

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 **Бериллию**, 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 $B \approx 27.0g/mol$, 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 $BH_n \cdot (M_r() = x) : x = \frac{87.45}{x+n*1.008} = \frac{87.45}{100}$

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 Иман)

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

- (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

$$Q_{1,2} = p\Delta V + \Delta U = P_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}nR\left(\frac{P_1V_2 - P_1V_1}{nR}\right) =>$$
$$P_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}P_1(V_2 - V_1) = (V_2 - V_1)\left(P_1 + \frac{3}{2}P_1\right) = \frac{5}{2}P_1(V_2 - V_1)$$
$$\frac{5}{2}P_1(V_2 - V_1) => Q > 0, \text{ т.к. } V_2 > V_1 \text{ и соответственно } Q - \text{“принимается”}$$

3 → 4

$$Q_{3,4} = \Delta U = nC_v\Delta T = \frac{3}{2}nR\left(\frac{P_4V_3 - P_3V_3}{nR}\right) = \frac{3}{2}V_3(P_4 - P_3)$$
$$\frac{3}{2}V_3(P_4 - P_3) => Q < 0, \text{ т.к. } P_4 < P_3 \text{ и соответственно } Q - \text{“забирается”}$$

=> Q полученная в цикле это $Q_{1,2}$ 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_n 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 $v = k_2[E_0] = v_{max}$:

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

(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:

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

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

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

(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)