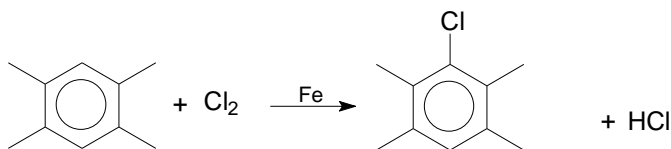


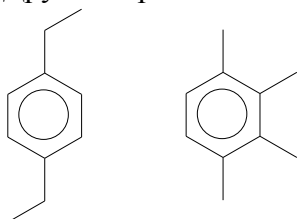
**Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы» - 2013**  
**Вариант 4**

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

Решение:



Другие варианты:



1,2,3,5-тетраметилбензол

**2.10.** Масса одной «молекулы» гексагидрата хлорида двухвалентного металла равна  $3.372 \cdot 10^{-22}$  г. Сколько электронов содержит 1 моль этого соединения? (8 баллов)

Решение:

Формула кристаллогидрата  $MeCl_2 \cdot 6H_2O$ .

$$M(MeCl_2 \cdot 6H_2O) = m \cdot N_A = 3.372 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 203 \text{ г/моль}$$

$$M(Me) = 203 - 71 - 6 \cdot 18 = 24 \text{ г/моль (Me = Mg)}$$

$$\Rightarrow MgCl_2 \cdot 6H_2O$$

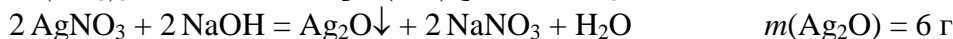
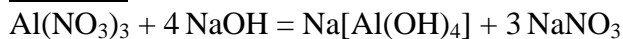
$$v(\bar{e}) = (12 + 17 \cdot 2 + 6 \cdot 10) = 106 \text{ моль}$$

$$N(\bar{e}) = v(\bar{e}) \cdot N_A = 6.38 \cdot 10^{25}$$

Ответ: 106 моль, или  $6.38 \cdot 10^{25}$ .

**3.2.** Смесь нитратов алюминия и серебра растворили в 200 мл воды и разделили на две равные части. К первой добавили избыток раствора гидроксида натрия, при этом выпал осадок массой 6 г. При добавлении ко второй части избытка раствора аммиака масса выпавшего осадка составила 4 г. Определите массовые доли солей в исходном растворе. (12 баллов)

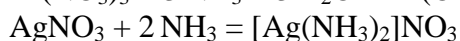
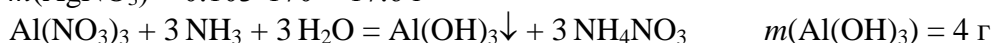
Решение:



В исходном растворе:

$$v(AgNO_3) = 4v(Ag_2O) = \frac{4 \cdot 6}{232} = 0.103 \text{ моль}$$

$$m(AgNO_3) = 0.103 \cdot 170 = 17.6 \text{ г}$$



В исходном растворе:

$$v(Al(NO_3)_3) = 2v(Al(OH)_3) = \frac{2 \cdot 4}{78} = 0.103 \text{ моль}$$

$$m(Al(NO_3)_3) = 0.103 \cdot 213 = 21.8 \text{ г}$$

Масса исходного раствора:

$$m(p\text{-ра}) = m(Al(NO_3)_3) + m(AgNO_3) + m(H_2O) = 17.6 + 21.8 + 200 = 239.4 \text{ г}$$

$$\omega((AlNO_3)_3) = 9.1 \%$$

$\omega(\text{AgNO}_3) = 7.3 \%$

Ответ:  $\omega(\text{AlNO}_3)_3 = 9.1 \%$ ,  $\omega(\text{AgNO}_3) = 7.3 \%$ .

**4.7.** Сосуд объёмом 4.30 л, содержащий 3.20 г  $\text{Br}_2$ , нагрели до 1700 К. После достижения равновесия давление в сосуде оказалось равно 0.890 атм. Считая газы идеальными, рассчитайте константу равновесия  $K_p$ , выраженную через парциальные давления участников реакции, при 1700 К для реакции



Решение:

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

$n(\text{Br}_2) = 3.20 / 160 = 0.02$  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  $0.890 \cdot 101.325 = \frac{(0.02 + x) \cdot 8.31 \cdot 1700}{4.30},$

откуда  $x = 0.00744$ .

Парциальные давления равны:

$$p(\text{Br}_2) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p = \frac{0.02 - 0.00744}{0.02 + 0.00744} \cdot 0.890 = 0.408 \text{ атм } (= 41.3 \text{ кПа})$$

$$p(\text{Br}) = \frac{2x}{n + x} \cdot p = \frac{2 \cdot 0.00744}{0.02 + 0.00744} \cdot 0.890 = 0.482 \text{ атм } (= 48.9 \text{ кПа}).$$

Константа равновесия реакции равна

$$K_p = \frac{p_{\text{Br}}^2}{p_{\text{Br}_2}} = \frac{0.482^2}{0.408} = 0.569 \text{ атм } (= 57.7 \text{ кПа})$$

Возможное альтернативное решение:

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

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

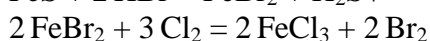
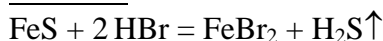
Подставляя  $x$ ,  $n$  и  $p$ , получаем  $K_p = 0.569$  атм (= 57.7 кПа).

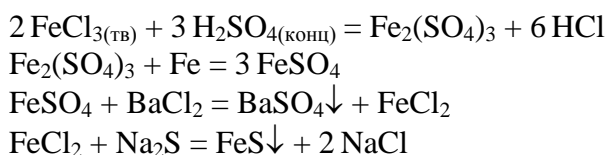
Ответ:  $K_p = 0.569$  атм (= 57.7 кПа).

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



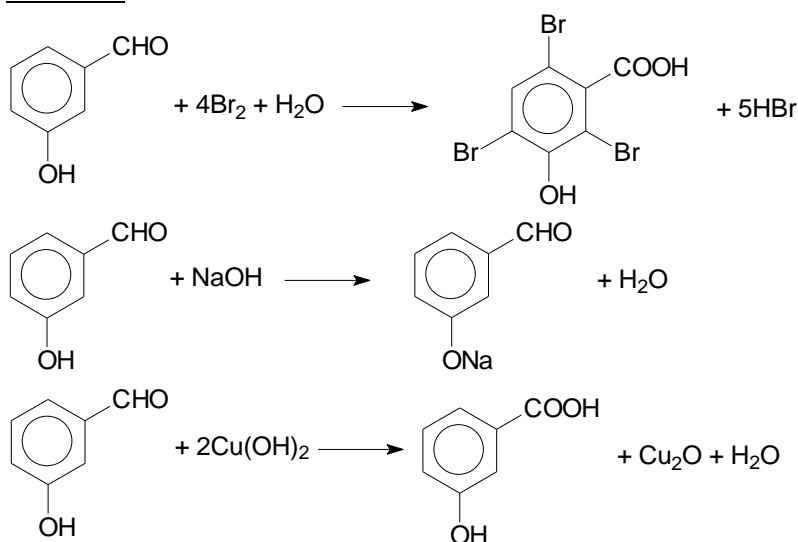
Решение:





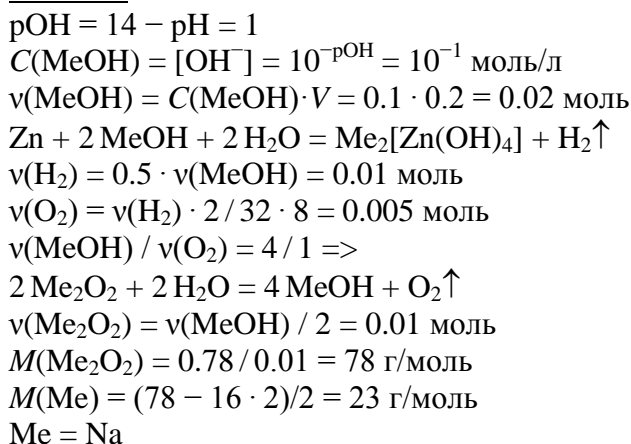
**6.13.** Неизвестное вещество X состава  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$  с бромной водой даёт осадок  $\text{C}_7\text{H}_3\text{Br}_3\text{O}_3$ . X взаимодействует с гидроксидом меди (II) с образованием жёлтого осадка, становящегося при нагревании красным, а также с раствором гидроксида натрия. Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение:



**7.19.** При полном растворении 0.78 г соединения щелочного металла с кислородом в воде при нагревании выделился газ и образовалось 200 мл раствора с  $\text{pH} = 13$ . К полученному раствору добавили избыток цинка. Масса выделившегося при этом газа оказалась в 8 раз меньше массы первого газа. Установите формулу исходного соединения. (16 баллов)

Решение:



Ответ:  $\text{Na}_2\text{O}_2$ .

**8.7.** Газовую смесь массой 6.9 г и объёмом 4.89 л ( $25^\circ\text{C}$ , 1 атм), состоящую из оксида углерода (II) и углеводорода с концевой тройной связью, объёмная доля которого составляет 25 %, пропустили через аммиачный раствор оксида серебра. Выпавший осадок отделили и растворили в 109.5 мл 60 %-ного раствора азотной кислоты (плотность 1.37 г/мл). Определите массовые доли веществ в полученном растворе. (18 баллов)

Решение:

$$v(\text{газов}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 4.89}{8.314 \cdot 298} = 0.20 \text{ моль}$$

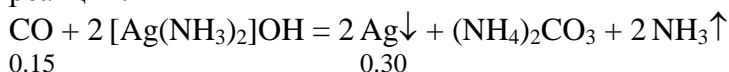
Состав смеси:

$$0.75 \cdot M_1 + 0.25 \cdot M_2 = 6.9 / 0.20, \text{ или } 0.75 \cdot 28 + 0.25 \cdot M_2 = 34.5,$$

откуда  $M_2 = 54$  г/моль. Газ – бутин-1 ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$ ).

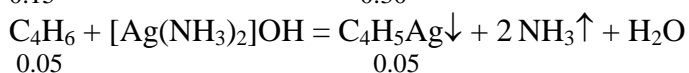
Следовательно, смесь состоит из 0.15 моль CO и 0.05 моль  $\text{C}_4\text{H}_6$ .

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



0.15

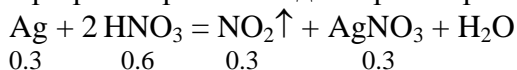
0.30



0.05

0.05

При растворении осадка в растворе азотной кислоты протекают следующие реакции:

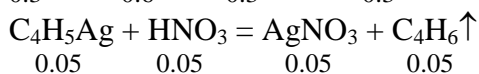


0.3

0.6

0.3

0.3



0.05

0.05

0.05

0.05

Масса конечного раствора

$$m(\text{конечн. р-ра}) = m(\text{исх. р-ра}) + m(\text{Ag}) + m(\text{C}_4\text{H}_5\text{Ag}) - m(\text{NO}_2) - m(\text{C}_4\text{H}_6) =$$

$$= 109.5 \cdot 1.37 + 0.3 \cdot 108 + 0.05 \cdot 161 - 0.3 \cdot 46 - 0.05 \cdot 54 = 174.0 \text{ г}$$

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

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{109.5 \cdot 1.37 \cdot 0.60}{63} - 0.65 = 1.429 - 0.65 = 0.779 \text{ моль}$$

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

$$n(\text{AgNO}_3) = 0.35 \text{ моль}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{0.779 \cdot 63}{174.0} = 28.2 \%$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{0.35 \cdot 170}{174.0} = 34.2 \%$$

Ответ:  $\omega(\text{HNO}_3) = 28.2 \%$ ,  $\omega(\text{AgNO}_3) = 34.2 \%$ .