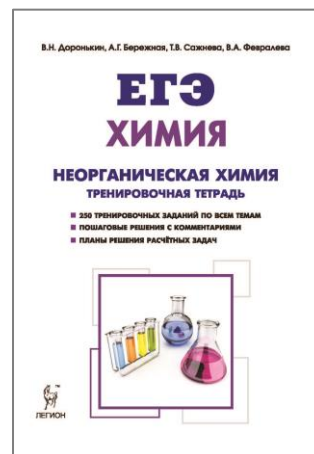
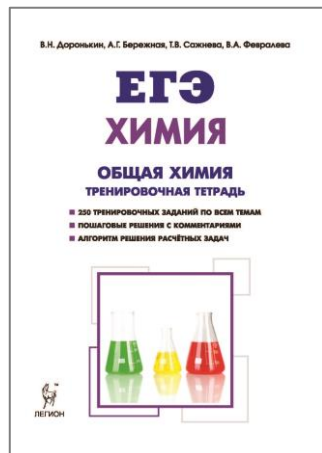


**Задачи на «материальный баланс»
(к вопросу 34 по спецификации 2018 г)
2-я часть**

Докладчик: Доронькин Владимир Николаевич



В.Н. Доронькин, А.Г. Бережнов, Т.В. Сажнева, В.А. Фераолева

ЕГЭ ХИМИЯ

БОЛЬШОЙ СПРАВОЧНИК

- ОБЩАЯ ХИМИЯ
- НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
- ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
- УПРАЖНЕНИЯ И ОТВЕТЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕГИОН



Пример 1. При прокаливании нитрата алюминия часть вещества разложилась и выделилось 6,72 л газа (н. у.). Твёрдый остаток массой 25,38 г растворили в минимально возможном количестве 20%-ного раствора гидроксида калия. Рассчитайте массовую долю нитрата калия в полученном растворе.

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин).

Дано:

$$V_{\text{газов}} = 6,72 \text{ л (н.у.)}$$

$$m_{\text{остаток}} = 25,38 \text{ г}$$

$$\omega(\text{KOH}) = 20\% = 0,2$$

$$\omega(\text{KNO}_3) - ?$$

Анализ и решение:

Основные формулы для расчёта:

$$n = m_{\text{в-ва}} / M_{\text{в-ва}}$$

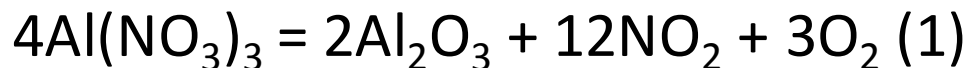
$$n_{\text{газ}} = V_{\text{газ}} / V_{\text{м}}$$

$$\omega = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}}$$

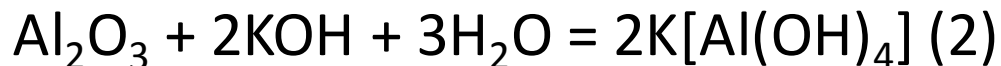
Пример 1. При прокаливании нитрата алюминия часть вещества разложилась и выделилось 6,72 л газа (н. у.). Твёрдый остаток массой 25,38 г растворили в минимально возможном количестве 20%-ного раствора гидроксида калия. Рассчитайте массовую долю нитрата калия в полученном растворе.

А) Проводим анализ условия.

1-й фрагмент. «При прокаливании нитрата алюминия часть вещества разложилась ...».



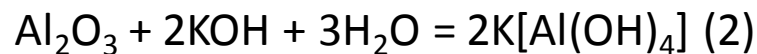
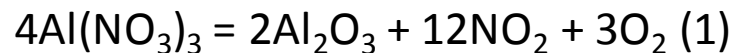
2-й фрагмент. «**Твёрдый остаток** массой 25,38 г **растворили в** минимально возможном количестве 20%-ного **раствора гидроксида калия**».



Пример 1. При прокаливании нитрата алюминия часть вещества разложилась и выделилось 6,72 л газа (н. у.). Твёрдый остаток массой 25,38 г растворили в минимально возможном количестве 20%-ного раствора гидроксида калия. Рассчитайте массовую долю нитрата калия в полученном растворе.

Б) Устанавливаем логические связи:

Главный вопрос –
найти **количество KNO_3** .



1) Количество KNO_3 связано с количеством $Al(NO_3)_3$
(оставшегося)

2) Масса непрореагировавшего $Al(NO_3)_3$ связана с массой образовавшегося Al_2O_3

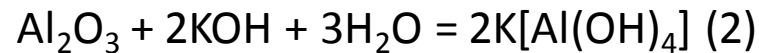
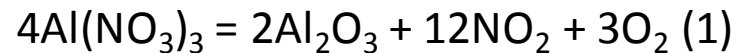
3) Количество образовавшегося Al_2O_3 связано с объёмом выделившихся газов

$$4) \quad \omega(KNO_3) = \frac{m(KNO_3)_2}{m_{p-ра}(KNO_3)} = \frac{m(KNO_3)_{по\ ур-ю}}{m(Al(NO_3)_3) + m(Al_2O_3) + m_{p-ра}(KOH)}$$

5) Количество KOH связано с количеством оставшегося $Al(NO_3)_3$ и образовавшегося Al_2O_3



Пример 1. При прокаливании нитрата алюминия часть вещества разложилась и выделилось 6,72 л газа (н. у.). Твёрдый остаток массой 25,38 г растворили в минимально возможном количестве 20%-ного раствора гидроксида калия. Рассчитайте массовую долю нитрата калия в полученном растворе.

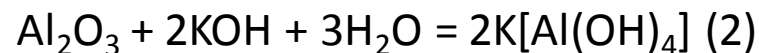
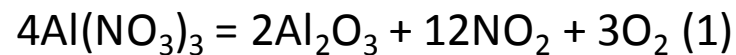


В) План решения задачи.

- 1) По количеству выделившихся газов найти количество образовавшегося Al_2O_3 .
- 2) По количеству образовавшегося Al_2O_3 найти количество оставшегося $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
- 3) По количеству оставшегося $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ найти количество KNO_3
- 4) По количеству оставшегося $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ найти количество KOH
- 5) По количеству образовавшегося Al_2O_3 найти количество KOH
- 6) Найти общее количество KOH и вычислить $\omega(\text{KNO}_3)$.



Пример 1. При прокаливании нитрата алюминия часть вещества разложилась и выделилось 6,72 л газа (н. у.). Твёрдый остаток массой 25,38 г растворили в минимально возможном количестве 20%-ного раствора гидроксида калия. Рассчитайте массовую долю нитрата калия в полученном растворе.



1) по уравнению (1):

$$V(\text{O}_2) = 3 \cdot 6,72/15 = 1,344 \text{ л}$$

$$n(\text{O}_2) = 1,344/22,4 = 0,06 \text{ моль}$$

2) по уравнению (1):

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2/3n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,06/3 = 0,04 \text{ моль}$$

$$M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 102 \text{ г/моль}; m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,04 \cdot 102 = 4,08 \text{ г}$$

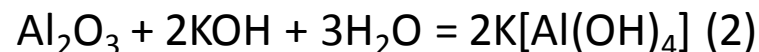
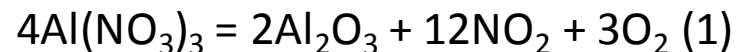
$$3) m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3)_{\text{осталось}} = 25,38 - 4,08 = 21,3 \text{ г}$$

$$M(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 213 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 21,3/213 = 0,1 \text{ моль}$$



Пример 1. При прокаливании нитрата алюминия часть вещества разложилась и выделилось 6,72 л газа (н. у.). Твёрдый остаток массой 25,38 г растворили в минимально возможном количестве 20%-ного раствора гидроксида калия. Рассчитайте массовую долю нитрата калия в полученном растворе.



4) по уравнению (3):

$$n(\text{KNO}_3) = 3n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ моль}$$

$$M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль}; m(\text{KNO}_3) = 0,3 \cdot 101 = 30,3 \text{ г}$$

5) по уравнению (2):

$$n(\text{KOH}) = 2n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ моль}$$

по уравнению (3):

$$n(\text{KOH}) = 4n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{KOH})_{\text{по ур-ям 2 и 3}} = 0,08 + 0,4 = 0,48 \text{ моль}$$

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}; m(\text{KOH}) = 0,48 \cdot 56 = 26,88 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = 26,88/0,2 = 134,4 \text{ г}$$

$$\begin{aligned} 6) m_{\text{р-ра}}(\text{KNO}_3) &= m(\text{твёрдого остатка}) + m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = \\ &= 25,38 + 134,4 = 159,78 \text{ г} \end{aligned}$$

$$7) \omega(\text{KNO}_3) = 30,3/159,78 \approx 0,1896, \text{ или } 18,96 \%$$



Пример 2. Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) массой 20 г растворили в воде и получили раствор с массовой долей соли 20 %. К этому раствору добавили 7,84 г железа и после завершения реакции ещё 200 г 11 %-ного раствора сульфида калия. Определите массовую долю сульфида калия в конечном растворе.

В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин).

Дано:

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 20 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CuSO}_4) = 20\% = 0,2$$

$$m(\text{Fe}) = 7,84 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{K}_2\text{S}) = 200 \text{ г}$$

$$\omega_1(\text{K}_2\text{S}) = 11\%$$

$$\omega_2(\text{K}_2\text{S}) - ?$$

Анализ и решение:

Основные формулы для расчёта:

$$n = m_{\text{в-ва}} / M_{\text{в-ва}}$$

$$\omega = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}}$$

Пример 2. Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) массой 20 г растворили в воде и получили раствор с массовой долей соли 20 %. К этому раствору добавили 7,84 г железа и после завершения реакции ещё 200 г 11 %-ного раствора сульфида калия. Определите массовую долю сульфида калия в конечном растворе.

А) Проводим анализ условия.

1-й фрагмент. «**Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)** массой 20 г растворили в воде и получили **раствор** с массовой долей **соли** 20 %.».



2-й фрагмент. «**К** этому **раствору** добавили 7,84 г **железа**».



3-й фрагмент. «К этому раствору добавили 7,84 г железа и **после завершения реакции** ещё 200 г 11 %-ного раствора **сульфида калия**».



и если CuSO_4 прореагировал не полностью, то



4-й фрагмент. «Определите **массовую долю сульфида калия** в конечном растворе».

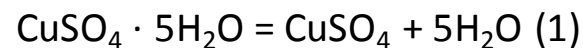
$$\omega_2(\text{K}_2\text{S}) = \frac{m_2(\text{K}_2\text{S})}{m_{\text{р-ра}}(\text{K}_2\text{S})}$$



Пример 2. Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) массой 20 г растворили в воде и получили раствор с массовой долей соли 20 %. К этому раствору добавили 7,84 г железа и после завершения реакции ещё 200 г 11 %-ного раствора сульфида калия. Определите массовую долю сульфида калия в конечном растворе.

Б) Устанавливаем логические связи:

Главный вопрос –
найти **количество K_2S (оставшегося)**.



1) Количество K_2S связано с количеством FeSO_4 и CuSO_4 (?)

2) Количество FeSO_4 связано с количеством Fe и CuSO_4

3) Количество Cu связано с количеством Fe и CuSO_4

4) Количество CuSO_4 связано с количеством $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

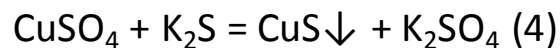
5)

$$\omega_2(\text{K}_2\text{S}) = \frac{m_2(\text{K}_2\text{S})}{m_{\text{р-ра}}(\text{K}_2\text{S})} = \frac{m(\text{K}_2\text{S})_{\text{осталось}}}{m(\text{CuSO}_4)_{\text{р-р}} + m(\text{K}_2\text{S})_{\text{р-р}} + m(\text{Fe})_{\text{прореаг.}} - m(\text{Cu}) - m(\text{FeS})}$$

6) $m_{\text{р-ра}}(\text{CuSO}_4)$ связана с количеством $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Пример 2. Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) массой 20 г растворили в воде и получили раствор с массовой долей соли 20 %. К этому раствору добавили 7,84 г железа и после завершения реакции ещё 200 г 11 %-ного раствора сульфида калия. Определите массовую долю сульфида калия в конечном растворе.

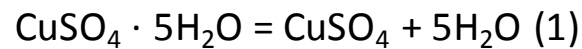
В) План решения задачи.



- 1) По количеству $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ найти количество CuSO_4 .
- 2) По количеству $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ найти $m_{\text{р-ра}}(\text{CuSO}_4)$
- 3) По количеству CuSO_4 и Fe найти количество Cu и FeSO_4
- 4) По количеству FeSO_4 найти количество прореагировавшего K_2S
- 5) По количеству FeSO_4 найти количество FeS
- 6) Вычислить $\omega_2(\text{K}_2\text{S})$.



Пример 2. Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) массой 20 г растворили в воде и получили раствор с массовой долей соли 20 %. К этому раствору добавили 7,84 г железа и после завершения реакции ещё 200 г 11 %-ного раствора сульфида калия. Определите массовую долю сульфида калия в конечном растворе.



1) Находим количество вещества CuSO_4 и массу полученного раствора сульфата меди(II):

а) $M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль};$

$$n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 20/250 = 0,08 \text{ моль}$$

б) По уравнению (1):

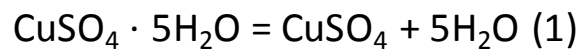
$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,08 \text{ моль}$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}; m(\text{CuSO}_4) = 0,08 \cdot 160 = 12,8 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{в-ва}}/\omega; m_{\text{р-ра}} = 12,8/0,2 = 64 \text{ г}$$



Пример 2. Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) массой 20 г растворили в воде и получили раствор с массовой долей соли 20 %. К этому раствору добавили 7,84 г железа и после завершения реакции ещё 200 г 11 %-ного раствора сульфида калия. Определите массовую долю сульфида калия в конечном растворе.



3) По уравнению (2):

а) $M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}$; $m(\text{Fe}) = 7,84/56 = 0,14 \text{ моль}$

б) имеется железа — 0,14 моль

прореагирует железа — 0,08 моль

останется железа — $(0,14 - 0,08) = 0,06 \text{ моль}$ (избыток),

по уравнению (4) реакция не протекает

$m(\text{Fe})_{\text{прореагир.}} = 0,08 \cdot 56 = 4,48 \text{ г}$

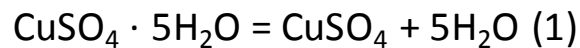
в) $n(\text{FeSO}_4) = n(\text{CuSO}_4) = 0,08 \text{ моль}$

г) $n(\text{Cu}) = n(\text{CuSO}_4) = 0,08 \text{ моль}$

$m(\text{Cu}) = 0,08 \cdot 64 = 5,12 \text{ г}$



Пример 2. Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) массой 20 г растворили в воде и получили раствор с массовой долей соли 20 %. К этому раствору добавили 7,84 г железа и после завершения реакции ещё 200 г 11 %-ного раствора сульфида калия. Определите массовую долю сульфида калия в конечном растворе.



4) По уравнению (3):

$$\text{а) } m(\text{K}_2\text{S})_{\text{чист.}} = 0,11 \cdot 200 = 22 \text{ г}$$

$$M(\text{K}_2\text{S}) = 110 \text{ г/моль}; n(\text{K}=\text{S}) = 22/110 = 0,2 \text{ моль}$$

б) имеется $\text{K}_2\text{S} = 0,2$ моль

прореагирует $\text{K}_2\text{S} = 0,08$ моль

останется $\text{K}_2\text{S} = 0,2 - 0,08 = 0,12$ моль

$$m(\text{K}_2\text{S})_{\text{избыток}} = 0,12 \cdot 110 = 13,2 \text{ г}$$

в) $n(\text{FeS}) = n(\text{FeSO}_4) = 0,08$ моль

$$M(\text{FeS}) = 88 \text{ г/моль}; m(\text{FeS}) = 0,08 \cdot 88 = 7,04$$

5) Вычисляем массовую долю K_2S в полученном растворе:

$$\text{а) } m_{\text{р-ра}} = m_{\text{р-ра}}(\text{CuSO}_4) + m_{\text{р-ра}}(\text{K}_2\text{S}) + m(\text{Fe}) - m(\text{Cu}) - m(\text{FeS})$$

$$m_{\text{р-ра}} = 64 + 200 + 4,48 - 5,12 - 7,04 = 256,32 \text{ г}$$

$$\text{б) } \omega = m_{\text{в-ва}}/m_{\text{р-ра}} = 13,2/256,32 \approx 0,0515, \text{ или } 5,15 \%$$

