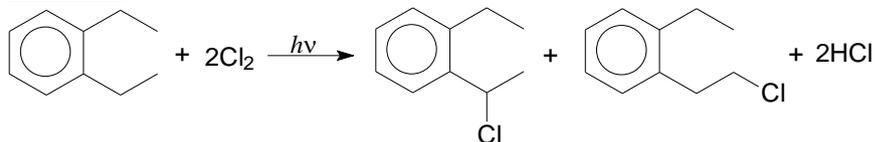


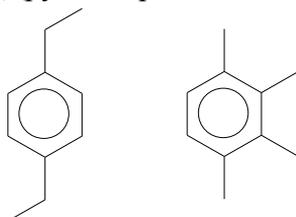
Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы» - 2013
Вариант 1

1.4. Приведите структурную формулу ароматического углеводорода $C_{10}H_{14}$, который при хлорировании на свету даёт два продукта формулы $C_{10}H_{13}Cl$. Напишите уравнение данной реакции. (6 баллов)

Решение:



Другие варианты:



2.20. Масса одной «молекулы» гексагидрата хлорида двухвалентного металла равна $4.435 \cdot 10^{-22}$ г. Сколько электронов содержит 1 моль этого соединения? (8 баллов)

Решение:

Формула кристаллогидрата $MeCl_2 \cdot 6H_2O$.

$$M(MeCl_2 \cdot 6H_2O) = m \cdot N_A = 4.435 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 267 \text{ г/моль}$$

$$M(Me) = 267 - 71 - 6 \cdot 18 = 88 \text{ г/моль (Me = Sr)}$$

$$\Rightarrow SrCl_2 \cdot 6H_2O.$$

$$\nu(\bar{e}) = (38 + 17 \cdot 2 + 6 \cdot 10) = 132 \text{ моль}$$

$$N(\bar{e}) = \nu(\bar{e}) \cdot N_A = 7.95 \cdot 10^{25}$$

Ответ: 132 моль, или $7.95 \cdot 10^{25}$.

3.7. Смесь хлорида хрома (III) и сульфата меди (II) растворили в 150 мл воды и разделили на две равные части. К первой добавили избыток раствора гидроксида натрия, при этом выпал осадок массой 5 г. При добавлении ко второй части избытка раствора аммиака масса выпавшего осадка составила 6 г. Определите массовые доли солей в исходном растворе. (12 баллов)

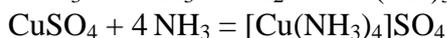
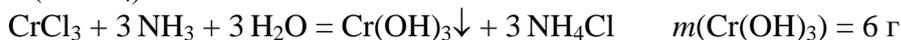
Решение:



В исходном растворе:

$$\nu(CuSO_4) = 2\nu(Cu(OH)_2) = \frac{2 \cdot 5}{98} = 0.1020 \text{ моль}$$

$$m(CuSO_4) = 0.102 \cdot 160 = 16.32 \text{ г}$$



В исходном растворе:

$$\nu(CrCl_3) = 2\nu(Cr(OH)_3) = \frac{2 \cdot 6}{103} = 0.1165 \text{ моль}$$

$$m(CrCl_3) = 0.1165 \cdot 158.5 = 18.47 \text{ г}$$

Масса исходного раствора:

$$m(p\text{-ра}) = m(CuSO_4) + m(CrCl_3) + m(H_2O) = 16.32 + 18.47 + 150 = 184.8 \text{ г}$$

Ответ: $\omega(CrCl_3) = 10.0 \%$, $\omega(CuSO_4) = 8.8 \%$.

4.10. Сосуд объёмом 2.80 л, содержащий 5.08 г I₂, нагрели до 1500 К. После достижения равновесия давление в сосуде оказалось равно 1.30 атм. Считая газы идеальными, рассчитайте константу равновесия K_p, выраженную через парциальные давления участников реакции, при 1500 К для реакции



Решение:

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

$$n(\text{I}_2) = 5.08 / 254 = 0.02 \text{ моль.}$$

Парциальные давления равны: $p(\text{I}_2) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p$ и $p(\text{I}) = \frac{2x}{n + x} \cdot p$, где p – общее давление.

Общее давление газов равно

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

или $1.30 \cdot 101.325 = \frac{(0.02 + x) \cdot 8.31 \cdot 1500}{2.80},$

откуда $x = 0.00957$.

Парциальные давления равны:

$$p(\text{I}_2) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p = \frac{0.02 - 0.00957}{0.02 + 0.00957} \cdot 1.3 = 0.458 \text{ атм} (= 46.4 \text{ кПа})$$

$$p(\text{I}) = \frac{2x}{n + x} \cdot p = \frac{2 \cdot 0.00957}{0.02 + 0.00957} \cdot 1.30 = 0.842 \text{ атм} (= 85.3 \text{ кПа}).$$

Константа равновесия реакции равна

$$K_p = \frac{p_{\text{I}}^2}{p_{\text{I}_2}} = \frac{0.842^2}{0.458} = 1.55 \text{ атм} (= 157 \text{ кПа})$$

Возможное альтернативное решение:

Можно не вычислять парциальные давления I₂ и I, а подставить выражения для них в выражение для константы равновесия. Тогда получим

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

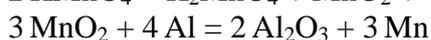
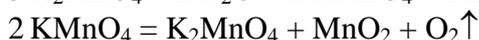
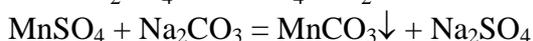
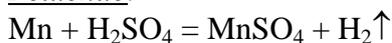
Подставляя x , n и p , получаем $K_p = 1.55 \text{ атм} (= 157 \text{ кПа})$.

Ответ: $K_p = 1.55 \text{ атм} (= 157 \text{ кПа})$.

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

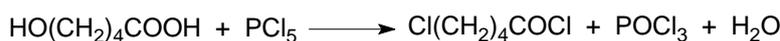
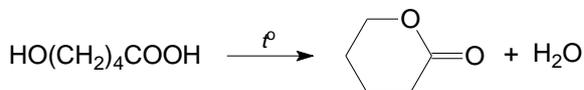


Решение:



6.2. Неизвестное вещество X состава $C_5H_{10}O_3$ реагирует с бромоводородом с образованием $C_5H_9BrO_2$, а с хлоридом фосфора (V) с образованием $C_5H_8Cl_2O$. При нагревании X образуется соединение состава $C_5H_8O_2$, которое не обесцвечивает раствор брома в тетрахлориде углерода. Установите возможное строение X и напишите уравнения упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение:



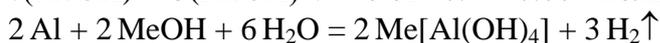
7.6. При полном растворении 0.532 г соединения щелочного металла с кислородом в воде при нагревании выделился газ и образовалось 400 мл раствора с $pH = 12$. К полученному раствору добавили избыток алюминия. Объем выделившегося при этом газа оказался в 1.2 раза больше объема первого газа (в одинаковых условиях). Установите формулу исходного соединения. (16 баллов)

Решение:

$$pOH = 14 - pH = 2$$

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

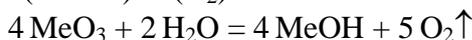
$$v(\text{MeOH}) = C(\text{MeOH}) \cdot V = 0.01 \cdot 0.4 = 0.004 \text{ моль}$$



$$v(\text{H}_2) = 1.5 \cdot v(\text{MeOH}) = 0.006 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}_2) = v(\text{H}_2) / 1.2 = 0.005 \text{ моль}$$

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



$$M(\text{MeO}_3) = 0.532 / 0.004 = 133 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = 133 - 16 \cdot 3 = 85 \text{ г/моль}$$

$$\text{Me} = \text{Rb}$$

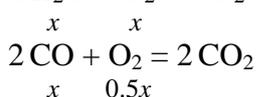
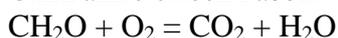
Ответ: RbO_3 .

8.1. Для сжигания некоторого количества эквимольной смеси формальдегида и оксида углерода (II) требуется 3.5 л воздуха (25°C , 1 атм). Это же количество данной газовой смеси пропустили в избыток аммиачного раствора оксида серебра. Выпавший осадок отделили, высушили 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:

Пусть количество каждого газа в смеси равно x моль.

Сжигание смеси газов:

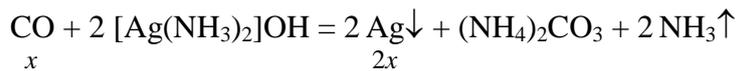
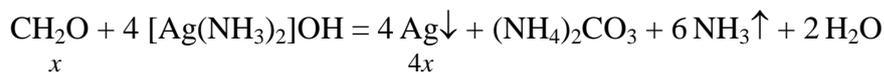


$$v(\text{воздуха}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 3.5}{8.31 \cdot 298} = 0.143 \text{ моль}$$

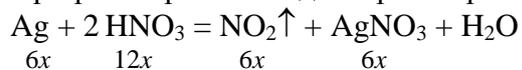
$$v(\text{O}_2) = n(\text{воздуха}) \cdot 0.21 = 0.03 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}_2) = 1.5x, \text{ или } 0.03 = 1.5x, \text{ откуда } x = 0.02 \text{ моль}$$

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



При растворении осадка в растворе азотной кислоты протекает следующая реакция:



Масса конечного раствора

$$m(\text{конечн. р-ра}) = m(\text{исх. р-ра}) + m(\text{Ag}) - m(\text{NO}_2) = 73 \cdot 1.37 + 6x \cdot 108 - 6x \cdot 46 = \\ = 100 + 6 \cdot 0.02 \cdot 108 - 6 \cdot 0.02 \cdot 46 = 107.45 \text{ г}$$

Количество HNO_3 в конечном растворе

$$v(\text{HNO}_3) = \frac{73 \cdot 1.37 \cdot 0.60}{63} - 12x = 0.952 - 12 \cdot 0.02 = 0.712 \text{ моль}$$

Количество AgNO_3 в конечном растворе

$$v(\text{AgNO}_3) = 6x = 0.12 \text{ моль}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{0.712 \cdot 63}{107.45} = 41.7 \%$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{0.12 \cdot 170}{107.45} = 19.0 \%$$

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