



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 6

**Задание 1.**

Каждое из бинарных соединений А, Б и В имеет суммарный заряд электронов в молекуле, равный  $1.6 \cdot 10^{-18}$  Кл. При  $110^\circ\text{C}$  все вещества являются газообразными, а при температуре  $25^\circ\text{C}$  вещество А является жидкостью, вещества Б и В представляют собой газы. Водный раствор В имеет  $\text{pH} > 7$ , а в растворе Б  $\text{pH} < 7$ . Рассчитайте массовую долю вещества в растворе, образовавшемся при охлаждении эквимолярной смеси газов А, Б, В объёмом  $33.6$  л (н.у.) с  $200$  до  $25^\circ\text{C}$ , если при этом также образовалось  $10.8$  г осадка того же вещества.

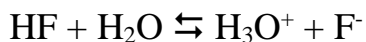
**Решение:**

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:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HF}$ .

Только одно из них имеет в растворе  $\text{pH} < 7$  –  $\text{HF}$ :



Таким образом, соединение Б –  $\text{HF}$ .

Соединение В –  $\text{NH}_3$ :



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

Суммарное количество газов равно:

$$n = V(\text{смеси})/V_m = 33.6/22.4 = 1.5.$$

Так как газы были взяты в эквимолярных (то есть равных) количествах, то их количества равны:

$$n(\text{HF}) = n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{NH}_3) = n/3 = 1.5/3 = 0.5 \text{ моль.}$$

При охлаждении смеси газов до  $25^\circ\text{C}$  протекает реакция:



$$n(\text{NH}_4\text{F}) = n(\text{NH}_3) = n(\text{HF}) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_4\text{F}) = n \cdot M = 0.5 \cdot 37 = 18.5 \text{ г.}$$



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 6

Часть фторида аммония выпала в осадок (10.8 г), таким образом, в воде растворилось

$$m_1(\text{NH}_4\text{F}) = 18.5 - 10.8 = 7.7 \text{ г фторида аммония.}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M = 0.5 \cdot 18 = 9 \text{ г.}$$

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NH}_4\text{F}) = 7.7 + 9 = 16.7 \text{ г.}$$

$$w(\text{NH}_4\text{F}) = m(\text{NH}_4\text{F}) / m(\text{p-ра}) \cdot 100\% = 7.7 \cdot 100 / 16.7 = 46.1\%.$$

*Примечание: кристаллогидрат  $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{H}_2\text{O}$  образуется только при отрицательных температурах (ниже  $-27^\circ\text{C}$ ).*

**Ответ: 46.1 (10 баллов)**

**Задание 2.**

Средняя температура на поверхности Марса равна  $-60^\circ\text{C}$ , а атмосферное давление при данной температуре составляет 0.6 кПа. Рассчитайте, во сколько раз плотность марсианской атмосферы (95.3 об.%  $\text{CO}_2$ , 2.7 об. %  $\text{N}_2$  и 2 об. %  $\text{Ar}$ ) при данных условиях меньше плотности воздуха на Земле (1.2 г/л). Ответ округлите до десятых.

**Решение:**

Средняя молярная масса атмосферы Марса:

$$\begin{aligned} \bar{M} &= \sum_i (x_i \cdot M_i) = \sum_i (\varphi_i \cdot M_i) = 0.953 \cdot 44 + 0.027 \cdot 28 + 0.02 \cdot 40 = \\ &= 43.5 \text{ г/моль} \end{aligned}$$

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:

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

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

$$\rho = M/V_m = 43.5 \text{ г/моль} / 2950 \text{ л/моль} = 0.0147 \text{ г/л}$$

Отношение плотностей:

$$\rho(\text{Земля})/\rho(\text{Марс}) = 1.2/0.0147 = 81.6$$

Плотность марсианской атмосферы меньше плотности земной в 81.6 раза.

**Ответ: 81.6 (20 баллов)**



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 6

**Задание 3.**

Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном сливанием 105 мл 30%-го раствора азотной кислоты ( $\rho = 1180$  г/л) и 150 мл 20% раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1219$  г/л). Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

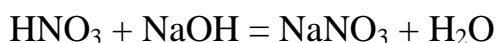
**Решение:**

$$m(\text{HNO}_3) = w \cdot V \cdot \rho = 0.3 \cdot 0.105 \cdot 1180 = 37.17 \text{ г}$$

$$n(\text{HNO}_3) = m/M = 37.17/63 = 0.59 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = w \cdot V \cdot \rho = 0.20 \cdot 0.15 \cdot 1219 = 36.57 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = m/M = 36.57/40 = 0.91 \text{ моль}$$



В недостатке –  $\text{HNO}_3$  ( $n(\text{NaOH}) > n(\text{HNO}_3)$ ), расчёт будем вести по нему.

$$n(\text{NaNO}_3) = n(\text{HNO}_3) = 0.59 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaNO}_3) = n \cdot M = 0.59 \cdot 85 = 50.15 \text{ г.}$$

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{p-ра HNO}_3) + m(\text{p-ра NaOH}) = V(\text{HNO}_3) \cdot \rho(\text{HNO}_3) + \\ + V(\text{NaOH}) \cdot \rho(\text{NaOH}) = 1180 \cdot 0.105 + 1219 \cdot 0.15 = 306.75 \text{ г.}$$

$$w = m(\text{NaNO}_3)/m(\text{p-ра}) \cdot 100\% = 50.15 \cdot 100/306.75 = 16.3\%.$$

**Ответ: 16.3 (10 баллов)**

**Задание 4.**

4.14 г неизвестного металла растворили в 150 г азотной кислоты при нагревании. При этом выделилось 0.896 л газа с плотностью по водороду, равной 23. Определите массовую долю соли в полученном растворе. Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

**Решение:**

Молярная масса газа равна:

$$M = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 23 \cdot 2 = 46.$$

Следовательно, газ –  $\text{NO}_2$ .

$$n(\text{NO}_2) = V/V_m = 0.896/22.4 = 0.04 \text{ моль}$$



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 6

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



Атомные массы металла для этих трёх случаев равны:

1)  $A(M) = m(M) / n(NO_2) = 4.14/0.04 = 103.5$  – такого металла нет.

2)  $A(M) = 2m(M) / n(NO_2) = 2 * 4.14/0.04 = 207$  – это свинец.

3)  $A(M) = 3m(M) / n(NO_2) = 310.5$  – такого металла нет.

Таким образом, неизвестный металл – свинец.



$$n(Pb(NO_3)_2) = n(Pb) = m/M = 4.14/207 = 0.02 \text{ моль.}$$

$$m(Pb(NO_3)_2) = n * M = 0.02 * 331 = 6.62 \text{ г.}$$

$$m(p-pa) = m(HNO_3) + m(Pb) - m(NO_2) = m(HNO_3) + m(Pb) - n(NO_2) * M = \\ = 150 + 4.14 - 0.04 * 46 = 152.3 \text{ г.}$$

$$w(Pb(NO_3)_2) = m/m(p-pa) * 100\% = 6.62 * 100 / 152.3 = 4.3\%$$

**Ответ: 4.3 (20 баллов)**

### Задание 5.

Рассчитайте массу чугуна, содержащего 96% железа, которую можно получить из 10 тонн породы, содержащей 30% магнетита и 60% гематита, если выход конечного продукта составляет 80% от теоретического. Ответ дайте в тоннах, округлив до десятых.

#### Решение:

Масса магнетита:

$$m(Fe_3O_4) = m(\text{породы}) * w(Fe_3O_4) = 10 * 0.3 = 3 \text{ т}$$

Масса гематита:

$$m(Fe_2O_3) = m(\text{породы}) * w(Fe_2O_3) = 10 * 0.6 = 6 \text{ т}$$

Уравнения реакций получения железа:

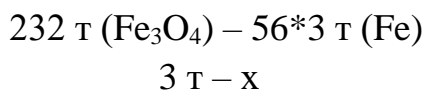




Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 6

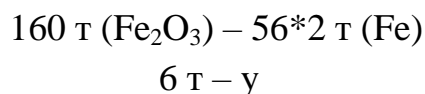
(восстановление руды в доменной печи происходит угарным газом, образующимся при окислении кокса кислородом воздуха).

По уравнению 1:



$$m_1(\text{Fe}) = x = 3 \cdot 56 \cdot 3 / 232 = 2.17 \text{ т.}$$

По уравнению 2:



$$m_2(\text{Fe}) = y = 5.5 \cdot 56 \cdot 2 / 160 = 4.2 \text{ т.}$$

Суммарная масса железа:

$$m_{\text{теор}}(\text{Fe}) = m_1(\text{Fe}) + m_2(\text{Fe}) = 2.17 + 4.2 = 6.37 \text{ т.}$$

С учётом выхода продукта:

$$m_{\text{практ}}(\text{Fe}) = m_{\text{теор}}(\text{Fe}) \cdot \eta = 6.37 \cdot 0.80 = 5.096 \text{ т.}$$

Масса чугуна:

$$m(\text{чугуна}) = m_{\text{практ}}(\text{Fe}) / w = 5.096 / 0.96 = 5.3 \text{ т}$$

**Ответ: 5.3 (10 баллов)**

**Задание 6.**

Навеску тетрабората натрия декагидрата массой 3.9653 г растворили и количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 200 мл. В колбы для титрования отобраны аликвотные части приготовленного раствора, равные 10.6 мл и оттитровали хлористоводородной кислотой, затратив на титрование 11.1 мл титранта. Рассчитайте концентрацию хлористоводородной кислоты (моль/л). Ответ дайте с точностью до тысячных.



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

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

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



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 6

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

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

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

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

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

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

г/моль

$$c(\frac{1}{2}\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) = 3,9653 \text{ г} / (190,5 \text{ г/моль} \cdot 200 \cdot 10^{-3} \text{ л}) = 0,1041 \text{ моль/л}$$

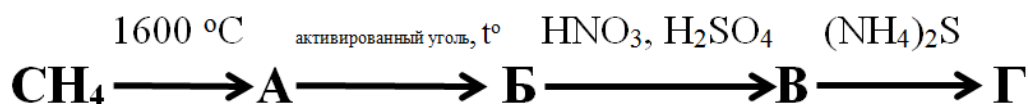
$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\frac{1}{2}\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) \cdot V_a / V_T = 0,1041 \text{ моль/л} \cdot 10,6 \text{ мл} / 11,1 \text{ мл} = 0,0994$$

моль/л

**Ответ: 0.099 (10 баллов)**

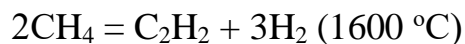
**Задание 7.**

Осуществите цепочку следующих превращений:

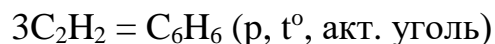


Определите органические вещества А – Г. В ответе укажите объём углекислого газа (л, н.у.), выделяющегося при сгорании 46.5 г вещества Г. Ответ округлите до десятых.

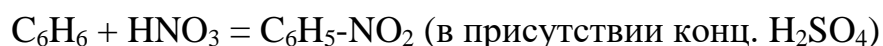
**Решение:**



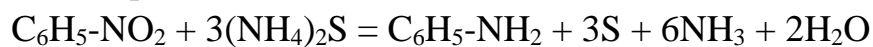
А – ацетилен (этин)  $\text{C}_2\text{H}_2$



Б – бензол  $\text{C}_6\text{H}_6$



В – нитробензол  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-NO}_2$



Г – анилин (аминобензол)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2) = m/M = 46.5/93 = 0.5 \text{ моль}$$



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 6



$$n(\text{CO}_2) = 6n(\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2) = 0.5 \cdot 6 = 3 \text{ моль}$$

$$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_m = 3 \cdot 22.4 = 67.2 \text{ л.}$$

**Ответ: 67.2 (10 баллов)**

**Задание 8.**

Рассчитайте, сколько теплоты выделится при сгорании 22.5 г этанамина, если теплоты образования этанамина, воды и углекислого газа составляют 47.5, 393.5 и 241.8 кДж/моль соответственно. Ответ дайте в кДж, округлив до десятых.

*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:**



$$Q_c(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 2Q_f(\text{CO}_2) + 7/2 Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_f(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = \\ = 2 \cdot 393.5 + 7/2 \cdot 241.8 - 47.5 = 1585.8 \text{ кДж/моль}$$

(теплоты образования простых веществ равны нулю).

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = m/M = 22.5 / 45 = 0.5 \text{ моль}$$

$$Q_r = Q_c(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) \cdot n = 1585.8 \cdot 0.5 = 792.9 \cdot 2 = 792.9 \text{ кДж}$$

**Ответ: 792.9 (10 баллов)**

**Задание 9.**

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

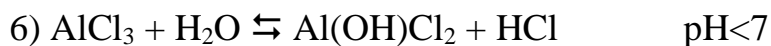
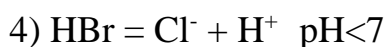
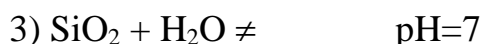
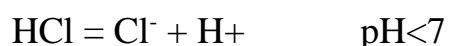
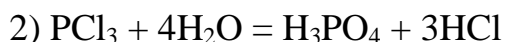
1. гидроксид бора
2. трихлорид фосфора
3. диоксид кремния
4. бромоводород
5. сульфит натрия



Многопрофильная  
олимпиада РТУ МИРЭА  
Отборочный этап  
Химия 11 класс  
Вариант № 6

6. хлорид алюминия

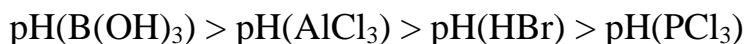
**Решение:**



При растворении 1 моль пентахлорида фосфора образуется 3 моля сильной кислоты (HCl), поэтому pH раствора пентахлорида будет меньше, чем раствора другой сильной кислоты – HBr.

Гидроксид бора и хлорид алюминия – слабые кислоты, причём константа кислотности аквакатиона алюминия  $K_k(\text{Al}^{3+}) = 10^{-5}$  больше константы кислотности борной кислоты ( $K_k(\text{B(OH)}_3) = 6 \cdot 10^{-10}$ ), поэтому при одинаковых концентрациях веществ pH в растворе  $\text{AlCl}_3$  будет ниже, чем в растворе  $\text{B(OH)}_3$ .

Таким образом,



**Ответ: 1642 (10 баллов)**