

Задание 10-1. Для обеззараживания и умягчения воды использовали пятиминутное кипячение, в результате которого общая жесткость её снизилась с 5,5 до 3,5 °Ж (ммоль/л). Какая масса накипи образуется в чайнике в течение трех месяцев, если ежедневно подобным образом в нем кипятят 3 л воды? Количественное содержание соединений ионов жесткости в воде равно. **(20 баллов)**

Решение:

1. Снижение жесткости на 2,0 ммоль/л показывает, что в растворе была концентрация $C[1/2Mg(HCO_3)_2] + [1/2Ca(HCO_3)_2] = 2,0$ ммоль/л, значит суммарное содержание солей в 1 л воды было $= 2,0 \times 1 = 2,0$ ммоль.

2. Вычисляем количество молей кальция и магния с учетом фактора эквивалентности, содержание которых по условию равно

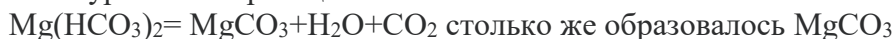
$$v Mg(HCO_3)_2 = v Ca(HCO_3)_2 = 2,0 / (2 \times 2) = 0,5 \text{ ммоль}$$

3. По уравнению реакции



$$m(CaCO_3) = v \times M(CaCO_3) = 0,5 \times 10^{-3} \text{ (моль)} \times 100 \times 10^3 \text{ (мг/моль)} = 50,0 \text{ мг}$$

4. По уравнению реакции



$$m(MgCO_3) = v \times M(MgCO_3) = 0,5 \times 10^{-3} \text{ (моль)} \times 84,3 \times 10^3 \text{ (мг/моль)} = 42,3 \text{ мг}$$

5. Таким образом, при кипячении 1 л воды образуется накипи

$$m(CaCO_3) + m(MgCO_3) = 50,0 + 42,3 = 92,3 \text{ мг.}$$

6. При кипячении ежедневно по 3 литра в течение 3-х месяцев выделиться

$$m(CaCO_3) + m(MgCO_3) = 92,3 \text{ (мг/л)} \times 3 \text{ л} \times 90 \text{ дней} = 24921 \text{ мг} \approx 25 \text{ г.}$$

Система оценивания:

1	Определение суммы концентраций $Mg(HCO_3)_2 + Ca(HCO_3)_2$ в 1 л раствора	4
2	Определение количества солей, выведенных из раствора	4
3	Написание уравнения и вычисление массы образовавшегося $CaCO_3$	4
4	Написание уравнения и вычисление массы образовавшегося $MgCO_3$	4
5	Определение массы накипи при кипячении 1 л воды	2
6	Определение массы накипи при кипячении воды в течение 3 месяцев	2
Итого		20 баллов

Задание 10-2. При сжигании одного моля углеводорода было собрано 318 литров газовой смеси при 150 °С и давлении 132 695 Па. Найдите и напишите брутто- и структурную формулу углеводорода, если известно, что при окислении раствором перманганата калия образуется симметричный двухатомный спирт. **(20 баллов)**

Решение:

1. Воспользуемся газовым законом и определим объем выделившегося газа при нормальных условиях ($T_0 = 273 \text{ К}$ и $P_0 = 101325 \text{ Па}$).

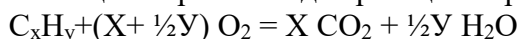
$$(P_0 V_0) / T_0 = (P_1 V_1) / T_1$$

$$V_0 = (P_1 \times V_1 \times T_0) / (T_1 \times P_0) = (132695 \text{ Па} \times 318 \text{ л} \times 273 \text{ К}) / (273 \text{ К} \times 101325 \text{ Па}) = 268,8 \text{ л}$$

2. Количество выделившегося газа при нормальных условиях

$$268,8 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (моль/л)} = 12 \text{ моль.}$$

3. Общее выражение для реакции горения углеводородов имеет вид:



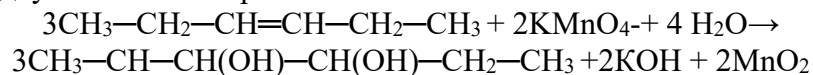
Таким образом, $X + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} Y = 12$ моль

Для предельных углеводородов C_xH_{2x} ,

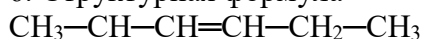
Следовательно, $2X = Y = 12$

4. Брутто- формула C_6H_{12}

5. По условию при окислении углеводорода раствором перманганата калия образуется симметричный двухатомный спирт



6. Структурная формула



Система оценивания:

1	Определение объема выделившегося газа при нормальных условиях	5
2	Определение количества выделившегося газа при нормальных условиях	2
3	Общее выражение для реакции горения углеводородов	3
4	Брутто- формула	3
5	Реакция окисления углеводорода раствором перманганата калия	5
6	Структурная формула	2
Итого		20 баллов

Задание 10-3. Аммиак и хлороводород общим объёмом 15,68 л (н.у.) и относительной плотностью по водороду 14,07 прореагировали между собой. Какая масса соли образуется при этом? Какой газ останется в избытке? Определите его массу. Оставшийся газ поглощён 0,5 л воды. Рассчитать массовую долю вещества в полученном растворе и его молярную концентрацию, если плотность полученного раствора считать равной плотности воды. **(20 баллов)**

Решение:

1. Записываем уравнение реакции. $HCl + NH_3 = NH_4Cl$

Эта задача на «избыток» и «недостаток».

2. Рассчитываем сумму количеств вещества хлороводорода и аммиака

15,68 л : 22,4 л/моль = 0,70 моль

Обозначим $v(HCl)$ – количество хлороводорода и $v(NH_3)$ - количество аммиака.

Тогда $v(HCl) + v(NH_3) = 0,7$ моль

3. Расчет количеств хлороводорода и аммиака в смеси:

Обозначим χ_1 – мольная доля хлороводорода и χ_2 - мольная доля аммиака.

Средняя молярная масса смеси газов - рассчитывается на основе молярных масс составляющих эту смесь газов и их *объемных долей или мольных долей*.

Относительная плотность смеси газа по водороду – это отношение средней молярной массы искомого вещества к молярной массе водорода:

$$D(H_2) = (\chi_1 \times M(HCl) + \chi_2 \times M(NH_3)) / 2$$

$$2 \times 14,07 = (v(HCl) \times 36,5 + (1 - v(HCl)) \times 17) / 0,7$$

Находим:

$$v(\text{HCl}) = 0,4 \text{ моль}$$

$$v(\text{NH}_3) = 0,7 - 0,4 = 0,3 \text{ моль.}$$

Хлороводород находится в избытке, поэтому расчет ведем по недостатку, т.е. по аммиаку.

4. Из уравнения реакции следует, что $v(\text{NH}_3) = v(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,3 \text{ моль}$.

Определяем массу хлорида аммония.

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = v(\text{NH}_4\text{Cl}) \times M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,3 \times 53,5 = 16,05 \text{ г.}$$

5. Определили, что хлороводород находится в избытке (по количеству вещества избыток составляет 0,1 моль).

Рассчитаем массу избытка хлороводорода. $m(\text{HCl}) = v(\text{HCl}) \times M(\text{HCl}) = 0,1 \times 35,5 = 3,55 \text{ г}$

6. Расчет массовой доли вещества (HCl) в полученном растворе

$$\omega(\text{HCl}) = 3,55 / (3,55 + 500) = 0,00705 \text{ или } \approx 0,7 \%$$

7. Расчет молярной концентрации

$$c(\text{HCl}) = 3,55 \text{ г} / (36,5 \text{ г/моль} \times 0,5 \text{ л}) = 0,486 \text{ моль/л.}$$

Система оценивания:

1	Написание уравнения реакции	1
2	Определение суммы количеств вещества	2
3	Расчет количеств хлороводорода и аммиака в смеси	5
4	Определение массы хлорида аммония	4
5	Определение массы избытка хлороводорода	4
6	Расчет массовой доли	2
7	Расчет молярной концентрации	2
Итого		20 баллов

Задание 10-4. В воде объемом 50 мл растворили медный купорос $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ массой 5,5 г. Определите массовую и мольную долю сульфата меди (II) в полученном растворе. Через полученный раствор пропустили 0,448 л (н.у.) сероводорода. Рассчитать массовую долю кислоты в конечном растворе. **(20 баллов)**

Решение:

1. Найдем массу CuSO_4 , содержащегося в $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$.

Для этого рассчитаем количество вещества $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$.

$$v(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}) = m(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}) / M(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}) = 5,5 / 250 = 0,022 \text{ моль}$$

Из формулы медного купороса следует, что

$$v(\text{CuSO}_4) = v(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}) = 0,022 \text{ моль.}$$

2 Рассчитаем массу CuSO_4 :

$$m(\text{CuSO}_4) = v(\text{CuSO}_4) \times M(\text{CuSO}_4) = 0,022 \times 160 = 3,52 \text{ г.}$$

3. Учитывая, что масса раствора складывается из массы медного купороса (5,5 г) и массы воды (50 г), рассчитаем массовую долю сульфата меди в растворе.

$$\omega(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4) / m = 3,52 / (50 + 5,5) = 0,0634 \approx 6,3 \%$$

4. Мольная доля медного купороса в полученном растворе

$$\chi(\text{CuSO}_4) = v(\text{CuSO}_4) / [v(\text{CuSO}_4) + v(\text{H}_2\text{O})]$$

Масса воды в навеске медного купороса

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}) - m(\text{CuSO}_4) = 5,5 - 3,52 = 1,98 \text{ г.}$$

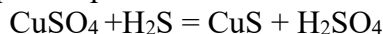
Итого масс воды $50 + 1,98 = 51,98 \text{ г}$ и количество воды $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 51,98/18 = 2,89 \text{ моль}$.

Мольная доля медного купороса в полученном растворе

$$\chi(\text{CuSO}_4) = 0,022 / (0,022 + 2,89) = 0,00755 = 0,755\%$$

5. Расчет массовой доли кислоты в конечном растворе

Реакция медного купороса с сероводородом:



Количество сероводорода $\nu(\text{H}_2\text{S}) = 0,448/22,4 = 0,020 \text{ моль}$

Количество медного купороса в растворе:

$$\nu(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4) / M(\text{CuSO}_4) = 3,52 / 159,5 = 0,022 \text{ моль/л}$$

Сероводород в недостатке, поэтому расчет ведется по нему. Следовательно, образуется в конечном растворе 0,02 моля серной кислоты, при этом 0,02 моля CuS выпадает в осадок.

Массовая доля кислоты в конечном растворе

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / [m(\text{H}_2\text{SO}_4) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{CuS})] = (0,02 \times 98) / [(0,02 \times 98) + 51,98 - (0,02 \times 95,5)] = 0,0377 \approx 3,8\%$$

Система оценивания:

1	Расчет количество вещества $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	3
2	Расчет массы CuSO_4	4
3	Расчет массовой доли сульфата меди в растворе	4
4	Расчет мольной доли медного купороса	4
5	Расчет массовой доли кислоты в конечном растворе	5
Итого		20 баллов

Задание 10-5. По правой (левой) части уравнения с коэффициентами восстановите формулы веществ и коэффициенты в левой (правой) части уравнения реакции.

(20 баллов)

1	$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} \rightarrow$
2	$3\text{Cu} + 8\text{HNO}_{3\text{разб}} \rightarrow$
3	$\rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
4	$2\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} \rightarrow$
5	$\text{Fe} + 4\text{HNO}_{3\text{разб}} \rightarrow$
6	$\rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
7	$2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} + \text{C} \rightarrow$
8	$4\text{HNO}_{3\text{разб, гор}} + 3$
9	$\rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
10	$2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} + \text{S} \rightarrow$
11	$2\text{HNO}_{3\text{разб, гор}} + \text{S} \rightarrow$
12	$\rightarrow 6\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
13	$2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{разб}} + \text{S} \rightarrow$
14	$\text{HCl} + \text{S} \rightarrow$
15	$5\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} + \text{P} \rightarrow$
16	$5\text{HNO}_{3\text{разб, гор}} + 3\text{P} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow$

17	$5\text{HNO}_{3\text{конц, гор}} + \text{P} \rightarrow$
18	$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} \rightarrow$
19	$4\text{Ca} + 10\text{HNO}_{3\text{конц}} \rightarrow$
20	$4\text{Ca} + 10\text{HNO}_{3\text{разб}} \rightarrow$

Система оценивания:

1	$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
2	$3\text{Cu} + 8\text{HNO}_{3\text{разб}} \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$	1 балл
3	$\text{Cu} + 4\text{HNO}_{3\text{конц}} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
4	$2\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1 балл
5	$\text{Fe} + 4\text{HNO}_{3\text{разб}} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
6	$\text{Fe} + 6\text{HNO}_{3\text{конц}} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1 балл
7	$2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} + \text{C} \rightarrow 2\text{SO}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
8	$4\text{HNO}_{3\text{разб, гор}} + 3\text{C} \rightarrow 4\text{NO} + 3\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
9	$4\text{HNO}_{3\text{конц, гор}} + \text{C} \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
10	$2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} + \text{S} \rightarrow 3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
11	$2\text{HNO}_{3\text{разб, гор}} + \text{S} \rightarrow 2\text{NO} + \text{H}_2\text{SO}_4$	1 балл
12	$4\text{HNO}_{3\text{конц, гор}} + \text{S} \rightarrow 6\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
13	$2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{разб}} + \text{S} \rightarrow$ реакция не идет	1 балл
14	$\text{HCl} + \text{S} \rightarrow$ реакция не идет	1 балл
15	$5\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} + \text{P} \rightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
16	$5\text{HNO}_{3\text{разб, гор}} + 3\text{P} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{NO}$	1 балл
17	$5\text{HNO}_{3\text{конц, гор}} + \text{P} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
18	$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц}} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
19	$4\text{Ca} + 10\text{HNO}_{3\text{конц}} \rightarrow 4\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O}$	1 балл
20	$4\text{Ca} + 10\text{HNO}_{3\text{разб}} \rightarrow 4\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	1 балл
	Итого	20 баллов