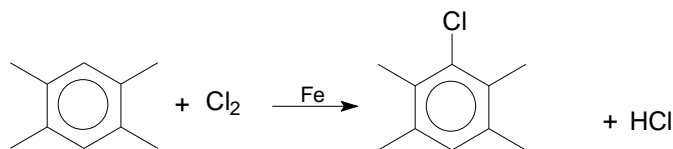


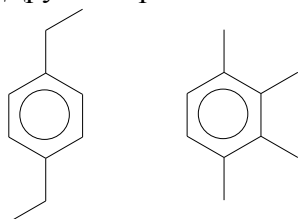
**Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы» - 2013
Вариант 4**

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 $\text{MeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

$$M(\text{MeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = m \cdot N_A = 3.372 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 203 \text{ г/моль}$$

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

$$\Rightarrow \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

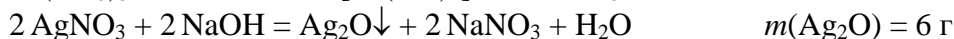
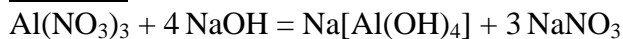
$$v(\bar{e}) = (12 + 17 \cdot 2 + 6 \cdot 10) = 106 \text{ моль}$$

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

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)

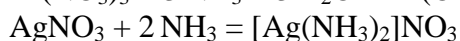
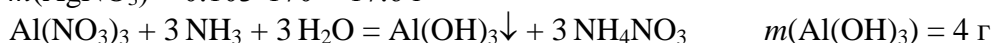
Решение:



В исходном растворе:

$$v(\text{AgNO}_3) = 4v(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{4 \cdot 6}{232} = 0.103 \text{ моль}$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 0.103 \cdot 170 = 17.6 \text{ г}$$



В исходном растворе:

$$v(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 2v(\text{Al}(\text{OH})_3) = \frac{2 \cdot 4}{78} = 0.103 \text{ моль}$$

$$m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 0.103 \cdot 213 = 21.8 \text{ г}$$

Масса исходного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) + m(\text{AgNO}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) = 17.6 + 21.8 + 200 = 239.4 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 9.1 \%$$

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

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 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 Br_2 и Br , а подставить выражения для них в выражение для константы равновесия. Тогда получим

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

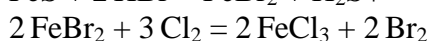
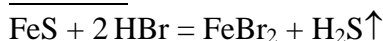
Подставляя x , n и p , получаем $K_p = 0.569$ атм (= 57.7 кПа).

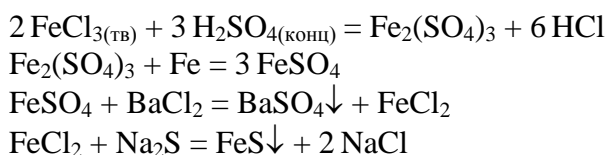
Ответ: $K_p = 0.569$ атм (= 57.7 кПа).

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



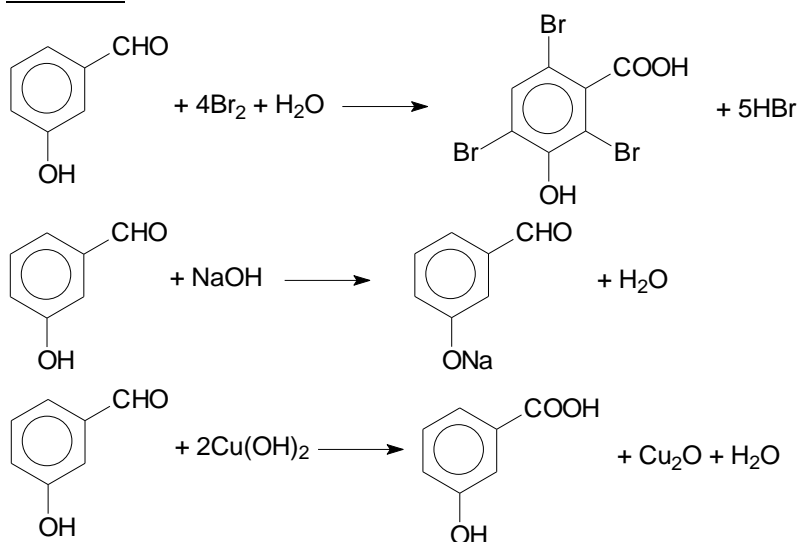
Решение:





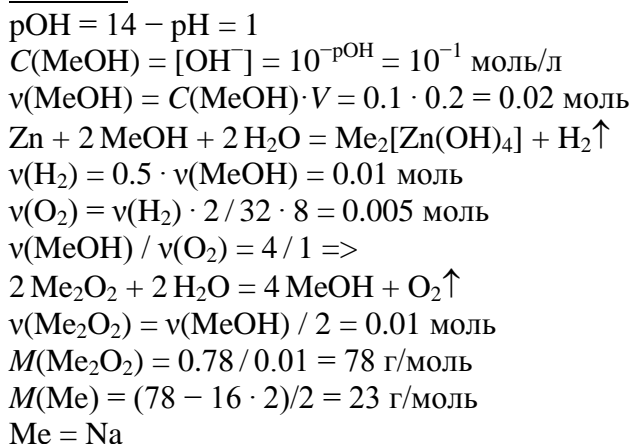
6.13. Неизвестное вещество X состава $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ с бромной водой даёт осадок $\text{C}_7\text{H}_3\text{Br}_3\text{O}_3$. X взаимодействует с гидроксидом меди (II) с образованием жёлтого осадка, становящегося при нагревании красным, а также с раствором гидроксида натрия. Установите 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: Na_2O_2 .

8.7. Газовую смесь массой 6.9 г и объёмом 4.89 л (25°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:

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

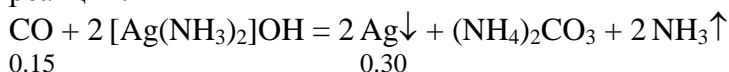
Состав смеси:

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

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

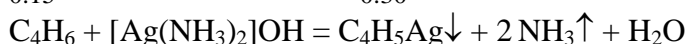
Следовательно, смесь состоит из 0.15 моль CO и 0.05 моль C_4H_6 .

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



0.15

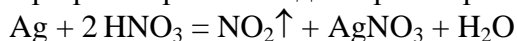
0.30



0.05

0.05

При растворении осадка в растворе азотной кислоты протекают следующие реакции:

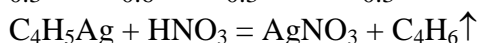


0.3

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