

Решения задач и система оценивания

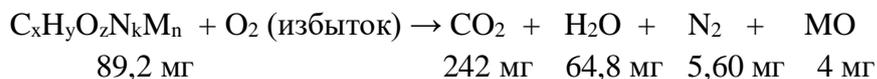
11 класс

Максимальное количество баллов - 37

Задача № 1

Напитки газифицируют углекислым газом, сами напитки большей частью состоят из воды, самый распространенный газ в атмосфере – азот, а формула оксида MO.

Составим схему горения хлорофилла, зная состав продуктов горения:



Определим количества элементов в образце хлорофилла:

$$n(C) = n(CO_2) = 242 \text{ мг} / 44 \text{ г/моль} = 5,5 \text{ ммоль}$$

$$n(H) = 2 n(H_2O) = 2 \cdot (64,8 \text{ мг} / 18 \text{ г/моль}) = 7,2 \text{ ммоль}$$

$$n(N) = 2 n(N_2) = 2 \cdot (5,6 \text{ мг} / 28 \text{ г/моль}) = 0,4 \text{ ммоль}$$

Определим природу металла – в оксиде MO на долю металла приходится $4 \cdot 0,6 = 2,4$ мг, на долю кислорода $4 - 2,4 = 1,6$ мг, причем согласно формуле $n(M) = n(O)$ и $2,4 / M = 1,6 / 16$, тогда $M = 24$ г/моль – это магний и $n(Mg) = 0,1$ ммоль.

Содержание кислорода в образце на основе уравнения материального баланса:

$$n(O) = [89,2 - (12 \cdot 5,5 + 1 \cdot 7,2 + 14 \cdot 0,4 + 24 \cdot 0,1)] / 16 = 0,5 \text{ ммоль.}$$

Найдем индексы в истинной формуле, зная., что молекула хлорофилла содержит один атом магния:

$$x : y : z : k : n = 5,5 : 7,2 : 0,5 : 0,4 : 0,1 = 55 : 72 : 5 : 4 : 1$$

и брутто-формула хлорофилла $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$.

Реакция горения хлорофилла



В переводе с греческого языка : хлорофилл – зеленый лист.

Система оценивания: определение природы продуктов горения – 2 балла; расчет количеств элементов в образце $5 \times 0,5 = 2,5$ балла; расчет индексов и обоснование истинности формулы – 0,5 балла; реакция горения – 1 балл. **(6 баллов)**

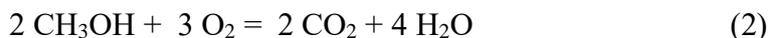
Задача № 2

Сточная вода содержит только два углеродсодержащих компонента – формальдегид HCHO и метаном CH₃OH.

Пусть один литр сточной воды содержит x моль формальдегида и y моль метанола. тогда содержание углерода в них будет

$$x + y = 360 \text{ мг} / 12 \text{ г/моль} = 30 \text{ ммоль.}$$

Полное окисление кислородом:



$$\text{и } n(O_2 / \text{общ}) = n(O_2 / \text{I}) + n(O_2 / \text{II}) = x + (y/2) \cdot 3 = 896 \text{ мл} / 22,4 \text{ л/моль} = 40 \text{ ммоль}$$

Решаем систему уравнений: $x + y = 30$

$$x + 1,5y = 40, \text{ откуда } x = 10 \text{ ммоль и } y = 20 \text{ ммоль.}$$

Таким образом, в сточной воде молярные концентрации $c(\text{HCHO}) = 0,01$ моль/л и $c(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,02$ моль/л

Система оценивания: уравнения реакций $1 \times 2 = 2$ балла, составление системы уравнений и ее решение – 3 балла. **(5 баллов)**

Задача № 3

Смесь состоит из двух альдегидов $\text{R}_1\text{—CHO}$ и $\text{R}_2\text{—CHO}$, где R_1 и R_2 – искомые радикалы.

Если R_1 и $\text{R}_2 \neq \text{H}$, то при обработке смеси **избытком** водно-аммиачного раствора оксида серебра образуются аммонийные соли карбоновых кислот, которые не дают газообразных продуктов при добавлении к полученной смеси раствора кислоты. Это происходит, если один из альдегидов является формальдегидом



(разрешается упрощенная запись этих уравнений)

При добавлении к раствору продуктов реакций (1) и (2) разбавленного раствора серной кислоты идет реакция $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (3)

Согласно уравнениям (1) и (3)

$$n(\text{HCHO}) = n(\text{CO}_2) = 672 \text{ мл} / 22,4 \text{ л/моль} = 30 \text{ ммоль} = 0,03 \text{ моль.}$$

Составим баланс по массе осадка серебра

$$n(\text{Ag} / \text{общ}) = n(\text{Ag} / \text{I}) + n(\text{Ag} / \text{II}) = 4 \cdot 0,03 + 2n(\text{R}_2\text{—CHO}) = 17,28 \text{ г} / 108 \text{ г/моль} = 0,16 \text{ моль, откуда } n(\text{R}_2\text{—CHO}) = 0,02 \text{ моль.}$$

Рассчитаем молярную массу неизвестного альдегида:

$$0,03 \text{ моль} \cdot 30 \text{ г/моль} + 0,02 \text{ моль} \cdot M(\text{R}_2\text{—CHO}) \text{ г/моль} = 2,34 \text{ г}, \text{ откуда } M(\text{R}_2\text{—CHO}) = 72 \text{ г/моль и } M(\text{R}_2) = 72 - 29 = 43 \text{ г/моль. Это молярная масса радикала } \text{C}_3\text{H}_7\text{—.}$$

Таким образом, в состав смеси входят формальдегид (метаналь) HCHO и бутаналь $\text{C}_3\text{H}_7\text{—CHO}$.

Система оценивания: обоснование присутствия формальдегида – 2 балла; химические реакции $3 \times 1 = 3$ балла; расчет количеств альдегидов в смеси – 2 балла; расчет молярной массы и определение природы радикала – 2 балла. **(9 баллов)**

Задача № 4

При прокаливании смеси хлорида натрия, гидрокарбоната натрия и карбоната аммония протекают реакции:



Таким образом, сухой остаток включает в себя исходный хлорид натрия NaCl и образовавшийся карбонат натрия Na_2CO_3 .

При обработке сухого остатка избытком соляной кислоты идет реакция:



при этом выделилось $n(\text{CO}_2) = 1,12 / 22,4 = 0,05$ моль углекислого газа, прореагировало 0,05 моль карбоната натрия и образовалось дополнительно 0,1 моль хлорида натрия.

Легко находим массу хлорида натрия в исходной смеси

$$m(\text{NaCl}/\text{исх}) = m(\text{сух.остаток}) - m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 11,15 - 0,05 \cdot 106 = 5,85 \text{ г.}$$

Согласно (1) в исходной смеси было

$$n(\text{NaHCO}_3) = 2 n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ моль или } 0,1 \cdot 84 = 8,4 \text{ г.}$$

Итак, в исходной смеси $m((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 18,2 - 5,85 - 8,4 = 3,95 \text{ г.}$

Конечным продуктом после упаривания раствора является хлорид натрия и его суммарная масса равна:

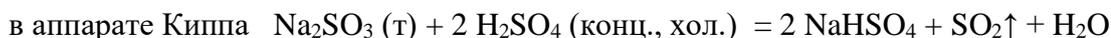
$$m(\text{NaCl} / \text{общ}) = m(\text{NaCl} / \text{исх}) + m(\text{NaCl} / \text{доп}) = 5,85 + 0,1 \cdot 58,5 = 11,7 \text{ г.}$$

Массовые доли солей в исходной смеси: $\omega(\text{NaCl}) = 32,1 \%$, $\omega(\text{NaHCO}_3) = 46,2 \%$ и $\omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 21,7 \%$.

Система оценивания: уравнения реакций – 1х3 = 3 балла; состав сухого остатка – 1 балл; расчет массы и массовой доли компонентов в исходной смеси – 1х3 = 3 балла; расчет суммарной массы хлорида натрия – 1 балл. **(8 баллов)**

Задача № 5

1 Сернистый газ можно получить разными способами, например,:



Сернистый газ тяжелее воздуха, поэтому его собирают в цилиндре методом вытеснения воздуха снизу вверх.

2 В опыте были использованы растворы следующих веществ:

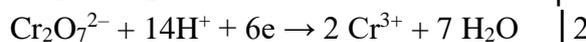
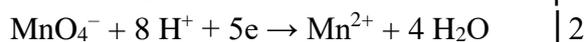
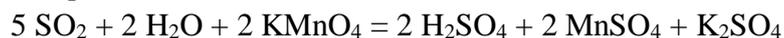
«марганцовка» – перманганат калия KMnO_4 , соль;

«хромпик» – дихромат (бихромат) калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, соль.

3 Раствор марганцовки фиолетовый, а хромпика – оранжевый.

4 Видимые признаки реакций – фиолетовый раствор обесцветится, а оранжевый раствор меняет окраску на зеленую.

5 Уравнения реакций:



Обе реакции окислительно–восстановительные, где сернистый газ играет роль восстановителя, а перманганат калия и бихромат калия – окислителей соответственно. Характер среды (кислый) влияет на состав продуктов реакций.

Система оценивания: получение сернистого газа и его сбор – 2 балла; название, формулы и класс окислителей – 1 балл; цвет растворов и видимые признаки реакций – 2 балла; уравнения окислительно-восстановительных реакций – $1,5 \times 2 = 3$ балла; роль реагентов и среды – 1 балл. **(9 баллов)**