



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 8

**Задание 1.**

Каждое из бинарных соединений А, Б и В имеет суммарный заряд электронов в молекуле, равный  $1.6 \cdot 10^{-18}$  Кл. При температуре  $25^\circ\text{C}$  вещество Б является жидкостью, вещества А и В представляют собой газы. Водный раствор А имеет  $\text{pH} > 7$ , В в воде практически не растворимо. Газообразное вещество, образовавшееся при полном сжигании 11.2 л В, пропустили в 500 г раствора, полученного растворением 11.2 л А в Б. Рассчитайте массовую долю вещества в полученном растворе. Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

**Решение:**

Число электронов в каждом из соединений:

$$N_e = Z/e = 1.6 \cdot 10^{-18} / 1.6 \cdot 10^{-19} = 10$$

10 электронов имеют следующие соединения:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HF}$ .

Жидкостью при  $25^\circ\text{C}$  из этих соединений является только вода  $\text{H}_2\text{O}$  (соединение Б).

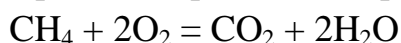
Только одно из них имеет в растворе  $\text{pH} > 7$  –  $\text{NH}_3$ :



Таким образом, соединение А –  $\text{NH}_3$ .

В воде практически нерастворим метан  $\text{CH}_4$  (соединение В).

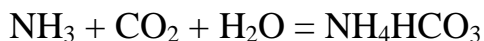
Уравнение реакции сгорания метана:



$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_4) = V(\text{CH}_4)/V_m = 11.2/22.4 = 0.5 \text{ моль.}$$

$$n(\text{NH}_3) = V(\text{NH}_3)/V_m = 11.2/22.4 = 0.5 \text{ моль.}$$

При взаимодействии равных количеств аммиака и углекислого газа в водном растворе образуется гидрокарбонат аммония:



$$n(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = n(\text{CO}_2) = n(\text{NH}_3) = 0.5 \text{ моль.}$$

$$m(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = n \cdot M = 0.5 \cdot 79 = 39.5 \text{ г.}$$

$$m(\text{p-ра}) = m_1(\text{p-ра}) + m(\text{CO}_2) = m_1(\text{p-ра}) + n(\text{CO}_2) \cdot M = 500 + 0.5 \cdot 44 = 522 \text{ г.}$$

$$w(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = m(\text{NH}_4\text{HCO}_3) / m(\text{p-ра}) \cdot 100\% = 39.5 \cdot 100 / 522 = 7.6\%.$$

**Ответ: 7.6 (10 баллов)**



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 8

**Задание 2.**

Средняя температура на поверхности Марса равна  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а атмосферное давление при данной температуре составляет  $0.6\text{ кПа}$ . Рассчитайте, во сколько раз плотность земной атмосферы ( $78.1\text{ об.}\% \text{ N}_2$ ,  $20.9\text{ об.}\% \text{ O}_2$  и  $1\text{ об.}\% \text{ Ar}$ ) при данных условиях была бы меньше плотности воздуха на Земле в настоящее время ( $1.2\text{ г/л}$ ). Ответ округлите до десятых.

**Решение:**

Средняя молярная масса атмосферы Земли:

$$\bar{M} = \sum_i (x_i * M_i) = \sum_i (\varphi_i * M_i) = 0.781 * 28 + 0.209 * 32 + 0.01 * 40 = 28.96 \text{ г/моль}$$

где  $x$  – мольная доля газа,  $\varphi$  – объёмная доля газа (для газов в силу закона Авогадро  $x = \varphi$ ).

Найдём молярный объём ( $n = 1$ ) газа на поверхности Марса:

$$V_m = RT/p = 8.31 * (273 - 60) / (0.6 * 10^3) = 2.95 \text{ м}^3/\text{моль} = 2950 \text{ л/моль}.$$

Плотность газа связана с его молярным объёмом и молярной массой соотношением:

$\rho = M/V_m = 28.96 \text{ г/моль} / 2950 \text{ л/моль} = 0.0098 \text{ г/л}$  – плотность земного воздуха при марсианских условиях.

Отношение плотностей:

$$\rho(\text{на Земле})/\rho(\text{на Марсе}) = 1.2/0.0098 = 122.4$$

Плотность воздуха на Земле больше плотности земной атмосферы при марсианских условиях в  $122.4$  раза.

**Ответ: 122.4 (20 баллов)**

**Задание 3.**

Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном сливанием  $50\text{ мл}$   $35\%$ -го раствора соляной кислоты ( $\rho = 1174\text{ г/л}$ ) и  $85\text{ мл}$   $20\%$  раствора гидроксида калия ( $\rho = 1186\text{ г/л}$ ). Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 8

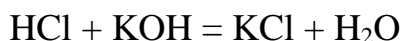
**Решение:**

$$m(\text{HCl}) = w \cdot V \cdot \rho = 0.35 \cdot 0.05 \cdot 1174 = 20.545 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = m/M = 20.545/36.5 = 0.56 \text{ моль}$$

$$m(\text{KOH}) = w \cdot V \cdot \rho = 0.2 \cdot 0.085 \cdot 1186 = 20.162 \text{ г}$$

$$n(\text{KOH}) = m/M = 20.162/56 = 0.36 \text{ моль}$$



В недостатке – KOH ( $n(\text{HCl}) > n(\text{KOH})$ ), расчёт будем вести по нему.

$$n(\text{KCl}) = n(\text{KOH}) = 0.36 \text{ моль}$$

$$m(\text{KCl}) = n \cdot M = 0.36 \cdot 74.5 = 26.82 \text{ г.}$$

$$\begin{aligned} m(\text{р-ра}) &= m(\text{р-ра HCl}) + m(\text{р-ра KOH}) = V(\text{HCl}) \cdot \rho(\text{HCl}) + \\ &V(\text{KOH}) \cdot \rho(\text{KOH}) = \\ &= 1174 \cdot 0.05 + 1186 \cdot 0.085 = 159.51 \text{ г.} \end{aligned}$$

$$w = m(\text{KCl})/m(\text{р-ра}) \cdot 100\% = 26.82 \cdot 100/159.51 = 16.8\%.$$

**Ответ: 16.8 (10 баллов)**

**Задание 4.**

13.0 г неизвестного металла растворили в 300 г серной кислоты. При этом выделилось 4.48 л газа с плотностью 0.09 г/л. Определите массовую долю соли в полученном растворе. Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

**Решение:**

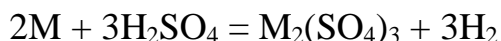
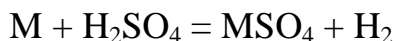
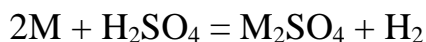
Молярная масса газа равна:

$$M = \rho \cdot V_m = 0.09 \cdot 22.4 = 2.0.$$

Следовательно, газ – H<sub>2</sub>.

$$n(\text{H}_2) = V/V_m = 4.48/22.4 = 0.2 \text{ моль}$$

Возможны три варианта (в зависимости от степени окисления металла) реакции с серной кислотой:





Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 8

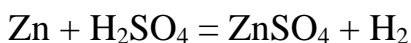
Атомные массы металла для этих трёх случаев равны:

1)  $A(M) = m(M) / 2n(H_2) = 13 / (2 \cdot 0.2) = 32.5$  – такого металла нет.

2)  $A(M) = m(M) / n(H_2) = 13 / 0.2 = 65$  – это цинк.

3)  $A(M) = 3m(M) / 2n(H_2) = 97.5$  – такого металла нет.

Таким образом, неизвестный металл – цинк.



$$n(ZnSO_4) = n(H_2) = 0.2 \text{ моль.}$$

$$m(ZnSO_4) = n \cdot M = 0.2 \cdot 161 = 32.2 \text{ г.}$$

$$m(p-pa) = m(H_2SO_4) + m(Zn) - m(H_2) = m(H_2SO_4) + m(Zn) - n(H_2) \cdot M = \\ = 300 + 13 - 0.2 \cdot 2 = 312.6 \text{ г.}$$

$$w(ZnSO_4) = m/m(p-pa) \cdot 100\% = 32.2 \cdot 100 / 312.6 = 10.3\%$$

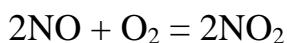
**Ответ: 10.3 (20 баллов)**

**Задание 5.**

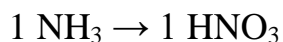
Рассчитайте массу 65%-го раствора азотной кислоты, полученной из  $50 \text{ м}^3$  аммиака, если выход продукта на первых двух стадиях составлял по 85%, а на третьей – 90% от теоретического. Ответ дайте в килограммах, округлив до десятых.

**Решение:**

Стадии процесса синтеза азотной кислоты:



Суммарная схема процесса:



Согласно схеме,

$$22.4 \text{ л } NH_3 - 63 \text{ г } HNO_3 \text{ или}$$

$$22.4 \text{ м}^3 NH_3 - 63 \text{ кг } HNO_3$$

$$50 \text{ м}^3 - x$$

$$m_{\text{теор}}(HNO_3) = x = 50 \cdot 63 / 22.4 = 140.625 \text{ кг}$$

$$m_{\text{практ}}(HNO_3) = m_{\text{теор}}(HNO_3) \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 140.625 \cdot 0.85 \cdot 0.85 \cdot 0.9 = 91.44$$

кг,



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 8

где  $\eta_1, \eta_2, \eta_3$  – выход продукта по каждой из стадий.

Масса 65% раствора азотной кислоты равна:

$$m(\text{р-ра}) = m_{\text{практ}}(\text{HNO}_3)/w = 91.44/0.65 = 140.7 \text{ кг}$$

**Ответ: 140.7 (10 баллов)**

**Задание 6.**

Навеску тетрабората натрия декагидрата массой 2.9387 г растворили и количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 200 мл. В колбы для титрования отобрали аликвотные части приготовленного раствора, равные 6.7 мл и оттитровали хлористоводородной кислотой, затратив на титрование 12.3 мл титранта. Рассчитайте концентрацию хлористоводородной кислоты (моль/л). Ответ дайте с точностью до тысячных.

**Решение:**



Протоны ( $\text{H}^+$ ) в растворах существуют в виде ионов гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$ , то есть соединяются с молекулами воды.

$f_{\text{экр}} \text{B}_4\text{O}_7^{2-} = 1/2$ , эквивалентная частица  $1/2 \text{B}_4\text{O}_7^{2-}$  (одна частица соединяется с двумя протонами)

$f_{\text{экр}} \text{H}_3\text{O}^+ = 1$ , эквивалентная частица  $\text{H}_3\text{O}^+$

$$n(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) = n(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$c(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) \cdot V_a = c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot V_T$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{HCl}) = c(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) \cdot V_a / V_T$$

$$c(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) = c(1/2\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = c(1/2\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) =$$

$$= m(1/2\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) / (\text{Mr}(1/2 \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V_{\text{колбы}})$$

$$\text{Mr}(1/2\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1/2 \text{Mr}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1/2 \cdot 381 \text{ г/моль} = 190,5$$

г/моль

$$c(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) = 2.9387 \text{ г} / (190,5 \text{ г/моль} \cdot 200 \cdot 10^{-3} \text{ л}) = 0,0771 \text{ моль/л}$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) \cdot V_a / V_T = 0,0771 \text{ моль/л} \cdot 6.7 \text{ мл} / 12.3 \text{ мл} = 0,0420$$

моль/л

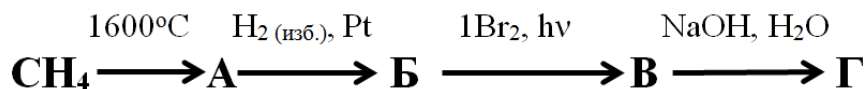
**Ответ: 0.042 (10 баллов)**



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 8

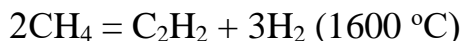
**Задание 7.**

Осуществите цепочку следующих превращений:

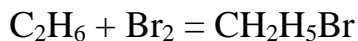
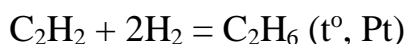


Определите органические вещества А – Г. В ответе укажите объём углекислого газа (л, н.у.), выделяющегося при сгорании 23 г вещества Г. Ответ округлите до десятых.

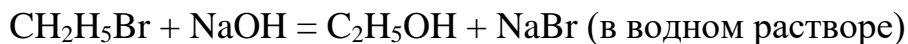
**Решение:**



А – ацетилен (этин)  $\text{C}_2\text{H}_2$

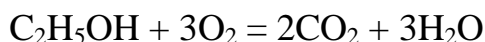


В – бромэтан  $\text{CH}_2\text{H}_5\text{Br}$



Г – этанол  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = m/M = 23/46 = 0.5 \text{ моль}$$



$$n(\text{CO}_2) = 2n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.5 \cdot 2 = 1.0 \text{ моль}$$

$$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_m = 1.0 \cdot 22.4 = 22.4 \text{ л.}$$

**Ответ: 22.4 (10 баллов)**

**Задание 8.**

Рассчитайте, сколько теплоты выделится при сгорании 61.5 г нитробензола, если теплоты образования нитробензола, воды и углекислого газа составляют -11.2, +393.5 и +241.8 кДж/моль соответственно. Ответ дайте в кДж, округлив до десятых.



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 8

*NB! В условии задачи  $Q_f(\text{H}_2\text{O})$  и  $Q_f(\text{CO}_2)$  случайно поменялись местами. Должно быть так:  $Q_f(\text{H}_2\text{O}) = 241.8$ ,  $Q_f(\text{CO}_2) = 393.5$ . Решение признано верным у всех, кто решал либо с исходными данными, либо с исправленными.*

**Решение:**

$$Q_C(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = Q_r * 2 = 1488.35 * 2 = 2976.7 \text{ кДж/моль}$$



$$Q_C(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 6Q_f(\text{CO}_2) + 5/2 Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = \\ = 6 * 393.5 + 5/2 * 241.8 + 11.2 = 2976.7 \text{ кДж/моль}$$

(теплоты образования простых веществ равны нулю).

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = m/M = 61.5 / 123 = 0.5 \text{ моль}$$

$$Q_r = Q_C(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 2976.7 * 0.5 = 1488.4 \text{ кДж}$$

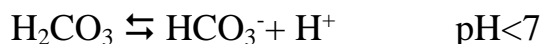
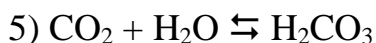
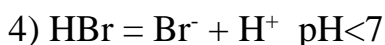
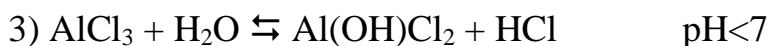
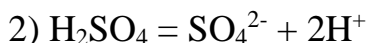
**Ответ: 1488.4 (10 баллов)**

**Задание 9.**

Выберите вещества, которые при растворении в воде дают кислотную среду. В ответе укажите номера этих соединений в порядке уменьшения pH их раствора (при условии, что растворены одинаковые количества веществ) без пробелов (например, 5243).

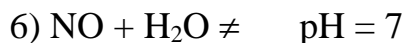
1. гидроксид калия
2. серная кислота
3. хлорид алюминия
4. бромоводород
5. оксид углерода (IV)
6. оксид азота (II)

**Решение:**





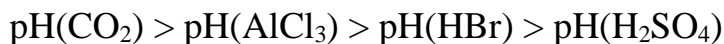
Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 8



При растворении серной кислоты образуется в два раза больше протонов, чем при растворении того же количества другой сильной кислоты  $\text{HBr}$ , поэтому  $\text{pH}$  раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  будет меньше, чем раствора  $\text{HBr}$ .

Углекислота и хлорид алюминия – слабые кислоты, причём константа кислотности аквакатиона алюминия  $K_{\text{к}}(\text{Al}^{3+}) = 10^{-5}$  больше константы кислотности угольной кислоты ( $K_{\text{к}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 10^{-7}$ ), поэтому при одинаковых концентрациях веществ  $\text{pH}$  в растворе  $\text{AlCl}_3$  будет ниже, чем в растворе  $\text{CO}_2$ .

Таким образом,



**Ответ: 5342 (10 баллов)**