

9 класс
№ 1
1 вариант

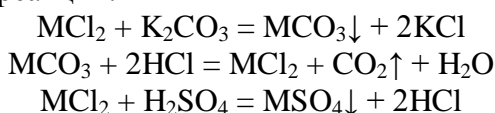
1) Определение формулы хлорида.

Металл двухвалентный – хлорид - MCl_2 , сульфат – MSO_4 . Обозначим атомную массу металла через X . Тогда молярная масса хлорида = $X + 71$, а сульфата = $X + 96$. Число моль хлорида и сульфата одинаково. На этом основании составляем уравнение:

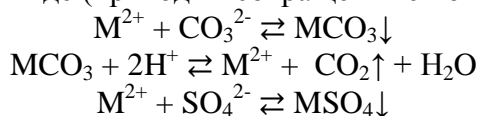
$$0,792/(X+71) = 0,917/(X+96), \text{ откуда } X = 87,4 \text{ г/моль.}$$

Обращаясь к Периодической системе, делаем заключение, что металл – стронций. Искомый хлорид – $SrCl_2$.

2) Уравнения протекающих реакций:



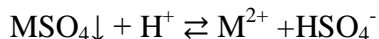
Уравнения реакций в ионном виде (приводим сокращенные ионные уравнения):



3) Промывание осадка водой необходимо для того, чтобы отмыть от него серную кислоту, так как в избытке серной кислоты возможно образование растворимой кислой соли по реакции, что вносит погрешность в определение массы сульфата стронция:



в ионном виде:



II вариант

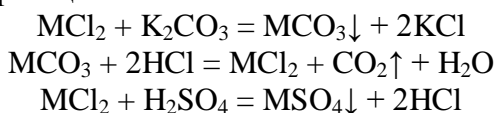
1) Определение формулы хлорида.

Металл двухвалентный – хлорид - MCl_2 , сульфат – MSO_4 . Обозначим атомную массу металла через X . Тогда молярная масса хлорида = $X + 71$, а сульфата = $X + 96$. Число моль хлорида и сульфата одинаково. На этом основании составляем уравнение:

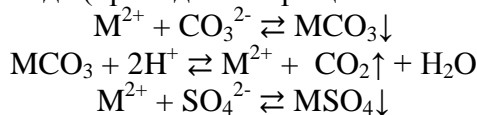
$$0,317/(X+71) = 0,367/(X+96), \text{ откуда } X = 87,4 \text{ г/моль.}$$

Обращаясь к Периодической системе, делаем заключение, что металл – стронций. Искомый хлорид – $SrCl_2$.

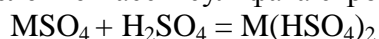
2) Уравнения протекающих реакций:



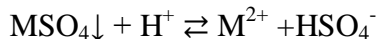
Уравнения реакций в ионном виде (приводим сокращенные ионные уравнения):



3) Промывание осадка водой необходимо для того, чтобы отмыть от него серную кислоту, т.к. в избытке серной кислоты возможно образование растворимой кислой соли по реакции, что вносит погрешность в определение массы сульфата стронция:



в ионном виде:



Рекомендации к оцениванию:

- | | | |
|----|---|-----------|
| 1. | За установление хлорида металла | 1 балл |
| 2. | Расчет | 1 балл |
| 3. | Уравнения реакций 3 уравнения по 0,5 балла (отсутствие ионного уравнения снижает по 0,25 балла за каждую реакцию) | 1,5 балла |
| 4. | Обоснование промывания водой (без реакции) | 0,5 балла |
| 5. | С уравнением в молекулярной и ионной форме | 1 балла |

ИТОГО: 5 баллов

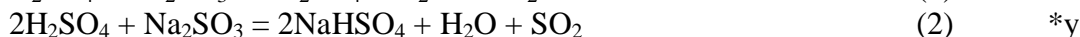
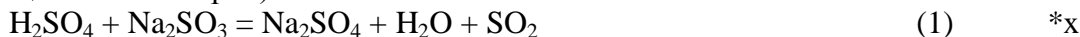
I вариант

Количество вещества серной кислоты можно вычислить как:

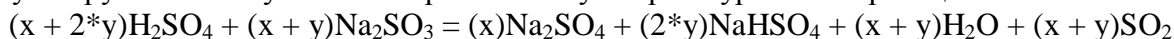
$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = V \cdot \rho \cdot (\omega\%/100\%) / M(\text{H}_2\text{SO}_4): v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.185 \text{ моль};$$

Количество вещества соли слабой кислоты $v(\text{соль сл. к-ты}) = N(e)/(N_{\text{Av}} \cdot Z)$, где Z – число электронов в формульной единице соли ($Z(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 11 \cdot 2 + 16 \cdot 1 + 8 \cdot 3 = 62$; число электронов в атоме элемента совпадает с атомным номером элемента в Периодической системе): $v(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0.1540$ моль.

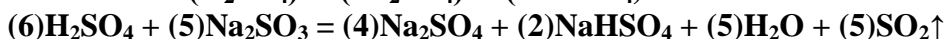
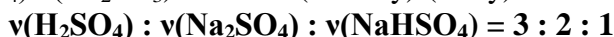
Отношение количества вещества серной кислоты к количеству вещества соли слабой кислоты равно $v(\text{H}_2\text{SO}_4)/v(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 1.20$, следовательно полученная жидкая смесь состоит из трех веществ: воды, средней и кислой солей серной кислоты (сульфата и гидросульфата щелочного натрия).



Умножим все коэффициенты первой реакции на x , а коэффициенты второй реакции – на y , и просуммируем оба полученных выражения. Суммарное уравнение реакции:



$$v(\text{H}_2\text{SO}_4)/v(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 1.20 = (x + 2*y)/(x + y) \Rightarrow x = 4, y = 1$$



Масса полученной жидкой смеси равна: (масса исходного раствора серной кислоты) + (масса добавленной соли слабой кислоты) – (масса выделившегося газа). В соответствии с уравнением реакции:

$$v(\text{газа}) = v(\text{соли слабой к-ты}).$$

$$m(\text{полученная жидк. смесь}) = V \cdot \rho + v(\text{соли сл. к-ты}) \cdot \{M(\text{соли сл. к-ты}) - M(\text{газ})\}$$

Концентрацию солей серной кислоты в полученной жидкой смеси находим по формуле:

$$\omega\%(\text{соль}) = 100\% \cdot v(\text{соль}) \cdot M(\text{соль}) / m(\text{полученная жидк. смесь}).$$

Концентрация воды в полученной жидкой смеси равна:

$$\omega\%(\text{H}_2\text{O}) = 100\% - \omega\%(\text{средняя соль}) - \omega\%(\text{кислая соль}).$$

$$m(\text{полученная жидк. смесь}) = V \cdot \rho + v(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot \{M(\text{Na}_2\text{SO}_3) - M(\text{SO}_2)\} = 190.8 \text{ г}$$

$$v(\text{Na}_2\text{SO}_4) = (2/3) \cdot v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1233 \text{ моль}$$

$$v(\text{NaHSO}_4) = (1/3) \cdot v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.06167 \text{ моль}$$

$$\omega\%(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 100\% \cdot v(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_4) / m(\text{полученная жидк. смесь}) = 9.2 \%$$

$$\omega\%(\text{NaHSO}_4) = 100\% \cdot v(\text{NaHSO}_4) \cdot M(\text{NaHSO}_4) / m(\text{полученная жидк. смесь}) = 3.88 \%$$

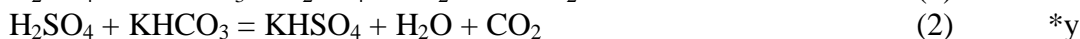
$$\omega\%(\text{H}_2\text{O}) = 100\% - \omega\%(\text{K}_2\text{SO}_4) - \omega\%(\text{KHSO}_4) = 86.9 \%$$

II вариант

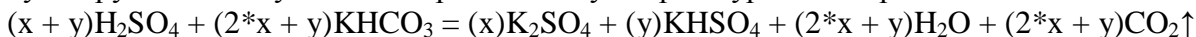
Количество вещества серной кислоты можно вычислить как:

$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = V \cdot \rho \cdot (\omega\%/100\%) / M(\text{H}_2\text{SO}_4): v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.253 \text{ моль}.$$

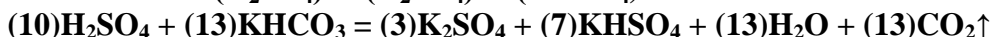
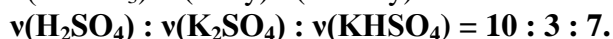
Количество вещества соли слабой кислоты $v(\text{соль сл. к-ты}) = N(e)/(N_{\text{Av}} \cdot Z)$, где Z – число электронов в формульной единице соли, $Z(\text{KHCO}_3) = 19 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 6 \cdot 1 + 8 \cdot 3 = 50$; число электронов в атоме элемента совпадает с атомным номером элемента в Периодической системе): $v(\text{KHCO}_3) = 0.329$ моль. Отношение количества вещества серной кислоты к количеству вещества соли слабой кислоты равно: $v(\text{H}_2\text{SO}_4):v(\text{KHCO}_3) = 1:1.30$, следовательно полученная жидкая смесь состоит из трех веществ: воды, средней и кислой солей серной кислоты (сульфата и гидросульфата щелочного металла).



Умножим все коэффициенты первой реакции на x , а коэффициенты второй реакции – на y и просуммируем оба полученных выражения. Суммарное уравнение реакции:



$$v(\text{H}_2\text{SO}_4):v(\text{KHCO}_3) = (x + y) : (2*x + y) = 1:1.30 \Rightarrow x = 3, y = 7;$$



Масса полученной жидкой смеси равна массе исходного раствора серной кислоты + масса добавленной соли слабой кислоты – масса выделившегося газа. В соответствии с уравнением реакции: $v(\text{газ}) = v(\text{соли слабой к-ты})$.

$$m(\text{полученная жидк. смесь}) = V \cdot \rho + v(\text{соли сл. к-ты}) \cdot \{M(\text{соли сл. к-ты}) - M(\text{газ})\}$$

Концентрацию солей серной кислоты в полученной жидкой смеси находим по формуле:

$$\omega\%(\text{соль}) = 100\% \cdot v(\text{соль}) \cdot M(\text{соль}) / m(\text{полученная жидк. смесь}).$$

Концентрация воды в полученной жидкой смеси равна:

$$\omega\%(\text{H}_2\text{O}) = 100\% - \omega\%(\text{средняя соль}) - \omega\%(\text{кислая соль}).$$

$$m(\text{полученная жидк. смесь}) = V \cdot \rho + v(\text{KHCO}_3) \cdot \{M(\text{KHCO}_3) - M(\text{CO}_2)\} = 183.7 \text{ г}$$

$$v(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0.3 \cdot v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.0758 \text{ моль}$$

$$v(\text{KHSO}_4) = 0.7 \cdot v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.177 \text{ моль}$$

$$\omega\%(\text{K}_2\text{SO}_4) = 100\% \cdot v(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{K}_2\text{SO}_4) / m(\text{полученная жидк. смесь}) = 7.2 \%$$

$$\omega\%(\text{KHSO}_4) = 100\% \cdot v(\text{KHSO}_4) \cdot M(\text{KHSO}_4) / m(\text{полученная жидк. смесь}) = 13.1 \%$$

$$\omega\%(\text{H}_2\text{O}) = 100\% - \omega\%(\text{K}_2\text{SO}_4) - \omega\%(\text{KHSO}_4) = 79.7 \%$$

Рекомендации к оцениванию:

1.	Найдено количество вещества серной кислоты	0.5 балла
2.	Найдено количество вещества соли слабой кислоты	1 балл
3.	Вывод о качественном составе раствора: вода + сульфат + гидросульфат	1.5 балла
4.	Приведены два уравнения химических реакций взаимодействия кислоты с солью слабой кислоты с образованием средней соли, кислой соли	1 балл
5.	Правильно вычислена концентрация солей в смеси (если забыли учесть в расчетах улетающий газ, то за расчет концентрации соли ничего не давать)	1 балл
ИТОГО:		5 баллов

№ 3

I вариант

Рассчитаем молярную массу смеси:

$$M_{\text{смеси}} = 2 * 20 = 40 \text{ г/моль}$$

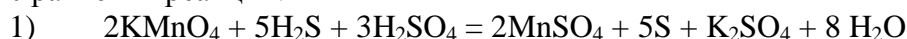
Очевидно, что углекислый газ не будет реагировать с раствором перманганата калия в кислой среде, поэтому увеличение массы склянки происходит за счет газа X, то есть $m(X) = 6.8 \text{ г}$, откуда $n(X) = 6.8 / M(X)$.

Во втором случае поглотился и углекислый газ, и газ X. Масса углекислого газа: $20 - 6.8 = 13.2 \text{ г}$ и $n(\text{CO}_2) = 13.2 / 44 = 0.3 \text{ моль}$. Общее количество вещества смеси газов будет равно: $20 / 40 = 0.5 \text{ моль}$. Соответственно, $n(X) = 0.5 - 0.3 = 0.2 \text{ моль}$

$$M(X) = 34 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Очевидно, что газом, обладающим кислотными свойствами и имеющим молярную массу $34 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, является H_2S .

Уравнения реакций:



II вариант

Рассчитаем молярную массу смеси:

$$M_{\text{смеси}} = 4 * 9.5 = 38.0 \text{ г/моль}$$

Очевидно, что углекислый газ не будет реагировать с раствором дихромата калия в кислой среде, поэтому увеличение массы склянки происходит за счет газа X, то есть $m(X) = 10.2$ г, откуда $n(X) = 10,2 / M(X)$.

Во втором случае поглотился и углекислый газ, и газ X. Масса углекислого газа $19.0 - 10.2 = 8.8$ г и $n(\text{CO}_2) = 8.8 / 44 = 0.2$ моль. Общее количество смеси газов будет равно $19.0 / 38.0 = 0.5$ моль. Соответственно, $n(X) = 0.5 - 0.2 = 0.3$ моль

$$M(X) = 34 \text{ г/моль}$$

Очевидно, что газом, обладающим кислотными свойствами и имеющим молярную массу 34 г/моль, является H_2S .

Уравнения реакций:

- 1) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{CO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{H}_2\text{S} + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

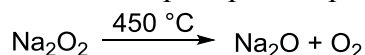
Рекомендации к оцениванию:

1.	Определение газа X	1 балл
2.	Подтверждение расчетом	1 балл
3.	Уравнения реакций по 1 баллу (по 0,5 балла если приведена только схема реакции)	3 балла
ИТОГО:		5 баллов

№ 4

I вариант

При пиролизе пероксида натрия в безвоздушной среде происходит образование оксида натрия и выделение кислорода, реакция диспропорционирования:



Для того, чтобы найти объем выделившегося кислорода при атмосферном давлении, необходимо найти его количество вещества. Для этого выразим из уравнения Менделеева-Клапейрона количество вещества:

$$n = \frac{pV}{RT}$$

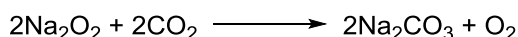
И подставим необходимые величины, после чего получим:

$$n = \frac{20 \cdot 101325 \cdot 0.002}{8.31 \cdot (450 + 273)} = 0.68 \text{ моль.}$$

Зная, что один моль любого газа при нормальных условиях занимает объем, равный 22.4 л, найдём объем, который занимает 0.68 моль кислорода при атмосферном давлении:

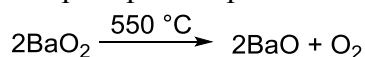
$$V = 0.68 \times 22.4 = 15.2 \text{ л}$$

При взаимодействии пероксида натрия с углекислым газом происходит выделение кислорода и образование карбоната натрия. Это свойство нашло применение в регенерации кислорода для дыхания человека в «безвоздушной» среде, например, на подводных лодках и в фильтрах некоторых противогазов:



II вариант

При пиролизе пероксида бария в безвоздушной среде происходит образование оксида бария и выделение кислорода, реакция диспропорционирования:



Для того, чтобы найти объем выделившегося кислорода при атмосферном давлении, необходимо найти его количество вещества. Для этого выразим из уравнения Менделеева-Клапейрона количество вещества:

$$n = \frac{pV}{RT}$$

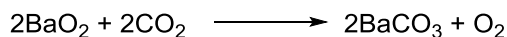
И подставим необходимые величины, после чего получим:

$$n = \frac{400 \cdot 101325 \cdot 0.003}{8.31 \cdot (550 + 273)} = 1.78 \text{ моль.}$$

Зная, что один моль любого газа при нормальных условиях занимает объем, равный 22.4 л, найдём объем, который занимает 1.78 моль кислорода при атмосферном давлении:

$$V = 1.78 \cdot 22.4 = 39.9 \text{ л}$$

При взаимодействии пероксида бария с углекислым газом происходит выделение кислорода и образование карбоната бария. Это свойство нашло применение в регенерации кислорода для дыхания человека в «безвоздушной» среде, например, на подводных лодках и в фильтрах некоторых противогазов:



Рекомендации к оцениванию:

1.	Проведён расчёт объема кислорода	2 балла
2.	Уравнения двух реакций по 1 баллу	2 балла
3.	Указано применение реакции с углекислым газом	1 балл
ИТОГО:		5 баллов