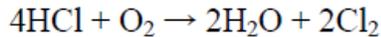


## Задача 1

1. В качестве исходных веществ выступают HCl и O<sub>2</sub>, в качестве продуктов – Cl<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O:



2. Т.к. неизвестные вещества – бинарные, то **A** может быть только оксидом двухвалентного металла, а **B** и **C** – соответственно хлоридами двух- и одновалентного металла (в соответствии с приведенными уравнениями реакций). Тогда молярная масса неизвестного металла:  $M = M(\text{Cl}) \cdot \omega(\text{M}) / (100\% - \omega(\text{M})) = 35,45 \cdot 64,19\% / (100\% - 64,19\%) = 63,54$ , значит, неизвестный металл – медь. **A** = CuO, **B** = CuCl<sub>2</sub>, **C** = CuCl.

3. Суммарная энтальпия реакции складывается из удвоенных (1) и (2), сложенных с третьей:  $\Delta_r H_{\text{tot}} = 2 \cdot (-112,27 \text{ кДж} + 148,28 \text{ кДж}) - 192,97 \text{ кДж} = -120,95 \text{ кДж}$ .

4. В промышленности для получения хлора прибегают к электролизу водного раствора хлорида натрия с диафрагмой:  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow$ .

В лаборатории действуют соляной кислотой на разные окислители:



5. В условии сказано о достижении равновесия, поэтому константа

$$K_p = \frac{p(\text{Cl}_2)^2 \cdot p(\text{H}_2\text{O})^2}{p(\text{HCl})^4 \cdot p(\text{O}_2)}$$
 может быть рассчитана из состава конечной газовой смеси.  $p$  –

давление соответствующего компонента смеси:

	4HCl	+	O <sub>2</sub>	→	2H <sub>2</sub> O	+	2Cl <sub>2</sub>	
было (атм)	0.8		0.2		0		0	
стало (атм)	$\frac{0.8(1-\alpha)}{1-0.2\alpha}$		$\frac{0.2(1-\alpha)}{1-0.2\alpha}$		$\frac{0.4\alpha}{1-0.2\alpha}$		$\frac{0.4\alpha}{1-0.2\alpha}$	

$$K_p = \frac{\alpha^4 \cdot 0.4^4}{(1-\alpha)^5 \cdot 0.8^4 \cdot 0.2} = \frac{3.2 \cdot \alpha^4 (1-0.2\alpha)}{(1-\alpha)^5} = 9.6 \cdot 2^4 (1-0.1333) \approx 133.1$$

6. Преобразуя уравнение к виду:

$$\Delta_r S = R \cdot \ln(K_p) + \frac{\Delta_r H}{T}, \text{ получим:}$$

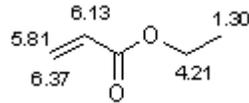
$$\Delta_r S = 8,314 \cdot \ln(133,1) - \frac{120950}{(625 + 273,15)} = 40,66 - 134,66 = -94,0.$$

Ответ: -94,0 Дж/моль·К.

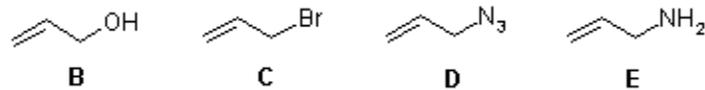
## Задача 2

1. Квартет и триплет в  $^1\text{H}$  ЯМР спектре соответствуют этильной группе. Сигналы в области 5,8-6,4 ppm соответствуют винильной группе. ИК спектр указывает на наличие двойной связи (1638) и карбонильной группы (1728). Согласно бруттоформуле в соединении имеется еще один атом кислорода. Следовательно, вещество **A** — сложный эфир,  $\text{CH}_2=\text{CHCOOC}_2\text{H}_5$ .

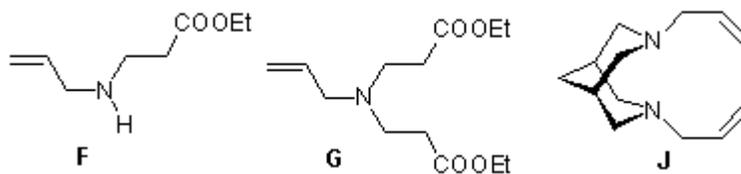
2. 1,30 -  $\text{CH}_3$  (этил); 4,21 -  $\text{CH}_2$  (этил); 5,81-6,37 — винил.



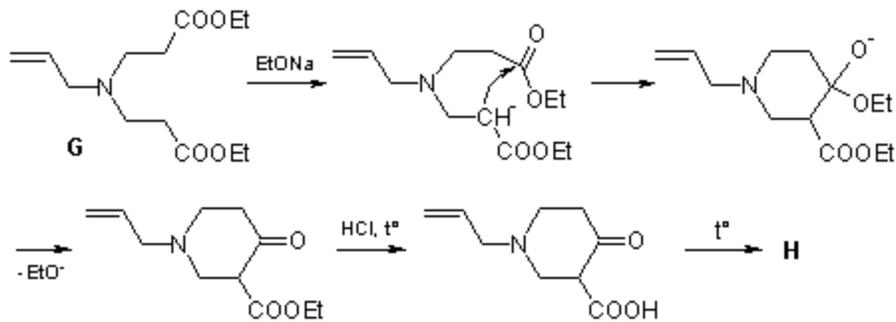
3.



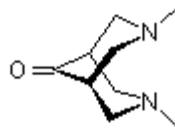
4.



5.



6.



### Задача 3

1. Расчет массы хлора в исходной соли по результатам титрования:

$$m(Cl) = 0,012 \times 0,02015 \times \frac{250}{50} \times 35,45 = 0,04286 \text{ г}$$

Если все остальное ( $0,1514 - 0,04286 = 0,10854$  г) приходится на металл, то по закону эквивалентов можно попытаться найти молярную массу эквивалента этого металла:

$$\frac{0,10854}{\text{Э}} = \frac{0,04286}{35,45} \quad \text{Э} = 89,8 - \text{металла с таким эквивалентом нет (Ta}^{2+}\text{-странно)}.$$

Из результатов двух других титрований найдем, что получившихся хлорида – хлориды кобальта и аммония.

Расчет массы хлора в вазгоне :

$$m(Cl) = 0,012 \times 0,00833 \times \frac{500}{25} \times 35,45 = 0,07083 \text{ г}$$

По закону эквивалентов найдем молярную массу эквивалента катиона:

$$\frac{0,03597}{\text{Э}} = \frac{0,07083}{35,45} \quad \text{Э} = 18,0 - \text{катион аммония}.$$

Следовательно возгон - это хлорид аммония  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Расчет массы хлора в твердом остатке:

$$m(Cl) = 0,012 \times 0,01333 \times \frac{1000}{20} \times 35,45 = 0,2835 \text{ г}$$

По закону эквивалентов найдем молярную массу эквивалента катиона:

$$\frac{0,2349}{\text{Э}} = \frac{0,2835}{35,45}, \quad \text{Э} = 29,37 \text{ г/моль} - \text{что соответствует } \text{Co}^{2+} \text{ или } \text{Ni}^{2+}.$$

Одновременное образование хлорида аммония и других газообразных продуктов наводит на мысль, что исходное соединение – комплексный хлорид. Комплексные хлориды более характерны для кобальта. Сделаем предположение, что твердый остаток после прокаливания - это хлорид кобальта  $\text{CoCl}_2$ .

$$M = A(\text{Co})/w(\text{Co}) = 58,93/0,2348 = 250,9 \text{ г/моль},$$

что отвечает составу  $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$ . Координационная формула  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$  подтверждается результатами первого титрования. Действительно, если эквивалентная масса катиона была найдена нами равна  $89,8$  г/моль, то для двухзарядного катиона молярная масса должна быть  $2 \cdot 89,8 = 179,6$  г/моль, а для  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$  молярна масса равна  $179,54$  г/моль.

2. Диссоциация:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+} + 2\text{Cl}^-$  (титруются только внешнесферные хлориды - ионы). Название соединения – хлорид пентаамминхлоридкобальта(II).

3.  $6[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}] \text{Cl}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 6\text{CoCl}_2 + 6\text{NH}_4\text{Cl} + 22\text{NH}_3 + \text{N}_2$
4. Щелочная
5. Красная окраска  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ , синяя окраска  $\text{CoCl}_2$ .
6. Розавый цвет раствора за счет акваионов  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$

**Система оценивания:**

1. 1) расчет содержания хлора по 1 титрованию (1 балл)
  - 2) расчет содержания хлора по 2 титрованию и определение формулы  $\text{CoCl}_2$  (0,5+0,5=1 балл)
  - 3) расчет содержания хлора по 3 титрованию и определение формулы  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (0,5+0,5=1 балл)
  - 4) определение формулы соли  $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$  и, в соответствии, с результатами 1 титрования  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$  (1,5+1=2,5 балла)
  - 5) название (0,5 балла)
2. электролитическая диссоциация (0,5 балла)
3. уравнение термического разложения (1 балл)
4. среда раствора (0,5 балла)
5. окраска исходной соли и твердого остатка (0,25+0,25=0,5 балла)
6. цвет и ответственные за него ионы (0,25+0,25=0,5 балла)

**Итого 9 баллов**

#### Задача 4

A) 1.  $r = k_2[\text{ES}]$

$$k_1 = k_{-1}[\text{ES}] + k_2[\text{ES}]$$

$$[\text{E}_0] = [\text{E}] + [\text{ES}]$$

$$[\text{ES}] = \frac{(k_{-1} + k_2)[\text{ES}]}{k_1[\text{S}]}; \quad r = k_2[\text{ES}] = \frac{k_2[\text{E}_0]}{1 + \frac{k_{-1} + k_2}{k_1[\text{S}]}} = \frac{k_2[\text{E}_0][\text{S}]}{K_M + [\text{S}]}, \quad K_M = \frac{k_{-1} + k_2}{k_1}$$

При  $[\text{S}] \gg [\text{E}_0]$  можно считать, что  $[\text{S}] = [\text{S}_0] - [\text{P}]$ , а для начального момента ( $[\text{P}] = 0$   $[\text{S}] = [\text{S}_0]$ )

$$r = \frac{k_2[\text{E}_0][\text{S}_0] - k_2[\text{E}_0]}{K_M + [\text{S}_0] + 1}$$

При малых значениях  $[S_0]$ ,  $K_M \gg [S_0]$  и  $r = \frac{k_2[E_0][S_0]}{K_M}$  при  $[S] \rightarrow \infty$   $r \rightarrow k_2[E_0]$  (это скорость обозначается  $r_{\max}$ )

$$2. \quad r = \frac{r_{\max}}{[E_0]} = \frac{3.0 \cdot 10^{-6}}{1.5 \cdot 10^{-9}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$$

3. определим константу Михаэлиса  $K_M$ :

$$K_M = \frac{r_{\max}[S_0]}{r} - [S_0] = 2 \cdot 5.0 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ М}$$

$$\text{При } [S_0] = 1.0 \cdot 10^{-4} \text{ М} \quad r_0 = \frac{r_{\max}}{1 + \frac{K_M}{[S_0]}} = 2.0 \cdot 10^{-6}$$

4.  $K = k_1/k_{-1} \approx 1/K_M = 2.0 \cdot 10^6$  (предполагается что равновесие устанавливается очень быстро  $k_{-1} \gg k_2$ )

В)  $T_1 = 285 \text{ К}$ ,  $T_2 = 310 \text{ К}$ ,  $r_{\max 1} = 3.0 \cdot 10^{-6} \text{ М/с}$   $r_{\max 2} = 6.0 \cdot 10^{-6} \text{ М/с}$

$$E_a = \frac{RT_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{RT_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{r_{\max 1}}{r_{\max 2}} = 20.4 \text{ кДж/моль}$$

В)

$$1. \quad \frac{[ES]}{[E_0]} = \frac{[S_0]}{K_M + [S_0]} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 10^{-3}} = 0.98$$

Почти весь фермент связан субстратом.

$$2. \quad -\frac{d[S]}{dt} = \frac{d[P]}{dt} = \frac{k_2[E_0][S]}{K_M + [S]}$$

$$-\left(\frac{K_M}{[S]} + 1\right) d[S] = k_2[E_0] dt$$

$$K_M \ln \frac{[S_0]}{[S]} + [S_0] - [S] = k_2[E_0] t$$

$$t = \frac{1}{k_2 * [E_0]} \left( K_M \ln \frac{[S_0]}{[S]} + [S_0] - [S] \right) = \frac{1}{2 \cdot 10^3 * 2 \cdot 10^9} (5 \cdot 10^{-5} * \ln 2 + 1.5 \cdot 10^{-3}) = 384 \text{ с}$$

Г) 1. Выведем выражение для скорости реакции при конкурентном ингибировании:

$$r = k_2[ES] \quad k_1[E][S] = k_{-1}[ES] + k_2[ES]$$

$$\frac{[E][I]}{[EI]} = \frac{k_{-3}}{k_3} = K_I; \quad [E] + [ES] + [EI] = [E_0]$$

$[I] \approx [I_0]$  (считаем, что  $[I_0] \gg [E_0]$ )

$$[E] = \frac{(k_{-1} + k_1)[ES]}{k_1 * [S]}; \quad [EI] = \frac{(k_{-1} + k_1)[ES][I_0]}{k_1 * K_I * [S]}$$

$$r = k_2[ES] = \frac{k_2[E_o]}{1 + \frac{k_{-1} + k_2}{k_1[S]} \left(1 + \frac{[I_o]}{K_I}\right)} = \frac{k_2 * [E_o][S]}{K_M \left(1 + \frac{[I_o]}{K_I}\right) + [S]}$$

$$i = 1 - \frac{K_M + [S]}{K_M \left(1 + \frac{[I_o]}{K_I}\right) + [S]} = \frac{K_M \frac{[I_o]}{K_I}}{K_M \left(1 + \frac{[I_o]}{K_I}\right) + [S]}$$

С увеличением  $[S]$  степень ингибирования  $i$  уменьшается и стремится к нулю при  $[S] \rightarrow \infty$

$$2. \frac{r}{r_o} = \frac{K_M + [S]}{K_M \left(1 + \frac{[I_o]}{K_I}\right) + [S]}$$

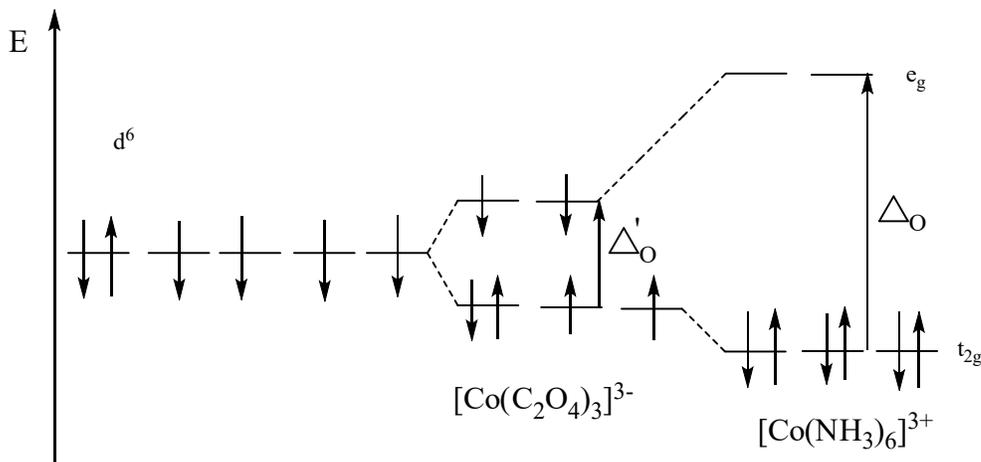
При  $[S] \rightarrow 0 \frac{r}{r_o} = \frac{1}{\left(1 + \frac{[I_o]}{K_I}\right)} = \frac{1}{4}; \frac{[I_o]}{K_I} = 3 \quad [I_o] = 1.5 * 10^{-4} M$

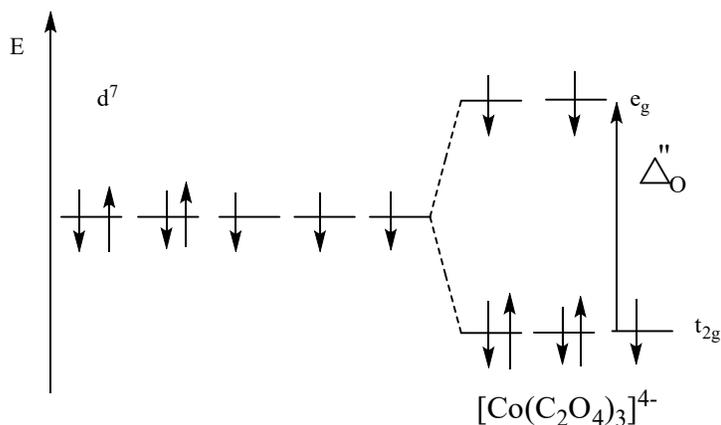
### Задача 5

А)



2. Распределение электронов на расщепленных  $d$ -орбиталях центрального атома комплексных частиц  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ,  $[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ ,  $[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}$  показано на рис





3.  $F([\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}) = 12/5\Delta_o - 2P = 149,6 \text{ кДж/моль}$

$F([\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}) = 2/5\Delta'o = 86,0 \text{ кДж/моль}$

$F([\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}) = 4/5\Delta''o = 85,6 \text{ кДж/моль}$

4. Термодинамическая устойчивость комплексов коррелирует с ЭСКП:  $K_{\text{уст}}([\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}) \gg K_{\text{уст}}([\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-})$ , так как  $F([\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}) > F([\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-})$

Аналогично имеем  $K_{\text{уст}}([\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}) \gg K_{\text{уст}}([\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}) \geq K_{\text{уст}}([\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-})$

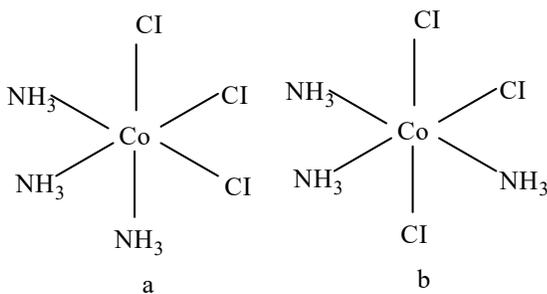
5.  $\mu = \sqrt{n(n+2)}$  для

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} \mu = 0 \text{ м.Б}$

$[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-} \mu = 4,9 \text{ м.Б}$

$[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-} \mu = 3,87 \text{ м.Б}$

6.  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}_3$



Гран (a) ос (b)

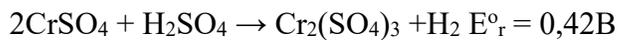
Б)

1. Диспропорционировать в кислой среде будут ионы Cr(V) и Cr(IV), так как только для них выполняется следующее условие:  $E_{\text{ox}} - E_{\text{red}} > 0$

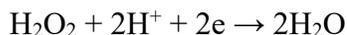
2. чтобы соединение хрома могло окислить воду, должно выполняться условие  $E_{\text{ок}} > E^{\circ}(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) > 1,23\text{В}$ ; из устойчивых форм такой потенциал имеет только ион  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ :  $E^{\circ}(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = (0,55 + 1,34 + 2,10)/3 = 1,33\text{В}$ ; термодинамически вероятная реакция:



Чтобы соединение хрома могло восстановить воду, должно выполняться условие  $E_{\text{ред}} < E_0(\text{H}^+/\text{H}_2) < 0\text{В}$ ; из устойчивых форм такой потенциал имеют только  $\text{Cr}$  и ион  $\text{Cr}^{2+}$ ; термодинамически вероятные реакции



3. **первый вариант:**  $\text{H}_2\text{O}_2$  – окислитель;  $E^{\circ}(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \cdot 2 - 0,7 = 1,76\text{В}$ ; при  $\text{pH}=3$  для реакции



получим

$$E = E^{\circ} - 0,059(\text{pH}) = 1,58\text{В}$$

ион  $\text{Cr}^{3+}$  - восстановитель; при  $\text{pH}=3$  для реакции



имеем

$$E = E^{\circ} - 7/3(0,059)\text{pH} = 0,917\text{В}$$

поскольку  $E_r = E_{\text{ок}} - E_{\text{ред}} = 1,58 - 0,92 = 0,66 > 0$  возможна реакция



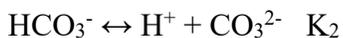
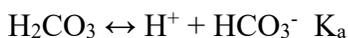
для которой  $\Delta_r G = -nFE = -6 \cdot 0,66 \cdot 96500 = -38210 \text{ Дж}$

**второй вариант:**  $\text{H}_2\text{O}_2$  – восстановитель;  $E^{\circ}(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2) = 0,70\text{В}$  ион  $\text{Cr}^{3+}$  - окислитель  $E(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{2+}) = -0,42\text{В}$ ; для такой реакции  $E_r = E_{\text{ок}} - E_{\text{ред}} < 0$ ; реакция невозможна

## Задача 6

А)

1. В водном растворе  $\text{CO}_2$  имеются частицы:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{OH}^-$ , при растворении  $\text{CO}_2$  устанавливаются равновесия:



$$2. K_s = [\text{H}_2\text{CO}_3]/[\text{CO}_2] = k_1/k_2 = 0,03/20 = 0,0015$$

$$K_a = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$$

$$K_1 = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2]$$

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = K_s[\text{CO}_2]$$

$$\frac{K_a}{K_1} = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}_2]K_s} = \frac{1}{K_s}$$

$$K_a = \frac{4,2 * 10^{-7}}{0,0015} = 2,8 * 10^{-4}$$

3. Из условия материального баланса следует, что

$$[\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] = 0,01$$

$$\text{Учтем что } [\text{CO}_3^{2-}] \ll [\text{HCO}_3^-] \ll [\text{CO}_2]$$

Так как ионы  $\text{H}^+$  образуются преимущественно при диссоциации  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $[\text{H}^+] = [\text{HCO}_3^-]$

$$K_1 = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2] = [\text{H}^+]^2/[\text{CO}_2]$$

Поскольку угольная кислота слабая, можно принять, что  $[\text{CO}_2] = 0,01$  моль

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,01}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{4,2 * 10^{-7} * 0,01} = 6,5 * 10^{-5} \text{ моль/л}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = [\text{H}^+] = 6,5 * 10^{-5} \text{ моль/л}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = K_2 * [\text{HCO}_3^-]/[\text{H}^+]$$

При диссоциации угольной кислоты по второй ступени  $[\text{H}^+]$  и  $[\text{HCO}_3^-]$  практически не меняются

$$[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}^+] = 1$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = K_2 = 4,8 * 10^{-11} \text{ моль/л}$$

Остается оценить  $[\text{H}_2\text{CO}_3]$

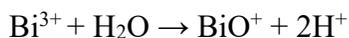
$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = K_s * [\text{CO}_2] = 1,5 * 10^{-5} \text{ моль/л}$$

Если приближения использованные при расчетах, правомерны,  $[\text{CO}_2]$  мало отличается от 0,01 моль/л:

$$[\text{CO}_2] = 0,01 - [\text{H}_2\text{CO}_3] - [\text{HCO}_3^-] - [\text{CO}_3^{2-}] = 0,01 - 1,5 * 10^{-5} - 6,5 * 10^{-5} - 4,8 * 10^{-11} = 9,92 * 10^{-3} \text{ моль/л}$$

**Б)**

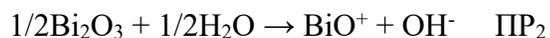
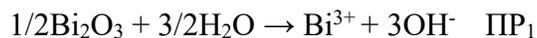
1. Реакция гидролиза  $\text{Bi}^{3+}$ :



Константа гидролиза

$$K_{\Gamma} = [\text{BiO}^+][\text{H}^+]^2/[\text{Bi}^{3+}]$$

Константы равновесия  $\text{PP}_1$  и  $\text{PP}_2$  описывают процессы:



Следовательно

$$K_{\Gamma} = \text{PP}_2 * (\text{K}_w)^2 / \text{PP}_1 = 2,3 * 10^{-10}$$

5. Предположим, что  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  растворяется с образованием  $\text{Bi}^{3+}$



Обозначим  $[\text{Bi}^{3+}] = x$ , тогда  $[\text{OH}^-] = 3x$

$$x * (3x)^3 = \text{PP}_1$$

$$27 * x^4 = \text{PP}_1$$

$$x = \sqrt[4]{\text{PP}_1/27} = 1,12 * 10^{-8}$$

Оценим степень гидролиза ионов  $\text{Bi}^{3+}$  ( $\alpha$ ) в среде, близкой к нейтральной ( $\text{pH}=7$ )

$$K_{\Gamma} = [\text{BiO}^+][\text{H}^+]^2/[\text{Bi}^{3+}]$$

$$[\text{BiO}^+] = \alpha * 1,1 * 10^{-8} \text{ моль/л}$$

$$[\text{Bi}^{3+}] = (1 - \alpha) * 1,1 * 10^{-8} \text{ моль/л}$$

$$2,3 * 10^{-10} = \alpha * (10^{-7})^2 / (1 - \alpha)$$

$$\alpha / (1 - \alpha) = 2,3 * 10^4 \quad \alpha = 1$$

в насыщенном растворе  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  присутствуют ионы  $\text{BiO}^+$ , а не  $\text{Bi}^{3+}$



$$\text{PP}_2 = [\text{BiO}^+][\text{OH}^-] = 2S(2S + 10^{-7}) = 10^{-12}$$

$$S = 4,8 * 10^{-7} \text{ моль/л}$$

$$\text{pH} = 8,02$$

При расчете использовано приближение, согласно которому концентрация гидроксильных ионов за счет диссоциации молекул воды составляет  $10^{-7}$  моль/л вне зависимости от концентрации других реагентов. В общем случае это приближение неправильно.

$$7. S(\text{BiOCl}) = \sqrt{\text{PP}_{\text{BiOCl}}} = 8,4 * 10^{-5} \text{ моль/л}$$

8. Концентрация хлорид ионов

$$[\text{Cl}^-] = 0,3 \text{ моль/л}$$

Возможно образование осадков  $\text{BiOCl}$  и  $\text{BiOOH}$  ( $\text{Bi}(\text{OH})_3$ )

Осадок  $\text{BiOCl}$  выпадает, если

$$[\text{BiO}^+][\text{Cl}^-] > \text{PP}_{\text{BiOCl}}$$

$$[\text{BiO}^+] > \text{PP}_{\text{BiOCl}}/[\text{Cl}^-] = 2,3 * 10^{-8}$$

Оценим, при каком pH в 0,1 моль/л растворе  $\text{BiCl}_3$   $[\text{BiO}^+]$  достигнет этой величины

$$K_{\Gamma} = [\text{BiO}^+][\text{H}^+]^2/[\text{Bi}^{3+}]$$

$$2,3 * 10^{-10} = 2,3 * 10^{-8} * [\text{H}^+]^2 / 0,1$$

$$[\text{H}^+] = 0,03 \text{ моль/л}$$

$$\text{pH} = 1,5$$

минимальная концентрация  $[\text{OH}^-]$ , при которой начнет выпадать осадок в растворе с  $[\text{Bi}^{3+}] = 0,1$  моль/л

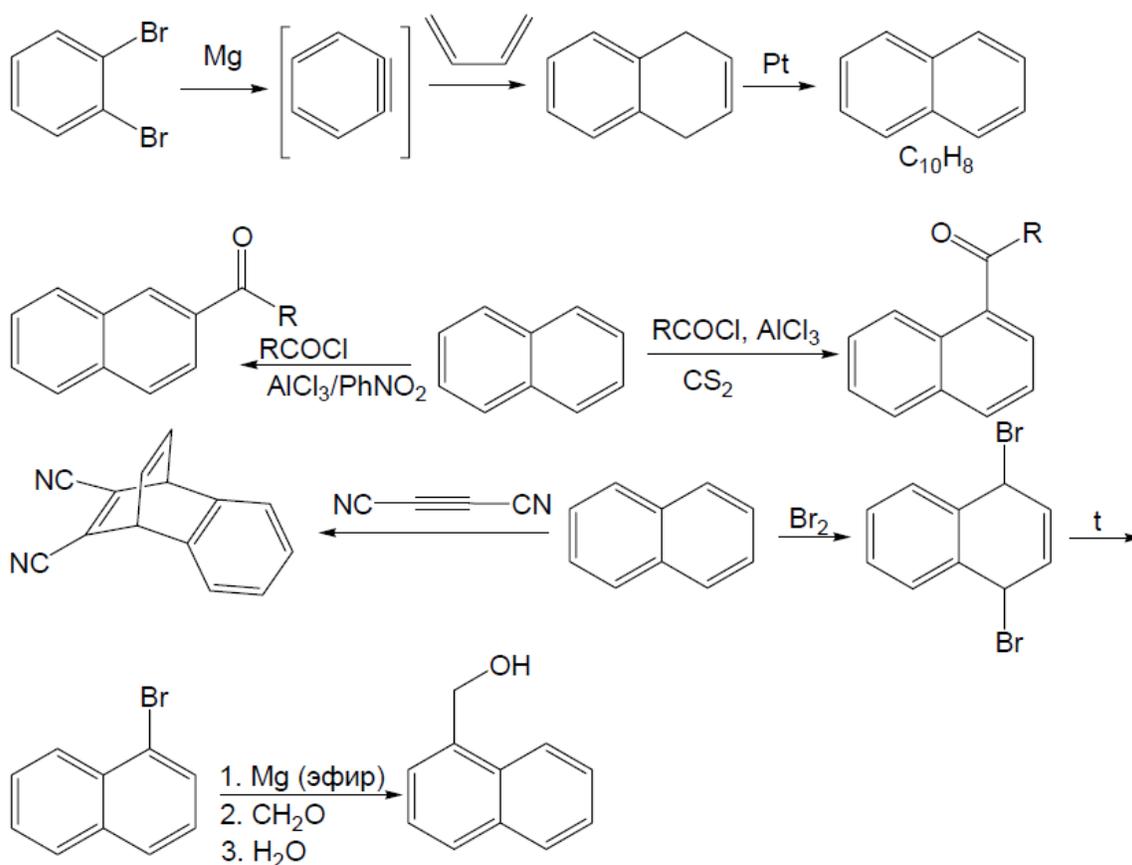
$$[\text{OH}^-] = \sqrt[3]{\frac{\text{PP}_1}{0,1}} = 1,6 * 10^{-10} \text{ моль/л}$$

$$\text{pH} = 4,2$$

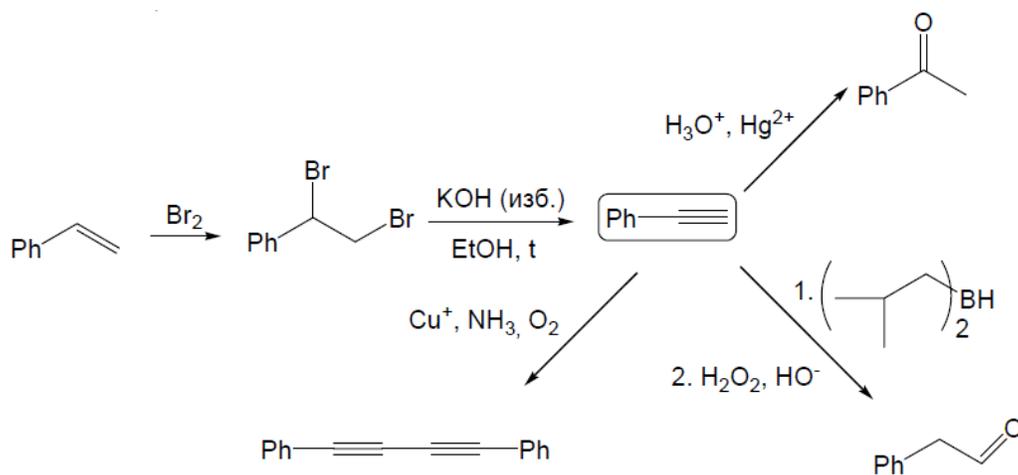
следовательно при подщелачивании кислого раствора  $\text{BiCl}_3$  при  $\text{pH} = 1,5$  начнется образование осадка.

# Задача 7

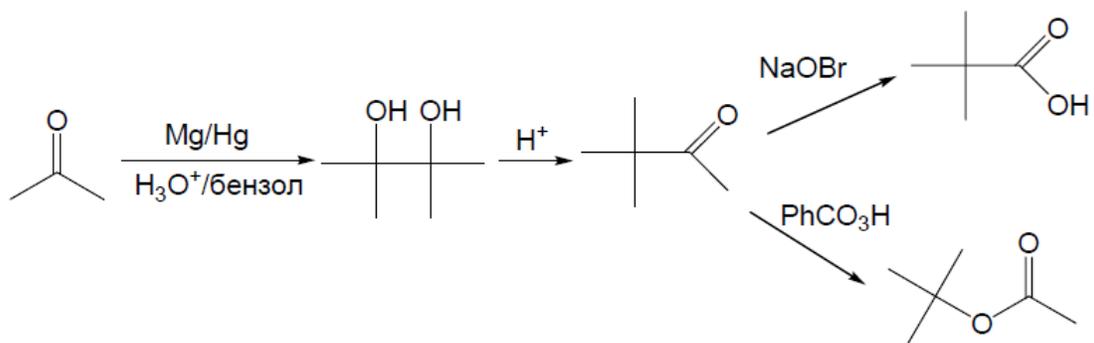
A)



Б)



В)



**Система оценивания**

**А) По 0,35 балла за каждое правильно найденное вещество**

**Б) По 0,4 балла за каждое правильно найденное вещество**

**В) По 0,55 балла за каждое правильно найденное вещество**

**Итого: 7 баллов**