной соляной кислотой образовалось 17,92 л (н. у.) газа, а при обработке этой же смеси 30 %-ной азотной кислотой образуется 15,232 л (н. у.) оксида азота(II). Определите массовую долю меди в исходной смеси.

Решение. Имеем $\nu(\text{H}_2) = V/V_M = 17,92/22,4 = 0,80$ моль,
 $\nu(\text{NO}) = V/V_M = 15,232/22,4 = 0,68$ моль.

Пусть $\nu(\text{Al}) = x$ моль, $\nu(\text{Fe}) = y$ моль, $\nu(\text{Cu}) = z$ моль.

Запишем уравнения реакций металлов с хлором.



Из уравнений (1), (2) и (3) имеем $\nu(\text{AlCl}_3) = \nu(\text{Al}) = x$ моль, $\nu(\text{FeCl}_3) = \nu(\text{Fe}) = y$ моль,
 $\nu(\text{CuCl}_2) = \nu(\text{Cu}) = z$ моль.

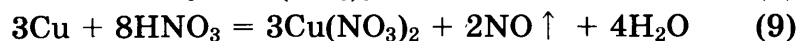
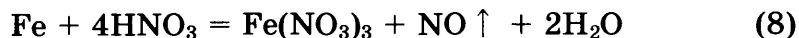
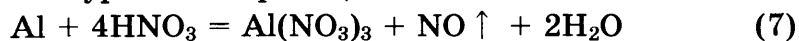
Откуда $m(\text{AlCl}_3) = M \cdot \nu = 133,5x$ г, $m(\text{FeCl}_3) = M \cdot \nu = 162,5x$ г, $m(\text{CuCl}_2) = M \cdot \nu = 135z$ г.
 $m_{\text{хлоридов}} = m(\text{AlCl}_3) + m(\text{FeCl}_3) + m(\text{CuCl}_2) = 133,5x + 162,5x + 135z = 102,1$ г.

Запишем уравнения реакций металлов с соляной кислотой.



Из уравнений (4) и (5) имеем $\nu_4(\text{H}_2) = 1,5 \cdot \nu(\text{Al}) = 1,5x$ моль, $\nu_5(\text{H}_2) = \nu(\text{Fe}) = y$ моль,
Отсюда $\nu(\text{H}_2) = \nu_4(\text{H}_2) + \nu_5(\text{H}_2) = 1,5x + y = 0,8$ моль.

Запишем уравнения реакций металлов с азотной кислотой.



Из уравнений (7), (8) и (9) имеем $\nu_7(\text{NO}) = \nu(\text{Al}) = x$ моль, $\nu_8(\text{NO}) = \nu(\text{Fe}) = y$ моль,
 $\nu_9(\text{NO}) = 0,6667 \cdot \nu(\text{Cu}) = 0,6667z$ моль.

Отсюда $\nu(\text{NO}) = \nu_7(\text{NO}) + \nu_8(\text{NO}) + \nu_9(\text{NO}) = x + y + 0,6667z = 0,68$ моль.

Решаем систему уравнений: $133,5x + 162,5x + 135z = 102,1$

$$1,5x + y = 0,8$$

$$x + y + 0,6667z = 0,68$$

делим третье уравнение на 0,6667 и умножаем на 135, вычитаем из произведения первое уравнение. Имеем $69x + 40y = 35,6$.

Решаем систему уравнений: $69x + 40y = 35,6$
 $1,5x + y = 0,8$

Умножаем второе уравнение на 40, вычитаем произведение из первого уравнения.

Имеем $9x = 3,6$, $x = \nu(\text{Al}) = 0,40$ моль, $y = \nu(\text{Fe}) = 0,20$ моль, $z = \nu(\text{Cu}) = 0,12$ моль.

Находим $m(\text{Al}) = \nu \cdot M = 0,4 \cdot 27 = 10,8$ г, $m(\text{Fe}) = \nu \cdot M = 0,2 \cdot 56 = 11,2$ г, $\nu(\text{Cu}) = \nu \cdot M = 0,12 \cdot 64 = 7,68$ г.

$m_{\text{смеси}} = m(\text{Al}) + m(\text{Fe}) + \nu(\text{Cu}) = 10,8 + 11,2 + 7,68 = 29,68$ г.

$w(\text{Cu}) = \nu(\text{Cu})/m_{\text{смеси}} = 0,259$.

Ответ: 0,259.

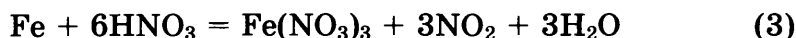
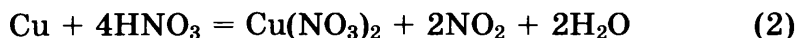
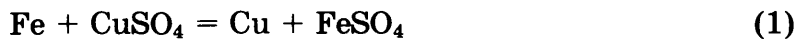
35. При нагревании 37,92 г перманганата калия часть вещества разложилась. При этом масса твердого остатка составила 35,36 г. Этот остаток растворили в избытке концентрированной соляной кислоты. Определите объем (н. у.) выделившегося газа.

36. Железные стружки опустили в раствор сульфата меди(II). Через некоторое время стружки отделили от раствора, промыли и просушили, при этом масса стружек увеличилась на 0,48 г. Эти стружки поместили в избыток 30 %-ной азотной кислоты, при этом выделилось 4,48 л (н. у.) оксида азота(II). Определите исходную массу железных стружек.

37. Железные стружки массой 8,96 г опустили в раствор сульфата меди(II). Через некоторое время стружки отделили от раствора, промыли, просушили и поместили в 600 мл 67 %-ного раствора азотной кислоты с плотностью 1,40 г/мл. При нагревании стружки полностью растворились, а массовая доля кислоты стала равной 61,2 %. Определите массовые доли солей в полученном растворе.

Решение. Имеем $\nu(\text{Fe}) = m/M = 8,96/56 = 0,16$ моль.

Запишем уравнения реакций.



Пусть $\nu_1(\text{Fe}) = x$ моль. Из уравнения реакции (1) имеем: $\nu(\text{Cu}) = \nu_1(\text{Fe}) = x$ моль.

Из уравнения реакции (2) имеем $\nu_2(\text{HNO}_3) = 4 \cdot \nu(\text{Cu}) = 4x$ моль, $\nu(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = \nu(\text{Cu}) = x$ моль, $\nu_2(\text{NO}_2) = 2 \cdot \nu(\text{Cu}) = 2x$ моль.

Имеем $\nu_3(\text{Fe}) = \nu(\text{Fe}) - \nu_1(\text{Fe}) = (0,16 - x)$ моль. Из уравнения реакции (3) имеем:

$\nu_3(\text{HNO}_3) = 6 \cdot \nu_3(\text{Fe}) = 6(0,16 - x) = (0,96 - 6x)$ моль, $\nu(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \nu_3(\text{Fe}) = (0,16 - x)$ моль,

$\nu_3(\text{NO}_2) = 3 \cdot \nu_3(\text{Fe}) = 3(0,16 - x) = (0,48 - 3x)$ моль.

Для исходного раствора 1 кислоты имеем $m_{\text{р-ра1}} = \rho \cdot V = 1,40 \cdot 600 = 840$ г,

$m_1(\text{HNO}_3) = w \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,67 \cdot 840 = 562,8$ г.

В реакциях (2) и (3) прореагировало и образовалось:

$m(\text{Cu}) = M \cdot \nu = 64x$ г, $m(\text{Fe}) = M \cdot \nu = 56 \cdot (0,16 - x) = (8,96 - 56x)$ г,

$\nu_{\text{реар.}}(\text{HNO}_3) = \nu_2(\text{HNO}_3) + \nu_3(\text{HNO}_3) = 4x + 0,96 - 6x = (0,96 - 2x)$ моль,

$m_{\text{реар.}}(\text{HNO}_3) = \nu \cdot M = (0,96 - 2x) \cdot 63 = (60,48 - 126x)$ г,

$\nu(\text{NO}_2) = \nu_2(\text{NO}_2) + \nu_3(\text{NO}_2) = 2x + 0,48 - 3x = (0,48 - x)$ моль,

$m(\text{NO}_2) = M \cdot \nu = 46 \cdot (0,48 - x) = (22,08 - 46x)$ г.

Для итогового раствора 2 имеем:

$m_2(\text{HNO}_3) = m_1(\text{HNO}_3) - m_{\text{реар.}}(\text{HNO}_3) = 562,8 - 60,48 + 126x = (502,32 + 126x)$.

$m_{\text{р-ра2}} = m_{\text{р-ра1}} + m(\text{Cu}) + m(\text{Fe}) - m(\text{NO}_2) = 840 + 64x + 8,96 - 56x - 22,08 + 46x = (826,88 + 54x)$ г.

По условию $w_2 = m_2(\text{HNO}_3)/m_{\text{р-ра2}} = (502,32 + 126x)/(826,88 + 54x) = 0,612$. Отсюда

$502,32 + 126x = (826,88 + 54x) \cdot 0,612 = 506,05 + 33,05x$, $92,95x = 3,73$, $x = 0,040$ моль

$m_{\text{р-ра2}} = 826,88 + 54x = 826,88 + 54 \cdot 0,04 = 826,88 + 2,16 = 829,04$ г,

$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = M \cdot \nu = 188 \cdot x = 188 \cdot 0,04 = 7,52$ г,

$w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2)/m_{\text{р-ра2}} = 7,52/829,04 = 0,0091$,

$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = M \cdot \nu = 242 \cdot (0,16 - x) = 242 \cdot 0,12 = 29,04$ г,

$w(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)/m_{\text{р-ра2}} = 29,04/829,04 = 0,0350$.

Ответ: $w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,0091$, $w(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,0350$.

38. Определите массу оксида фосфора(V), который надо добавить к 400 г 10%-го раствора ортофосфорной кислоты для получения 30%-го раствора.

39. Гептагидрат сульфата магния массой 36,9 г растворили в воде, получив 10%-ный раствор сульфата магния. Раствор разделили в два стакана. В первый стакан прибавили избыток раствора фосфата натрия и получили осадок массой 9,825 г. Во второй стакан прибавили 100 г 10%-го раствора гидроксида натрия. Определите массовую долю гидроксида натрия в полученном во втором стакане растворе.

40. Гексагидрат хлорида кобальта(II) массой 23,8 г растворили в воде, получив 6%-ный раствор хлорида кобальта(II). Раствор разделили в два стакана. В первый стакан прибавили избыток раствора нитрата серебра и получили осадок массой 11,48 г. Во второй стакан прибавили 200 г 8,2%-го раствора фосфата натрия. Определите массовую долю фосфата натрия в полученном во втором стакане растворе.

2.5. Задание 35

Установление молекулярной и структурной формул вещества

1. Органическое неразветвленное вещество, содержащее 12,3 % водорода и 14,0 % кислорода, при окислении в жестких условиях образует две кислоты. На основании этих данных:

- 1) установите простейшую формулу вещества,
- 2) напишите молекулярную формулу вещества,
- 3) напишите уравнение реакции этого вещества с водородом на никелевом катализаторе.

2. Кальциевая соль предельной карбоновой кислоты А при прокаливании превращается в органическое соединение В, содержащее 11,6 % водорода и 18,6 % кислорода. На основании этих данных:

- 1) установите простейшую формулу вещества В,
- 2) напишите молекулярные формулы веществ В и А,
- 3) напишите уравнение реакции взаимодействия кислоты А с хлором в присутствии красного фосфора.

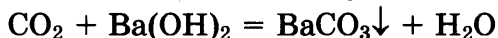
3. Сложный эфир предельной монокарбоновой кислоты содержит 36,36 % кислорода.

- 1) установите простейшую формулу эфира,
- 2) определите молекулярную формулу эфира, если образующиеся при гидролизе эфира соединения содержат одинаковые числа атомов углерода,
- 3) напишите уравнение реакции гидролиза этого эфира в присутствии раствора гидроксида натрия.

4. При сгорании 46,8 г углеводорода образовались 32,4 г воды и оксид углерода(IV). Пары углеводорода в 2,69 раза тяжелее воздуха.
- 1) определите простейшую формулу углеводорода,
 - 2) определите молекулярную формулу углеводорода, если его пары в 2,69 раза тяжелее воздуха.
 - 3) напишите уравнение реакции горения углеводорода.

5. При сжигании 1,16 г органического соединения, молекула которого содержит третичный атом углерода и которое в два раза тяжелее воздуха, образовались 1,8 г воды и углекислый газ, при пропускании которого в раствор гидроксида бария образовалось 15,76 г осадка.
- 1) установите простейшую формулу соединения,
 - 2) определите истинную формулу соединения,
 - 3) напишите уравнение реакции горения этого соединения.

Решение. Запишем уравнение реакции.



$$\nu(\text{BaCO}_3) = m/M = 15,76/197 = 0,08 \text{ моль} = \nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{C});$$

$$m(\text{C}) = \nu \cdot M = 0,08 \cdot 12 = 0,96 \text{ г};$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = m/M = 1,8/18 = 0,10 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{H}) = 0,10 \cdot 2 = 0,20 \text{ моль}; m(\text{H}) = \nu \cdot M = 0,20 \cdot 1 = 0,20 \text{ г};$$

$$m(\text{C}) + m(\text{H}) = 0,96 + 0,2 = 1,16 \text{ г}$$

Соединение состоит только из углерода и водорода.

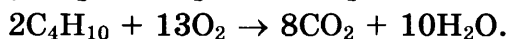
Общая формула углеводорода: C_xH_y

$$x : y = \nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = 0,08 : 0,20 = 2 : 5.$$

Простейшая формула углеводорода — C_2H_5 . $M(\text{C}_2\text{H}_5) = 29 \text{ г/моль}$.

Зная $D = M(\text{C}_x\text{H}_y)/M_{\text{возд.}} = 2$, имеем $M(\text{C}_x\text{H}_y) = 2 \cdot M_{\text{возд.}} = 2 \cdot 29 = 58 \text{ г/моль}$.

Истинная формула углеводорода — C_4H_{10} . Это изобутан $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$, содержащий третичный атом углерода. Уравнение реакции горения изобутана:



Ответ: C_2H_5 , $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$.

6. Алкен прореагировал с избытком бромной воды. При нагревании полученного продукта массой 40,4 г с водным раствором гидроксида калия получено 15,2 г спирта. На основании этих данных:
- 1) установите молекулярную формулу исходного алкена,
 - 2) напишите уравнения двух описанных реакций,
 - 3) назовите полученный во второй реакции спирт.

7. При сплавлении 19,2 г натриевой соли предельной монокарбоновой кислоты с избытком гидроксида натрия выделилось 4,48 л (н. у.) алкана, содержащего 80 % углерода.
- 1) определите молекулярную формулу выделившегося газа,
 - 2) напишите уравнение реакции сплавления,
 - 3) определите массу взятой натриевой соли.

8. В 18 %-ный раствор вторичного алифатического амина массой 100 г пропустили избыток хлороводорода. После упаривания раствора получили белое кристаллическое вещество, содержащее 43,56 % хлора по массе. На основании этих данных:
- 1) определите общую формулу амина,
 - 2) напишите структурную формулу амина,
 - 3) определите объем (н. у.) израсходованного хлороводорода.

9. 2,64 г предельной одноосновной органической кислоты, в молекуле которой имеется один третичный атом водорода, нейтрализовали водным раствором гидрокарбоната натрия. При пропускании выделившегося газа через избыток раствора гидроксида бария получено 5,91 г осадка.

- 1) определите общую формулу кислоты,
- 2) напишите структурную формулу кислоты,
- 3) напишите уравнение реакции этой кислоты с хлором в присутствии красного фосфора.

10. Органическое вещество, содержащее 43,24 % кислорода и 8,11 % водорода, дает реакцию «серебряного зеркала».

- 1) определите общую формулу кислоты,
- 2) напишите молекулярную формулу этого соединения,
- 3) напишите уравнение реакции этого соединения с водным раствором гидроксида натрия

11. При сгорании 1,44 г углеводорода образовалось 2,24 л (н. у.) углекислого газа. При взаимодействии с хлором углеводород образует только одно монохлорпроизводное.

- 1) установите простейшую формулу углеводорода,
- 2) напишите структурную формулу углеводорода,
- 3) напишите уравнение реакции взаимодействия этого углеводорода с хлором.

12. При сгорании 3,54 г предельного вторичного амина образовалось 672 мл (н. у.) азота.

- 1) установите общую формулу амина,
- 2) определите структурную формулу амина,
- 3) напишите уравнение реакции горения этого амина.

13. При сгорании органического соединения массой 2,16 г образовалось 2,16 г воды и 2,688 л (н. у.) углекислого газа. Соединение не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра.

- 1) установите общую формулу соединения,
- 2) определите структурную формулу соединения,
- 3) напишите уравнение реакции этого соединения с водородом в присутствии катализатора.

14. При сгорании 24,0 г углеводорода образовались 40,32 л (н. у.) оксида углерода(IV) и вода. Относительная плотность паров этого углеводорода по аргону равна 3,0. Это соединение используется при получении фенола и ацетона.

- 1) установите простейшую формулу соединения,
- 2) напишите структурную формулу углеводорода,
- 3) напишите уравнение реакции получения фенола и ацетона из этого соединения.

15. На сгорание органического соединения, которое не имеет третичных атомов углерода в молекуле, было затрачено 28,56 л (н. у.) кислорода, и образовалось 13,5 г воды и 39,6 г оксида углерода(IV). Относительная плотность паров этого соединения по хлору равна 1,155. Соединение обесцвечивает бромную воду, при этом 1 моль соединения присоединяет не более 1 моль брома.

- 1) установите простейшую формулу соединения,
- 2) установите структурную формулу соединения, назовите его,
- 3) напишите реакцию взаимодействия этого соединения с бромом.

16. Алкен количественно А присоединил 4,48 л (н. у.) бромоводорода. Полученный продукт Б прореагировал с металлическим натрием, образовав 8,6 г органического вещества В.

- 1) выполните необходимые расчеты и определите структурную формулу алкена А,
- 2) определите структурные формулы продукта Б и вещества В,
- 3) напишите уравнение реакции продукта Б со спиртовым раствором щелочи.

17. В ходе реакции ароматического углеводорода А с нитрующей смесью было получено 43,05 г мононитропроизводного Б. Образовавшееся мононитропроизводное восстановили водородом в присутствии катализатора и получили 32,55 г продукта В.

- 1) установите формулу исходного ароматического углеводорода А,
- 2) установите формулу продукта В,
- 3) напишите уравнение реакции продукта В с избытком бромной воды.

18. При окислении 13,2 г спирта, в молекуле которого имеется четвертичный атом углерода, получили кислоту с тем же числом атомов углерода. Для нейтрализации кислоты потребовалось 63,1 мл 12 %-ного раствора гидроксида калия плотностью 1,11 г/мл.

- 1) установите простейшую формулу спирта,
- 2) напишите структурную формулу спирта,
- 3) напишите уравнение реакции окисления исходного спирта оксидом меди при нагревании.

19. Смесь пропанола-1 и одноосновной предельной органической кислоты массой 20,1 г при взаимодействии с натрием выделяет 3,36 л (н. у.) газа, а при взаимодействии с насыщенным раствором гидрокарбоната натрия выделяет также 3,36 л (н. у.) газа.

- 1) определите массовую долю спирта в исходной смеси,
- 2) установите формулу кислоты,
- 3) напишите уравнение реакции взаимодействия этой кислоты с хлором в присутствии красного фосфора.

20. На сгорание органического вещества было израсходовано 14,78 л (н. у.) кислорода. При этом образовалось 21,12 г углекислого газа и 6,48 г воды. Органическое вещество не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра, а при гидратации в присутствии катализатора 1 моль этого вещества способен присоединить 2 моль воды.

- 1) установите молекулярную формулу вещества,
- 2) напишите структурную формулу вещества,
- 3) напишите уравнения двух возможных реакций взаимодействия вещества с 1 моль брома.

Решение. Имеем $\nu(\text{O}_2) = V/V_M = 14,78/22,4 = 0,660$ моль, $m(\text{O}_2) = \nu \cdot M = 0,66 \cdot 32 = 21,12$ г.

$\nu(\text{CO}_2) = m/M = 21,126/44 = 0,48$ моль; $\nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2) = 0,48$ моль; $m(\text{C}) = \nu \cdot M = 0,48 \cdot 12 = 5,76$ г;

$m(\text{O}/\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2) - m(\text{C}) = 21,12 - 5,76 = 15,36$ г.

$\nu(\text{H}_2\text{O}) = m/M = 6,48/18 = 0,36$ моль; $\nu(\text{H}) = 2\nu(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 0,36 = 0,72$ моль;

$m(\text{H}) = \nu \cdot M = 0,72 \cdot 1 = 0,72$ г; $m(\text{O}/\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}) = 6,48 - 0,72 = 5,76$ г.

$m(\text{O}/\text{CO}_2) + m(\text{O}/\text{H}_2\text{O}) = 15,36 + 5,76 = 21,12$ г = $m(\text{O}_2)$.

Соединение не содержит кислорода и является углеводородом C_xH_y .

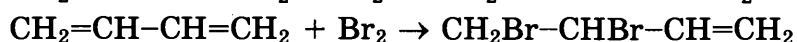
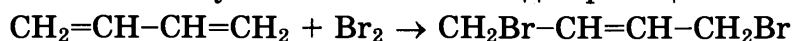
$x : y = \nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = 0,48 : 0,72 = 1 : 1,5 = 2 : 3 = 4 : 6$.

Простейшая формула C_2H_3 не соответствует никакому классу углеводородов.

Молекулярная формула C_4H_6 соответствует алкинам, циклоалкенам и алкадиенам. Два моль воды может присоединить 1 моль алкадиена.

Структурная формула $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$.

В зависимости от условий возможны две реакции:



Ответ: C_4H_6 , $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$.

ОТВЕТЫ

1.1.1

1. 22,4 г, $2,41 \cdot 10^{23}$ атомов. 2. 0,6 моль, 13,44 л, $3,61 \cdot 10^{23}$ молекул. 3. 1,75 моль, 59,5 г, $1,05 \cdot 10^{24}$ молекул. 4. 13,0 моль, 923 г, 291 л. 5. 28 г/моль. 6. 0,893 моль, 26,8 г, $5,38 \cdot 10^{23}$ молекул. 7. 16 г/моль. 8. 0,3 моль. 9. 0,225 моль. 10. 0,9 моль.

1.1.2

1. 58 г/моль. 2. 64,0 г/моль. 3. 2,147. 4. 95,1 г. 5. 50,8 л. 6. 2,54. 7. 0,239. 8. C_4H_8 . 9. C_6H_6 . 10. C_4H_6 .

1.1.3

1. $4,83 \cdot 10^{18}$ молекул. 2. 6,07 л. 3. 91,2 кПа. 4. 58 г/моль. 5. 48 г/моль.

1.2.1

1. 225 г H_2O . 2. 0,167. 3. 105 г. 4. 0,100. 5. 0,118. 6. 0,175. 7. 118 г. 8. 0,135. 9. 776 г $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ и 1504 г H_2O . 10. 62,5 г $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ и 1937,5 г H_2O .

1.2.2

1. 448 г. 2. 160 г. 3. 1,25 л. 4. 0,1 л. 5. 0,8 моль/л. 6. 134,4 л. 7. 3,7 моль/л. 8. 7,12 моль/л. 9. 0,340. 10. 0,224.

1.2.3

1. 0,0792. 2. 34,4 г. 3. 73 г. 4. 0,310. 5. 0,607 г.

1.2.4

1. 300 л. 2. 140 л. 3. 0,140. 4. 400 мл. 5. 950 мл.

1.2.5

1. 0,10. 2. 0,20. 3. 0,20. 4. 0,20. 5. 0,37.

1.2.6

1. 0,0788. 2. 0,703. 3. $m_{p-ра1} = 300$ г и $m_{p-ра2} = 50$ г. 4. $m_{p-ра1} = 500$ г и $m_{p-ра2} = 300$ г. 5. 0,440.

1.2.7

1. 99,5 г. 2. 140 г. 3. 0,333. 4. 23,2 г. 5. 342,8 г.

1.2.8

1. 0,238. 2. 258 г. 3. $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$. 4. 80,6 г. 5. 664 г.

1.2.9

1. 1 : 0,607. 2. 389 мл. 3. 500 мл. 4. 250 мл. 5. 9,45 л.

1.3.1

1. $w(Cu) = 0,40$, $w(S) = 0,20$, $w(O) = 0,40$. 2. 0,522. 3. 0,381. 4. 0,381. 5. $w(CuSO_4) = 0,64$, $w(H_2O) = 0,36$. 6. $w(H) = 0,050$, $w(O) = 0,633$. 7. $w(Na_2SO_4) = 0,441$, $w(H_2O) = 0,559$. 8. Хром. 9. Сера. 10. Фосфор.

1.3.2

1. NH_4NO_2 . 2. K_2SO_4 . 3. $Na_2Cr_2O_7$. 4. $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$. 5. C_2H_5CHO или CH_3COCH_3 . 7. CH_3COOH или $HCOOCH_3$. 8. CH_3OH . 9. CH_3COOH и $HCOOCH_3$. 10. C_2H_5OH и CH_3OCH_3 .

1.3.3

1. C_4H_{10} . 2. C_5H_{10} . 3. C_4H_6 . 4. 162 г/моль. 5. C_3H_7OH . 6. C_2H_5CHO . 7. 88 г/моль. 8. $CH_3-NH-C_2H_5$. 9. $CH_3CH_2CH(NH_2)COOH$. 10. NH_2CH_2COOH .

1.4.1

1. 32 г. 2. 0,0159. 3. 13,44 л. 4. 1,4 г. 5. 1,12 л. 6. 0,187 г. 7. 7,4 г. 8. 6,72 л. 9. 32 г. 10. 0,448 л.

1.4.2

1. 336 л. 2. 35,4 мл. 3. 34,8 мл. 4. 10,4 г. 5. 11,0 мл. 6. 18,4 г. 7. 34,8 мл. 8. 13,5 л. 9. 8,26 г. 10. 11,8 мл.

1.4.3

1. 0,20. 2. 16,8 г. 3. 0,176. 4. 0,10. 5. 0,896. 6. 0,750. 7. 12,5 г. 8. 0,85. 9. 17,3 г. 10. 5,84 г.

1.4.4

1. 68 г. 2. 25 г. 3. 104 г. 4. 13,5 г. 5. 4,0 л. 6. 20,4 г. 7. 71,4 г. 8. 10,7 г. 9. 0,243. 10. $m(\text{NaNO}_3) = 6,50$ г и $m(\text{NaCl}) = 8,54$ г.

1.4.5

1. 85,7 л. 2. 23,8 л. 3. C_3H_8 . 4. 714 л. 5. C_4H_8 . 6. 400 л. 7. 28 л. 8. 40 л. 9. 0,40. 10. 0,20.

1.4.6

1. 0,176. 2. 0,300. 3. 0,643. 4. 0,364. 5. 10.

1.4.7.

1. 67,2 л. 2. 101 л. 3. 112 л. 4. 67,2 л. 5. 116,5 л. 6. 87,4 л. 7. 85,1 л. 8. 127,7 л. 9. 70,56 л. 10. 117,6 л.

1.4.8

1. 110 г. 2. 39,0 г. 3. 24,0 л. 4. 100 л. 5. 1200 кДж. 6. 3580 кДж. 7. 822 кДж/моль. 8. 162 кДж/моль. 9. 626 кДж/моль. 10. 1675 кДж/моль.

1.4.9

1. 12,8 г. 2. 6,4 г. 3. 1,36 %. 4. 0,0508. 5. 4,32 г. 6. 16 г. 7. 4,8 г. 8. 3,31 г. 9. 2,95 г. 10. 0,073.

1.4.10

1. 585 г. 2. 0,136. 3. 0,145. 4. 13,8 г. 5. 16,0 г. 6. 0,750. 7. 12,5 г. 8. 0,0199. 9. 0,853. 10. 0,336, 2,24 л.

1.4.11

1. $w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,474$ и $w(\text{AgNO}_3) = 0,0214$. 2. $w(\text{AgNO}_3) = 0,00958$ и $w(\text{KNO}_3) = 0,0130$. 3. $w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,0609$ и $w(\text{AgNO}_3) = 0,0249$. 4. $w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,0235$ и $w(\text{AgNO}_3) = 0,0212$. 5. $w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,0395$ и $w(\text{AgNO}_3) = 0,0521$.

1.4.12

1. 0,0915. 2. 117 г. 3. 33,6 г. 4. 139 мл. 5. 0,274. 6. 709 г. 7. 40,0 л. 8. 98 г. 9. 0,242. 10. $w(\text{S}) = 0,462$, железо.

1.4.13

1. 0,471. 2. 0,537. 3. $w(\text{NaNO}_3) = 0,312$ и $w(\text{HNO}_3) = 0,10$. 4. Цинк. 5. 0,544. 6. 0,415. 7. 0,734. 8. $w(\text{CH}_3\text{CHO}) = 0,146$, $w(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,397$ и $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,457$. 9. 0,465. 10. 0,506.

1.4.14

1. 0,491. 2. 0,0933. 3. 0,491. 4. 0,129. 5. 0,333. 6. В 2,74 раза. 7. 0,349. 8. 0,471. 9. 0,284. 10. $N(\text{O})/N(\text{Si}) = 9,5$.

2.1.

1. 19. 2. 48,4. 3. 20. 4. 41. 5. 18. 6. 7. 7. 13,5. 8. 26. 9. 590. 10. 691. 11. 28. 12. 20. 13. 20. 14. 11,8. 15. 125. 16. 133. 17. 24. 18. 223. 19. 30 г. 20. 50.

2.2.

1. 100. 2. 15. 3. 30. 4. 50. 5. 80. 6. 60. 7. 60. 8. 64. 9. 25. 10. 12. 11. 63. 12. 80. 13. 121. 14. 993. 15. 822. 16. 100. 17. 560. 18. 2610. 19. 2846. 20. 409.

2.3.

1. 84. 2. 100. 3. 50. 4. 100. 5. 50. 6. 30. 7. 75. 8. 1173. 9. 20. 10. 560. 11. 90. 12. 100. 13. 40. 14. 120. 15. 60. 16. 25. 17. 45. 18. 250. 19. 100. 20. 336.

2.4.

1. 0,0494. 2 0,0816. 3. 60 г. 4. 120 мл. 5. 6,24 г. 6. 125 мл. 7. 15,2 г. 8. $w(\text{Na}_2\text{S}) = 0,0324$, $w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,0591$. 9. $w(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,0240$ и $w(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,0568$. 10. 0,442. 11. 0,225. 12. 0,431. 13. 0,579. 14. 0,407. 15. 0,417. 16. 0,465. 17. 0,517. 18. 160 г. 19. 0,324. 20. 0,0196. 21. 14,0 г. 22. 0,517. 23. 0,597. 24. 0,322. 25. 0,335. 26. 3,36 л. 27. 38,3 мл. 28. 11,2 л. 29. 163 г. 30. 0,132. 31. 0,243. 32. 0,520. 33. 0,0643. 34. 0,259. 35 9,856 л. 36. 12,32 г. 37. $w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,0091$, $w(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,0350$. 38. 74,5 г. 39. 0,0490. 40. 0,0305.

2.5.

1. $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$, $\text{C}_3\text{H}_7\text{-CO-C}_3\text{H}_7$. 2. $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CO-C}_2\text{H}_5$, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$. 3. $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$, $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$. 4. CH , C_6H_6 . 5. C_2H_5 , $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$. 6. C_3H_6 , пропандиол-1,2. 7. C_2H_6 , 19,2 г. 8. $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$, $\text{CH}_3\text{-NH-CH}_3$, 8,96 л. 9. $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$, $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-COOH}$. 10. $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$, HCOOC_2H_5 . 11. C_5H_{12} , $\text{CH}_3\text{-C}(\text{CH}_3)_2\text{-CH}_3$. 12. $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{-NH-H}_3$. 13. $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3$. 14. C_3H_4 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}(\text{CH}_3)_2$. 15. C_3H_5 , C_6H_{10} циклогексен. 16. $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$, $\text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_3$, $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_3$. 17. C_6H_6 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$. 18. $\text{C}_4\text{H}_9\text{CH}_2\text{OH}$, $\text{CH}_3\text{-C}(\text{CH}_3)_2\text{-CH}_2\text{OH}$. 19. 0,448, $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$. 20. C_4H_6 , $\text{CH}_2\text{=CH-CH=CH}_2$.

Справочное издание

Рябов Михаил Алексеевич

ЕГЭ. ХИМИЯ

ТРЕНАЖЁР. РАСЧЁТНЫЕ ЗАДАЧИ



Издательство **«ЭКЗАМЕН»**

Гигиенический сертификат
№ РОСС RU.НА34.Н08638 с 07.08.2018 г.

Главный редактор *Л. Д. Лапто*
Редактор *Н. В. Стрелецкая*
Технический редактор *Л. В. Павлова*
Корректоры *Т. И. Лошкарёва, О. Ю. Казанаева*
Дизайн обложки *Л. В. Демьянова*
Компьютерная верстка *О. Н. Савина*

Россия, 107045, Москва, Луков пер., д. 8.
www.examen.biz

Е-mail: по общим вопросам: info@examen.biz;
по вопросам реализации: sale@examen.biz
тел./факс 8 (495) 641-00-30 (многоканальный)

Общероссийский классификатор продукции
ОК 034-2014; 58.11.1 — книги печатные

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «ИПК Парето-Принт», Россия, г. Тверь, www.pareto-print.ru

По вопросам реализации обращаться по тел.: 8(495)641-00-30 (многоканальный).