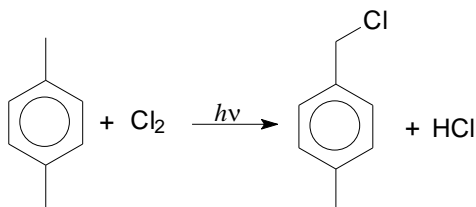


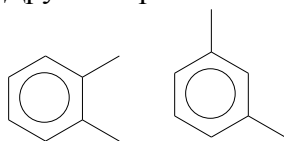
Олимпиада по химии «Покори Воробьёвы горы» - 2013
Вариант 9

1.6. Приведите структурную формулу ароматического углеводорода C_8H_{10} , который при хлорировании на свету даёт только один продукт формулы C_8H_9Cl . Напишите уравнение данной реакции. (6 баллов)

Решение:



Другие варианты:



2.12. Масса одной «молекулы» дигидрата хлорида двухвалентного металла равна $4.053 \cdot 10^{-22}$ г. Сколько электронов содержит 1 моль этого соединения? (8 баллов)

Решение:

Формула кристаллогидрата $MeCl_2 \cdot 2H_2O$.

$$M(MeCl_2 \cdot 2H_2O) = m \cdot N_A = 4.053 \cdot 10^{-22} \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 244 \text{ г/моль}$$

$$M(Me) = 244 - 71 - 2 \cdot 18 = 137 \text{ г/моль (Me = Ba)}$$

$$\Rightarrow BaCl_2 \cdot 2H_2O$$

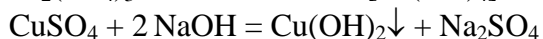
$$v(\bar{e}) = (56 + 2 \cdot 17 + 2 \cdot 10) = 110 \text{ моль}$$

$$N(\bar{e}) = v(\bar{e}) \cdot N_A = 6.62 \cdot 10^{25}$$

Ответ: 110 моль, или $6.62 \cdot 10^{25}$.

3.10. Смесь сульфатов алюминия и меди (II) растворили в 150 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 4 г. Определите массовые доли солей в исходном растворе. (12 баллов)

Решение:

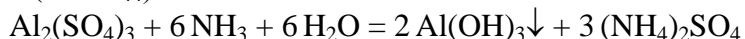


$$m(Cu(OH)_2) = 4 \text{ г}$$

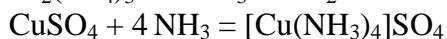
В исходном растворе:

$$v(CuSO_4) = 2v(Cu(OH)_2) = \frac{2 \cdot 4}{98} = 0.0816 \text{ моль}$$

$$m(CuSO_4) = 0.102 \cdot 160 = 13.1 \text{ г}$$



$$m(Al(OH)_3) = 4 \text{ г}$$



В исходном растворе:

$$v(Al_2(SO_4)_3) = v(Al(OH)_3) = \frac{4}{78} = 0.0513 \text{ моль}$$

$$m(Al_2(SO_4)_3) = 0.103 \cdot 342 = 17.5 \text{ г}$$

Масса исходного раствора:

$$m(p-pa) = m(CuSO_4) + m(Al_2(SO_4)_3) + m(H_2O) = 13.1 + 17.5 + 150 = 180.6 \text{ г}$$

$$\omega(Al_2(SO_4)_3) = 9.7 \%$$

$$\omega(CuSO_4) = 7.2 \%$$

Ответ: $\omega(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 9.7\%$, $\omega(\text{CuSO}_4) = 7.2\%$.

4.2. Сосуд объёмом 3.10 л, содержащий 2.30 г N_2O_4 , нагрели до 330 К. После достижения равновесия давление в сосуде оказалось равно 0.368 атм. Считая газы идеальными, рассчитайте константу равновесия K_p , выраженную через парциальные давления участников реакции, при 330 К для реакции



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:	$\frac{n - x}{n + x}$		$\frac{2x}{n + x}$	

$$n(\text{N}_2\text{O}_4) = 2.30 / 92 = 0.025 \text{ моль.}$$

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 $0.368 \cdot 101.325 = \frac{(0.025 + x) \cdot 8.31 \cdot 330}{3.10},$

откуда $x = 0.0171$.

Парциальные давления равны:

$$p(\text{N}_2\text{O}_4) = \frac{n - x}{n + x} \cdot p = \frac{0.025 - 0.0171}{0.025 + 0.0171} \cdot 0.368 = 0.0687 \text{ атм } (= 6.96 \text{ кПа})$$

$$p(\text{NO}_2) = \frac{2x}{n + x} \cdot p = \frac{2 \cdot 0.0171}{0.025 + 0.0171} \cdot 0.368 = 0.299 \text{ атм } (= 30.3 \text{ кПа}).$$

Константа равновесия реакции равна

$$K_p = \frac{p_{\text{NO}_2}^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{0.299^2}{0.0687} = 1.30 \text{ атм } (= 132 \text{ кПа})$$

Возможное альтернативное решение:

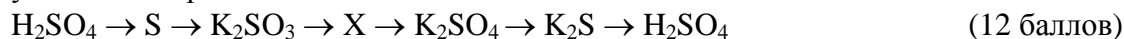
Можно не вычислять парциальные давления N_2O_4 и NO_2 , а подставить выражения для них в выражение для константы равновесия. Тогда получим

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

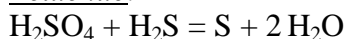
Подставляя x , n и p , получаем $K_p = 1.30 \text{ атм } (= 132 \text{ кПа})$.

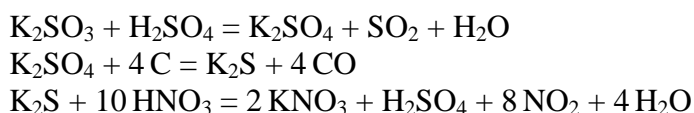
Ответ: $K_p = 1.30 \text{ атм } (= 132 \text{ кПа})$.

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



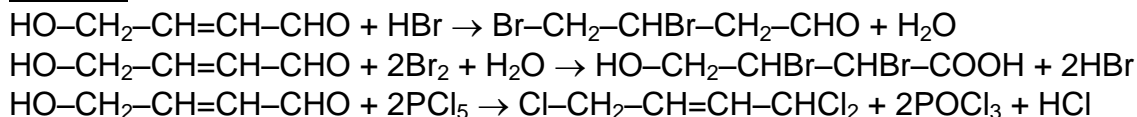
Решение:





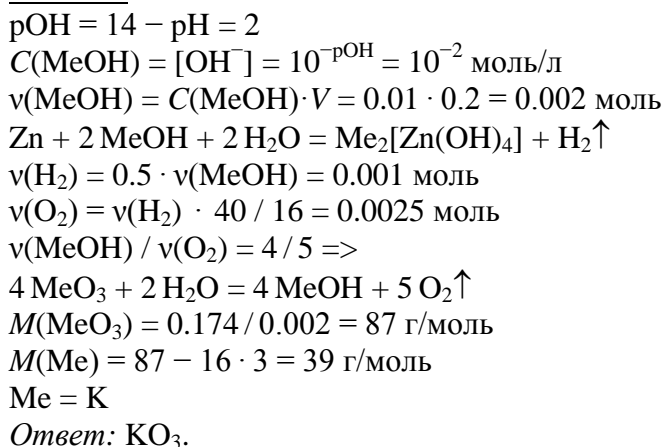
6.19. Неизвестное вещество X состава $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ реагирует с бромоводородом с образованием $\text{C}_4\text{H}_6\text{Br}_2\text{O}$, с бромной водой с образованием $\text{C}_4\text{H}_6\text{Br}_2\text{O}_3$, а с хлоридом фосфора (V) с образованием $\text{C}_4\text{H}_5\text{Cl}_3$. Установите строение X и напишите уравнения упомянутых реакций. (16 баллов)

Решение:



7.1. При полном растворении 0.174 г соединения щелочного металла с кислородом в воде при нагревании выделился газ и образовалось 200 мл раствора с $\text{pH} = 12$. К полученному раствору добавили избыток цинка. Масса выделившегося при этом газа оказалась в 40 раз меньше массы первого газа. Установите формулу исходного соединения. (16 баллов)

Решение:



Ответ: KO_3 .

8.19. Газовую смесь массой 3.45 г и объёмом 2.445 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 87 мл 25 %-ного раствора азотной кислоты (плотность 1.15 г/мл). Определите массовые доли веществ в полученном растворе. (18 баллов)

Решение:

$$v(\text{газов}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 2.445}{8.314 \cdot 298} = 0.10 \text{ моль}$$

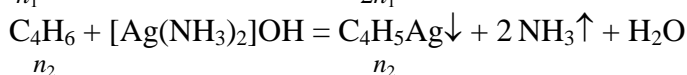
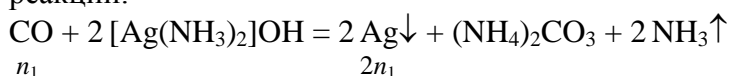
Состав смеси:

$$0.75 \cdot M_1 + 0.25 \cdot M_2 = 3.45 / 0.10, \text{ или } 0.75 \cdot 28 + 0.25 \cdot M_2 = 34.5,$$

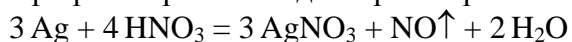
откуда $M_2 = 54$ г/моль. Газ – бутин-1 ($\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$).

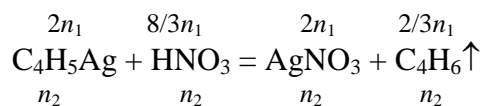
Следовательно, смесь состоит из 0.075 моль CO и 0.025 моль C_4H_6 .

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



При растворении осадка в растворе азотной кислоты протекают следующие реакции:





Масса конечного раствора

$$m(\text{конечн. р-ра}) = m(\text{исх. р-ра}) + m(\text{Ag}) + m(\text{C}_4\text{H}_5\text{Ag}) - m(\text{NO}) - m(\text{C}_4\text{H}_6) = \\ = 87 \cdot 1.15 + 0.15 \cdot 108 + 0.025 \cdot 161 - 0.05 \cdot 30 - 0.025 \cdot 54 = 117.4 \text{ г}$$

Количество HNO_3 в конечном растворе

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{87 \cdot 1.15 \cdot 0.25}{63} - 8/3 \cdot 0.075 - 0.025 = 0.172 \text{ моль}$$

Количество AgNO_3 в конечном растворе

$$n(\text{AgNO}_3) = 0.175 \text{ моль}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{0.172 \cdot 63}{117.4} = 9.2 \%$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{0.175 \cdot 170}{117.4} = 25.3 \%$$

Ответ: $\omega(\text{HNO}_3) = 9.2 \%$, $\omega(\text{AgNO}_3) = 25.3 \%$.