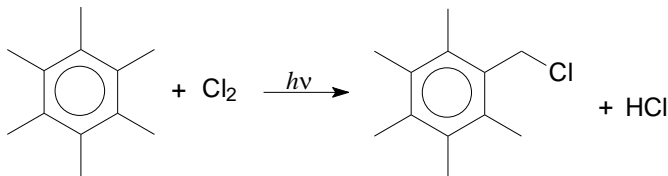


Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы» - 2013
Вариант 5

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

Решение:



2.1. Масса одной «молекулы» гептагидрата сульфата двухвалентного металла равна $4.618 \cdot 10^{-22}$ г. Сколько электронов содержит 1 моль этого соединения? (8 баллов)

Решение:

Формула кристаллогидрата $\text{MeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

$$M(\text{MeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = m \cdot N_A = 4.618 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 278 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = 278 - 96 - 7 \cdot 18 = 56 \text{ г/моль (Me = Fe)}$$

$$\Rightarrow \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

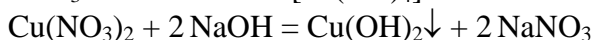
$$\nu(\bar{e}) = (26 + 16 + 8 \cdot 4 + 7 \cdot 10) = 144 \text{ моль}$$

$$N(\bar{e}) = \nu(\bar{e}) \cdot N_A = 8.67 \cdot 10^{25}$$

Ответ: 144 моль, или $8.67 \cdot 10^{25}$.

3.3. Смесь хлорида хрома (III) и нитрата меди (II) растворили в 50 мл воды и разделили на две равные части. К первой добавили избыток раствора гидроксида натрия, при этом выпал осадок массой 2 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:

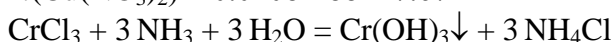


$$m(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 2 \text{ г}$$

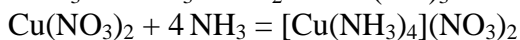
В исходном растворе:

$$\nu(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 2\nu(\text{Cu}(\text{OH})_2) = \frac{2 \cdot 2}{98} = 0.0408 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0.0408 \cdot 188 = 7.67 \text{ г}$$



$$m(\text{Cr}(\text{OH})_3) = 4 \text{ г}$$



В исходном растворе:

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

$$m(\text{CrCl}_3) = 0.0777 \cdot 158.5 = 12.3 \text{ г}$$

Масса исходного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) + m(\text{CrCl}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) = 7.67 + 12.3 + 50 = 70.0 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CrCl}_3) = 17.6 \%$$

$$\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 11.0 \%$$

Ответ: $\omega(\text{CrCl}_3) = 17.6 \%$, $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 11.0 \%$.

4.6. Сосуд объёмом 4.80 л, содержащий 3.55 г Cl_2 , нагрели до 1900 К. После достижения равновесия давление в сосуде оказалось равно 1.90 атм. Считая газы идеальными,

рассчитайте константу равновесия K_p , выраженную через парциальные давления участников реакции, при 1900 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 мольная доля:	$\frac{n - x}{n + x}$	$\frac{2x}{n + x}$	

$$n(\text{Cl}_2) = 3.55 / 71 = 0.05 \text{ моль.}$$

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

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

$$\text{или } 1.90 \cdot 101.325 = \frac{(0.05 + x) \cdot 8.31 \cdot 1900}{4.80},$$

откуда $x = 0.00850$.

Парциальные давления равны:

$$p(\text{Cl}_2) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p = \frac{0.05 - 0.00850}{0.05 + 0.00850} \cdot 1.90 = 1.35 \text{ атм (= 137 кПа)}$$

$$p(\text{Cl}) = \frac{2x}{n + x} \cdot p = \frac{2 \cdot 0.00850}{0.05 + 0.00850} \cdot 1.90 = 0.552 \text{ атм (= 55.9 кПа).}$$

Константа равновесия реакции равна

$$K_p = \frac{p_{\text{Cl}}^2}{p_{\text{Cl}_2}} = \frac{0.552^2}{1.35} = 0.226 \text{ атм (= 22.9 кПа)}$$

Возможное альтернативное решение:

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

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

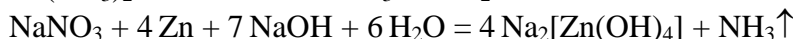
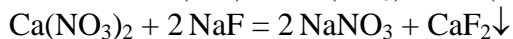
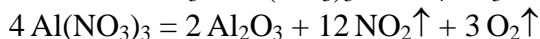
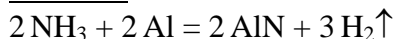
Подставляя x , n и p , получаем $K_p = 0.226 \text{ атм (= 22.9 кПа)}$.

Ответ: $K_p = 0.226 \text{ атм (= 22.9 кПа)}$.

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

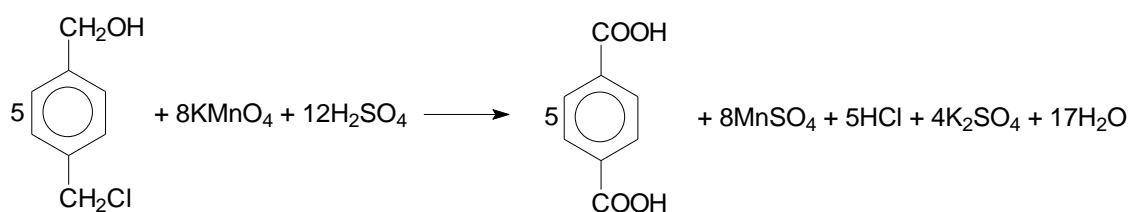
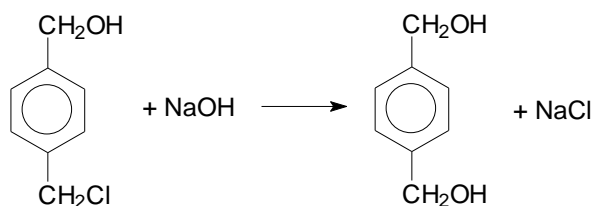
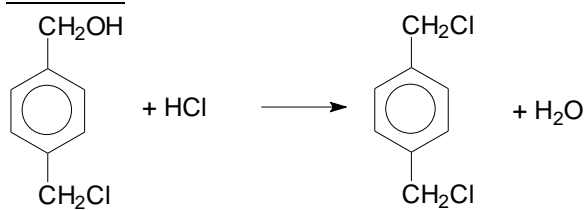


Решение:

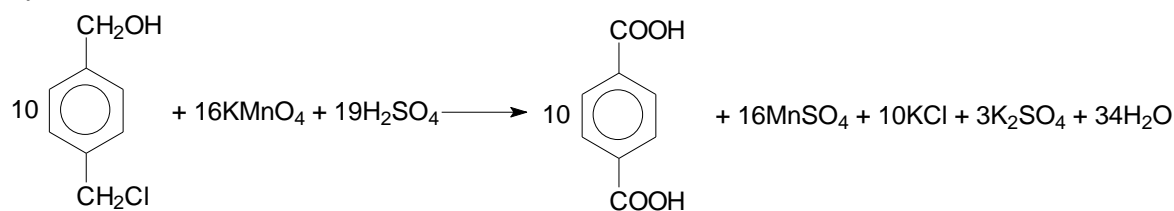


6.14. Неизвестное вещество X состава C_8H_9OCl реагирует как с соляной кислотой, так и с водным раствором гидроксида натрия. X обесцвечивает горячий подкисленный раствор перманганата калия, превращаясь в терефталевую (1,4-бензолдикарбоновую) кислоту. Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение:



или



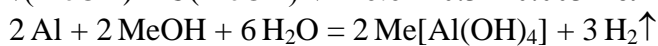
7.8. При полном растворении 0.543 г соединения щелочного металла с кислородом в воде при нагревании выделился газ и образовалось 300 мл раствора с $\text{pH} = 12$. К полученному раствору добавили избыток алюминия. Объем выделившегося при этом газа оказался на 16.8 мл (н. у.) больше объема первого газа. Установите формулу исходного соединения. (16 баллов)

Решение:

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 2$$

$$C(\text{MeOH}) = [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-2} \text{ моль/л}$$

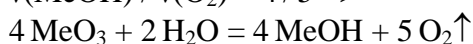
$$v(\text{MeOH}) = C(\text{MeOH}) \cdot V = 0.01 \cdot 0.3 = 0.003 \text{ моль}$$



$$v(\text{H}_2) = 1.5 \cdot v(\text{MeOH}) = 0.0045 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}_2) = v(\text{H}_2) - 0.0168 / 22.4 = 0.00375 \text{ моль}$$

$$v(\text{MeOH}) / v(\text{O}_2) = 4 / 5 \Rightarrow$$



$$M(\text{MeO}_3) = 0.543 / 0.00375 = 181 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = 181 - 16 \cdot 3 = 133 \text{ г/моль}$$

$$\text{Me} = \text{Cs}$$

Ответ: CsO_3 .

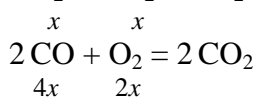
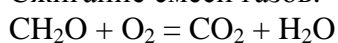
8.9. Для сжигания некоторого количества смеси формальдегида и оксида углерода (II), в которой число атомов углерода в 2.5 раза больше числа атомов водорода, требуется 7.0 л воздуха (25°C , 1 атм). Это же количество данной газовой смеси пропустили в избыток

аммиачного раствора оксида серебра. Выпавший осадок отделили и растворили в 146 мл 60 %-ного раствора азотной кислоты (плотность 1.37 г/мл). Определите массовые доли веществ в полученном растворе. (18 баллов)

Решение:

Смесь состоит из CH_2O и CO в соотношении 1 : 4.

Сжигание смеси газов:

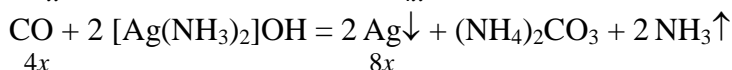
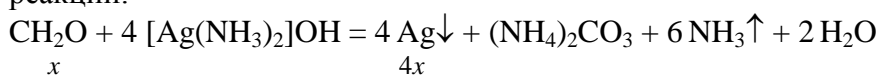


$$v(\text{воздуха}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 7.0}{8.31 \cdot 298} = 0.286 \text{ моль}$$

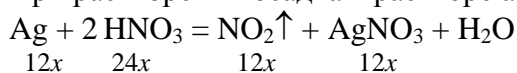
$$v(\text{O}_2) = n(\text{воздуха}) \cdot 0.21 = 0.06 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}_2) = 3x, \text{ или } 0.06 = 3x, \text{ откуда } x = 0.02 \text{ моль}$$

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



При растворении осадка в растворе азотной кислоты протекает следующая реакция:



Масса конечного раствора

$$\begin{aligned} m(\text{конечн. р-ра}) &= m(\text{исх. р-ра}) + m(\text{Ag}) - m(\text{NO}_2) = 146 \cdot 1.37 + 12x \cdot 108 - 12x \cdot 46 = \\ &= 200 + 12 \cdot 0.02 \cdot 108 - 12 \cdot 0.02 \cdot 46 = 214.9 \text{ г} \end{aligned}$$

Количество HNO_3 в конечном растворе

$$v(\text{HNO}_3) = \frac{146 \cdot 1.37 \cdot 0.60}{63} - 24x = 1.90 - 24 \cdot 0.02 = 1.42 \text{ моль}$$

Количество AgNO_3 в конечном растворе

$$v(\text{AgNO}_3) = 12x = 0.24 \text{ моль}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{1.42 \cdot 63}{214.9} = 41.6 \%$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{0.24 \cdot 170}{214.9} = 19.0 \%$$

Ответ: $\omega(\text{HNO}_3) = 41.8 \%$, $\omega(\text{AgNO}_3) = 19.0 \%$.