

Олимпиада по химии «Покори Воробьевы горы!» - 2011
Решения заданий очного тура 11 класс
Вариант 5 г. Москва

1. Напишите электронную конфигурацию атома в невозбуждённом состоянии, у которого общее количество s-электронов равно общему количеству d-электронов.

Ответ: Ni $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$.
Sr $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2$.

2. В сосуде объёмом 13.44 л при 0 °С смешали 25.6 г иодоводорода, 6 г водорода и 15.5 г метиламина. Определите давление газа в сосуде.

Решение:

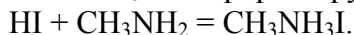
Начальные количества газов равны:

$$\nu(\text{HI}) = 25.6 / 128 = 0.2 \text{ моль},$$

$$\nu(\text{H}_2) = 6 / 2 = 3 \text{ моль},$$

$$\nu(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 15.5 / 31 = 0.5 \text{ моль}.$$

После смешения 0.2 моль HI и 0.2 моль CH_3NH_2 прореагируют с образованием соли:



В сосуде останется 0.3 моль CH_3NH_2 и 3 моль H_2 , всего 3.3 моль газов.

$$\text{Давление в сосуде будет равно } p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{3.3 \cdot 8.31 \cdot 273}{13.44} = 557 \text{ кПа} = 5.5 \text{ атм}.$$

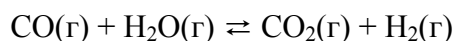
Ответ: 5.5 атм.

3. Константа равновесия реакции $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$ при некоторой температуре равна 2.0. Рассчитайте массу воды, которую нужно добавить в сосуд объёмом 50 л, содержащий 70 г CO и 5 г H_2 , чтобы после установления равновесия степень превращения CO в CO_2 составила 60%.

Решение:

Исходные концентрации веществ равны:

$$[\text{CO}] = \frac{70}{28 \cdot 50} = 0.05 \text{ моль/л}, [\text{H}_2] = \frac{5}{2 \cdot 50} = 0.05 \text{ моль/л}, [\text{H}_2\text{O}] = a \text{ моль/л}.$$



Исходные конц. 0.05 a 0 0.05

Равновесн. конц. 0.05-x a-x x 0.05+x

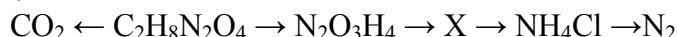
По условию $x = 0.6 \cdot [\text{CO}] = 0.6 \cdot 0.05 = 0.03 \text{ моль/л}$. Тогда

$$K = \frac{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = \frac{0.03 \cdot (0.05 + 0.03)}{(0.05 - 0.03) \cdot (a - 0.03)} = 2,$$

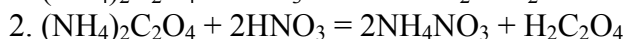
откуда $a = 0.09 \text{ моль/л}$. Следовательно, $m(\text{H}_2\text{O}) = 0.09 \cdot 18 \cdot 50 = 81 \text{ г}$.

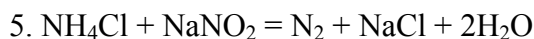
Ответ: 81 г H_2O .

4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



Решение:



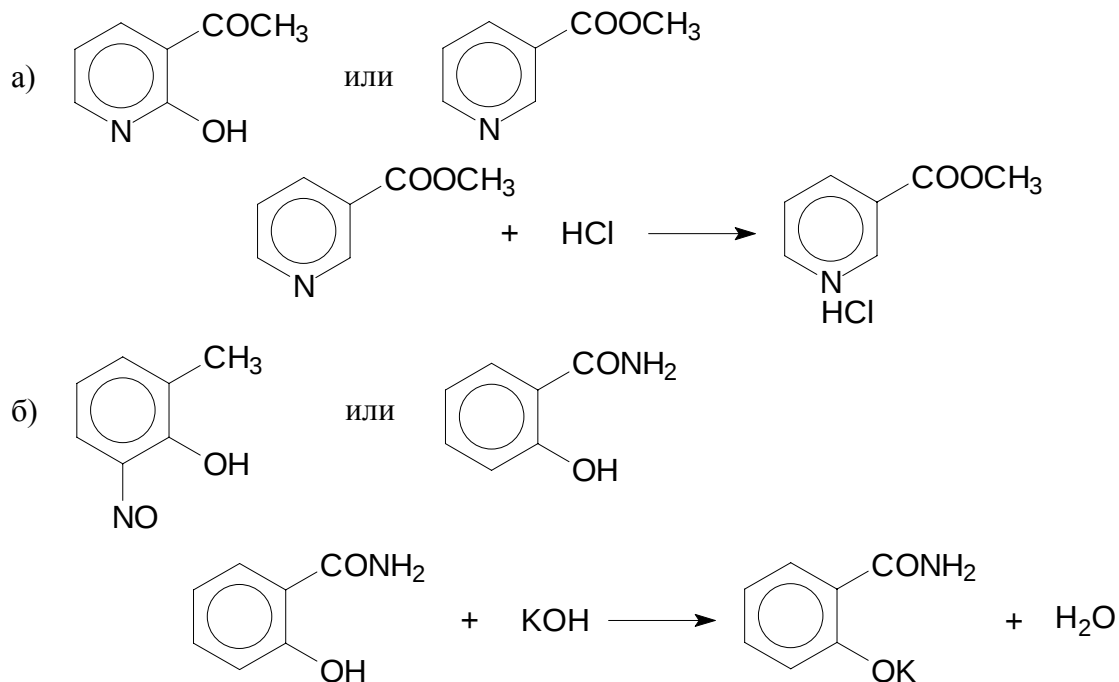


5. Изобразите структурную формулу изомера 4-аминобензойной кислоты, который:

- а) не реагирует с раствором NaHCO_3 , но реагирует с разбавленным раствором HCl ,
 б) не реагирует с разбавленным раствором H_2SO_4 , но реагирует с разбавленным раствором KOH .

Напишите уравнения соответствующих реакций.

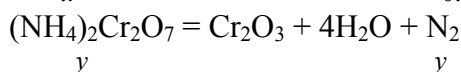
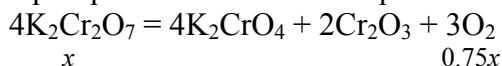
Решение:



6. При прокаливании навески смеси дихроматов калия и аммония выделился газ с плотностью, равной плотности воздуха (25°C), а при обработке такой же навески соляной кислотой, взятой в избытке, выделился газ объемом 488.9 мл (25°C , 1 атм). Определите массу навески и состав исходной смеси в массовых процентах.

Решение:

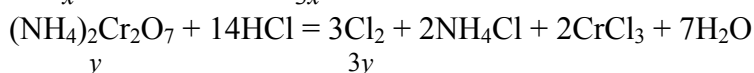
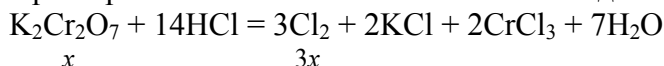
При прокаливании смеси протекают реакции:



Выделившаяся смесь газов состоит из кислорода и азота. Поскольку плотность газа равна плотности воздуха, то $M(\text{газа}) = 29$ г/моль. Следовательно,

$$\frac{0.75x \cdot 32 + y \cdot 28}{0.75x + y} = 29, \text{ или } y = 2.25x.$$

При обработке смеси соляной кислотой выделяется хлор:



Общее количество выделившегося хлора равно

$$v(\text{Cl}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.4889}{8.314 \cdot 298} = 0.020 \text{ моль.}$$

Следовательно,

$$3x + 3y = 0.020.$$

Решением этой системы уравнений является

$$x = 0.00205,$$

$$y = 0.00461.$$

Исходные массы веществ равны:

$$m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 294x = 0.603 \text{ г.}$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 252y = 1.163 \text{ г.}$$

$$m(\text{навески}) = 1.766 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 34.15 \%$$

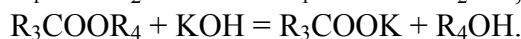
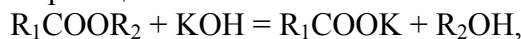
$$\omega((\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 65.85 \%$$

Ответ: $m(\text{навески}) = 1.766 \text{ г}$, $\omega(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 34.15 \%$, $\omega((\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 65.85 \%$.

7. Для полного гидролиза 7.19 г смеси двух сложных эфиров потребовалось 80 г 7 %-ного раствора гидроксида калия. При добавлении к такому же количеству смеси избытка аммиачного раствора оксида серебра выделилось 3.24 г осадка. Определите строение сложных эфиров и их содержание в исходной смеси в мольных процентах.

Решение:

Гидролиз эфиров описывается реакциями:

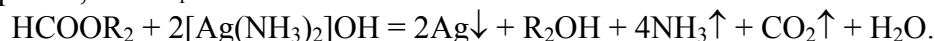


Количество гидроксида калия равно

$$\nu(\text{KOH}) = 80 \cdot 0.07 / 56 = 0.1 \text{ моль.}$$

Следовательно, общее количество эфиров равно 0.1 моль.

Поскольку при добавлении аммиачного раствора оксида серебра выделяется Ag, то один из эфиров – формиат, т. е. $\text{R}_1 = \text{H}$:



Количество выделившегося серебра равно

$$\nu(\text{Ag}) = 3.24 / 108 = 0.03 \text{ моль.}$$

Количество 1-го эфира (формиата) равно $\nu_1 = \nu(\text{Ag}) / 2 = 0.015 \text{ моль.}$

Количество 2-го эфира равно $\nu_2 = 0.1 - 0.015 = 0.085 \text{ моль.}$

Количества эфиров ν_1 и ν_2 и их молярные массы M_1 и M_2 связаны с их общей массой уравнением:

$$\nu_1 \cdot M_1 + \nu_2 \cdot M_2 = m,$$

или

$$0.015 \cdot M_1 + 0.085 \cdot M_2 = 7.19.$$

Если $\text{R}_2 = \text{CH}_3$, то $M_1 = 60 \text{ г/моль}$, тогда $M_2 = 74 \text{ г/моль}$, т. е. $\text{R}_3 = \text{CH}_3$, $\text{R}_4 = \text{CH}_3$.

Других вариантов решения нет, потому что если $\text{R}_2 > \text{CH}_3$, то $\text{R}_3 < \text{CH}_3$ или $\text{R}_4 < \text{CH}_3$, что не соответствует условиям задачи.

Следовательно, 1-й эфир – HCOOCH_3 , 2-й эфир – $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$.

$$\varphi(\text{HCOOCH}_3) = 0.015 / 0.1 = 15 \%, \varphi(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 0.085 / 0.1 = 85 \%,$$

Ответ: 15 % HCOOCH_3 , 85 % $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$.