

**Задание 1. Аналитическая кинетика** (*Жаксылык Шакир*)

- (1) В схеме присутствуют две достаточно медленные стадии (с константами скорости  $k_1$  и  $k_2$  соответственно), и схему можно заменить эквивалентной с двумя последовательными реакциями (что и сделано в следующем пункте). Это означает, что лимитирующая стадия является самой медленной. При понижении  $pH$  амин в значительной степени протонирован, и первая реакция соответственно замедляется. Одновременно равновесие  $K_2$  смещено в сторону интермедиата  $TН^+$ , что обеспечивает высокую скорость протекания второй стадии. Аналогичные рассуждения можно провести в случае высокого  $pH$ . При низком  $pH$  лимитирует присоединение амина. При высоком  $pH$  лимитирует отщепление воды (по 2 балла за верное указание лимитирующей стадии).
- (2) Выведем зависимость  $k_3$  и  $k_4$  от кислотности среды:

$$k_3 = k_1[RNH_2] = k_1 \frac{K_a}{K_a + [H^+]} C(RNH_2) \text{ (2 балла)}$$

$$k_4 = k_2 \frac{[TН^+]}{[T] + [TН^+]} = k_2 \frac{K_2[H^+]}{1 + K_2[H^+]} \text{ (2 балла)}$$

Условие  $k_2 = k_4$  приводит к квадратному уравнению:

$$K_2[H^+]^2 + K_a K_2 \left(1 - \frac{k_1}{k_2} C(RNH_2)\right) [H^+] - \frac{k_1}{k_2} K_a C(RNH_2) = 0$$

откуда получаем  $[H_{\max}^+] = 8.7 \cdot 10^{-5} M, pH_{\max} = 4.1$  (4 балла)

**Задание 2. Органическая химия** (*Коршыбек Диас*)

1. Учтите, что: соединение А2 (которое содержит 5 типов элементов, содержание X составляет 7,61%) находится в равновесии с соединением А4 (содержание X составляет 15,9%) и диэтиловым эфиром ( $Et_2O$ ).

Заметьте, что  $Et_2O$  содержит 3 элемента (C, H, O). Следовательно, А4, вероятно, бинарное соединение. Следовательно, пусть А2 будет  $X_a M_b \cdot (Et_2O)_c$ . Пусть  $a = 1, c = 1$  и  $x = A_r(X), m = A_r(M)$ :

$$\frac{x}{x + mb} = 0.159 \implies x = 0.18906mb$$

$$\frac{x}{x + mb + 4 \cdot 12 + 10 + 16} = 0.0761 \implies x = 0.08237mb + 6.095$$

соответствует бору  $m = 57.128b, x = 10.8$ .

$b$	$m$	$M$
1	57.128	—
2	28.564	—
3	19.043	$F$
4	14.282	$\approx N$
5	11.426	—
6	9.521	—

По эмпирической формуле подходит фтор. По массовой доле можно понять, что А1 -  $\text{NaBH}_4$ . По массовой доле атома бора в А3 можно предугадать, что он содержит лишь Na, B, H: А3 -  $\text{Na}[\text{B}_x\text{H}_y]$ :

$$\frac{10.8x}{10.8x + y + 23} = 0.511 \implies x = 0.09675831y + 2.22544118$$

$y$	$x$
1	2.322
2	2.419
3	2.516
4	2.612
5	2.709
6	2.806
7	2.903
8	3

$x = 8, y = 3$ , А3 -  $\text{Na}[\text{B}_3\text{H}_8]$

А5 содержит те же элементы, что и А3: А3 -  $\text{Na}[\text{B}_x\text{H}_y]$ .

$y$	$x$
1	4.984
2	5.191
3	5.398
4	5.605
5	5.812
6	6.018
7	6.233

Наиболее подходящий вариант для эмпирической формулы это  $\text{Na}[\text{B}_6\text{H}_6]$ , но молекулярная формула будет  $\text{Na}_2[\text{B}_{12}\text{H}_{12}]$  из-за того, что существует очень известный анион  $[\text{B}_{12}\text{H}_{12}]^{2-}$ .

Добавление  $\text{CsOH}$  приводит лишь к реакции двойного замещения.

X - B

A1 -  $\text{NaBH}_4$

A2 -  $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$

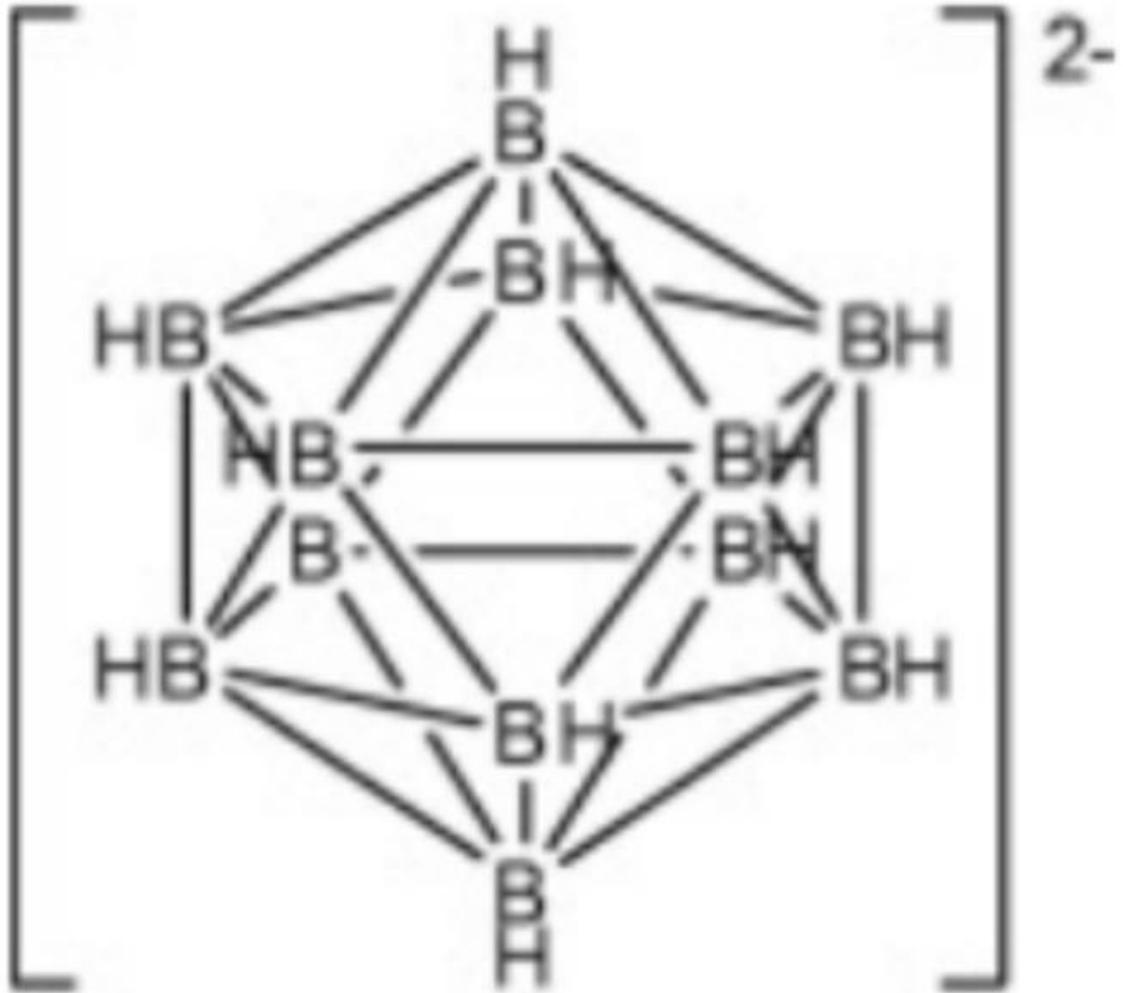
A3 -  $\text{Na}_3[\text{B}_3\text{H}_8]$

A4 -  $\text{BF}_3$

A5 -  $\text{Na}_2[\text{B}_{12}\text{H}_{12}]$

A6 -  $\text{Cs}_2[\text{B}_{12}\text{H}_{12}]$

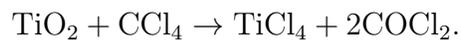
За нахождение X и A1 по 0.5 баллов, за нахождение A2-A6 по 2 балла.



(1 балл)

**Задание 3. Антагонист меди** (*Сабыр Маду*)

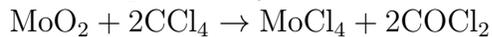
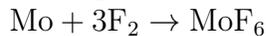
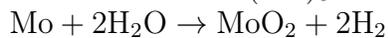
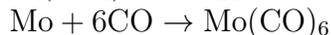
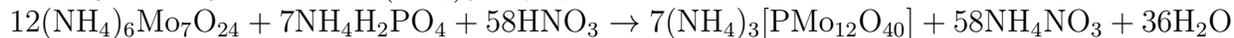
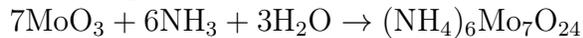
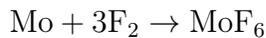
1. Если принять, что F это хлорид какого-то металла, то можно перебрать несколько веществ. Перебирая вещества, мы можем предположить, что это могли быть  $TiCl_2$ ,  $MoCl_4$ ,  $CdCl_2$ . Смотри на реакции, мы можем сказать, что кадмий не может создавать комплексы с CO и диспропорционировать в другой реакции.  $TiCl_2$  не сможет получиться в этой реакции, так как реакция должна быть такой:



X - это молибден, что подходит под характеристику этой реакции. (1 балл за нахождение X)

2. Подставляя данные мы находим, что F -  $MoCl_4$ , IV -  $Na_2MoO_4$ , J -  $COCl_2$ , II -  $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ , III -  $(NH_4)_3[PMo_{12}O_{40}]$ .

Реакции:



По реакциям видно, что С -  $\text{MoF}_6$ , I -  $\text{Mo}(\text{CO})_6$ , В -  $\text{MoO}_2$ . Высший оксид D это  $\text{MoO}_3$ . (0.5 баллов за каждое вещество) (1.5 балл за реакцию перехода с II на III, 1 балл за реакцию перехода с D на II) (0.5 баллов за остальные реакции).

#### Задание 4. Алкадиены шашкуют (Полетаев Данил)

1. (6 баллов)

$$k(T2)/k(T1) = 310^4 \quad (2 \text{ балла за отношение констант})$$

$$k(T2) = \exp[78000/(8.314305)]$$

$$k(T1) = \exp[E_{act2}/8.314305]$$

$$E_{act2} = 51858 \text{ Дж}$$

(2 балла за логарифмирование выражения и 2 балла за правильный ответ)

2. (6 баллов)

$$r(T2) = r(T1) + 65$$

$$r(T2) = r(T1)2^{(323 - 303)/10}$$

$$r(T2) = 86.6 \text{ моль/с} \quad (3 \text{ балла})$$

$$r(T1) = 21.6 \text{ моль/с} \quad (3 \text{ балла})$$