



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 2

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°C вещество А является жидкостью, вещества Б и В представляют собой газы. Водный раствор Б имеет $\text{pH} > 7$, В в воде практически не растворимо. Газообразное вещество, образовавшееся при полном сжигании 11.2 л В, пропустили в 1000 г раствора, полученного растворением 11.2 л Б в А. 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: CH_4 , NH_3 , H_2O , HF .

Жидкостью при 25°C из этих соединений является только вода H_2O (соединение А).

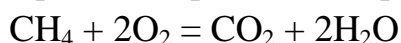
Только одно из них имеет в растворе $\text{pH} > 7$ – NH_3 :



Таким образом, соединение Б – NH_3 .

В воде практически нерастворим метан CH_4 (соединение В).

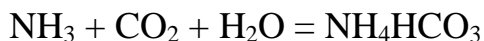
Уравнение реакции сгорания метана:



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

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

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



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

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

$$m(\text{p-ра}) = m_1(\text{p-ра}) + m(\text{CO}_2) = m_1(\text{p-ра}) + n(\text{CO}_2) \cdot M = 1000 + 0.5 \cdot 44 = 1022 \text{ г.}$$

$$w(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = m(\text{NH}_4\text{HCO}_3) / m(\text{p-ра}) \cdot 100\% = 39.5 \cdot 100 / 1022 = 3.9\%.$$

Ответ: 3.9 (10 баллов)



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 2

Задание 2.

Средняя температура на поверхности Марса равна $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, а атмосферное давление при данной температуре составляет 0.6 кПа . Рассчитайте, какую плотность имеет марсианская атмосфера ($95.3\text{ об.}\% \text{ CO}_2$, $2.7\text{ об.}\% \text{ N}_2$ и $2\text{ об.}\% \text{ Ar}$) при данных условиях. Ответ дайте в г/м^3 , округлив до десятых.

Решение:

Средняя молярная масса атмосферы Марса:

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

где x – мольная доля газа, φ – 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:

$$\rho = M/V_m = 43.5 \text{ г/моль} / 2.95 \text{ м}^3/\text{моль} = 14.7 \text{ г/м}^3$$

Ответ: 14.7 (20 баллов)

Задание 3.

Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном сливанием 200 мл 25% -го раствора азотной кислоты ($\rho = 1147\text{ г/л}$) и 250 мл 10% раствора гидроксида натрия ($\rho = 1109\text{ г/л}$). Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

Решение:

$$m(\text{HNO}_3) = w * V * \rho = 0.2 * 0.25 * 1147 = 57.35 \text{ г}$$

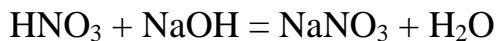
$$n(\text{HNO}_3) = m/M = 57.35/63 = 0.91 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = w * V * \rho = 0.10 * 0.25 * 1109 = 27.725 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = m/M = 27.725/40 = 0.69 \text{ моль}$$



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 2



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

$$n(\text{NaNO}_3) = n(\text{NaOH}) = 0.69 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaNO}_3) = n \cdot M = 0.69 \cdot 85 = 58.65 \text{ г.}$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра HNO}_3) + m(\text{р-ра NaOH}) = V(\text{HNO}_3) \cdot \rho(\text{HNO}_3) + \\ + V(\text{NaOH}) \cdot \rho(\text{NaOH}) = 1147 \cdot 0.2 + 1109 \cdot 0.25 = 506.65 \text{ г.}$$

$$w = m(\text{NaNO}_3) / m(\text{р-ра}) \cdot 100\% = 58.65 \cdot 100 / 506.65 = 11.6\%.$$

Ответ: 11.6 (10 баллов)

Задание 4.

6.21 г неизвестного металла растворили в 300 г азотной кислоты. При этом выделилось 0.448 л газа с плотностью по водороду, равной 15. Определите массовую долю соли в полученном растворе. Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

Решение:

Молярная масса газа равна:

$$M = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 15 \cdot 2 = 30.$$

Следовательно, газ – NO.

$$n(\text{NO}) = V/V_m = 0.448/22.4 = 0.02 \text{ моль}$$

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



Атомные массы металла для этих трёх случаев равны:

$$1) A(\text{M}) = m(\text{M}) / 3n(\text{NO}_2) = 6.21 / (0.02 \cdot 3) = 103.5 - \text{такого металла нет.}$$

$$2) A(\text{M}) = 2m(\text{M}) / 3n(\text{NO}_2) = 2 \cdot 6.21 / (0.02 \cdot 3) = 207 - \text{это свинец.}$$

$$3) A(\text{M}) = m(\text{M}) / n(\text{NO}_2) = 6.21 / 0.02 = 310.5 - \text{такого металла нет.}$$

Таким образом, неизвестный металл – свинец.



$$n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Pb}) = m/M = 6.21/207 = 0.03 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = n \cdot M = 0.03 \cdot 331 = 9.93 \text{ г.}$$



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 2

$$m(p-pa) = m(\text{HNO}_3) + m(\text{Pb}) - m(\text{NO}) = m(\text{HNO}_3) + m(\text{Pb}) - n(\text{NO}) \cdot M = \\ = 300 + 6.21 - 0.02 \cdot 30 = 305.61 \text{ г.}$$

$$w(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = m/m(p-pa) \cdot 100\% = 9.93 \cdot 100 / 305.61 = 3.2\%$$

Ответ: 3.2 (20 баллов)

Задание 5.

Рассчитайте массу нержавеющей стали, содержащей 70% железа, которую можно получить из 10 тонн породы, содержащей 60% магнетита и 20% гематита, если выход конечного продукта составляет 80% от теоретического. Ответ дайте в тоннах, округлив до десятых.

Решение:

Масса магнетита:

$$m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = m(\text{породы}) \cdot w(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 10 \cdot 0.6 = 6 \text{ т}$$

Масса гематита:

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m(\text{породы}) \cdot w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 10 \cdot 0.2 = 2 \text{ т}$$

Уравнения реакций получения железа:



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

По уравнению 1:

$$232 \text{ т } (\text{Fe}_3\text{O}_4) - 56 \cdot 3 \text{ т } (\text{Fe})$$

$$6 \text{ т} - x$$

$$m_1(\text{Fe}) = x = 6 \cdot 56 \cdot 3 / 232 = 4.34 \text{ т.}$$

По уравнению 2:

$$160 \text{ т } (\text{Fe}_2\text{O}_3) - 56 \cdot 2 \text{ т } (\text{Fe})$$

$$2 \text{ т} - y$$

$$m_2(\text{Fe}) = y = 2 \cdot 56 \cdot 2 / 160 = 1.40 \text{ т.}$$

Суммарная масса железа:

$$m_{\text{теор}}(\text{Fe}) = m_1(\text{Fe}) + m_2(\text{Fe}) = 4.34 + 1.4 = 5.74 \text{ т.}$$

С учётом выхода продукта:

$$m_{\text{практ}}(\text{Fe}) = m_{\text{теор}}(\text{Fe}) \cdot \eta = 5.74 \cdot 0.8 = 4.592 \text{ т.}$$



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 2

Масса стали:

$$m(\text{стали}) = m_{\text{практ}}(\text{Fe})/w = 4.592/0.7 = 6.6 \text{ т}$$

Ответ: 6.6 (10 баллов)

Задание 6.

Навеску тетрабората натрия декагидрата массой 3.6187 г растворили и количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 200 мл. В колбы для титрования отобрали аликвотные части приготовленного раствора, равные 8.7 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 (H^+) в растворах существуют в виде ионов гидроксония H_3O^+ , 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 H_3O^+

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

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

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

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

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

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

г/моль

$$c(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) = 3.6187 \text{ г} / (190,5 \text{ г/моль} \cdot 200 \cdot 10^{-3} \text{ л}) = 0,0950 \text{ моль/л}$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) \cdot V_a / V_T = 0,0950 \text{ моль/л} \cdot 8.7 \text{ мл} / 12.3 \text{ мл} = 0,0672$$

моль/л

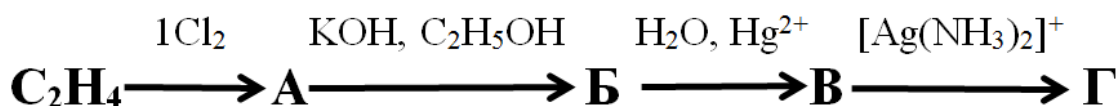
Ответ: 0.067 (10 баллов)



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 2

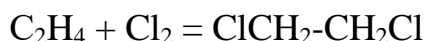
Задание 7.

Осуществите цепочку следующих превращений:



Определите органические вещества А – Г. В ответе укажите объём углекислого газа (л, н.у.), выделяющегося при полном окислении 77 г вещества Г. Ответ округлите до десятых.

Решение:



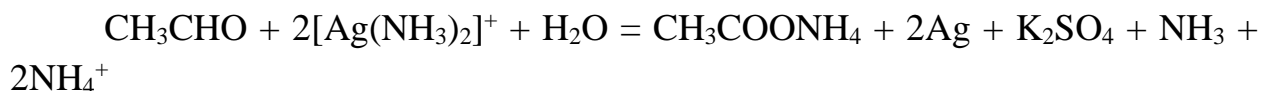
А – 1,2-дихлорэтан $\text{ClCH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$



Б – ацетилен (этин) C_2H_2

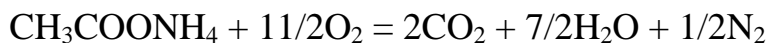


В – ацетальдегид (этаналь) CH_3CHO



Г – ацетат аммония $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.

$$n(\text{CH}_3\text{COONH}_4) = m/M = 77/77 = 1 \text{ моль}$$



$$n(\text{CO}_2) = 2n(\text{CH}_3\text{COONH}_4) = 1*2 = 2.0 \text{ моль}$$

$$V(\text{CO}_2) = n*V_m = 2.0*22.4 = 44.8 \text{ л.}$$

Ответ: 44.8 (10 баллов)

Задание 8.

Рассчитайте теплоту образования анилина, если при сгорании 46.5 г анилина выделилось 1618.5 кДж теплоты, а теплоты образования воды и углекислого газа составляют 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 № 2

Решение:

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

$$Q_C(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = Q_r * 2 = 1618.5 * 2 = 3237.0 \text{ кДж/моль}$$



$$Q_C(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 6Q_f(\text{CO}_2) + 7/2 Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2)$$

(теплоты образования простых веществ равны нулю).

$$Q_f(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 6Q_f(\text{CO}_2) + 7/2 Q_f(\text{H}_2\text{O}) - Q_C(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) =$$

$$= 6 * 393.5 + 7/2 * 241.8 - 3237 = -29.7 \text{ кДж/моль}$$

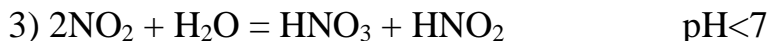
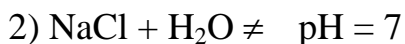
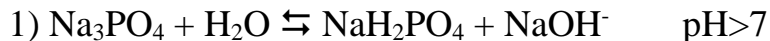
Ответ: -29.7 (10 баллов)

Задание 9.

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

1. фосфат натрия
2. хлорид натрия
3. оксид азота (IV)
4. гидроксид лития
5. гидрокарбонат натрия
6. оксид кальция

Решение:



Гидроксид лития и гидроксид кальция – сильные основания, в их растворах pH будет максимальным. Так как при диссоциации гидроксида кальция образуется два гидроксид иона, а при диссоциации гидроксида лития

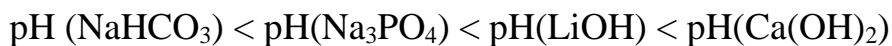


Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 2

– один, рН раствора гидроксида кальция будет больше при одинаковых концентрациях этих гидроксидов.

Протолиз фосфата и гидрокарбоната обратим. Константа гидролиза для фосфата ($K_r = K_b/K_k(\text{PO}_4^{3-}) = 10^{-14}/10^{-13} = 10^{-1}$) больше константы гидролиза для гидрокарбоната ($K_r = K_b/K_k(\text{H}_2\text{CO}_3) = 10^{-14}/10^{-7} = 10^{-7}$), поэтому рН в растворе фосфата будет больше, чем в растворе гидрокарбоната. (Гидрокарбонат натрия – амфолит, протолиз по основному типу преобладает над протолизом по кислотному).

Таким образом,



Ответ: 5146 (10 баллов)