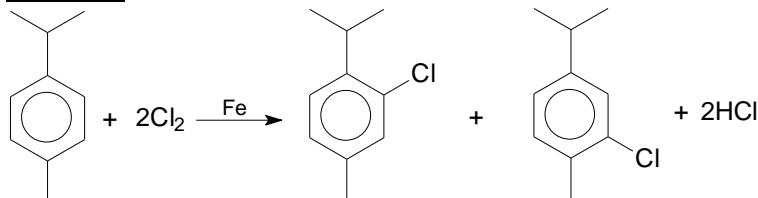


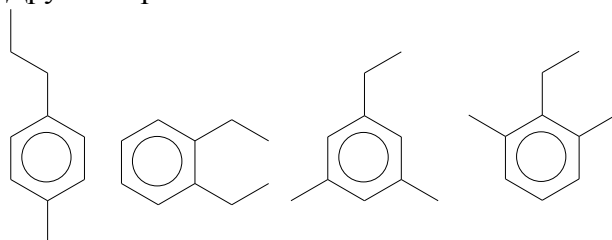
**Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы» - 2013  
Вариант 2**

**1.3.** Приведите структурную формулу ароматического углеводорода  $C_{10}H_{14}$ , который при хлорировании в присутствии железа даёт два продукта формулы  $C_{10}H_{13}Cl$ . Напишите уравнение данной реакции. (6 баллов)

Решение:



Другие варианты:



**2.7.** Масса одной «молекулы» тетрагидрата хлорида двухвалентного металла равна  $3.04 \cdot 10^{-22}$  г. Сколько электронов содержит 1 моль этого соединения? (8 баллов)

Решение:

Формула кристаллогидрата  $\text{MeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

$$M(\text{MeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = m \cdot N_A = 3.04 \cdot 10^{-22} \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 183 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = 183 - 71 - 4 \cdot 18 = 40 \text{ г/моль (Me = Ca)}$$

$$\Rightarrow \text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$$

$$\nu(\bar{e}) = (20 + 2 \cdot 17 + 4 \cdot 10) = 94 \text{ моль}$$

$$N(\bar{e}) = \nu(\bar{e}) \cdot N_A = 5.66 \cdot 10^{25}$$

Ответ: 94 моль, или  $5.66 \cdot 10^{25}$ .

**3.9.** Смесь ацетатов хрома (III) и серебра растворили в 200 мл воды и разделили на две равные части. К первой добавили избыток раствора гидроксида натрия, ко второй – избыток раствора аммиака. В обоих случаях выпал осадок массой 5 г. Определите массовые доли солей в исходном растворе. (12 баллов)

Решение:

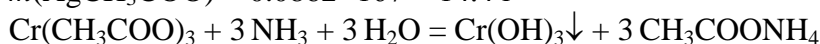


$$m(\text{Ag}_2\text{O}) = 5 \text{ г}$$

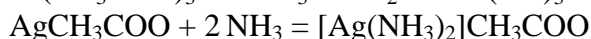
В исходном растворе:

$$\nu(\text{AgCH}_3\text{COO}) = 4\nu(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{4 \cdot 5}{232} = 0.0862 \text{ моль}$$

$$m(\text{AgCH}_3\text{COO}) = 0.0862 \cdot 167 = 14.4 \text{ г}$$



$$m(\text{Cr}(\text{OH})_3) = 5 \text{ г}$$



В исходном растворе:

$$\nu(\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_3) = 2\nu(\text{Cr}(\text{OH})_3) = \frac{2 \cdot 5}{103} = 0.0971 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_3) = 0.0971 \cdot 229 = 22.2 \text{ г}$$

Масса исходного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{AgCH}_3\text{COO}) + m(\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_3) + m(\text{H}_2\text{O}) = 14.4 + 22.2 + 200 = 236.6 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_3) = 9.4 \%$$

$$\omega(\text{AgCH}_3\text{COO}) = 6.1 \%$$

Ответ:  $\omega(\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_3) = 9.4 \%$ ,  $\omega(\text{AgCH}_3\text{COO}) = 6.1 \%$ .

**4.9.** Сосуд объёмом 2.00 л, содержащий 2.54 г  $\text{I}_2$ , нагрели до 1300 К. После достижения равновесия давление в сосуде оказалось равно 0.680 атм. Считая газы идеальными, рассчитайте константу равновесия  $K_p$ , выраженную через парциальные давления участников реакции, при 1300 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:	$\frac{n - x}{n + x}$		$\frac{2x}{n + x}$	

$$n(\text{I}_2) = 2.54 / 254 = 0.01 \text{ моль.}$$

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  $0.680 \cdot 101.325 = \frac{(0.01 + x) \cdot 8.31 \cdot 1300}{2.00},$

откуда  $x = 0.00274$ .

Парциальные давления равны:

$$p(\text{I}_2) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p = \frac{0.01 - 0.00275}{0.01 + 0.00275} \cdot 0.680 = 0.387 \text{ атм} (= 39.2 \text{ кПа})$$

$$p(\text{I}) = \frac{2x}{n + x} \cdot p = \frac{2 \cdot 0.00275}{0.01 + 0.00275} \cdot 0.680 = 0.293 \text{ атм} (= 29.7 \text{ кПа}).$$

Константа равновесия реакции равна

$$K_p = \frac{p_{\text{I}}^2}{p_{\text{I}_2}} = \frac{0.293^2}{0.387} = 0.222 \text{ атм} (= 22.5 \text{ кПа})$$

Возможное альтернативное решение:

Можно не вычислять парциальные давления  $\text{I}_2$  и  $\text{I}$ , а подставить выражения для них в выражение для константы равновесия. Тогда получим

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

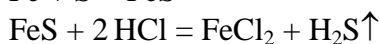
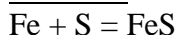
Подставляя  $x$ ,  $n$  и  $p$ , получаем  $K_p = 0.222 \text{ атм} (= 22.5 \text{ кПа})$ .

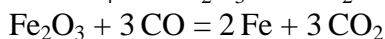
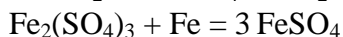
Ответ:  $K_p = 0.222 \text{ атм} (= 22.5 \text{ кПа})$ .

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



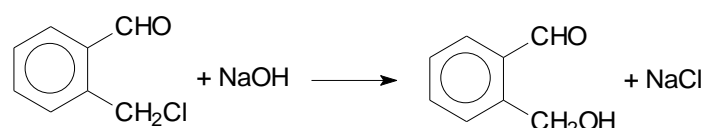
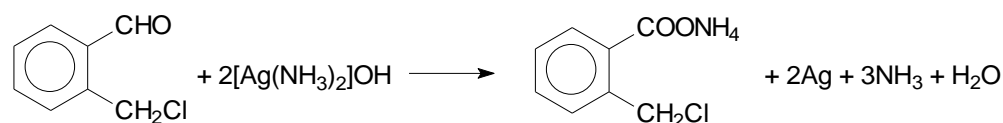
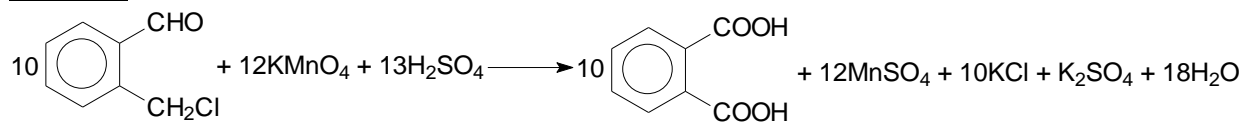
Решение:





**6.9.** Неизвестное вещество X состава  $\text{C}_8\text{H}_7\text{OCl}$  обесцвечивает горячий подкисленный раствор перманганата калия, превращаясь во фталевую (1,2-бензолдикарбоновую) кислоту. X взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра, под действием водного раствора гидроксида натрия превращается в  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$ . Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение:



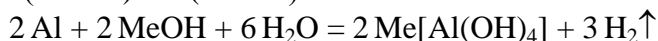
**7.3.** При полном растворении 0.348 г соединения щелочного металла с кислородом в воде при нагревании выделился газ и образовалось 40 мл раствора с  $\text{pH} = 13$ . К полученному раствору добавили избыток алюминия. Объем выделившегося при этом газа оказался на 22.4 мл (н. у.) больше объема первого газа. Установите формулу исходного соединения. (16 баллов)

Решение:

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

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

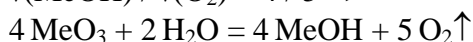
$$v(\text{MeOH}) = C(\text{MeOH}) \cdot V = 0.1 \cdot 0.04 = 0.004 \text{ моль}$$



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

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

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



$$M(\text{MeO}_3) = 0.348 / 0.004 = 87 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Me}) = 87 - 16 \cdot 3 = 39 \text{ г/моль}$$

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

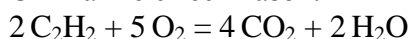
Ответ:  $\text{KO}_3$ .

**8.2.** Для сжигания некоторого количества эквимольной смеси ацетилена и оксида углерода (II) требуется 7.0 л воздуха ( $25^\circ\text{C}$ , 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)

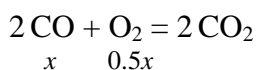
Решение:

Пусть количество каждого газа в смеси равно  $x$  моль.

Сжигание смеси газов:



$$x \qquad 2.5x$$

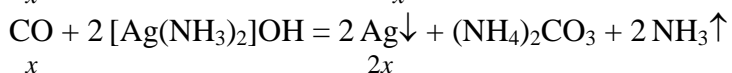
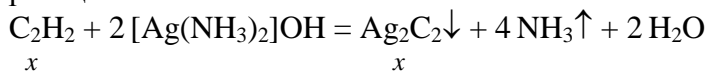


$$n(\text{воздуха}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 7.0}{8.31 \cdot 298} = 0.286 \text{ моль}$$

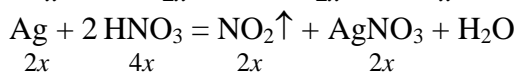
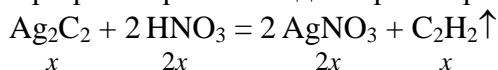
$$n(\text{O}_2) = n(\text{воздуха}) \cdot 0.21 = 0.06 \text{ моль}$$

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

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



При растворении осадка в растворе азотной кислоты протекают следующие реакции:



Масса конечного раствора

$$\begin{aligned} m(\text{конечн. р-ра}) &= m(\text{исх. р-ра}) + m(\text{Ag}) + m(\text{Ag}_2\text{C}_2) - m(\text{NO}_2) - m(\text{C}_2\text{H}_2) = \\ &= 73 \cdot 1.37 + x \cdot 108 + x \cdot 240 - 2x \cdot 46 - x \cdot 26 = \\ &= 100 + 0.02 \cdot 108 + 0.02 \cdot 240 - 2 \cdot 0.02 \cdot 46 - 0.02 \cdot 26 = 106.77 \text{ г} \end{aligned}$$

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

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{73 \cdot 1.37 \cdot 0.60}{63} - 6x = 0.952 - 6 \cdot 0.02 = 0.832 \text{ моль}$$

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

$$n(\text{AgNO}_3) = 4x = 0.08 \text{ моль}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{0.832 \cdot 63}{106.77} = 49.1 \%$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{0.08 \cdot 170}{106.77} = 12.7 \%$$

Ответ:  $\omega(\text{HNO}_3) = 49.1 \%$ ,  $\omega(\text{AgNO}_3) = 12.7 \%$