



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 1

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 все вещества являются газообразными. Водный раствор А имеет $\text{pH} < 7$, pH водного раствора Б > 7 , В в воде практически не растворимо. Эквимольные количества трёх газов пропустили через 1 л воды, объём газа при этом уменьшился до 11.2 л. Рассчитайте массовую долю вещества в полученном растворе. Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

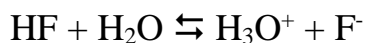
Решение:

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 .

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



Таким образом, соединение А – HF .

Соединение Б – NH_3 :



В воде практически нерастворим метан CH_4 (соединение В). После пропускания газов через воду не растворился только метан, следовательно его объём равен 11.2 л.

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

Так как газы были взяты в эквимольных количествах, то количества аммиака и фтороводорода так же равны 0.5 моль:

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

При пропускании газов через воду протекает реакция:



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

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

$$m(\text{p-pa}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NH}_4\text{F}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NH}_4\text{F}) = 1 \cdot 1000 + 18.5 = 1018.5 \text{ г.}$$

$$w(\text{NH}_4\text{F}) = m(\text{NH}_4\text{F}) / m(\text{p-pa}) \cdot 100\% = 18.5 \cdot 100 / 1018.5 = 1.8\%.$$

Ответ: 1.8 (10 баллов)



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 1

Задание 2.

Средняя температура на поверхности Венеры равна 467 °С, а атмосферное давление при данной температуре составляет 93.3 атм. Рассчитайте, какую плотность имеет венерианская атмосфера (96.5 об.% CO₂ и 3.5 об. % N₂) при данных условиях. Ответ дайте в г/л, округлив до десятых. При расчётах примите 1 атм = 10⁵ Па.

Решение:

Средняя молярная масса атмосферы Венеры:

$$\bar{M} = \sum_i (x_i * M_i) = \sum_i (\varphi_i * M_i) = 0.965 * 44 + 0.035 * 28 = 43.44 \text{ г/моль}$$

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 Венеры:

$$V_m = RT/p = 8.31 * (467 + 273) / (93.3 * 10^5) = 6.59 * 10^{-4} \text{ м}^3/\text{моль} = 0.659 \text{ л/моль.}$$

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

$$\rho = M/V_m = 43.44 \text{ г/моль} / 0.659 \text{ л/моль} = 65.9 \text{ г/л}$$

Ответ: 65.9 (20 баллов)

Задание 3.

Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном сливанием 250 мл 25%-го раствора соляной кислоты ($\rho = 1098 \text{ г/л}$) и 350 мл 20% раствора гидроксида натрия ($\rho = 1208 \text{ г/л}$). Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

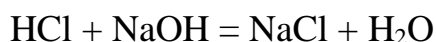
Решение:

$$m(\text{HCl}) = w * V * \rho = 0.25 * 0.25 * 1098 = 68.625 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = m/M = 68.625/36.5 = 1.88 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = w * V * \rho = 0.25 * 0.35 * 1208 = 105.7 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = m/M = 105.7/40 = 2.64 \text{ моль}$$



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

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{HCl}) = 1.88 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaCl}) = n * M = 1.88 * 58.5 = 109.98 \text{ г.}$$



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 1

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{p-ра HCl}) + m(\text{p-ра NaOH}) = V(\text{HCl}) \cdot \rho(\text{HCl}) + V(\text{NaOH}) \cdot \rho(\text{NaOH}) =$$

$$= 1098 \cdot 0.25 + 1208 \cdot 0.35 = 697.3 \text{ г.}$$

$$w = m(\text{NaCl}) / m(\text{p-ра}) \cdot 100\% = 109.98 \cdot 100 / 697.3 = 15.8\%.$$

Ответ: 15.8 (10 баллов)

Задание 4.

12.8 г неизвестного металла растворили в 200 г азотной кислоты. При этом выделилось 8.96 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 – NO_2 .

$$n(\text{NO}_2) = V / V_m = 8.96 / 22.4 = 0.4 \text{ моль}$$

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



Атомные массы металла для этих трёх случаев равны:

$$1) A(M) = m(M) / n(\text{NO}_2) = 12.8 / 0.4 = 32 \text{ – такого металла нет.}$$

$$2) A(M) = 2m(M) / n(\text{NO}_2) = 64 \text{ – это медь.}$$

3) $A(M) = 3m(M) / n(\text{NO}_2) = 96$ – такого металла нет (молибден при взаимодействии с азотной кислотой нитратов не образует).

Таким образом, неизвестный металл – медь.



$$n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Cu}) = m / M = 12.8 / 64 = 0.2 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n \cdot M = 0.2 \cdot 188 = 37.6 \text{ г.}$$

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{HNO}_3) + m(\text{Cu}) - m(\text{NO}_2) = m(\text{HNO}_3) + m(\text{Cu}) - n(\text{NO}_2) \cdot M = 200 + 12.8 - 0.4 \cdot 46 = 194.4 \text{ г.}$$

$$w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = m / m(\text{p-ра}) \cdot 100\% = 37.6 \cdot 100 / 194.4 = 19.3\%$$

Ответ: 19.3 (20 баллов)



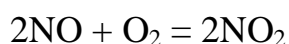
Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 1

Задание 5.

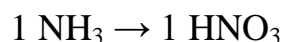
Рассчитайте массу 65%-го раствора азотной кислоты, полученной из 10 м³ аммиака, если выход продукта на первых двух стадиях составлял по 80%, а на третьей – 95% от теоретического. Ответ дайте в килограммах, округлив до десятых.

Решение:

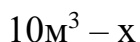
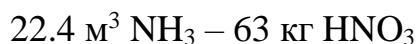
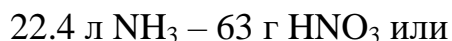
Стадии процесса синтеза азотной кислоты:



Суммарная схема процесса:



Согласно схеме,



$$m_{\text{теор}}(\text{HNO}_3) = x = 10 \cdot 63 / 22.4 = 28.125 \text{ кг}$$

$$m_{\text{практ}}(\text{HNO}_3) = m_{\text{теор}}(\text{HNO}_3) \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 28.125 \cdot 0.8 \cdot 0.8 \cdot 0.95 = 17.1 \text{ кг,}$$

где η_1, η_2, η_3 – выход продукта по каждой из стадий.

Масса 65% раствора азотной кислоты равна:

$$m(\text{р-ра}) = m_{\text{практ}}(\text{HNO}_3) / w = 17.1 / 0.65 = 26.3 \text{ кг}$$

Ответ: 26.3 (10 баллов)

Задание 6.

Навеску тетрабората натрия декагидрата массой 2.6843 г растворили и количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 200 мл. В колбы для титрования отобрали аликвотные части приготовленного раствора, равные 10.3 мл и оттитровали хлористоводородной кислотой, затратив на титрование 11.6 мл титранта. Рассчитайте концентрацию хлористоводородной кислоты (моль/л). Ответ дайте с точностью до тысячных.

Решение:





Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 1

Протоны (H^+) в растворах существуют в виде ионов гидроксония H_3O^+ , то есть соединяются с молекулами воды.

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

$f_{\text{эКВ}} \text{H}_3\text{O}^+ = 1$, эквивалентная частица H_3O^+

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

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

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

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

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

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

$c(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) = 2,6843 \text{ г} / (190,5 \text{ г/моль} \cdot 200 \cdot 10^{-3} \text{ л}) = 0,0705 \text{ моль/л}$

$c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(1/2\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) \cdot V_a / V_T = 0,0705 \text{ моль/л} \cdot 10,3 \text{ мл} / 11,6 \text{ мл} = 0,0626 \text{ моль/л}$

Ответ: 0.063 (10 баллов)

Задание 7.

Осуществите цепочку следующих превращений:

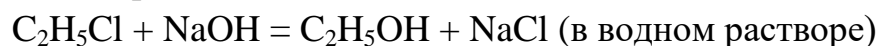


Определите органические вещества А – Г. В ответе укажите объём углекислого газа (л, н.у.), выделяющегося при сгорании 30 г вещества Г. Ответ округлите до десятых.

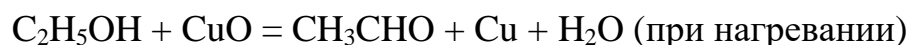
Решение:



А – хлорэтан $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$



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



В – ацетальдегид (этаналь) CH_3CHO

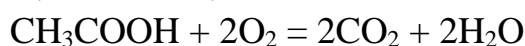


Г – уксусная (этановая) кислота CH_3COOH .



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 1

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = m/M = 30/60 = 0.5 \text{ моль}$$



$$n(\text{CO}_2) = 2n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0.5 \cdot 2 = 1.0 \text{ моль}$$

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

Ответ: 22.4 (10 баллов)

Задание 8.

Рассчитайте теплоту образования этанамина, если при сгорании 22.5 г этанамина выделилось 792.9 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.

Решение:

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

$$Q_C(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = Q_r \cdot 2 = 792.9 \cdot 2 = 1585.8 \text{ кДж/моль}$$



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

(теплоты образования простых веществ равны нулю).

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

Ответ: 47.5 (10 баллов)

Задание 9.

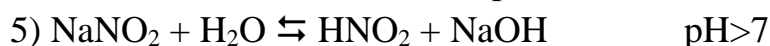
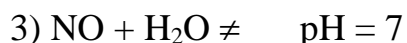
Выберите вещества, которые при растворении в воде дают щелочную среду. В ответе укажите номера этих соединений в порядке возрастания pH их раствора (при условии, что растворены одинаковые количества веществ) без пробелов (например, 5243).

1. карбонат натрия
2. гидроксид калия
3. оксид азота(II)
4. оксид бария
5. нитрит натрия
6. гидроксид бора



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 1

Решение:

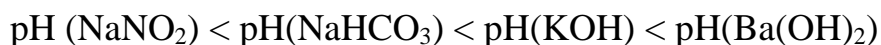


Гидроксид калия и гидроксид бария – сильные основания, в их растворах pH будет максимальным. Так как при диссоциации гидроксида бария образуется два гидроксид иона, а при диссоциации гидроксида калия – один, pH раствора гидроксида бария будет больше при одинаковых концентрациях этих гидроксидов.

Протолиз карбоната и нитрита обратим. Константа гидролиза для карбоната

$(K_r = K_b/K_k(\text{HCO}_3^-) = 10^{-14}/10^{-11} = 10^{-3})$ больше константы гидролиза для нитрита $(K_r = K_b/K_k(\text{HNO}_2) = 10^{-14}/5 \cdot 10^{-4} = 2 \cdot 10^{-11})$, поэтому pH в растворе карбоната будет больше, чем в растворе нитрита.

Таким образом,



Ответ: 5124 (10 баллов)