

Пермский край
2025-2026 учебный год
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
9 КЛАСС

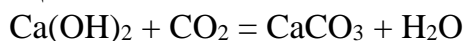
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Представлен один из возможных вариантов решения

Задача 1

Из всей смеси газов только сернистый газ способен вступить в реакцию с перманганатом калия. С гидроксидом кальция прореагируют углекислый газ и сернистый газ (если он не полностью прореагирует в первой банке). Следовательно, оставшийся газ – азот. Его объем будет равен: $V(N_2) = 8,04 - 1,12 - 4,032 = \mathbf{2,888 \text{ л.}}$

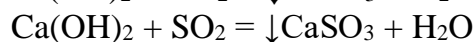
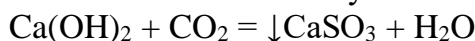
Если предположить, что весь SO_2 поглотится в первой реакции, то посчитаем количество осадка, которое образуется в конце.



$$n(CO_2) = 4,032/22,4 = 0,180 \text{ моль}$$

$$m(CaCO_3) = 0,180 \cdot 100 = 18 \text{ г (дано 20 г)}$$

Следовательно, SO_2 поглотился не полностью. Поэтому составим систему уравнений.



Пусть x – количество вещества SO_2 , оставшееся после первой реакции;

y – количество вещества CO_2 .

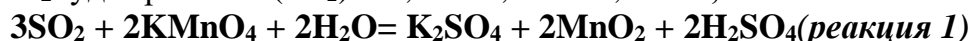
$$M(CaCO_3) = 100 \text{ г/моль}, M(CaSO_3) = 120 \text{ г/моль}$$

$$\begin{cases} 22,4(x + y) = 4,032 \\ 100x + 120y = 20 \end{cases}$$

Отсюда $x = 0,08 \text{ моль}$, $y = 0,1 \text{ моль}$.

Тогда $V(CO_2) = \mathbf{2,24 \text{ л}}$, $V'(SO_2) = 1,792 \text{ л}$.

Объем всего SO_2 будет равен: $V(SO_2) = 8,04 - 2,888 - 2,24 = \mathbf{2,912 \text{ л.}}$



Объем SO_2 , который прореагировал в первой реакции: $V(SO_2) = 1,12 \text{ л}$

$n(SO_2) = 0,05 \text{ моль}$, то $m(MnO_2) = 2/3 \cdot 0,05 \cdot 87 = \mathbf{2,9 \text{ г.}}$

Разбалловка

Расчет объема азота N_2	1 б.
Расчет объемов углекислого газа CO_2 и сернистого газа SO_2	$2 \times 2 = 4 \text{ б.}$
Написание уравнений реакции (1)–(3)	$1 \times 3 = 3 \text{ б.}$
Расчет массы оксида марганца MnO_2	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача 2

Из плотности по гелию X_2 найдем его молекулярную массу:

$$M(X_2) = 13 \cdot M(He) = 13 \cdot 4 = 52.$$

Отсюда $M(X) = M(X^-) = 52/2 = 26$.

Известно, что нитрильная группа CN имеет массу 26 и при гидролизе дает карбоксильный фрагмент $COOH$. Щавелевая кислота **A** имеет две непосредственно связанные карбоксильные

группы, т.е. может образоваться при гидролизе вещества, имеющего непосредственно связанные нитрильные группы – дициана X_2 . Тогда X^- - цианид-ион CN^- , Y^- - цианат OCN^- , Z^- - тиоцианат (роданид) SCN^- . Газ Z_2 – дитиоциан (диродан, родан).

2. Т.к. дициан – псевдогалоген, он реагирует со щелочью, при этом диспропорционируя на цианид CN^- (X^-) и цианат OCN^- (Y^-).

Реакции:

1. $(CN)_2 + 2OH^- \rightarrow CN^- + OCN^- + H_2O$
2. $(CN)_2 + 2O_2 \rightarrow 2CO_2 + N_2$
3. $3(SCN)_2 + 4H_2O \rightarrow HCN + 5HSCN + H_2SO_4$
4. $Fe(CN)_2 + 4KCN \rightarrow K_4[Fe(CN)_6]$
5. $K_4[Fe(CN)_6] + FeCl_3 \rightarrow KFe[Fe(CN)_6] \downarrow + 3KCl$
6. $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightarrow Fe(SCN)_3$
7. $NH_4OCN \rightarrow (NH_2)_2CO$; 8. $NH_4SCN \rightarrow (NH_2)_2CS$
9. $4KCN + 2CuSO_4 \rightarrow (CN)_2 + 2CuCN \downarrow + 2K_2SO_4$
10. $KCN + (NH_4)_2S_2 \rightarrow (NH_4)_2S + KSCN$
11. $KSCN + Fe \rightarrow FeS + KCN$
12. $2KCN + O_2 \rightarrow 2KOCN$
13. $KOCN + H_2 \rightarrow KCN + H_2O$
14. $KSCN + 4Cl_2 + 10KOH \rightarrow KOCN + K_2SO_4 + 8KCl + 5H_2O$
15. $(CN)_2 + 4H_2O + 2H^+ \rightarrow 2NH_4^+ + C_2H_2O_4$

3. Берлинская лазурь

Разбалловка

Правильные формулы X^- , Y^- , Z^- , X_2 , Z_2 , A	0,5 б. x 6 = 3 б.
Названия X^- , Y^- , Z^- , X_2 , Z_2 , A	0.25 б. x 6 = 1,5 б.
Уравнения реакций 1 - 15	0,3 x 15 = 4,5
Название такого типа соединений - псевдогалогены	0,5 б.
Тривиальное название «берлинская лазурь»	0,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача 3

В растворе находится три компонента: HNO_3 , H_3PO_4 и H_2O

Пусть x моль – количество вещества азотной кислоты

y моль – количество вещества фосфорной кислоты

z моль – количество вещества воды.

Общее количество вещества водорода:

$$n(H) = \frac{1,114 \cdot 10^{25}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 18,5 \text{ моль}$$

Общее количество вещества кислорода:

$$n(O) = \frac{6,673 \cdot 10^{24}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 11,08 \text{ моль}$$

Тогда получим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + 3y + 2z = 18,50 \\ 3x + 4y + z = 11,08 \\ 63x + 98y + 18z = 214 \end{cases}$$

Решая систему уравнений, получим: $x = 0,263$ моль, $y = 0,469$ моль, $z = 8,42$ моль.

$$m(HNO_3) = 63 \cdot 0,263 = 16,569 \text{ г}$$

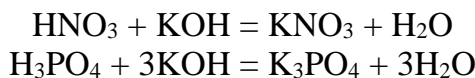
$$m(H_3PO_4) = 98 \cdot 0,469 = 45,962 \text{ г}$$

$$m(H_2O) = 18 \cdot 8,42 = 151,56 \text{ г}$$

$$m(p-pa) = 214,091 \text{ г}$$

$$\omega(HNO_3) = \frac{16,569}{214,091} = 7,7 \%$$

$$\omega(H_3PO_4) = \frac{45,962}{214,091} = 21,5 \%$$



$$n(KOH) = 0,263 + 3 \cdot 0,469 = 1,67 \text{ моль}; m(KOH) = 1,67 \cdot 56 = 93,52 \text{ г}$$

$$m(p-pa) = 93,52 / 0,265 = 352,9 \text{ г}$$

$$n(KNO_3) = 0,263 \text{ моль}, m = 101 \cdot 0,263 = 26,563 \text{ г}$$

$$n(K_3PO_4) = 0,469 \text{ моль}, m = 212 \cdot 0,463 = 99,428 \text{ г}$$

$$\omega(KNO_3) = \frac{26,563}{214,09 + 352,9} = 4,7 \%$$

$$\omega(K_3PO_4) = \frac{99,428}{214,09 + 352,9} = 17,5 \%$$

Разбалловка

Составление и решение системы уравнений	2 б.
Определение массовых долей кислот в растворе	2 x 2 б. = 4 б.
Расчет массы гидроксида калия	2 б.
Расчет массовых долей солей калия	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача 4

Найдем массу воды, в которой происходит растворение соли
 На 100 г воды разница между 60°C и 30°C равна: 22,3 – 9,6 = 12,7 г;
 На x г воды разница составляет: 30,97 – 21,24 = 9,73 г.

$$x = \frac{9,73 \cdot 100}{12,7} = 76,61 \text{ г} = m(H_2O)$$

Найдем массу бромата калия при температуре 30°C.

На 100 г воды – 9,6 г KBrO₃

На 76,61 г воды – x г KBrO₃

$$x = \frac{76,61 \cdot 9,6}{100} = 7,36 \text{ г} = m(KBrO_3)$$

Найдем массу бромата калия при температуре 100°C.

$$m(KBrO_3) = 7,36 + 30,97 = 38,33 \text{ г}$$

Найдем растворимость бромата калия при температуре 100°C

38,33 г бромата калия соответствуют 76,61 г воды

x г бромата калия соответствуют 100 г воды

$$x = \frac{38,33 \cdot 100}{76,61} = 50 \frac{\text{г}}{100 \text{ г}} = s(KBrO_3)$$

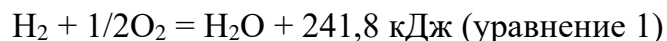
Масса раствора составит:

$$m(p-pa) = 76,61 + 38,33 = 114,94 \sim 115 \text{ г}$$

Разбалловка

Расчет массы воды	2 б.
Расчет содержания соли при 30°C	2 б.
Расчет растворимости при 100°C	4 б.
Расчет массы раствора	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача 5



Смесь содержит избыток кислорода.

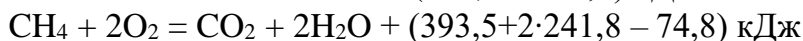
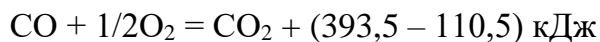
При сгорании 0,5 моль O_2 выделяется 241,8 кДж

x моль - 19,344 кДж

$x = 0,04$ моль.

Общее количество вещества газов в исходной смеси составляет:

$$n(\text{газ}) = 3,584/22,4 = 0,16 \text{ моль}$$



Пусть в исходной смеси y моль CO и z моль CH_4 .

Тогда для общего количества вещества газов составим уравнение:

$$y + y/2 + z + 2z = 0,12.$$

Сгорание CO дает $(283 \cdot y)$ кДж, а сгорание метана – $(802,3 \cdot z)$ кДж, поэтому второе уравнение системы:

$$283y + 802,3z = 27,366.$$

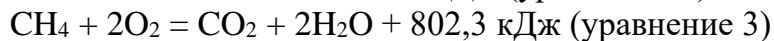
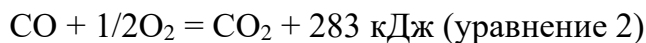
Решая систему уравнений, находим $y = 0,04$; $z = 0,02$ моль.

Находим состав газовой фазы:

$$V(\text{CH}_4) = 0,02 \cdot 22,4 = 0,448 \text{ л}$$

$$V(\text{CO}) = 0,04 \cdot 22,4 = 0,896 \text{ л}$$

$$V(\text{O}_2) = 0,1 \cdot 22,4 = 2,24 \text{ л}$$



Разбалловка

Написание термохимических уравнений	1×3 = 3 б.
Вывод, что в смеси избыток кислорода	1 б.
Составление и решение системы уравнений	4 б.
Расчет объемов газов	2 б.
ИТОГО	10 б.