

Задание 1. Неизвестный Минерал (*Коршыбек Дуас*)

- (1) По второму пункту задачи можно понять, что элемент с валентностью I это металл, валентность I могут иметь все щелочные металлы, а также золото, медь и серебро. По описанию $C - SO_2$, и получается **A** и **B** сульфиды, **D** это оксид.

Получается минерал содержит два металла и серу. С помощью данных по параметрам решетки для минерала **X** можем найти ее молярную массу:

$$M_r = \frac{\rho \cdot N_A \cdot V}{z} = \frac{4.193 \cdot N_A \cdot (5.289 \cdot 10^{-8})^2 \cdot (10.423 \cdot 10^{-8})}{4} = 184 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

С учетом молярной массы можно понять, что золото из вариантов отпадает, так как ее атомная масса больше чем молярная масса самого минерала. Вещество **B** имеет черный цвет, поэтому щелочные металлы отпадают, так как их сульфиды белого цвета. Остаются лишь серебро и медь.

Если серебро, минерал $MeAgS_n$:

n	$M_r(Me)$
1	44
2	12

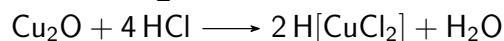
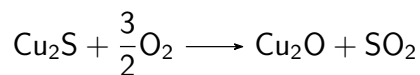
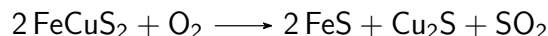
Если медь, минерал $MeCuS_n$:

n	$M_r(Me)$
1	88
2	56

Из всех вариантов подходит лишь последний, получается минерал $FeCuS_2$.

A	B	C	D	E	X
FeS	CuS	SO_2	Cu_2O	$H[CuCl_2]$	$FeCuS_2$

Реакции:



За нахождение каждого элемента по 1 баллу, за реакции по 1 баллу, за нахождение молярной массы 2 балла.

- (2) Эффект Яна-Теллера. (1 балл)

Задание 2. Солнышко (*Илюсизов Ринат*)

- (1) Эти молекулы должны обладать большой сопряженной системой π электронов (1 балл)

(2) $E = \frac{hc}{\lambda} = 3.49 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
(3 балл)

(3) Полуреакция: $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$
Пересчитаем потенциал на $T=310\text{K}$, $\text{pH}=7$: $E = E^\circ - \frac{RT}{4F} \cdot \ln\left(\frac{1}{[H]^4}\right) = 0.82V$
(4 балл)

(4) На 1 моль кислорода: $E_{\text{прак}} = 32 \cdot (4 + 2 \cdot 2.5) = 288 \text{ кДж}$
 $E_{\text{теор}} = 2 \cdot 4 \cdot \frac{h \cdot c \cdot N_a}{\lambda} = 1596 \text{ кДж}$ Таким образом, КПД составляет около 18 процентов
(4 балл)

Задача 3. Опять математика в химии/ Продолжение фаз:кошка жены
(Бакытбекова Енлик)

(1) $d\mu(1) = d\mu(2) \implies V_m(1)dp - S_m(1)dT = V_m(2)dp - S_m(2)dT \implies (S_m(2) - S_m(1))dT = (V_m(2) - V_m(1))dp \implies \Delta_{\text{ф.п.}}SdT = \Delta_{\text{ф.п.}}Vdp \implies \frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{\text{ф.п.}}S}{\Delta_{\text{ф.п.}}V} = \frac{\Delta_{\text{ф.п.}}H}{T\Delta_{\text{ф.п.}}V}$
(1 балл)

(2) Энтальпия испарения положительна, а $\Delta_{\text{исп}}V$ велико и положительно, поэтому наклон dp/dT положительный.
(1 балл)

(3) $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{\text{пл}}H}{T\Delta_{\text{пл}}V} \implies \int dp = \int \frac{\Delta_{\text{пл}}H}{T\Delta_{\text{пл}}V}dT \implies p = \frac{\Delta_{\text{пл}}H}{\Delta_{\text{пл}}V} \ln T + C$
(2 балл)

(4)

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{\text{исп}}H}{T\Delta_{\text{исп}}V}$$

$$\Delta_{\text{исп}}V = V_m(\text{газ}) - V_m(\text{жид}) \approx V_m(\text{газ}) = \frac{V}{n} = \frac{RT}{p}$$

$$\implies \frac{dp}{dT} = \frac{p\Delta_{\text{исп}}H}{RT^2} \implies \int \frac{dp}{p} = \int \frac{\Delta_{\text{исп}}H}{RT^2}dT$$

$$\implies \ln p = -\frac{\Delta_{\text{исп}}H}{RT} + C$$

(2 балл)

(5)

$$\ln p_2 = -\frac{\Delta_{\text{воз}}H}{RT_2} + C_{\text{воз}}$$

—

$$\ln p_1 = -\frac{\Delta_{\text{воз}}H}{RT_1} + C_{\text{воз}}$$

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = -\frac{\Delta_{\text{воз}}H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\implies \Delta_{\text{воз}}H = \frac{R \ln \frac{p_2}{p_1}}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} \xrightarrow{\text{аналогично}} \Delta_{\text{исп}}H = \frac{R \ln \frac{p_2}{p_1}}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}$$

$$\Delta_{\text{воз}}H = 31226.81 \text{ Дж/моль}$$

$$\Delta_{\text{исп}}H = 22164.02 \text{ Дж/моль}$$

(2 балл)

(6) Найдем константы для возгонки и испарения

$$\ln p = -\frac{\Delta_{\text{воз}} H}{RT} + C = -\frac{3755.93}{T} + C$$

Подставив $p = 2277 \text{ Па}$, $T = -98 + 273.15 \text{ К} \Rightarrow C_{\text{воз}} = 29.17$. Аналогично находим, что $C_{\text{исп}} = 22.76$.

$$\ln p_{\text{тв}} = -\frac{3755.93}{T} + 29.17$$

$$\ln p_{\text{жид}} = -\frac{2665.87}{T} + 22.76$$

Так как в тройной точке одно давление и одна температура, мы можем уравнивать эти два выражения, $\ln p_{\text{тв}} = \ln p_{\text{жид}}$:

$$-\frac{3755.93}{T_{\text{тр}}} + 29.17 = -\frac{2665.87}{T_{\text{тр}}} + 22.76$$

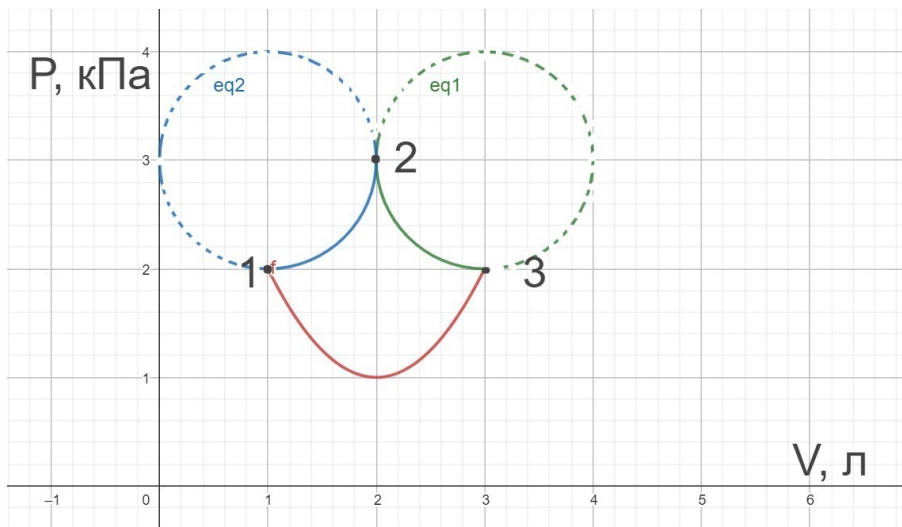
$$T_{\text{тр}} = 170.05 \text{ К}$$

Подставим температуру в любое уравнение, и получим

$$p_{\text{тр}} = 1191.28 \text{ Па}$$

(4 балл)

Задание 4. Прикольная термодинамика (Махмудов Мансур)



1. Окружность 1-2:

$$(V - 1)^2 + (P - 3)^2 = 1$$

(1 балл) Окружность 2-3:

$$(V - 3)^2 + (P - 3)^2 = 1$$

(1 балл) Парабола 1-3:

$$P(V) = (V - 2)^2 + 1$$

(2 балл)

2. Найдем площадь прямоугольника, ограниченного кривыми 1-2 и 2-3:

$$S = 2 \cdot 3 - \frac{1}{4}\pi R^2 - \frac{1}{4}\pi R^2 = 6 - \frac{1}{2}\pi$$

Отнимем площадь, ограниченной параболой:

$$w = 6 - \frac{\pi}{2} - \int_1^3 (V - 2)^2 + 1 dV = 1.76 kJ$$

За нахождение площади и работы по 4 балла.

Задание 1. Изумруд (*Инсар Имаш*)

- (1) Из реакции 2, можно догадаться, что Д скорее всего это $Na_n[(OH)_4]$.

$Na[A(OH)_4]$, $\approx 7.19/$ это примерно равно молярной массе **Лития**, но он не проявляет степень окисления +3.

При молекулярной формуле $Na_2[A(OH)_4]$ молярная масса $A \approx 9g/mol$, что соответствует **Берилию**, он и проявляет степень окисления +2.

Зная, что А это Ве (1 балл), мы можем написать уравнения реакций:

Реакция 1: $Be + 2 H_2O \rightarrow Be(OH)_2 + H_2$ (0.5 балл)

Реакция 2: $Be(OH)_2 + 2 NaOH \rightarrow Na_2[Be(OH)_4]$ (0.5 балл)

Реакция 3: $Be + BeO \rightarrow Be_2O$ (0.5 балл)

Г: $Be(OH)_2$ (0.5 балл)

Д: $Na_2[Be(OH)_4]$ (0.5 балл)

Е: Be_2O (0.5 балл)

- (2) Химия Б и А сходна, значит при добавлении избытка NaOH, у нас образуется $Na_n[B(OH)_4]$.

При $n = 1$ выходит, что Д2 имеет формулу $Na_n[B(OH)_4]$ с массовой долей металла = 22.9%.

Из этого можно посчитать молярную массу Б $\approx 27.0g/mol$, что соответствует **Алюминию**.

Зная, что Б это Al (0.5 балл), мы можем написать уравнения реакций:

Реакция 4: $Al + 3 H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3/2 H_2$ (0.25 балл)

Реакция 5: $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow Na[Al(OH)_4]$ (0.25 балл)

Г2: $Al(OH)_3$ (1 балл)

Д2: $Na[Al(OH)_4]$ (1 балл)

- (3) Понять, что за элемент В можно понять по гидриду Л BH_n . ($M_r() = x$) : $x \frac{1}{x+n*1.008} = \frac{87.45}{100}$
или $6.968n = x$, тогда

$n = 1 \rightarrow x = 7.024 \Rightarrow Li$ но это металл $\Rightarrow$ не подходит,

$n = 2 \rightarrow x = 14.048 \Rightarrow N$, но стабильной структуры NH_2 не существует $\Rightarrow$ не подходит,

$n = 3 \rightarrow x = 21.072 \Rightarrow$ не подходит,

$n = 4 \rightarrow x = 28.095 \Rightarrow Si \Rightarrow SiH_4$, что является стабильным веществом.

Зная, что В это Si (0.5 балл), мы можем написать уравнения реакций:

Реакция 6: $Si + Cl_2 \rightarrow SiCl_4$ (0.25 балл)

Реакция 5: $\text{SiCl}_4 + \text{Li}[\text{AlH}_4] \rightarrow \text{SiH}_4 + \text{LiCl} + \text{AlCl}_3$ (0.25 балл)

И: SiCl_4 (1 балл)

Л: SiH_4 (1 балл)

- (4) Найдите формулу изумруда и напиши реакцию изумруда с серной кислотой.

В майнкрафте стекло делают из песка, то есть оксида кремния SiO_2 .

Количество вещества BeSO_4 (сульфат А):

$$n = \frac{1.17}{9.01 + 32.06 + 16 \cdot 4} \approx 0.0111 \text{ mol} \Rightarrow n(\text{Be}) \approx 0.0111 \text{ mol}$$

Количество вещества $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (сульфат Б):

$$n = \frac{1.27}{26.98 \cdot 2 + (32.06 + 16 \cdot 4) \cdot 3} \approx 3.71 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow n(\text{Al}) \approx 7.42 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Количество вещества SiO_2 :

$$n = \frac{1.34}{28.09 + 16 \cdot 2} \approx 0.0223 \Rightarrow n(\text{Si}) \approx 0.0223 \text{ mol}$$

В 2 граммах изумруда присутствует кислород, его масса равна

$$m(\text{O}) = 2 - (0.0111 \cdot 9.01 + 7.42 \cdot 10^{-3} \cdot 26.98 + 0.0223 \cdot 28.09)$$

$$m(\text{O}) = 1.0734 \text{ грамма} \Rightarrow n(\text{O}) = \frac{1.0734}{16} \approx 0.0671 \text{ mol}$$

$$n(\text{Be}) : n(\text{Al}) : n(\text{Si}) : n(\text{O}) = 0.0111 : 7.42 \cdot 10^{-3} : 0.0223 : 0.0671$$

$$n(\text{Be}) : n(\text{Al}) : n(\text{Si}) : n(\text{O}) \approx 1.5 : 1 : 3 : 9$$

Из этого выходит, что формула изумруда это **$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$** или **$\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$**
(2 балл)

Задание 2. Считая звезды (Инсар Имаш)

- (1) Напряжённость гравитационного поля можно найти по формуле

$$E = G \frac{M_s}{R_s^2}$$

Соответственно,

$$E = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1.989 \cdot 10^{30}}{(6.963 \cdot 10^8)^2} \approx 274 \text{ ms}^{-2}$$

(1 балл)

- (2) Энергию фотона можно рассчитать по формуле

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

Соответственно,

$$E = 6.626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{588 \cdot 10^{-9}} \approx 3.38 \cdot 10^{-19}$$

(1 балл)

- (3) $4 \text{ } ^1_1\text{p} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} + 2 \text{}^0_{+1}\text{e}$

- (4) Считаем потерю массы

$$\Delta m = 2 \cdot 9.109 \cdot 10^{-31} + 6.646 \cdot 10^{-27} - 4 \cdot 1.673 \cdot 10^{-27} \approx -4.42 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

Энергия считается по уравнению Эйнштейна

$$E = mc^2 = 4.42 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \approx 4 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

(4 балл)

- (5) Давайте сначала посчитаем энергию которую надо приложить, чтобы разделить атом гелия и электрон

Это считается по формуле расчёта энергии электрического поля

$$E = k \frac{q_{He} q_e}{r} = 8.992 * 10^9 * \frac{4 * 1.602 * 10^{-19} * 1.602 * 10^{-19}}{140 * 10^{-12}} \approx 6.59 * 10^{-18} J$$

Чтобы рассчитать энтальпию реакции, нужно посчитать энергию ионизации для моля вещества

Соответственно

$$\Delta H = E * N_a = 6.59 * 10^{-18} * 6.022 * 10^{23} \approx 3968 kJ/mol$$

(5 балл)

Задание 3. Термодинамические циклы (Рахимбаева Тамила)

- (1) 1 → 2 изобарный

(0.25 балл) 2 → 3, 4 → 1 адиабатный

(0.5 балл) 3 → 4 изохорный (0.25 балл)

(2) ПОЛУЧЕННАЯ ТЕПЛОТА Q_n

Из-за того, что 2 → 3 и 4 → 1 адиабатные процессы ($Q = 0$), то "обмен" теплотой проходит только в процессах 1 → 2 и 3 → 4.

1 → 2

$$Q_{1,2} = p\Delta V + \Delta U = P_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}nR(\frac{P_1V_2 - P_1V_1}{nR}) =>$$

$$P_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}P_1(V_2 - V_1) = (V_2 - V_1)(P_1 + \frac{3}{2}P_1) = \frac{5}{2}P_1(V_2 - V_1)$$

$$\frac{5}{2}P_1(V_2 - V_1) => Q > 0, \text{ т.к. } V_2 > V_1 \text{ и соответственно } Q - \text{“принимается”}$$

3 → 4

$$Q_{3,4} = \Delta U = nC_v\Delta T = \frac{3}{2}nR(\frac{P_4V_3 - P_3V_3}{nR}) = \frac{3}{2}V_3(P_4 - P_3)$$

$$\frac{3}{2}V_3(P_4 - P_3) => Q < 0, \text{ т.к. } P_4 < P_3 \text{ и соответственно } Q - \text{“забирается”}$$

$$=> Q \text{ полученная в цикле это } Q_{1,2} \text{ равная } \frac{5}{2}P_1(V_2 - V_1)$$

СОВЕРШЕННАЯ РАБОТА A'

A' – совершенная работа, равная $-(-p\Delta V) = p\Delta V$

$$A'_{1,2} = P_1(V_2 - V_1)$$

Расчет $A'_{2,3}$:

$$Q = 0 \Rightarrow \Delta U = A'$$

$$A'_{2,3} = \frac{3}{2}(P_3V_3 - P_1V_2)$$

$$A'_{3,4} = 0, \text{ т.к. } \Delta V = 0$$

Теми же расчетами, что и у $A'_{2,3}$, получаем $A'_{4,1} = \frac{3}{2}(P_1V_1 - P_4V_3)$

Найдя значения A' всех процессов, можно высчитать A' (всего цикла):

$$A'(\text{всего цикла}) = A'_{2,3} + A'_{3,4} + A'_{4,1} + A'_{1,2}$$

$$A'(\text{всего цикла}) = \frac{3}{2}(P_3V_3 - P_1V_2) + 0 + \frac{3}{2}(P_1V_1 - P_4V_3) + P_1(V_2 - V_1)$$

$$A'(\text{всего цикла}) = \frac{1}{2}P_1(V_1 - V_2) + \frac{3}{2}V_3(P_3 - P_4)$$

КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ η

$$\text{КПД}(\eta) = \frac{A'}{Q_{\text{получ}}} = \frac{\frac{1}{2}P_1(V_1 - V_2) + \frac{3}{2}V_3(P_3 - P_4)}{\frac{5}{2}P_1(V_2 - V_1)}$$

Выражаем P_3 и P_4 через адиабат

$$P_3 = P_1\left(\frac{V_2}{V_3}\right)^\gamma$$

$$P_4 = P_1\left(\frac{V_1}{V_3}\right)^\gamma$$

Подставляем P_3 и P_4 в выражение КПД(η)

$$\frac{\frac{1}{2}P_1(V_1 - V_2) + \frac{3}{2}V_3P_1\left(\left(\frac{V_2}{V_3}\right)^\gamma - \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^\gamma\right)}{\frac{5}{2}P_1(V_2 - V_1)}$$

По итогу получая выражение:

$$-\frac{1}{5} + \frac{3}{5} V_3^{(1-\gamma)} * \frac{(V_2^\gamma - V_1^\gamma)}{(V_2 - V_1)}$$

- полученную теплоту $Q_{\text{п}}$ за весь цикл, (3 балл)
- совершенную работу A' за весь цикл, (4 балл)
- КПД (коэффициент полезного действия) η для данного цикла. (4 балл)

Задание 4. Ингибирование (Коршубек Диас)

- (1) В схеме, ингибитор реагирует с ферментом образуя комплекс, то есть ингибитор конкурирует с субстратом за доступ к активному центру фермента. Это соответствует **конкурентному ингибированию**. (1 балл)
- (2) Так как, ферментно-субстратный комплекс является интермедиатом и его равно нулю, то обратимостью второй реакции можно пренебречь и можем выразить ее скорость и дальше ее концентрацию:

$$(1) \quad \frac{d[ES]}{dt} = k_1[E][S] - k_{-1}[ES] - k_2[ES] = 0$$

$$(2) \quad [ES] = \frac{k_1[E][S]}{k_1 + k_2} = \frac{[E][S]}{k_m}$$

Для EI:

$$(3) \quad [EI] = \frac{k_3[I][E]}{k_{-3}} = \frac{[I][E]}{K_i}$$

Выражение скорости образования продукта имеет вид:

$$(4) \quad \frac{d[P]}{dt} = k_2[ES] = k_2 \frac{[E][S]}{k_m}$$

Выразим общую концентрацию фермента через материальный баланс:

$$(5) \quad [E_0] = [E] + [ES] + [EI] = [E] + \frac{[E][S]}{k_m} + \frac{[E][I]}{K_i} = [E] \left(1 + \frac{[S]}{k_m} + \frac{[I]}{K_i} \right) \Rightarrow [E] = \frac{[E_0]}{1 + \frac{[S]}{k_m} + \frac{[I]}{K_i}}$$

Теперь можем подставить полученное нами выражение для концентрации фермента на выражение скорости образования продукта:

$$(6) \quad \frac{d[P]}{dt} = \frac{k_2[E_0][S]}{k_m \left(1 + \frac{[I]}{K_i} \right) + [S]}$$

Максимальную скорость можно достичь в случае когда у нас концентрация субстрата бесконечно большая, следовательно $v = k_2[E_0] = v_{\text{max}}$:

$$(7) \quad v = \frac{v_{\text{max}}[S]}{k_m \left(1 + \frac{[I]}{K_i} \right) + [S]}$$

(Если все правильно, то 7 баллов. Если человек совершил ошибку на одной стадии, но другие стадии верны, даем половину баллов от каждого пункта)

- (3) Классическая модель ферментативного катализа без ингибирования имеет вид:

$$(8) \quad v = \frac{v_{\text{max}}[S]}{k_m + [S]}$$

70%-ное подавление реакции биосинтеза означает, что ее скорость составляет 30% от скорости реакции в отсутствии ингибитора (при $[I]=0$)

$$(9) \quad \frac{v_{max} \cdot 2.78 \cdot 10^{-3}}{4.8 \cdot 10^{-4} \left(1 + \frac{[I]}{3 \cdot 10^{-3}}\right) + 2.78 \cdot 10^{-3}} = 0.3 \cdot \frac{v_{max} \cdot 2.78 \cdot 10^{-3}}{4.8 \cdot 10^{-4} + 2.78 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow [I] = 0.047542 M$$

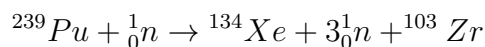
(2 балла)

$$(10) \quad c_I = 0.047542 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot \frac{\text{л}}{1000 \text{ мл}} \cdot \frac{184 \text{ г}}{\text{моль}} = 8.748 \cdot 10^{-3} \frac{\text{г}}{\text{мл}}$$

(2 балла)

Задание 1. Заряд-демон (*Махматов Мансур*)

- (1) Перебором получаем, что вещество X – CW (карбид вольфрама). (2 балла)
 (2) По закону сохранения массы и заряда: (3 балла)



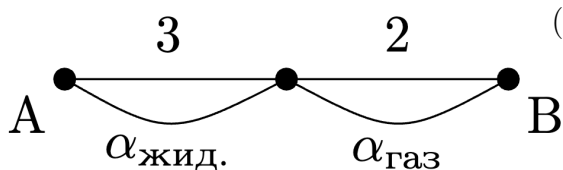
(3)

$$\begin{aligned}\frac{dn}{dt} &= \frac{n(k-1)}{\tau}, \\ \int_{n_0}^n \frac{dn}{n(k-1)} &= \int_0^t \frac{dt}{\tau} \\ \ln \frac{n}{n_0} &= \frac{k-1}{\tau} \cdot t \\ \frac{n}{n_0} &= \exp \left\{ \frac{k-1}{\tau} \cdot t \right\} = \exp \left\{ \frac{1.1-1}{10^{-8}} \cdot 10^{-6} \right\} \approx 22000\end{aligned}$$

(7 баллов)

Задание 2. Ох уж эти фазы (*Рахимбаева Тамила*)

- (1) В жидкой фазе: 75% толуола и 25% бензола (2 балл)
 В газовой фазе: 20% толуола и 80% бензола (2 балл)



- (2) По правилу рычага, отрезок В отвечает за долю смеси в газовой среде, в то время как отрезок А отвечает за долю смеси в жидкой фазе.

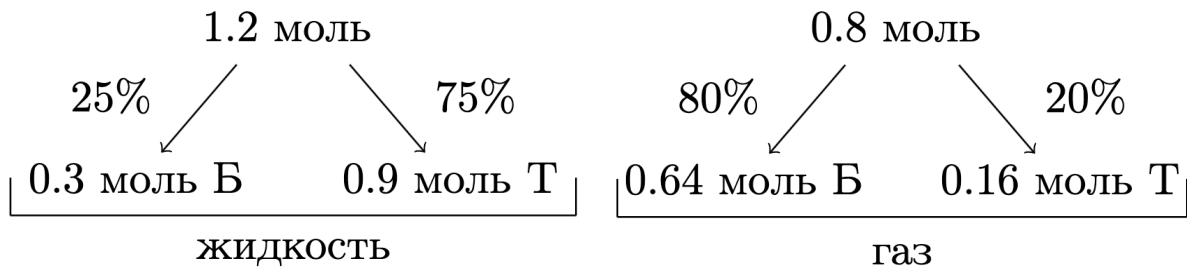
$$\alpha_{\text{жид}} = \frac{3}{3+2} = \frac{3}{5}$$

$$\alpha_{\text{газ}} = \frac{2}{3+2} = \frac{2}{5}$$

Следовательно было:

- $2 * \frac{3}{5} = 1.2$ моль в жидкости
- $2 * \frac{2}{5} = 0.8$ моль в газе

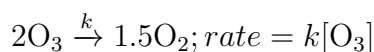
Также зная, состав каждой из смесей можно найти число моль толуола и бензола:



За долю жидкой и газовой смеси по 2 балла, за правильный состав бензола и толуола по 2 балла.

Задание 3. Основы кинетики *(Кабдуллахадыр Абылай)*

1.



2.

$$\frac{d[\text{D}]}{dt} = k_2[\text{C}]$$

$$\frac{d[\text{C}]}{dt} = k_1[\text{A}][\text{B}] - k_{-1}[\text{C}] - k_2[\text{C}] = 0 \Rightarrow [\text{C}] = \frac{k_1[\text{A}][\text{B}]}{k_{-1} + k_2}$$

$$\frac{d[\text{D}]}{dt} = k_2 \frac{k_1[\text{A}][\text{B}]}{k_{-1} + k_2}$$

3.

$$k_1[\text{A}][\text{B}] - k_{-1}[\text{C}] = 0$$

$$[\text{C}] = \frac{k_1[\text{A}][\text{B}]}{k_{-1}}$$

$$\frac{d[\text{D}]}{dt} = k_2[\text{C}] = k_2 \frac{k_1[\text{A}][\text{B}]}{k_{-1}}$$

4.

$$[\text{C}] = \frac{k_1[\text{A}][\text{B}]}{k_{-1}}$$

$$\frac{d[\text{D}]}{dt} = k_2[\text{C}] - k_3[\text{D}] = 0 \Rightarrow [\text{D}] = \frac{k_2[\text{C}]}{k_3} = \frac{k_1 k_2 [\text{A}][\text{B}]}{k_3 k_{-1}}$$

$$\frac{d[\text{E}]}{dt} = k_3[\text{D}] = k_3 \frac{k_2[\text{C}]}{k_3} = \frac{k_1 k_2 [\text{A}][\text{B}]}{k_{-1}}$$

За каждый правильный пункт по 3 балла

Задание 4. Что за х.... *(Коршыбек Дуас)*

(1) Принцип Паули (1 балл)

- (2) Первый электрон: $n=1, l=0, m_l=0, m_s=+1/2$
 Второй электрон: $n=1, l=0, m_l=0, m_s=1/2$
 Третий электрон: $n=2, l=0, m_l=0, m_s=+1/2$

(За все 1 балл)

(3) $L = (50000 - 1) \cdot 152 \cdot 2 = 1.52 \cdot 10^7 \text{ пм} = 1.52 \cdot 10^{-5} \text{ м}$

Только валентные электроны участвуют в процессе

$n = \frac{50000}{2} = 25000$ заполненных энергетических уровней

$E = \frac{n^2 h^2}{8m_e L^2} = \frac{(25000)^2 (6.626 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \cdot (1.52 \cdot 10^{-5})^2} = 1.63 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

(3 балл)

(4) $\Delta E = \frac{h^2}{8m_e L^2} ((n+1)^2 - n^2) = \frac{(2n+1)h^2}{8m_e L^2} = 1.303 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}$

(3 балл)

(5) $E = k_B T = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 50 = 6.9 \cdot 10^{-22} \text{ Дж}$

(3 балл)

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 TH^+ , 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:

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

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

Условие $k_2 = k_4$ приводит к квадратному уравнению:

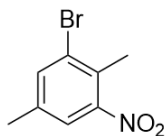
$$K_2[H^+]^2 + K_a K_2 \left(1 - \frac{k_1}{k_2} C(RNH_2)\right) [H^+] - \frac{k_1}{k_2} K_a C(RNH_2) = 0$$

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

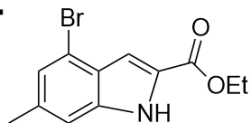
Задание 2. Вернион (*Кабдулладыр Абылай*)

За А и Б по 0.75 баллов. За С-Н и Vernion по 1.5 балла.

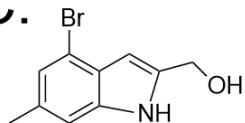
A:



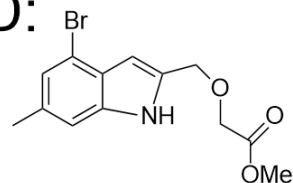
B:



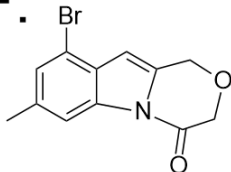
C:



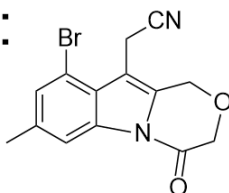
D:



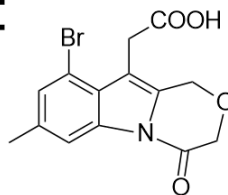
F:



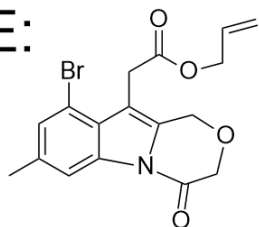
G:



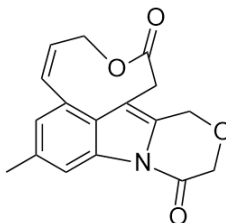
H:



E:



Vernion:



Задание 3. Алкадиены шашкуют (Полетаев Данил)

1. (6 баллов)

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

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

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

$$E_{act2} = 51858 \text{ Дж}$$

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

2. (6 баллов)

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

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

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

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

Задание 4. Плакать охота (Мугалим Алиби и Бакытбекова Енлик)

(1)

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \right)_y &= \ln \left(\frac{1}{y-5} \right) \left((2x^2 + 3)^2 \right)' = \ln \left(\frac{1}{y-5} \right) \cdot 2(2x^2 + 3) \cdot (2x^2 + 3)' = \\ &= \ln \left(\frac{1}{y-5} \right) \cdot 2(2x^2 + 3) \cdot 4x = 8x(2x^2 + 3) \ln \left(\frac{1}{y-5} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y}\right)_x &= (2x^2 + 3)^2 \left(\ln\left(\frac{1}{y-5}\right)\right)' = (2x^2 + 3)^2 (y-5) \left(\frac{1}{y-5}\right)' = (2x^2 + 3)^2 (y-5) ((y-5)^{-1})' \\ &= (2x^2 + 3)^2 (y-5) \cdot -\frac{1}{(y-5)^2} = -\frac{(2x^2 + 3)^2}{y-5}\end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned}\left(\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y}\right)_x\right)_y &= \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{(2x^2 + 3)^2}{y-5}\right)\right)_y = -\frac{1}{y-5} \left((2x^2 + 3)^2\right)' = -\frac{8x(2x^2 + 3)}{y-5} \\ \left(\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}\right)_y\right)_x &= \left(\frac{\partial}{\partial y} 8x(2x^2 + 3) \ln\left(\frac{1}{y-5}\right)\right)_x = 8x(2x^2 + 3) \left(\ln\left(\frac{1}{y-5}\right)\right)' = -\frac{8x(2x^2 + 3)}{y-5}\end{aligned}$$

(3)

$$f(x, y, z) = \left(\frac{\partial f(x, y, z)}{\partial x}\right)_{y, z} dx + \left(\frac{\partial f(x, y, z)}{\partial y}\right)_{x, z} dy + \left(\frac{\partial f(x, y, z)}{\partial z}\right)_{x, y} dz$$

$$df(x, y) = (5x^2)' dx + (\sqrt{6y^2})' dy = 10x dx + \sqrt{6} dy$$

$$df(x, y, z) = (2x)' dx + (3y^2)' dy + (4z^3)' dz = 2 dx + 6y dy + 12z^2 dz$$

(4)

$$dU = dq + dw = TdS - pdV$$

(5) По полученному выражению понимаем, что U — функция S и V :

$$dU = \left(\frac{\partial U(S, V)}{\partial S}\right)_V dS + \left(\frac{\partial U(S, V)}{\partial V}\right)_S dV$$

(6) Понимаем, что $T = \left(\frac{\partial U(S, V)}{\partial S}\right)_V$ и $p = -\left(\frac{\partial U(S, V)}{\partial V}\right)_S$. Подставляем это в выражение 2-го пункта, и получаем первое соотношение Максвелла:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_V$$

(7)

$$\begin{aligned}dH = TdS + Vdp &\implies \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_p \\ dF = -pdV - SdT &\implies \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T \\ dG = Vdp - SdT &\implies \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T\end{aligned}$$

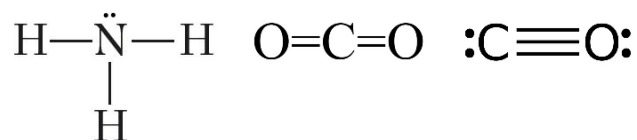
(8) Возьмем соотношение Максвелла из энергии Гельмгольца:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial \frac{nRT}{V}}{\partial T}\right)_V = \frac{nR}{V} \left(\frac{\partial T}{\partial T}\right)_V = \frac{nR}{V} = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$$

При $T = \text{const}$,

$$\frac{nR}{V} = \frac{dS}{dV} \implies dS = nR \frac{dV}{V} \implies \int dS = nR \int \frac{dV}{V} \implies S = nR \ln V + C$$

Каждый пункт весит по 1.5 балла.

Задание 1. Хватит интегрировать! (*Махматов Мансур*)

- (1) У каждого водорода одна связь, значит степень вершины водорода равна 1. Азот имеет 3 связи, т.е. степень вершины равна 3.

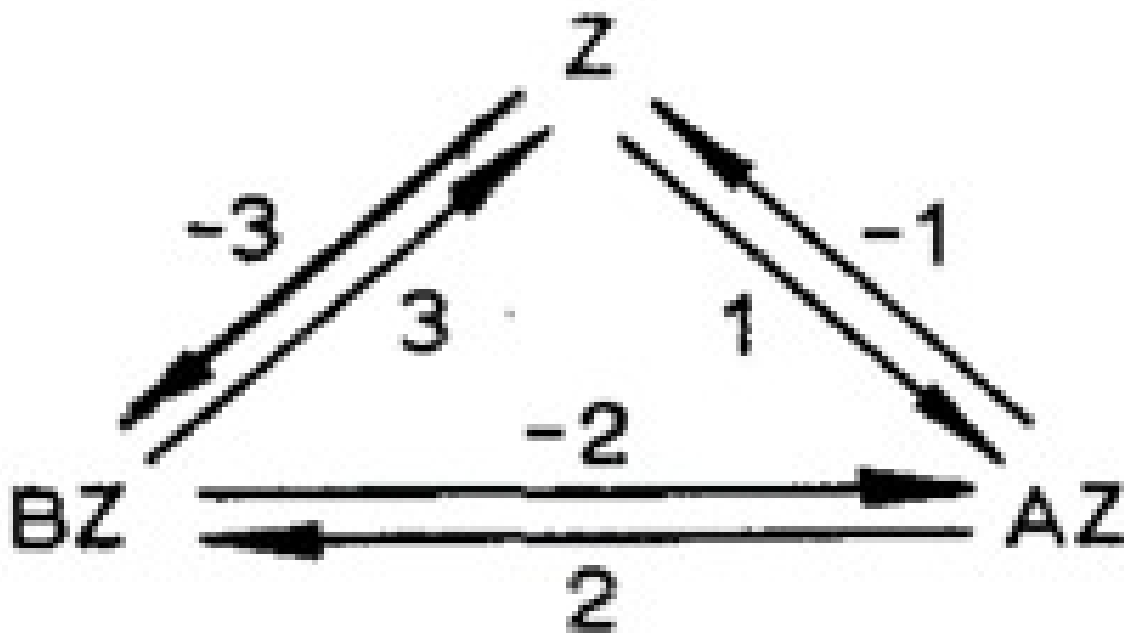
$$R = \frac{1}{2}(1 + 1 + 1 + 3) = 3$$

У каждого кислорода две связи, значит степень вершины равна 2. У углерода четыре связи, значит степень вершины равна 4.

$$R = \frac{1}{2}(2 + 2 + 4) = 4$$

У кислорода три связи, значит степень вершины равна 3. У углерода три связи, значит степень вершины равна 3.

$$R = \frac{1}{2}(3 + 3) = 3$$



(2) (0.5 балл)

(3)

$$r_1 = k_1[A][Z] \quad r_{-1} = k_{-1}[AZ]$$

$$r_2 = k_2[AZ] \quad r_{-2} = k_{-2}[BZ]$$

$$r_3 = k_3[BZ] \quad r_{-3} = k_{-3}[B][Z]$$

(по 0.25 баллов)

(4)

$$b_1 = k_1[A]$$

$$b_{-1} = k_{-1}$$

$$b_2 = k_2$$

$$b_{-2} = k_{-2}$$

$$b_3 = k_3$$

$$b_{-3} = k_{-3}[B]$$

(по 0.25 баллов)

(5)

$$\frac{d[B]}{dt} = k_3[BZ] - k_{-3}[B][Z] = b_3[BZ] - b_{-3}[Z]$$

(3 балл)

(6)

$$\frac{b_3 B_{BZ} - b_{-3} B_z}{B} = \frac{b_1 b_2 b_3 + b_2 b_{-3} b_3 + b_{-1} b_{-3} b_3 - b_2 b_3 b_{-3} - b_3 b_{-1} b_{-3} - b_{-2} b_{-1} b_{-3}}{B}$$

$$\frac{d[B]}{dt} = \frac{b_1 b_2 b_3 - b_{-2} b_{-1} b_{-3}}{B}$$

(4 балл)

Задание 2. Селективность карбониллов (Ким Кирилл)

За каждый продукт по 2 балла

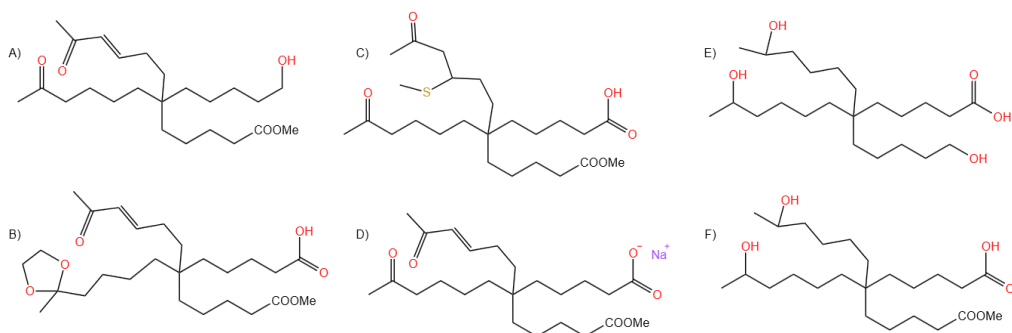


Рис. 1. Селективность карбониллов

Задание 3. Что за биох.... (Коршыбек Диас)

1. 3-ССТАААААСАГГТГТТАГТ-5 (1 балл)

2. Так как цитозин и гуанин, а аденин и тимин всегда будут вместе, получается что их содержание тоже одинаковое

T-13% C-37% G-37%

(3 балл)

3. В двух спиральях общее количество азотистых оснований N, так как они комплементарны, то есть если в одной спирали поставить одну то ее пара будет в другой спирали, получается на общее возможное число вероятностей ДНК будет влиять лишь количество азотистых оснований в одной спирали

$4^{(N/2)}$ (4 балл)

4.

$$\frac{3 \cdot 10^9}{2 \cdot 100 \cdot 86400} = 174$$

(4 балл)

Задание 4. Свинец... дубль два(решение) (Молдагул Адильжан)

[1.] Нахождение элемента В: $Z(\text{PbV})=4$ (0.25 балл)

$$7,6 \text{ г/см}^3 = \frac{4 \cdot (M(\text{В}) + 207,2 \text{ г/моль})}{(0,5936 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}$$

$M(\text{В})=32,066 \text{ г/моль-S}$ (0.25 балл) Галенит-PbS

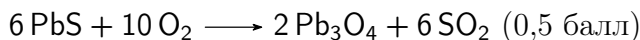
Нахождение элемента А: $Z(\text{AB})=2$ (0.25 балл)

Формула площади шестиугольника(можно вывести поделив на 6 треугольников): $a^2 \cdot \frac{3^{1/2}}{2} = 8,64778 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$ (0.25 балл)

$$5\text{г/см}^3 = \frac{2 \cdot (32,066\text{г/моль} \cdot 2 + M(A))}{1,229 \cdot 10^{-7}\text{см} \cdot 8,64778 \cdot 10^{-16}\text{см}^2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}\text{моль}^{-1}}$$

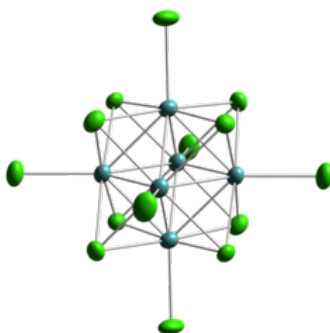
$M(A) = 95,96\text{г/моль-Mo}$ (0.5 балл) Тогда минерал MoS_2 молибденит (0.5 балл).

[2.] $\text{D-PbO}_2 \cdot 2\text{PbO}$ (0.5 балл)



[3.] Вульфенит- PbMoO_4 (2 балл)

[4.] Возьмём какой-то отдельный кластер М6 за формульную единицу. Число атомов хлора в одной формульной единице: $8 + 2 + 4 \cdot 1/2 = 12$. Тогда брутто-формула хлорида MoCl_2 (0.5 балл). У аниона вещества F катион простой H^+ F- $\text{H}_2[\text{Mo}_6\text{Cl}_8]\text{Cl}_6$ (0.5 балл). Слабо связаны атомы хлора находящиеся на вершинах, ведь они ковалентно связаны лишь с одним атомом молибдена. Потому G- $\text{H}_2[\text{Mo}_6\text{Cl}_8]\text{I}_6$ (0.5 балл). Структура аниона F (0.5 балл):



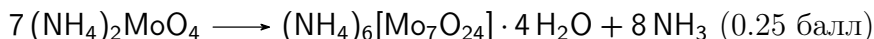
[5.] $\text{H-H}_2[\text{MoO}_4]$ (0.25 балл) и $\text{I-NH}_4[\text{MoO}_4]$ (0.25 балл). Так как происходит семикратное сшивание аниона I анион J имеет 7 атомов Mo в своей формуле:

$$M(I) = 95.95\text{г/моль} \cdot 7 : 0.543421 = 1235.966\text{г/моль}$$

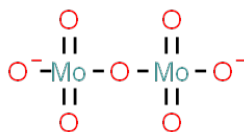
$$N(\text{H}_2\text{O}) = 1235.966\text{г/моль} \cdot 0.0583 : 18\text{г/моль} = 4$$

$$N(\text{O}) = 1235.966\text{г/моль} \cdot 0.36247 : 16\text{г/моль} = 28$$

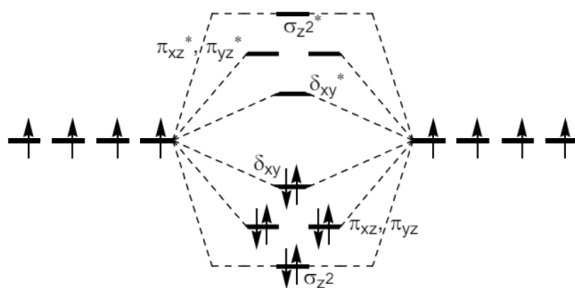
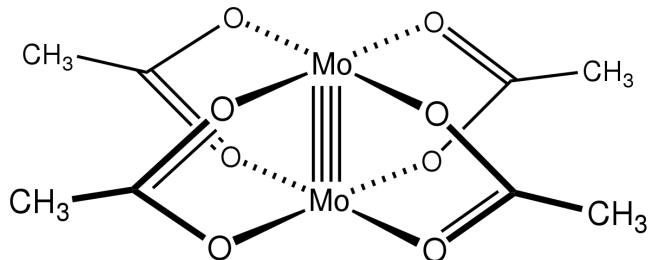
тогда анион J $[\text{Mo}_7\text{O}_{24}]^{6-}$, оставшиеся масса приходится на катион NH_4^+ , J- $(\text{NH}_4)_6[\text{Mo}_7\text{O}_{24}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0.25 балл).



Анион I тетраэдр, двухкратное сшивание приведёт к K- $(\text{NH}_4)_2[\text{Mo}_2\text{O}_7]$ (0.5 балл). Структура аниона K (0.5 балл):



[6.] $M-Mo_x(CH_3COO)_y \cdot nH_2O$, $n = 2y + f$, $M(M) = 16 \text{ г/моль} \cdot n : 0.344878$, если $n=10$, $M(M) = 463.932$, $M-Mo_2(CH_3COO)_4 \cdot 2H_2O$ (1 балл). Структура М и МО диаграмма (0.5 балл каждая):



P.S. В структуре М атомы молибдена также связаны с молекулами воды (чего на рисунке не написано), в случае если участник не напишет их -0,1 балл