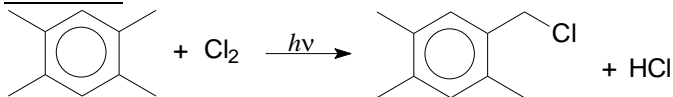


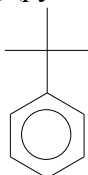
**Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы» - 2013  
Вариант 3**

**1.2.** Приведите структурную формулу ароматического углеводорода  $C_{10}H_{14}$ , который при хлорировании на свету даёт только один продукт формулы  $C_{10}H_{13}Cl$ . Напишите уравнение данной реакции. (6 баллов)

Решение:



Другие возможные варианты:



**2.13.** Масса одной «молекулы» гептагидрата сульфата двухвалентного металла равна  $4.087 \cdot 10^{-22}$  г. Сколько электронов содержит 1 моль этого соединения? (8 баллов)

Решение:

Формула кристаллогидрата  $MeSO_4 \cdot 7H_2O$

$$M(MeSO_4 \cdot 7H_2O) = m \cdot N_A = 4.087 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 246 \text{ г/моль}$$

$$M(Me) = 246 - 96 - 7 \cdot 18 = 24 \text{ г/моль (Me = Mg)}$$

$$\Rightarrow MgSO_4 \cdot 7H_2O$$

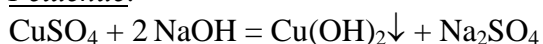
$$\nu(\bar{e}) = (12 + 16 + 8 \cdot 4 + 7 \cdot 10) = 130 \text{ моль}$$

$$N(\bar{e}) = \nu(\bar{e}) \cdot N_A = 7.83 \cdot 10^{25}$$

Ответ: 130 моль, или  $7.83 \cdot 10^{25}$ .

**3.1.** Смесь хлорида алюминия и сульфата меди (II) растворили в 100 мл воды и разделили на две равные части. К первой добавили избыток раствора гидроксида натрия, при этом выпал осадок массой 8 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:



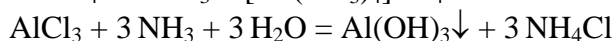
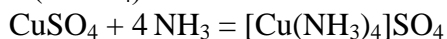
$$m(Cu(OH)_2) = 8 \text{ г}$$



В исходном растворе:

$$\nu(CuSO_4) = 2\nu(Cu(OH)_2) = \frac{2 \cdot 8}{98} = 0.163 \text{ моль}$$

$$m(CuSO_4) = 0.163 \cdot 160 = 26.1 \text{ г}$$



$$m(Al(OH)_3) = 4 \text{ г}$$

В исходном растворе:

$$\nu(AlCl_3) = 2\nu(Al(OH)_3) = \frac{2 \cdot 4}{78} = 0.103 \text{ моль}$$

$$m(AlCl_3) = 0.103 \cdot 133.5 = 13.7 \text{ г}$$

Масса исходного раствора:

$$m(p\text{-ра}) = m(CuSO_4) + m(AlCl_3) + m(H_2O) = 26.1 + 13.7 + 100 = 139.8 \text{ г}$$

$$\omega(AlCl_3) = 9.8 \%$$

$$\omega(CuSO_4) = 18.7 \%$$

Ответ:  $\omega(AlCl_3) = 9.8 \%$ ,  $\omega(CuSO_4) = 18.7 \%$ .

**4.8.** Сосуд объёмом 3.60 л, содержащий 1.60 г Br<sub>2</sub>, нагрели до 1900 К. После достижения равновесия давление в сосуде оказалось равно 0.730 атм. Считая газы идеальными, рассчитайте константу равновесия  $K_p$ , выраженную через парциальные давления участников реакции, при 1900 К для реакции



Решение:

|                            |                       |                    |                |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|
|                            | Br <sub>2</sub> (г) = | 2Br (г)            |                |
| Исходное количество:       | $n$                   | 0                  |                |
| Равновесное количество:    | $n - x$               | $2x$               | Всего: $n + x$ |
| Равновесная молярная доля: | $\frac{n - x}{n + x}$ | $\frac{2x}{n + x}$ |                |

$$n(\text{Br}_2) = 1.60 / 160 = 0.01 \text{ моль.}$$

Парциальные давления равны:

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

Общее давление газов равно

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

или  $0.730 \cdot 101.325 = \frac{(0.01 + x) \cdot 8.31 \cdot 1900}{3.60},$

откуда  $x = 0.00686$ .

Парциальные давления равны:

$$p(\text{Br}_2) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p = \frac{0.01 - 0.00686}{0.01 + 0.00686} \cdot 0.730 = 0.136 \text{ атм } (= 13.8 \text{ кПа})$$

$$p(\text{Br}) = \frac{2x}{n + x} \cdot p = \frac{2 \cdot 0.00686}{0.01 + 0.00686} \cdot 0.730 = 0.594 \text{ атм } (= 60.2 \text{ кПа}).$$

Константа равновесия реакции равна

$$K_p = \frac{p_{\text{Br}}^2}{p_{\text{Br}_2}} = \frac{0.594^2}{0.136} = 2.59 \text{ атм } (= 263 \text{ кПа})$$

Возможное альтернативное решение:

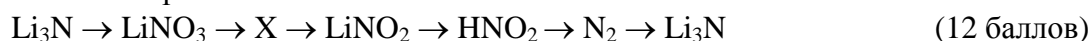
Можно не вычислять парциальные давления Br<sub>2</sub> и Br, а подставить выражения для них в выражение для константы равновесия. Тогда получим

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

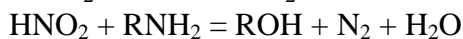
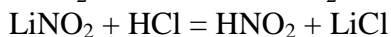
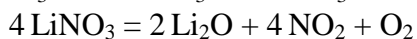
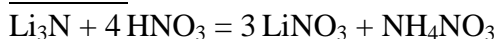
Подставляя  $x$ ,  $n$  и  $p$ , получаем  $K_p = 2.59 \text{ атм } (= 263 \text{ кПа})$ .

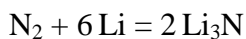
Ответ:  $K_p = 2.59 \text{ атм } (= 263 \text{ кПа})$ .

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



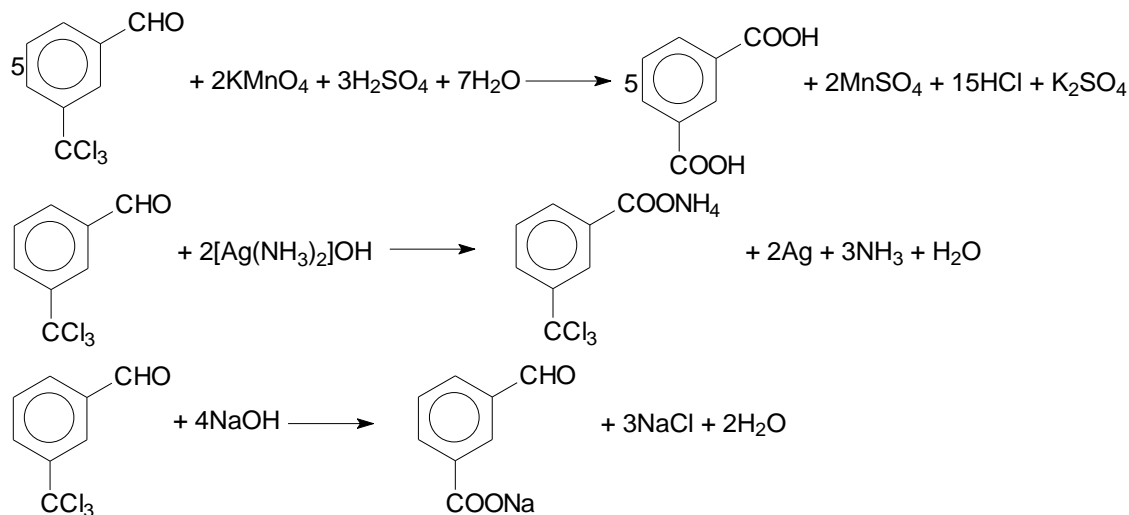
Решение:





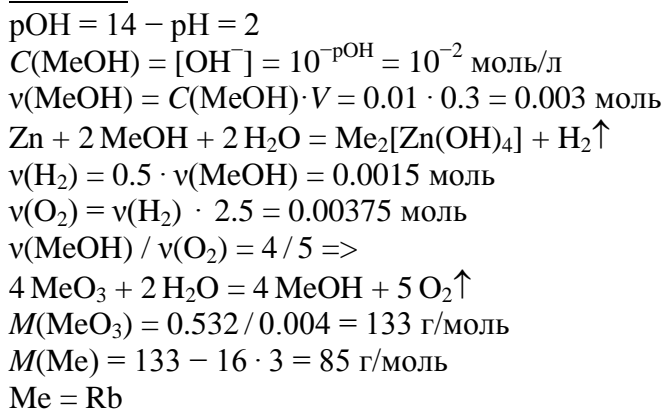
**6.10.** Неизвестное вещество X состава  $\text{C}_8\text{H}_5\text{OCl}_3$  обесцвечивает горячий подкисленный раствор перманганата калия, превращаясь в изофталевую (1,3-бензолдикарбоновую) кислоту. X взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра, под действием водного раствора гидроксида натрия превращается в  $\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$ . Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение:



**7.5.** При полном растворении 0.399 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 цинка. Объем выделившегося при этом газа оказался в 2.5 раза меньше объема первого газа (в одинаковых условиях). Установите формулу исходного соединения. (16 баллов)

Решение:



Ответ:  $\text{RbO}_3$ .

**8.6.** Газовую смесь массой 3.45 г и объемом 3.025 л (22 °С, 1 атм), состоящую из оксида углерода (II) и неизвестного газа, объемная доля которого составляет 20 %, пропустили через аммиачный раствор 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)

Количество моль газовой смеси

Решение:

$$v(\text{газов}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 3.025}{8.314 \cdot 295} = 0.125 \text{ моль}$$

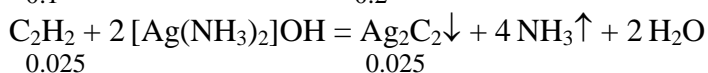
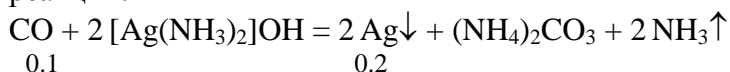
Состав смеси:

$$0.8 \cdot M_1 + 0.2 \cdot M_2 = 3.45 / 0.125, \text{ или } 0.8 \cdot 28 + 0.2 \cdot M_2 = 27.6,$$

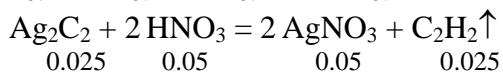
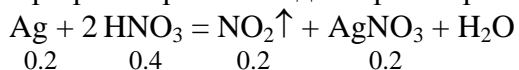
откуда  $M_2 = 26$  г/моль. Газ – ацетилен ( $\text{HC}\equiv\text{CH}$ ).

Следовательно, смесь состоит из 0.1 моль CO и 0.025 моль  $\text{C}_2\text{H}_2$ .

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



При растворении осадка в растворе азотной кислоты протекают следующие реакции:



Масса конечного раствора

$$m(\text{конечн. р-ра}) = m(\text{исх. р-ра}) + m(\text{Ag}) + m(\text{Ag}_2\text{C}_2) - m(\text{NO}_2) - m(\text{C}_2\text{H}_2) = \\ = 73 \cdot 1.37 + 0.2 \cdot 108 + 0.025 \cdot 240 - 0.2 \cdot 46 - 0.025 \cdot 26 = 117.76$$

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

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{73 \cdot 1.37 \cdot 0.60}{63} - 0.45 = 0.952 - 0.45 = 0.502 \text{ моль}$$

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

$$n(\text{AgNO}_3) = 0.25 \text{ моль}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{0.502 \cdot 63}{117.76} = 26.9 \%$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{0.25 \cdot 170}{117.76} = 36.1 \%$$

Ответ:  $\omega(\text{HNO}_3) = 26.9 \%$ ,  $\omega(\text{AgNO}_3) = 36.1 \%$ .