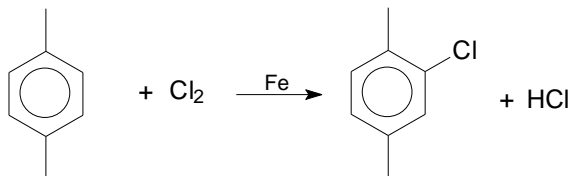


**Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы» - 2013  
Вариант 10**

**1.5.** Приведите структурную формулу ароматического углеводорода  $C_8H_{10}$ , который при хлорировании в присутствии железа даёт только один продукт формулы  $C_8H_9Cl$ . Напишите уравнение данной реакции. (6 баллов)

Решение:



**2.14.** Масса одной «молекулы» гептагидрата сульфата двухвалентного металла равна  $4.768 \cdot 10^{-22}$  г. Сколько электронов содержит 1 моль этого соединения? (8 баллов)

Решение:

Формула кристаллогидрата  $MeSO_4 \cdot 7H_2O$

$$M(MeSO_4 \cdot 7H_2O) = m \cdot N_A = 4.768 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 287 \text{ г/моль}$$

$$M(Me) = 287 - 96 - 7 \cdot 18 = 65 \text{ г/моль (Me = Zn)}$$

$$\Rightarrow ZnSO_4 \cdot 7H_2O$$

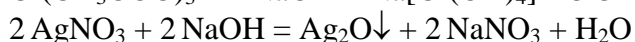
$$\nu(\bar{e}) = (30 + 16 + 8 \cdot 4 + 7 \cdot 10) = 148 \text{ моль}$$

$$N(\bar{e}) = \nu(\bar{e}) \cdot N_A = 8.91 \cdot 10^{25}$$

Ответ: 148 моль, или  $8.91 \cdot 10^{25}$ .

**3.8.** Смесь ацетата хрома (III) и нитрата серебра растворили в 120 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 4 г. Определите массовые доли солей в исходном растворе. (12 баллов)

Решение:

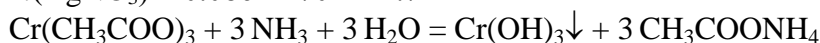


$$m(Ag_2O) = 5 \text{ г}$$

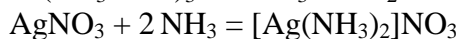
В исходном растворе:

$$\nu(AgNO_3) = 4\nu(Ag_2O) = \frac{4 \cdot 5}{232} = 0.0862 \text{ моль}$$

$$m(AgNO_3) = 0.0862 \cdot 170 = 14.7 \text{ г}$$



$$m(Cr(OH)_3) = 4 \text{ г}$$



В исходном растворе:

$$\nu(Cr(CH_3COO)_3) = 2\nu(Cr(OH)_3) = \frac{2 \cdot 4}{103} = 0.0777 \text{ моль}$$

$$m(Cr(CH_3COO)_3) = 0.0777 \cdot 229 = 17.8 \text{ г}$$

Масса исходного раствора:

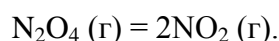
$$m(p\text{-ра}) = m(AgNO_3) + m(Cr(CH_3COO)_3) + m(H_2O) = 14.7 + 17.8 + 120 = 152.5 \text{ г}$$

$$\omega(Cr(CH_3COO)_3) = 11.7 \%$$

$$\omega(AgNO_3) = 9.6 \%$$

Ответ:  $\omega(Cr(CH_3COO)_3) = 11.7 \%$ ,  $\omega(AgNO_3) = 9.6 \%$ .

**4.1.** Сосуд объёмом 4.00 л, содержащий 4.60 г  $N_2O_4$ , нагрели до 310 К. После достижения равновесия давление в сосуде оказалось равно 0.445 атм. Считая газы идеальными, рассчитайте константу равновесия  $K_p$ , выраженную через парциальные давления участников реакции, при 310 К для реакции



(12 баллов)

Решение:

	$\text{N}_2\text{O}_4 (\text{г})$	$=$	$2\text{NO}_2 (\text{г})$	
Исходное количество:	$n$		$0$	
Равновесное количество:	$n - x$		$2x$	Всего: $n + x$
Равновесная мольная доля:	$\frac{n - x}{n + x}$		$\frac{2x}{n + x}$	

$$n(\text{N}_2\text{O}_4) = 4.60 / 92 = 0.05 \text{ моль.}$$

Парциальные давления равны:

$$p(\text{N}_2\text{O}_4) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p \text{ и } p(\text{NO}_2) = \frac{2x}{n + x} \cdot p, \text{ где } p - \text{ общее давление.}$$

Общее давление газов равно

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

или  $0.445 \cdot 101.325 = \frac{(0.05 + x) \cdot 8.31 \cdot 310}{4.00},$

откуда  $x = 0.020$ .

Парциальные давления равны:

$$p(\text{N}_2\text{O}_4) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p = \frac{0.05 - 0.02}{0.05 + 0.02} \cdot 0.445 = 0.191 \text{ атм (= 19.3 кПа)}$$

$$p(\text{NO}_2) = \frac{2x}{n + x} \cdot p = \frac{2 \cdot 0.02}{0.05 + 0.02} \cdot 0.445 = 0.254 \text{ атм (= 25.7 кПа).}$$

Константа равновесия реакции равна

$$K_p = \frac{p_{\text{NO}_2}^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{0.254^2}{0.191} = 0.338 \text{ атм (= 34.3 кПа)}$$

Возможное альтернативное решение:

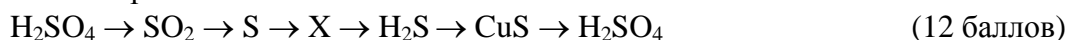
Можно не вычислять парциальные давления  $\text{N}_2\text{O}_4$  и  $\text{NO}_2$ , а подставить выражения для них в выражение для константы равновесия. Тогда получим

$$K_p = \frac{p_{\text{NO}_2}^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{\left(\frac{2x}{n + x} \cdot p\right)^2}{\frac{n - x}{n + x} \cdot p} = \frac{4x^2}{(n - x)(n + x)} \cdot p.$$

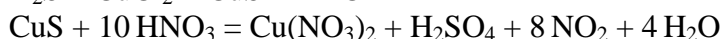
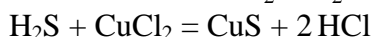
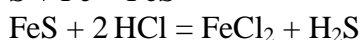
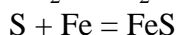
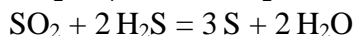
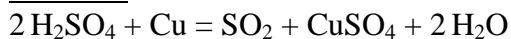
Подставляя  $x$ ,  $n$  и  $p$ , получаем  $K_p = 0.338 \text{ атм (= 34.3 кПа)}$ .

Ответ:  $K_p = 0.338 \text{ атм (= 34.3 кПа)}$ .

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



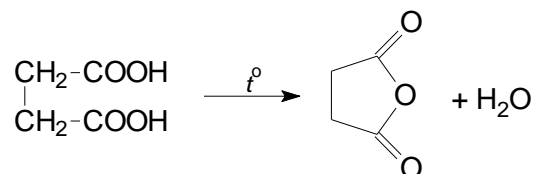
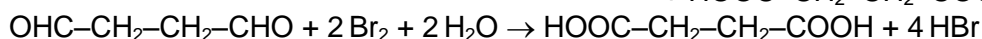
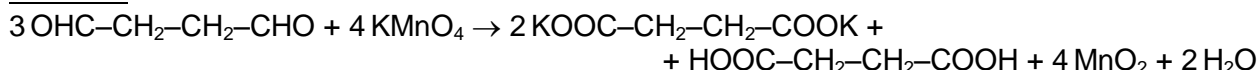
Решение:



**6.18.** Неизвестное вещество X состава  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$  обесцвечивает холодный раствор перманганата калия. При взаимодействии X с бромной водой образуется вещество,

которое при нагревании до 200 °С превращается в соединение состава C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>. Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение:



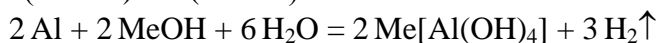
**7.21.** При полном растворении 1.56 г соединения щелочного металла с кислородом в воде при нагревании выделился газ и образовалось 400 мл раствора с pH = 13. К полученному раствору добавили избыток алюминия. Объем выделившегося при этом газа оказался в 6 раз больше объема первого газа (в одинаковых условиях). Установите формулу исходного соединения. (16 баллов)

Решение:

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

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

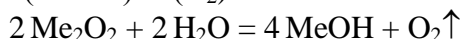
$$v(\text{MeOH}) = C(\text{MeOH}) \cdot V = 0.1 \cdot 0.4 = 0.04 \text{ моль}$$



$$v(\text{H}_2) = 1.5 \cdot v(\text{MeOH}) = 0.06 \text{ моль}$$

$$v(\text{O}_2) = v(\text{H}_2) / 6 = 0.01 \text{ моль}$$

$$v(\text{MeOH}) / v(\text{O}_2) = 4 / 1 \Rightarrow$$



$$v(\text{Me}_2\text{O}_2) = v(\text{MeOH}) / 2 = 0.02 \text{ моль}$$

$$M(\text{Me}_2\text{O}_2) = 1.56 / 0.02 = 78 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = 78 / 2 - 16 = 23 \text{ г/моль}$$

$$\text{Me} = \text{Na}$$

Ответ: Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**8.20.** Газовую смесь массой 4.92 г и объемом 3.63 л (22 °С, 1 атм), состоящую из оксида углерода (II) и неизвестного углеводорода, объемная доля которого составляет 40 %, пропустили через аммиачный раствор оксида серебра. Выпавший осадок отделили и растворили в 87 мл 25 %-ного раствора азотной кислоты (плотность 1.15 г/мл). Определите массовые доли веществ в полученном растворе. (18 баллов)

Решение:

$$v(\text{газов}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 3.63}{8.314 \cdot 295} = 0.15 \text{ моль}$$

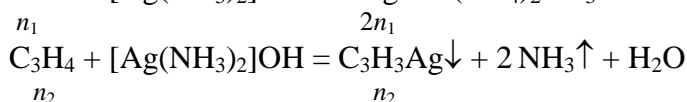
Состав смеси:

$$0.60 \cdot M_1 + 0.40 \cdot M_2 = 4.92 / 0.15, \text{ или } 0.60 \cdot 28 + 0.40 \cdot M_2 = 32.8,$$

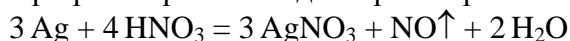
откуда  $M_2 = 40$  г/моль. Газ – пропин (CH<sub>3</sub>-C≡CH).

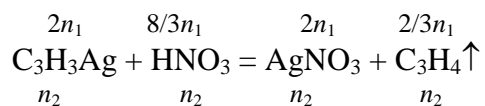
Следовательно, смесь состоит из 0.09 моль CO и 0.06 моль C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>.

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



При растворении осадка в растворе азотной кислоты протекают следующие реакции:





Масса конечного раствора

$$m(\text{конечн. р-ра}) = m(\text{исх. р-ра}) + m(\text{Ag}) + m(\text{C}_3\text{H}_3\text{Ag}) - m(\text{NO}) - m(\text{C}_3\text{H}_4) = \\ = 87 \cdot 1.15 + 0.18 \cdot 108 + 0.06 \cdot 147 - 0.06 \cdot 30 - 0.06 \cdot 40 = 124.1 \text{ г}$$

Количество  $\text{HNO}_3$  в конечном растворе

$$v(\text{HNO}_3) = \frac{87 \cdot 1.15 \cdot 0.25}{63} - 8/3 \cdot 0.09 - 0.06 = 0.097 \text{ моль}$$

Количество  $\text{AgNO}_3$  в конечном растворе

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

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{0.097 \cdot 63}{124.1} = 4.9 \%$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{0.24 \cdot 170}{124.1} = 32.9 \%$$

Ответ:  $\omega(\text{HNO}_3) = 4.9 \%$ ,  $\omega(\text{AgNO}_3) = 32.9 \%$ .