



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 7

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 В имеет $\text{pH} < 7$, pH водного раствора А > 7 , Б в воде практически не растворимо. Эквимолярные количества трёх газов пропустили через 500 мл воды, объём газа при этом уменьшился до 11.2 л. Рассчитайте массовую долю вещества в полученном растворе. Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

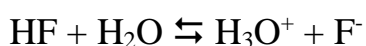
Решение:

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 В – HF .

Соединение А – 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 эквимолярных 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:



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

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

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NH}_4\text{F}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NH}_4\text{F}) = 1 \cdot 500 + 18.5 = 518.5 \text{ г.}$$



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 7

$$w(\text{NH}_4\text{F}) = m(\text{NH}_4\text{F}) / m(\text{p-ра}) * 100\% = 18.5 * 100 / 518.5 = 3.6\%.$$

Ответ: 3.6 (10 баллов)

Задание 2.

Средняя температура на поверхности Венеры равна 467 °С, а атмосферное давление при данной температуре составляет 93.3 атм. Рассчитайте, во сколько раз плотность земной атмосферы (78.1 об.% N₂, 20.9 об.% O₂ и 1 об. % Ar) при данных условиях была бы больше плотности воздуха на Земле в настоящее время (1.2 г/л). Ответ округлите до десятых. При расчётах примите 1 атм = 10⁵ Па.

Решение:

Средняя молярная масса атмосферы Земли:

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

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 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:

$$\rho = M/V_m = 28.96 \text{ г/моль} / 0.659 \text{ л/моль} = 43.9 \text{ г/л} - \text{плотность земного воздуха при венерианских условиях}.$$

Отношение плотностей:

$$\rho(\text{на Венере})/\rho(\text{на Земле}) = 43.9/1.2 = 36.6$$

Плотность земной атмосферы при венерианских условиях больше плотности воздуха на Земле в 36.6 раза.

Ответ: 36.6 (20 баллов)



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 7

Задание 3.

Рассчитайте массовую долю соли в растворе, полученном сливанием 75 мл 30%-го раствора серной кислоты ($\rho = 1218$ г/л) и 150 мл 15% раствора гидроксида натрия ($\rho = 1164$ г/л). Ответ дайте в процентах, округлив до сотых.

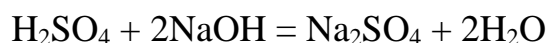
Решение:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = w \cdot V \cdot \rho = 0.3 \cdot 0.075 \cdot 1218 = 27.405 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m/M = 27.405/98 = 0.28 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = w \cdot V \cdot \rho = 0.15 \cdot 0.15 \cdot 1164 = 26.19 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = m/M = 26.19/40 = 0.65 \text{ моль}$$



В недостатке – H_2SO_4 ($n(\text{H}_2\text{SO}_4) < n(\text{NaOH})/2$), расчёт будем вести по нему.

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.28 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0.28 \cdot 142 = 39.76 \text{ г.}$$

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{p-ра } \text{H}_2\text{SO}_4) + m(\text{p-ра } \text{NaOH}) = V(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho(\text{H}_2\text{SO}_4) + V(\text{NaOH}) \cdot \rho(\text{NaOH}) = 1218 \cdot 0.075 + 1164 \cdot 0.15 = 265.95 \text{ г.}$$

$$w = m(\text{Na}_2\text{SO}_4)/m(\text{p-ра}) \cdot 100\% = 39.76 \cdot 100/265.95 = 14.95\%.$$

Ответ: 14.95 (10 баллов)

Задание 4.

2.6 г неизвестного металла растворили в 200 г серной кислоты при нагревании. При этом выделилось 0.224 л газа с плотностью по водороду, равной 17. Определите массовую долю соли в полученном растворе. Ответ дайте в процентах, округлив до десятых.

Решение:

Молярная масса газа равна:

$$M = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 17 \cdot 2 = 34.$$

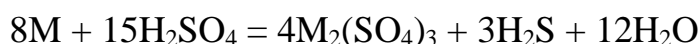
Следовательно, газ – H_2S .

$$n(\text{H}_2\text{S}) = V/V_m = 0.224/22.4 = 0.01 \text{ моль}$$



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 7

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



Атомные массы металла для этих трёх случаев равны:

1) $A(M) = m(M) / 8n(H_2S) = 2.6 / (8 * 0.01) = 32.5$ – такого металла нет.

2) $A(M) = m(M) / 4n(NO_2) = 2.6 / (4 * 0.01) = 65$ – это цинк.

3) $A(M) = 3m(M) / 8n(NO_2) = 97.5$ – такого металла нет.

Таким образом, неизвестный металл – цинк.



$$n(ZnSO_4) = n(Zn) = m/M = 2.6/65 = 0.04 \text{ моль.}$$

$$m(ZnSO_4) = n * M = 0.04 * 161 = 6.44 \text{ г.}$$

$$m(p-pa) = m(H_2SO_4) + m(Zn) - m(H_2S) = m(H_2SO_4) + m(Zn) - n(H_2S) * M =$$
$$= 200 + 2.6 - 0.01 * 34 = 202.26 \text{ г.}$$

$$w(ZnSO_4) = m/m(p-pa) * 100\% = 6.44 * 100 / 202.26 = 3.2\%$$

Ответ: 3.2 (20 баллов)

Задание 5.

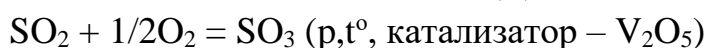
Рассчитайте массу 98% раствора серной кислоты, полученного из 5 т породы, содержащей 85% пирита, если выход продукта на первых двух стадиях синтеза составлял по 85%, а на третьей – 100% от теоретического. Ответ дайте в тоннах, округлив до десятых.

Решение:

Масса пирита:

$$m(FeS_2) = m(\text{породы}) * w = 5 * 0.85 = 4.25 \text{ т}$$

Стадии процесса синтеза серной кислоты:

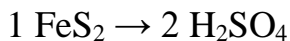


$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$ (в реальном производстве триоксид серы поглощают раствором серной кислоты, получая олеум – смесь полисерных кислот).

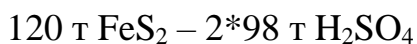


Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 7

Суммарная схема процесса:



Согласно схеме,



$$4.25 \text{ т} - x$$

$$m_{\text{теор}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = x = 4,25 \cdot 2 \cdot 98 / 120 = 6.94 \text{ т.}$$

С учётом выхода продукта:

$$m_{\text{практ}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_{\text{теор}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 6.94 \cdot 0.85 \cdot 0.85 = 5.01 \text{ т}$$

где η_1, η_2 – выход продукта по первым двум стадиям.

Масса 98%-го раствора:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_{\text{практ}}(\text{H}_2\text{SO}_4) / w = 5.01 / 0.98 = 5.1 \text{ т}$$

Ответ: 5.1 (10 баллов)

Задание 6.

Навеску тетрабората натрия декагидрата массой 4.2873 г растворили и количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 200 мл. В колбы для титрования отобрали аликвотные части приготовленного раствора, равные 13.2 мл и оттитровали хлористоводородной кислотой, затратив на титрование 15.6 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.

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

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

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

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

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



Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 7

$$c(\frac{1}{2}B_4O_7^{2-}) = c(\frac{1}{2}Na_2B_4O_7) = c(\frac{1}{2}Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = \\ = m(\frac{1}{2}Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) / (Mr(\frac{1}{2} Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) \cdot V_{\text{колбы}}) \\ Mr(\frac{1}{2}Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = \frac{1}{2}Mr(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = \frac{1}{2} \cdot 381 \text{ г/моль} = 190,5$$

г/моль

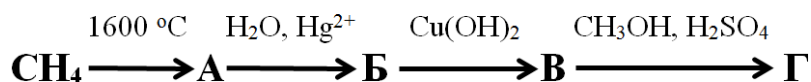
$$c(\frac{1}{2}B_4O_7^{2-}) = 4.2873 \text{ г} / (190,5 \text{ г/моль} \cdot 200 \cdot 10^{-3} \text{ л}) = 0,1125 \text{ моль/л} \\ c(H_3O^+) = c(\frac{1}{2}B_4O_7^{2-}) \cdot V_a / V_T = 0,1125 \text{ моль/л} \cdot 13,2 \text{ мл} / 15,6 \text{ мл} = 0,0952$$

моль/л

Ответ: 0.095 (10 баллов)

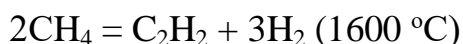
Задание 7.

Осуществите цепочку следующих превращений:



Определите органические вещества А – Г. В ответе укажите объём углекислого газа (л, н.у.), выделяющегося при сгорании 37 г вещества Г. Ответ округлите до десятых.

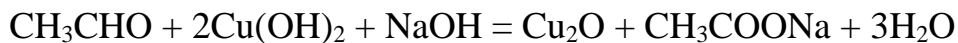
Решение:



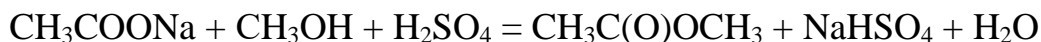
А – ацетилен (этин) C_2H_2



Б – ацетальдегид (этаналь) CH_3CHO

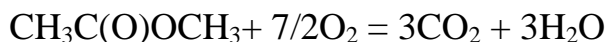


В – ацетат натрия CH_3COONa



Г – метилацетат $CH_3C(O)OCH_3$

$$n(CH_3C(O)OCH_3) = m/M = 37/74 = 0.5 \text{ моль}$$



$$n(CO_2) = 3n(CH_3C(O)OCH_3) = 0.5 \cdot 3 = 1.5 \text{ моль}$$

$$V(CO_2) = n \cdot V_m = 1.5 \cdot 22.4 = 33.6 \text{ л.}$$

Ответ: 33.6 (10 баллов)

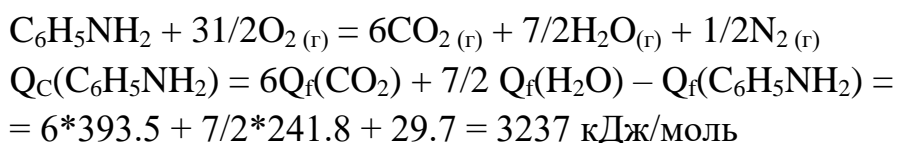


Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 7

Задание 8.

Рассчитайте, сколько теплоты выделится при сгорании 46.5 г анилина, если теплоты образования анилина, воды и углекислого газа составляют -29.7, +393.5 и +241.8 кДж/моль соответственно. Ответ дайте в кДж, округлив до десятых.

Решение:



(теплоты образования простых веществ равны нулю).

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

$$Q_{\text{г}} = Q_{\text{с}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) \cdot n = 3237 \cdot 0.5 = 1618.5 \text{ кДж}$$

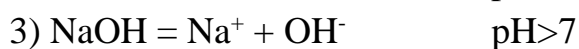
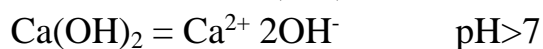
Ответ: 1618.5 (10 баллов)

Задание 9.

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

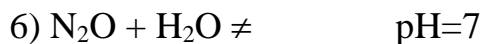
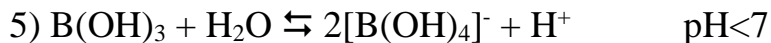
1. сульфит натрия
2. оксид кальция
3. гидроксид натрия
4. сульфид натрия
5. гидроксид бора
6. оксид азота (I)

Решение:





Многопрофильная
олимпиада РТУ МИРЭА
Отборочный этап
Химия 11 класс
Вариант № 7

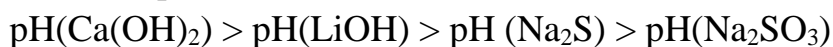


Гидроксид натрия и гидроксид кальция – сильные основания, в их растворах pH будет максимальным. Так как при диссоциации гидроксида кальция образуется два гидроксид иона, а при диссоциации гидроксида натрия – один, pH раствора гидроксида кальция будет больше при одинаковых концентрациях этих гидроксидов.

Протолиз сульфида и сульфита обратим. Константа гидролиза для сульфида

$(K_{\Gamma} = K_{\text{в}}/K_{\text{к}}(\text{HS}^-) = 10^{-14}/10^{-13} = 10^{-1})$ больше константы гидролиза для сульфита $(K_{\Gamma} = K_{\text{в}}/K_{\text{к}}(\text{HSO}_3^-) \sim 10^{-14}/10^{-7} = 10^{-7})$, поэтому pH в растворе сульфида будет больше, чем в растворе сульфита.

Таким образом,



Ответ: 2341 (10 баллов)