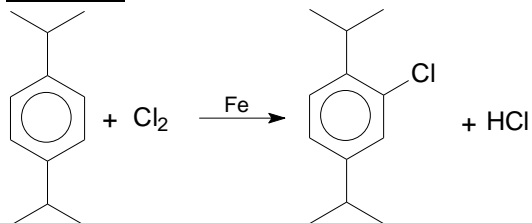


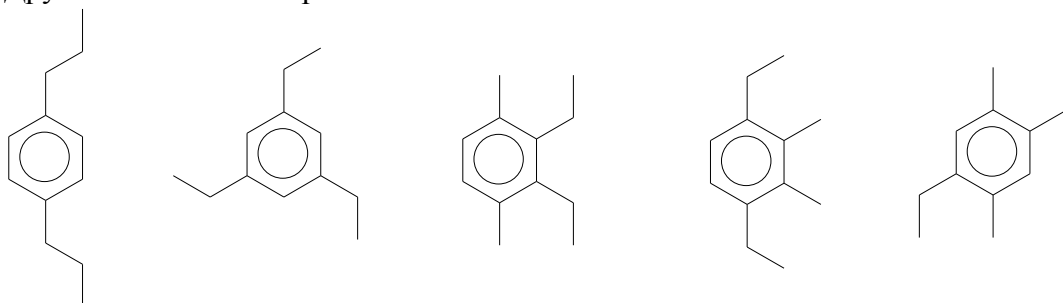
Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы» - 2013
Вариант 6

1.9. Приведите структурную формулу ароматического углеводорода $C_{12}H_{18}$, который при хлорировании в присутствии железа даёт только один продукт формулы $C_{12}H_{17}Cl$. Напишите уравнение данной реакции. (6 баллов)

Решение:



Другие возможные варианты:



2.17. Масса одной «молекулы» тригидрата нитрата двухвалентного металла равна $4.02 \cdot 10^{-22}$ г. Сколько электронов содержит 1 моль этого соединения? (8 баллов)

Решение:

Формула кристаллогидрата $Me(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$

$$M(Me(NO_3)_2 \cdot 3H_2O) = m \cdot N_A = 4.02 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 242 \text{ г/моль}$$

$$M(Me) = 242 - 2 \cdot 62 - 3 \cdot 18 = 64 \text{ г/моль (Me = Cu)}$$

$$\Rightarrow Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$$

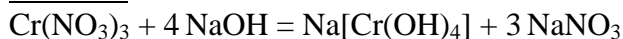
$$v(\bar{e}) = (29 + 2 \cdot 7 + 6 \cdot 8 + 3 \cdot 10) = 121 \text{ моль}$$

$$N(\bar{e}) = v(\bar{e}) \cdot N_A = 7.28 \cdot 10^{25}$$

Ответ: 121 моль, или $7.28 \cdot 10^{25}$.

3.4. Смесь нитратов хрома (III) и серебра растворили в 100 мл воды и разделили на две равные части. К первой добавили избыток раствора гидроксида натрия, при этом выпал осадок массой 3 г. При добавлении ко второй части избытка раствора аммиака масса выпавшего осадка составила 4 г. Определите массовые доли солей в исходном растворе. (12 баллов)

Решение:

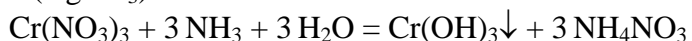


$$m(Ag_2O) = 3 \text{ г}$$

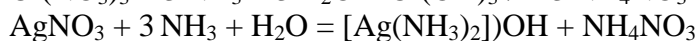
В исходном растворе:

$$v(AgNO_3) = 4v(Ag_2O) = \frac{4 \cdot 3}{232} = 0.0517 \text{ моль}$$

$$m(AgNO_3) = 0.0517 \cdot 170 = 8.79 \text{ г}$$



$$m(Cr(OH)_3) = 4 \text{ г}$$



В исходном растворе:

$$v(Cr(NO_3)_3) = 2v(Cr(OH)_3) = \frac{2 \cdot 4}{103} = 0.0777 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 0.0777 \cdot 238 = 18.5 \text{ г}$$

Масса исходного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) + m(\text{AgNO}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) = 8.79 + 18.5 + 100 = 127.4 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 14.5 \%$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = 6.9 \%$$

Ответ: $\omega(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 14.5 \%$, $\omega(\text{AgNO}_3) = 6.9 \%$.

4.5. Сосуд объёмом 4.50 л, содержащий 2.84 г Cl_2 , нагрели до 2200 К. После достижения равновесия давление в сосуде оказалось равно 2.30 атм. Считая газы идеальными, рассчитайте константу равновесия K_p , выраженную через парциальные давления участников реакции, при 2200 К для реакции



Решение:

	$\text{Cl}_2 (\text{г}) =$	$2\text{Cl} (\text{г})$	
Исходное количество:	n	0	
Равновесное количество:	$n - x$	$2x$	Всего: $n + x$
Равновесная молярная доля:	$\frac{n - x}{n + x}$	$\frac{2x}{n + x}$	

$$n(\text{Cl}_2) = 2.84 / 71 = 0.04 \text{ моль.}$$

Парциальные давления равны:

$$p(\text{Cl}_2) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p \text{ и } p(\text{Cl}) = \frac{2x}{n + x} \cdot p, \text{ где } p - \text{ общее давление.}$$

Общее давление газов равно

$$p = \frac{(n + x)RT}{V},$$

или $2.30 \cdot 101.325 = \frac{(0.04 + x) \cdot 8.31 \cdot 2200}{4.50},$

откуда $x = 0.00173$.

Парциальные давления равны:

$$p(\text{Cl}_2) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p = \frac{0.04 - 0.00173}{0.04 + 0.00173} \cdot 2.30 = 0.909 \text{ атм} (= 92.1 \text{ кПа})$$

$$p(\text{Cl}) = \frac{2x}{n + x} \cdot p = \frac{2 \cdot 0.00173}{0.04 + 0.00173} \cdot 2.30 = 1.39 \text{ атм} (= 141 \text{ кПа}).$$

Константа равновесия реакции равна

$$K_p = \frac{p_{\text{Cl}}^2}{p_{\text{Cl}_2}} = \frac{1.39^2}{0.909} = 2.13 \text{ атм} (= 215 \text{ кПа})$$

Возможное альтернативное решение:

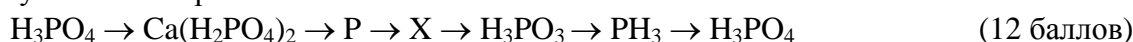
Можно не вычислять парциальные давления Cl_2 и Cl , а подставить выражения для них в выражение для константы равновесия. Тогда получим

$$K_p = \frac{p_{\text{Cl}}^2}{p_{\text{Cl}_2}} = \frac{\left(\frac{2x}{n + x} \cdot p\right)^2}{\frac{n - x}{n + x} \cdot p} = \frac{4x^2}{(n - x)(n + x)} \cdot p.$$

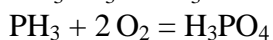
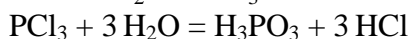
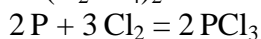
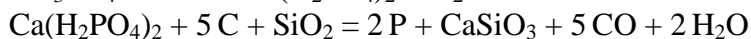
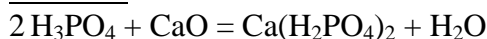
Подставляя x , n и p , получаем $K_p = 2.13 \text{ атм} (= 215 \text{ кПа})$.

Ответ: $K_p = 2.13 \text{ атм} (= 215 \text{ кПа})$.

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

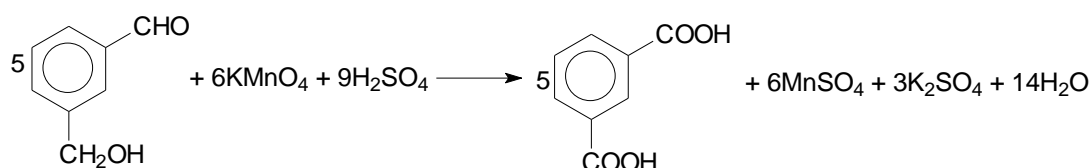
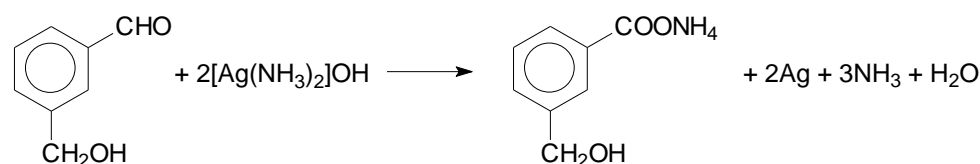
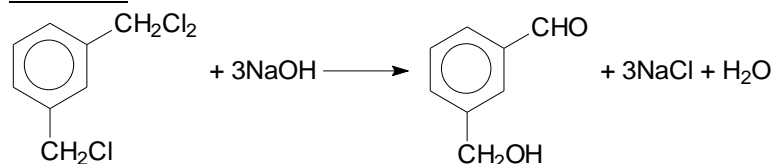


Решение:



6.15. Неизвестное вещество X состава $\text{C}_8\text{H}_7\text{Cl}_3$ реагирует с водным раствором гидроксида натрия, при этом образуется вещество Y, которое взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра. Y обесцвечивает горячий подкисленный раствор перманганата калия, превращаясь в изофталевую (1,3-бензолдикарбоновую) кислоту. Установите строение X и Y, напишите уравнения упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение:



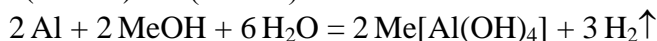
7.11. При полном растворении 2.13 г соединения щелочного металла с кислородом в воде при нагревании выделился газ и образовалось 300 мл раствора с $\text{pH} = 13$. К полученному раствору добавили избыток алюминия. Объем выделившегося при этом газа оказался в 2 раза больше объема первого газа (в одинаковых условиях). Установите формулу исходного соединения. (16 баллов)

Решение:

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 1$$

$$C(\text{MeOH}) = [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-1} \text{ моль/л}$$

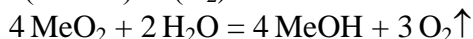
$$v(\text{MeOH}) = C(\text{MeOH}) \cdot V = 0.1 \cdot 0.3 = 0.03 \text{ моль}$$



$$v(\text{H}_2) = 1.5 \cdot v(\text{MeOH}) = 0.045 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}_2) = v(\text{H}_2) / 2 = 0.0225 \text{ моль}$$

$$v(\text{MeOH}) / v(\text{O}_2) = 4 / 3 \Rightarrow$$



$$M(\text{MeO}_2) = 2.13 / 0.03 = 71 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = 71 - 16 \cdot 2 = 39 \text{ г/моль}$$

$$\text{Me} = \text{K}$$

Ответ: KO_2 .

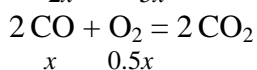
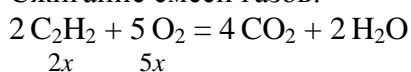
8.10. Для сжигания некоторого количества смеси ацетилен и оксида углерода (II), в которой число атомов углерода в 1.25 раза больше числа атомов водорода, требуется 6.4 л воздуха (25°C , 1 атм). Это же количество данной газовой смеси пропустили в избыток аммиачного раствора оксида серебра. Выпавший осадок отделили и растворили в 73 мл

60 %-ного раствора азотной кислоты (плотность 1.37 г/мл). Определите массовые доли веществ в полученном растворе. (18 баллов)

Решение:

Смесь состоит из C_2H_2 и CO в соотношении 2 : 1.

Сжигание смеси газов:

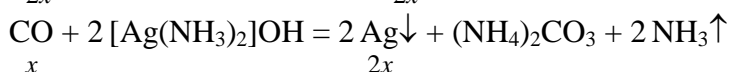
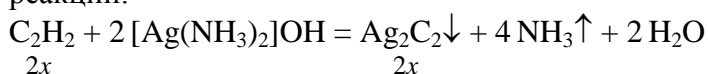


$$v(\text{воздуха}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 6.4}{8.31 \cdot 298} = 0.262 \text{ моль}$$

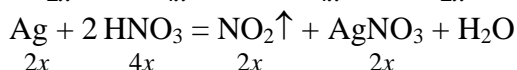
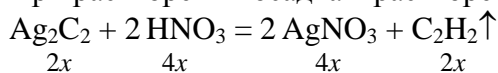
$$v(O_2) = n(\text{воздуха}) \cdot 0.21 = 0.055 \text{ моль}$$

$$v(O_2) = 5.5x, \text{ или } 0.055 = 5.5x, \text{ откуда } x = 0.01 \text{ моль}$$

При пропускании газов через аммиачный раствор оксида серебра протекают следующие реакции:



При растворении осадка в растворе азотной кислоты протекает следующая реакция:



Масса конечного раствора

$$\begin{aligned} m(\text{конечн. р-ра}) &= m(\text{исх. р-ра}) + m(Ag) + m(Ag_2C_2) - m(NO_2) - m(C_2H_2) = \\ &= 73 \cdot 1.37 + 2x \cdot 108 + 2x \cdot 240 - 2x \cdot 46 - 2x \cdot 26 = \\ &= 100 + 0.02 \cdot 108 + 0.02 \cdot 240 - 0.02 \cdot 46 - 0.02 \cdot 26 = 105.5 \text{ г} \end{aligned}$$

Количество HNO_3 в конечном растворе

$$n(HNO_3) = \frac{73 \cdot 1.37 \cdot 0.60}{63} - 8x = 0.952 - 0.08 = 0.872 \text{ моль}$$

Количество $AgNO_3$ в конечном растворе

$$v(AgNO_3) = 6x = 0.06 \text{ моль}$$

$$\omega(HNO_3) = \frac{0.872 \cdot 63}{105.5} = 52.1 \%$$

$$\omega(AgNO_3) = \frac{0.06 \cdot 170}{105.5} = 9.67 \%$$

Ответ: $\omega(HNO_3) = 52.1 \%$, $\omega(AgNO_3) = 9.67 \%$.