

**Отборочный (заочный) онлайн-этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по профилю «Химия» специализации «Химия» и «Химические технологии»
(общеобразовательный предмет химия), осень 2021 год**

10, 11 классы

Вариант 1

1. Смесь этилена и азота уменьшает свой объём после пропускания через бромную воду в 2 раза. Определите объёмную долю (%) этилена в смеси.
2. При анализе некоторой кислоты было обнаружено, что в ней содержится 63,7 % кислорода и 35,3 % хлора. Найдите формулу этой кислоты.
3. При действии соляной кислоты на 6 г смеси цинка и его оксида выделился некоторый объём газа, при сгорании которого образовалось 0,55 г воды. Определите массовую долю (%) цинка в смеси.
4. При пропускании смеси этана, этена и пропена с избытком водорода над никелевым катализатором, объём смеси уменьшился на 112 мл. Какая масса брома (г) может вступить в реакцию с исходной смесью?
5. Два стакана одинаковой массы, в одном из которых находится 100 г раствора серной кислоты с массовой долей вещества 19,2 %, а в другом 100 г воды поместили на чаши весов. В стакан с водой поместили 8 г технического карбида кальция, содержащего 4 % инертных примесей. Вычислите массу железа (г), которую необходимо добавить в другой стакан, чтобы весы уравнились.
6. Допишите формулы веществ, образующихся в химической реакции. Методом электронного баланса подберите коэффициенты в схеме химической реакции. В ответе укажите сумму коэффициентов в правой части химического уравнения.
$$\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Fe}^{+3} + \dots$$
7. Для гидролиза 23,6 г смеси метилового и этилового эфиров уксусной кислоты было прибавлено 65,37 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей вещества 20 % ($\rho=1,22$ г/мл). После окончания гидролиза избыток щелочи был нейтрализован раствором серной кислоты с концентрацией 1 моль/л объёмом 50 мл. Определите массу метилового эфира уксусной кислоты (г) в исходной смеси.

Решение варианта 1

1. Этилен реагирует с бромной водой по уравнению $C_2H_4 + Br_{2(aq)} \rightarrow Br-CH_2-CH_2-Br$

N_2 с бромной водой не реагирует.

Пусть исходная смесь имеет объём 100 л, после реакции объём смеси $100/2 \approx 50$ л (это $v(N_2)$, тогда $v(C_2H_4) = 50$ л.

Поскольку объём смеси уменьшился в 2 раза, то объёмная доля (φ) компонентов в смеси:

$$\varphi(N_2) = \frac{v(N_2)}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% = 50\%; \quad \varphi(C_2H_4) = \frac{v(C_2H_4)}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% = 50\%.$$

Ответ: $\varphi(C_2H_4) = 50\%$

2. Общая формула такой кислоты $H_xCl_yO_z$

$$\text{По условию } \frac{z}{y} = \frac{w\%(O)}{A_r(O)} : \frac{w\%(Cl)}{A_r(Cl)} = \frac{30,5\%}{16} : \frac{67,6\%}{35,5} = 1:1$$

Поскольку $67,6\% + 3,05\% \neq 100\%$, то кислота содержит ещё один элемент.

Любая кислота содержит водород.

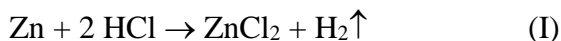
$$w(H) = 100\% - (67,6\% + 3,05\%) = 1,9\%$$

Найдём соотношение Н:О или $x:y$

$$\frac{x}{z} = \frac{w\%(H)}{A_r(H)} : \frac{w\%(O)}{A_r(O)} = \frac{1,9\%}{1} : \frac{30,5\%}{16} = 1:4; \text{ формула кислоты } HClO_4$$

Ответ: $HClO_4$

3. Запишем уравнения реакций задания



Рассчитаем молярную массу и определим количество образовавшейся воды

$$M(H_2O) = 18 \text{ г/моль} \Rightarrow v(H_2O) = 0,9/18 = 0,03 \text{ моль}$$

По уравнению реакции (II) $v(H_2) = v(H_2O) = 0,03$ моль

По уравнению реакции (I) $v(H_2) = v(Zn) = 0,03$ моль.

$$m(Zn) = 1,95 \text{ г}; \quad \omega(Zn) = 1,95/6 \cdot 100\% = 32,5\%$$

Ответ: $\omega(Zn) = 32,5\%$

4. Реакция взаимодействия смеси алкенов с водородом:

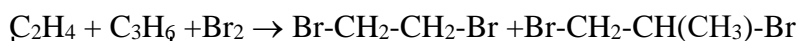
Ni



Этан с водородом не реагирует $C_2H_6 + H_2 \rightarrow$ нет реакции.

$$\text{Поэтому объём смеси алкенов } v(C_2H_4 + C_3H_6) = 112 \text{ мл} = 0,112 \text{ л} \Rightarrow v = v(\text{смеси})/V_m = 0,005 \text{ моль}$$

Реакция взаимодействия смеси алкенов с бромом:

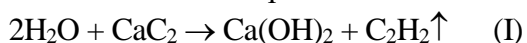


1 моль алкенов \rightarrow 1 моль Br_2

$$0,005 \text{ моль} \rightarrow x \Rightarrow v(Br_2) = 0,005 \text{ моль}; \quad m(Br_2) = 0,8 \text{ г.}$$

Ответ: $m(Br_2) = 0,8 \text{ г.}$

5. Запишем химические реакции задания



$$M(CaC_2) = 64 \text{ г/моль}$$



$$M(C_2H_2) = 26 \text{ г/моль}$$

Определим массу чистого карбида кальция

$$m(CaC_2) = m_{\text{технич.}}(CaC_2) \cdot \frac{100\% - w_{\text{примесей}}}{100\%} = 7,68 \text{ г} \Rightarrow v(CaC_2) = 0,12 \text{ моль.}$$

По уравнению реакции (I) $v(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,12 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{C}_2\text{H}_2) = 3,12 \text{ г}$;

Масса первого стакана после реакции

$$m_{\text{после р-ции}} = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{CaC}_2_{\text{техн.}}) - m(\text{C}_2\text{H}_2) = 100 + 8 - 3,12 = 104,88 \text{ г.}$$

Пусть во второй стакан добавили $X \text{ г Fe}$,

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}$$

Тогда $v(\text{Fe}) = X/56 \text{ моль}$

По уравнению (II) количество и масса выделившегося водорода $v(\text{H}_2) = X/56 \text{ моль}$; $m(\text{H}_2) = 2X/56 \text{ г}$

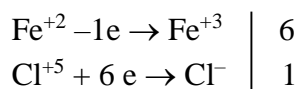
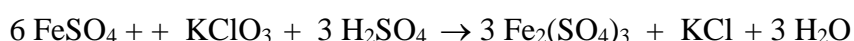
Масса второго стакана после реакции

$$m_{\text{после р-ции}} = m_{\text{р-р}}(\text{H}_2\text{SO}_4) + m(\text{Fe}) - m(\text{H}_2) = 100 + X - 2 \cdot X/56 = 104,88 \text{ г};$$

$$0,964 \cdot X = 4,88 \text{ г}; \quad X = 5,06 \text{ г.}$$

Ответ: $m(\text{Fe}) = 5,06 \text{ г}$.

6.



Сумма коэффициентов в правой части уравнения $3+1+3=7$

Ответ: 7

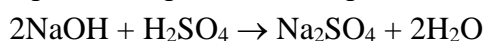
7. Определим массу и количество гидроксида натрия

$$m_{\text{р-р}}(\text{NaOH}) = v(\text{NaOH}) \cdot \rho \approx 79,8 \text{ г}; \quad m(\text{NaOH}) = \frac{\omega \cdot m_{\text{р-р}}(\text{NaOH})}{100\%} \approx 16 \text{ г};$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

$$v(\text{NaOH}) = 0,398757 \approx 0,4 \text{ моль (всего добавлено)}$$

Уравнение реакции нейтрализации гидроксида натрия серной кислотой

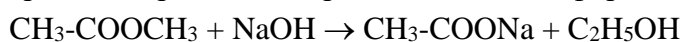


$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = v(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot C_M = 0,05 \text{ моль} \Rightarrow \text{количество избытка } v_{\text{изб}}(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль}$$

Оставшееся количество NaOH пошло на гидролиз смеси сложных эфиров:

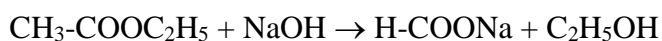
$$v_{\text{изб}}(\text{NaOH}) = v(\text{NaOH}) - v(\text{NaOH}) = (0,398757 \div 0,4) - 0,1 = 0,298757 \approx 0,3 \text{ моль}$$

Уравнения реакций гидролиза сложных эфиров:



$$X \text{ моль} \quad X \text{ моль}$$

$$M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = 74 \text{ г/моль}$$



$$Y \text{ моль} \quad Y \text{ моль}$$

$$M(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 88 \text{ г/моль}$$

Составляем систему уравнений по массе и по количеству сложных эфиров вступивших в реакцию гидролиза

$$\begin{cases} 74X + 88Y = 23,6 \\ X + Y = 0,3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 74 \cdot X + 88 \cdot (0,3 - X) = 23,6 \\ Y = 0,3 - X \end{cases}$$

$$74X + 26,4 - 88X = 23,6 \Rightarrow 14X = 2,8$$

$$X = 0,2; \quad Y = 0,1;$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = 14,8 \text{ г} \quad m(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 8,8 \text{ г}$$

Ответ: $m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = 14,8 \text{ г}$