

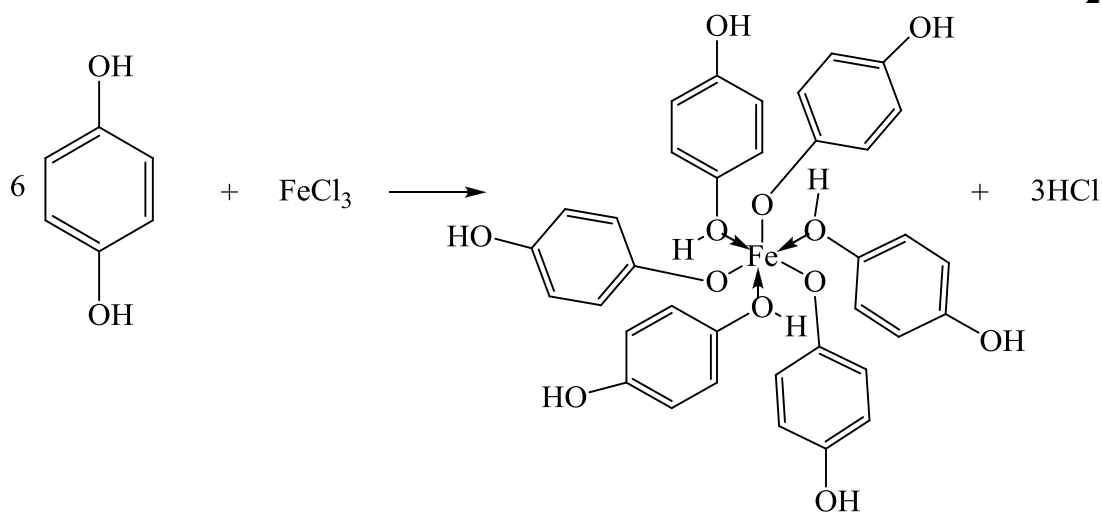
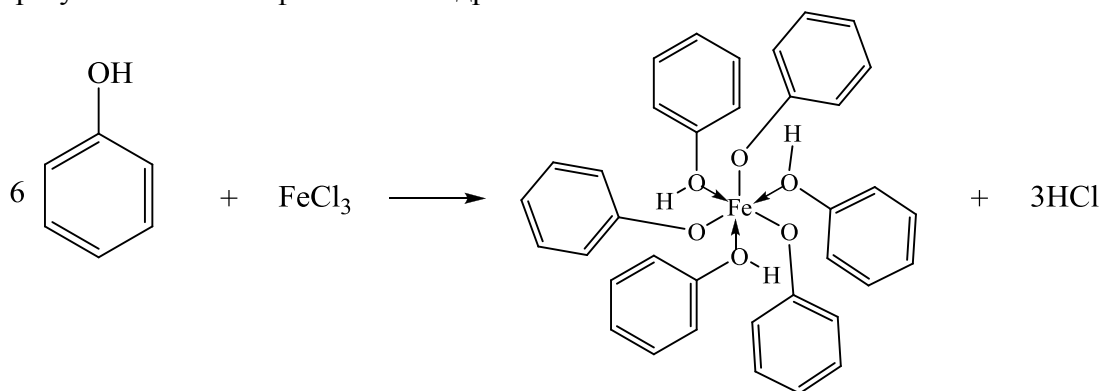
ВСОШ по химии, муниципальный этап
Иркутск, 2020-2021 учебный год
Решения задач
11 класс

Задача 11-1 (10 баллов)

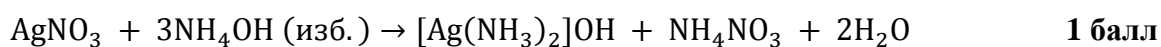
В пяти пронумерованных пробирках находятся: фенол, бензальдегид, бензойная кислота, фенилацетилен, гидрохинон. В качестве реагентов имеются: нитрат серебра, водный раствор аммиака, раствор хлорида железа, индикатор – лакмус. Представьте всю оптимальную последовательность проведения эксперимента. Напишите все необходимые реакции и условия их проведения.

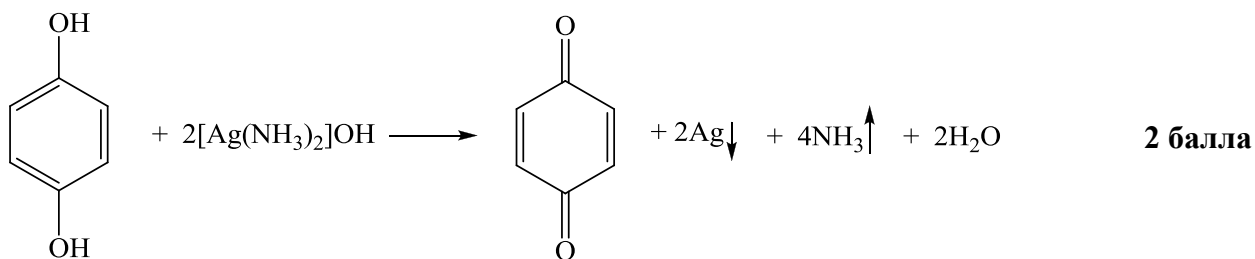
Последовательность проведения эксперимента:

- 1). С помощью индикатора – лакмуса определяем бензойную кислоты – красное окрашивание. **1 балл**
- 2). Действуем раствором FeCl_3 : комплексные соединения 6-ти координационного железа образуются только с фенолом и гидрохиноном:

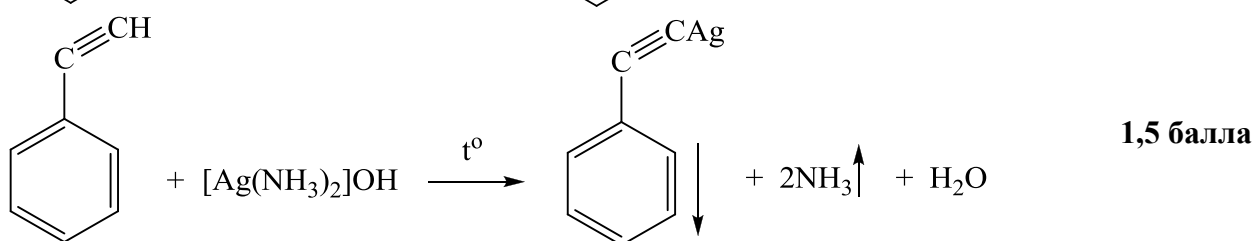
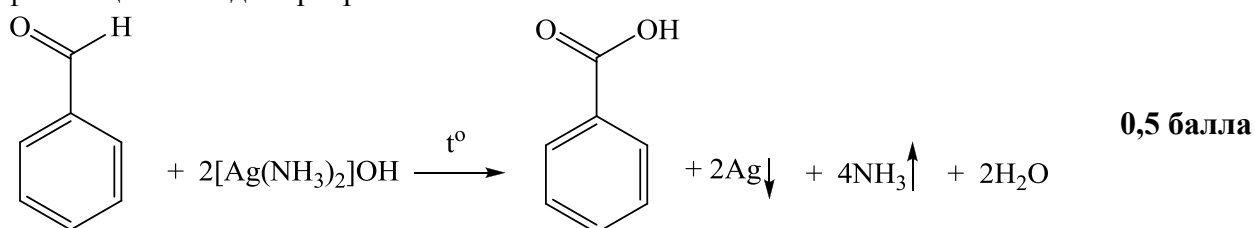


Из этих двух соединений отличить гидрохинон можно по его реакции с аммиачным раствором оксида серебра (реакция «серебряного зеркала»):





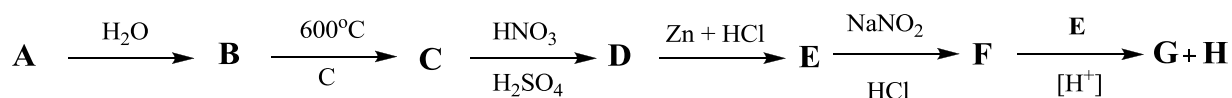
3). Различить бензальдегид и фенилацетилен можно по реакции с $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$: в первом случае наблюдаем реакцию «серебряного зеркала», во втором – выпадает бурый осадок фенилацетиленида серебра:



Итого: 10 баллов

Задача 11-2 (10 баллов)

Дана цепочка превращений:



Известно, что бинарное вещество А получают путем взаимодействия негашёной извести с некоторым неметаллом при 1900°C. А представляет собой бинарное соединение и содержит 62,5% металла по массе.

Вещество Н в избытке кислоты неустойчиво и либо претерпевает обратную реакцию, образуя Е и F, либо изомеризуется и превращается в G.

1. Установите состав вещества А и подтвердите его расчетом.
2. Установите вещества В-Н и запишите их структурные формулы.

Известно, что А получают из негашёной извести, оксида кальция СаО. Следовательно, металл, входящий в состав А – кальций.

Найдём молярную массу А:

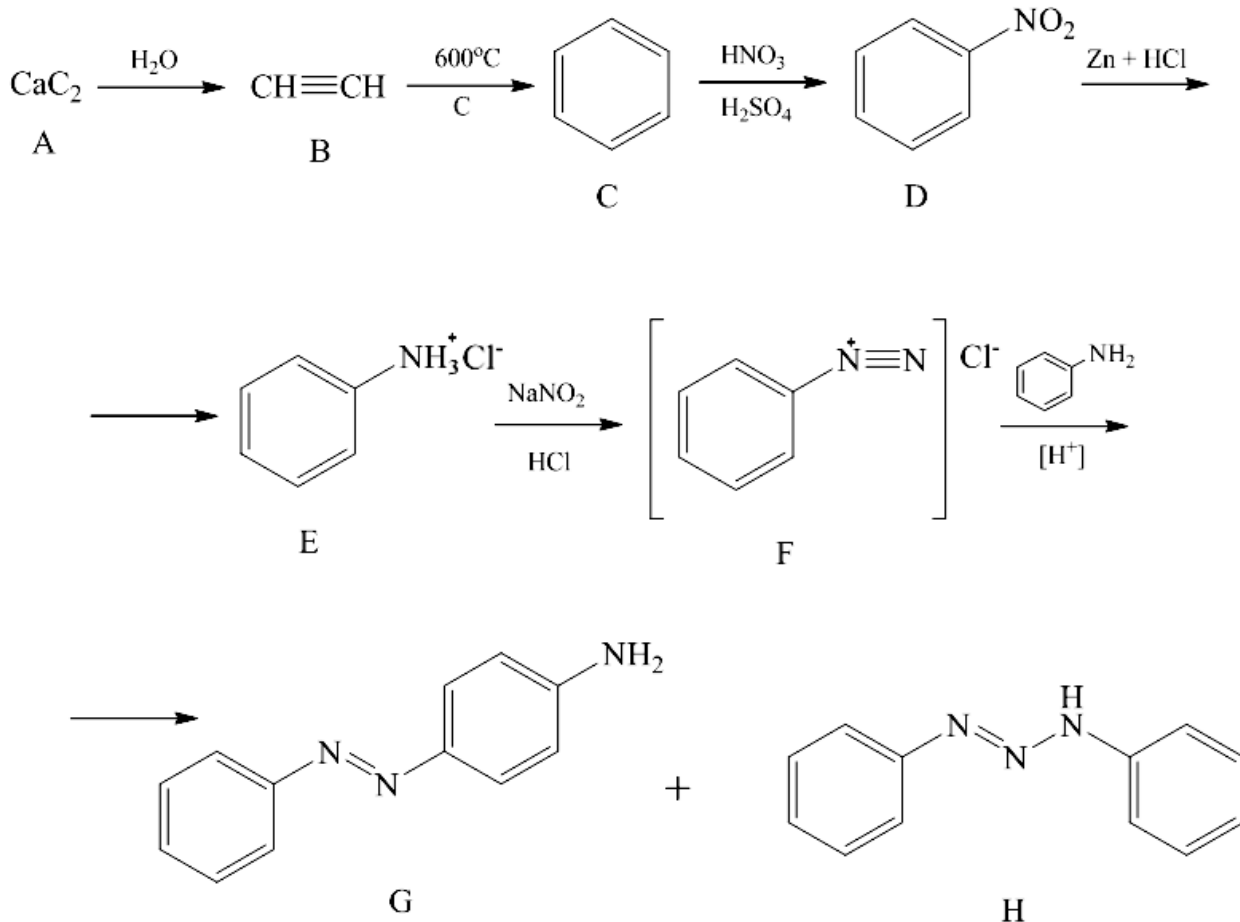
$$\omega_{Ca} = \frac{M_{Ca}}{M_A} \cdot 100\%$$

$$M_A = \frac{M_{Ca} \cdot 100\%}{\omega_{Ca}} = \frac{40 \cdot 100\%}{62,5\%} = 64 \quad \text{1 балл}$$

Отнимем от массы А атомную массу кальция: 64 – 40 = 24

А – это карбид кальция СаС₂. 1 балл

Пользуясь знаниями об условиях протекания химических реакций, можно найти:



За структурные формулы В-Н начисляется по 1 баллу, за брутто-формулы 0,5 баллов.

Анилин способен реагировать с солью диазония как по аминогруппе, так и по углероду в пара-положении. Из условия задачи известно, что вещество Н в кислой среде менее устойчиво, из чего можно сделать вывод, что **G** – это триазен.

1 балл

Итого 10 баллов

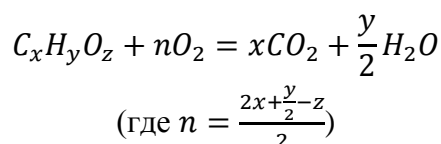
Задача 11-3 (10 баллов)

Вещество **А** представляет собой бесцветную жидкость с сильным запахом. При полном сгорании 6,08 г **А** образуется только 7,168 л углекислого газа и 2,88 г воды. В подкисленном водном растворе **А** превращается в эквимольную смесь веществ **Б** и **В** (**реакция 1**).

Известно, что вещество **Б** взаимодействует с оксидом меди (II) (**реакция 2**), образуя продукт **Г**, масса которого на 6,25% меньше массы **Б**. Вещество **В** при нагревании разлагается (**реакция 3**) на вещество **Д** и газ, который вызывает помутнение известковой воды. Оба вещества **В** и **Д** при добавлении хлорида железа (III) дают темно-фиолетовое окрашивание. Известно также, что 3,45 г вещества **В** могут без остатка прореагировать с известковой водой, содержащей 2,85 г гидроксида (**реакция 4**).

1. Установите вещество **А** и запишите его структурную формулу. Подтвердите ход своих мыслей расчетами и логическими рассуждениями.
2. Запишите формулы веществ **Б-Д** и уравнения реакций 1-4. Состав веществ **Б** и **Г** подтвердите расчетом.

Поскольку при сгорании вещества **А** образуются только углекислый газ и вода, в его составе могут быть только углерод, водород и кислород. Запишем брутто-формулу как $C_xH_yO_z$ и реакцию горения:



Вычислим количества и массы углерода и водорода, входящие в состав **А**:

$$x = \nu_C = \frac{V_{CO_2}}{V_m} = \frac{7,168 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,32 \text{ моль}$$
$$\frac{y}{2} = \nu_H = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} = \frac{2,88}{18} = 0,16 \text{ моль}; y = 0,32 \text{ моль}$$

Проверим, входит ли в состав **А** кислород:

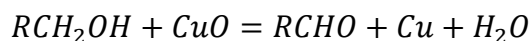
$$m_A - (m_C + m_H) = 6,08 - (0,32 \cdot 12 + 0,32 \cdot 1) = 6,08 - 4,16 = 1,92 \text{ г O}$$
$$\nu_O = \frac{1,92}{16} = 0,12$$

Приведем отношение молей к простым целым числам:

$$x : y : z = 0,32 : 0,32 : 0,12 = 0,8 : 0,8 : 0,3 = 8 : 8 : 3 \quad \text{1,5 балла}$$

Получаем брутто-формулу $C_8H_8O_3$. 0,5 балла

Реакция с оксидом меди – характерная реакция для спиртов, поэтому **Б** – это некий спирт. Установим его формулу. Для этого запишем реакцию с оксидом меди:



Очевидно, что потеря массы спирта в этой реакции приходится на два атома водорода.

Тогда можно найти молярную массу спирта:

$$M_{\text{спирт}} = \frac{2M_H}{6,25\%} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 100}{6,25} = 32 \quad \text{1 балл}$$

Спирт **Б** – метанол CH_3OH 0,5 балла

Тогда **В** – это формальдегид $HCHO$. 0,5 балла

Поскольку вещество **В** при нагревании отщепляет углекислый газ (который вызывает помутнение известковой воды), **В** – это некая карбоновая кислота. Продуктом ее

декарбоксилирования является фенол, который дает фиолетовое окрашивание с FeCl_3 . Сама кислота также вступает в эту реакцию, таким образом, В – это один из изомеров гидроксибензойной кислоты $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})(\text{COOH})$. **0,5 балла**

Чтобы установить, какой это изомер, обратимся к реакции 4 и найдем, в каком мольном отношении она вступает в реакцию с гидроксидом кальция.

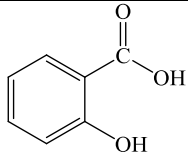
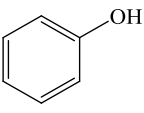
$$v_{\text{кислоты}} = \frac{m_{\text{кислоты}}}{M_{\text{кислоты}}} = \frac{3,45}{(7 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 3 \cdot 16)} = \frac{3,45}{138} = 0,025 \text{ моль}$$

$$v_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{m_{\text{Ca(OH)}_2}}{M_{\text{Ca(OH)}_2}} = \frac{1,85}{(40 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 16)} = \frac{1,85}{74} = 0,025 \text{ моль}$$

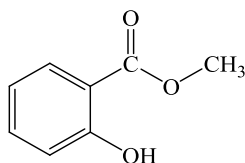
1 балл

Только о-гидроксибензойная (салициловая) кислота способна реагировать с гидроксидом кальция в мольном отношении 1:1 в за счет одновременного участия карбоксильной и гидроксильной группы. **0,5 балла**

Таким образом,

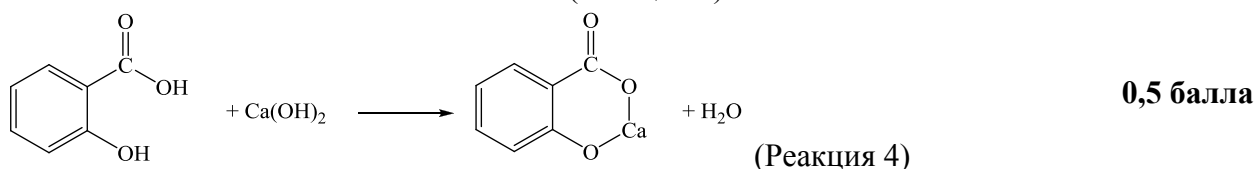
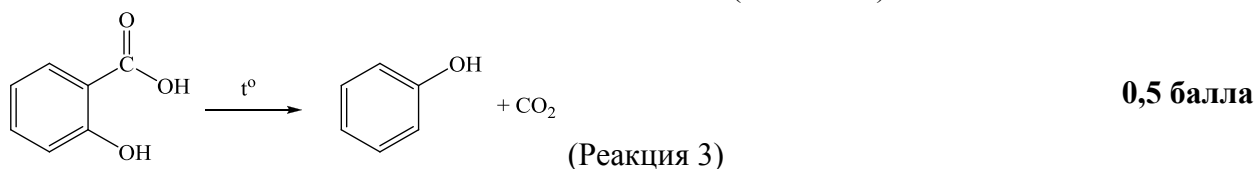
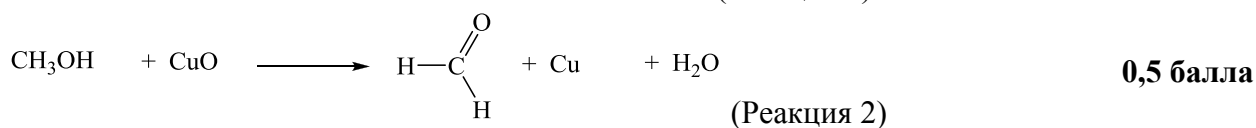
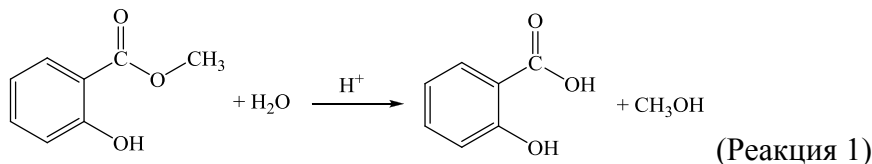
	
В (0,5 балла)	Д (0,5 балла)

Так как Б и В образуются при кислотном гидролизе А, можно сделать вывод, что А – это сложный эфир метанола и салициловой кислоты, метилсалицилат:



1 балл

Его брутто-формула $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$ совпадает с рассчитанной.



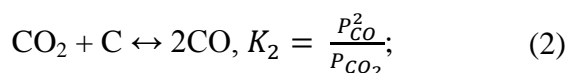
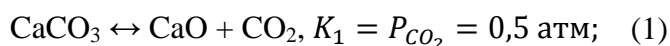
Итого: 10 баллов

Задача 11-4 (10 баллов)

В вакуумированный сосуд объёмом 1 л поместили смесь 1 г карбоната кальция и 1 г графита и нагрели до 727 °С. После установления равновесия давление в сосуде оказалось равным 0,8 атм.

1. Вычислите парциальные давления компонентов в равновесной газовой смеси.
2. Рассчитайте константу равновесия реакции образования монооксида углерода из диоксида, если константа равновесия реакции разложения карбоната кальция равна 0,5 атм.
3. Определите массу непрореагировавшей смеси.
4. Рассчитайте состав (в массовых процентах) твёрдого остатка в сосуде после установления равновесия.

1. Запишем уравнения протекающих в сосуде реакций и вычислим константы равновесия, выраженные через парциальные давления. Учтем, что твердые вещества не вносят вклада в значение константы. Тогда



2 балла

Зная парциальное давление CO_2 , найдем парциальное давление CO :

$$P_{\text{CO}} = P_{\text{общ}} - P_{\text{CO}_2} = 0,8 - 0,5 = 0,3 \text{ атм.}$$

1 балл

2. Вычислим константу равновесия реакции образования монооксида углерода:

$$K_2 = \frac{(0,3)^2}{0,5} = 0,18.$$

1 балл

3. Найдем количества газов по уравнению Менделеева-Клайперона:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{PV}{RT} = \frac{0,5 \text{ атм} \cdot 1 \text{ л}}{0,08205 \frac{\text{л} \cdot \text{атм}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 1000 \text{ К}} = 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ моль},$$

$$n(\text{CO}) = \frac{0,3 \text{ атм} \cdot 1 \text{ л}}{0,08205 \frac{\text{л} \cdot \text{атм}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 1000 \text{ К}} = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ моль}.$$

2 балла

Из уравнения реакции (1) следует, что

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaO}) = n(\text{CaCO}_3) = 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

а из уравнения реакции (2)

1 балл

$$n(\text{C}) = \frac{n(\text{CO})}{2} = 1,83 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Масса прореагировавшего CaCO_3 :

$$m = M \cdot \nu = 100 \cdot 6,1 \cdot 10^{-3} = 0,610 \text{ г}$$

Осталось $1,000 - 0,610 = 0,390 \text{ г CaCO}_3$.

2 балла

Масса образовавшегося CaO :

$$m = 56 \cdot 6,1 \cdot 10^{-3} = 0,342 \text{ г}$$

Прореагировало угля:

$$m = 12 \cdot 1,83 \cdot 10^{-3} = 0,022 \text{ г}$$

Осталось $1,000 - 0,022 = 0,978 \text{ г С}$.

Общая масса остатка $0,390 + 0,342 + 0,978 = 1,710 \text{ г}$.

4. Найдем массовые доли:

$$\omega_{CaCO_3} = \frac{0,390}{1,710} \cdot 100\% = 23\%$$

$$\omega_{CaO} = \frac{0,342}{1,710} \cdot 100\% = 20\%$$

$$\omega_C = \frac{0,978}{1,710} \cdot 100\% = 57\%$$

1 балл

$CaCO_3 - 23\%$; $CaO - 20\%$ и $C - 57\%$.

Итого: 10 баллов

Задача 11-5 (10 баллов)

Обычное стекло получают методом сплавления силикатов натрия и кальция с песком, при этом сами силикаты получают из соды и известняка сплавлением с тем же песком. Такое стекло содержит 13% оксида натрия, 11,7% оксида кальция и 75,3 % оксида кремния. Установить формулу стекла, записав ее в виде $x\text{Na}_2\text{O} \cdot y\text{CaO} \cdot z\text{SiO}_2$. Определить, сколько потребуется соды и известняка для получения 100 г стекла. Написать уравнения реакций.

Найдем массы оксидов, которые входят в состав стекла:

$$\begin{aligned}m_{\text{Na}_2\text{O}} &= 100 \cdot 0,13 = 13 \text{ г} \\m_{\text{CaO}} &= 100 \cdot 0,117 = 11,7 \text{ г} \\m_{\text{SiO}_2} &= 100 \cdot 0,753 = 75,3 \text{ г}\end{aligned}$$

1 балл

Найдем количества оксидов через их молярную массу: $\nu = \frac{m}{M}$

$$\begin{aligned}\nu_{\text{Na}_2\text{O}} &= \frac{13}{62} = 0,2 \text{ моль} \\ \nu_{\text{CaO}} &= \frac{11,7}{56} = 0,2 \text{ моль} \\ \nu_{\text{SiO}_2} &= \frac{75,3}{60} = 1,2 \text{ моль}\end{aligned}$$

1 балл

Найдем отношения количеств веществ каждого из оксидов:

$$\nu_{\text{Na}_2\text{O}} : \nu_{\text{CaO}} : \nu_{\text{SiO}_2} = 0,2 : 0,2 : 1,2 = 1 : 1 : 6$$

Значит, формула стекла $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ **2 балла**

Для получения силикатов натрия и кальция сплавляют соду и известняк с песком:



Для получения стекла силикаты сплавляют с песком:



Найдем количество вещества стекла известной массы по формуле $\nu = \frac{m}{M}$

$$\nu = \frac{100 \text{ г}}{478 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

0,5 балла

Зная количество вещества стекла, по уравнениям реакций находим количества веществ силикатов и соды с известью:

$$\nu_{\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2} = \nu_{\text{CaSiO}_3} = \nu_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} = \nu_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \nu_{\text{CaCO}_3} = 0,2 \text{ моль}$$

0,5 балла

Тогда находим массу известняка и соды по формуле $m = \nu \cdot M$:

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,2 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 21,2 \text{ г}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} = 0,2 \text{ моль} \cdot 100 \text{ г/моль} = 20 \text{ г}$$

1 балл

Итого: 10 баллов