

ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ

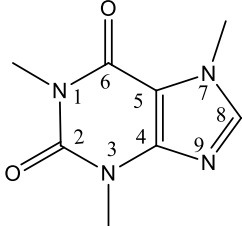
республиканский тур, 12 марта 2022 года, XII-ый класс

Решение и схема оценивания

Тест (10 баллов)

За каждый правильный ответ ответ присуждается один балл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
с	а	б	с	д	а	а	б	а	с

Задача 1	Баллы
a 1,3,7-триметилпурин-2,6-дион	1
b 4 сигнала $^1\text{H RMN}$: 3 для группы метил и 1 для водорода из 8 положений. 	1
c $(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2)\text{H}^+ + \text{BiI}_4^- \rightarrow (\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2)\text{H}\text{BiI}_4\downarrow$	1
d BiI_4^- (коричневый) + $\text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{BiY}^- + 4\text{I}^- + 2\text{H}^+$ Цвет исчезает из-за образования нового координационного соединения.	1
e $v(\text{Trilon B}) = 0,01 \text{ моль/л} \cdot 0,01985 \text{ л} = 1,985 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$ $v(\text{Trilon B}) = v(\text{BiI}_4^-)/20 \text{ мл}$ $v(\text{BiI}_4^-)/50 \text{ мл} = \frac{0,0001985 \cdot 50}{20} = 4,963 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$ $v(\text{BiI}_4^-)/\text{общий} = 0,05 \text{ моль/л} \cdot 0,025 \text{ л} = 12,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$ $v(\text{BiI}_4^-)/\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2, 20 \text{ мл пробы} = 12,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль} - 4,963 \cdot 10^{-4} \text{ моль} = 7,537 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$ $v(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2)/50 \text{ мл} = \frac{0,0007537 \cdot 50}{20} = 1,884 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$ $m(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2) = v(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2) \cdot M(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2) = 1,884 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 194,19 \text{ г/моль} = 0,3659 \text{ г}$ $W(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2) = \frac{0,3659 \text{ г}}{1,0000 \text{ г}} \cdot 100\% = 36,59\%$	1 1 1 1 1 1

Задача 1 (12 баллов)	Баллы
a (1) $\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{t, P} (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	1
(2) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \xrightarrow{\text{ферменты}} 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2\uparrow$	0,5
(3) $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ (К) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$ (А) $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}_2\uparrow$ $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow$	1
(4) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons{\text{кат., p, t}} 2\text{NH}_3$ (5) $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,5
b $v(\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}) = 6000 \text{ кг} : 60 \text{ кг/кмоль} = 100 \text{ кмоль}$ $v(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{1}{2} v(\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}) = 50 \text{ кмоль}$ $m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = v(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 50 \text{ кмоль} \cdot 180 \text{ кг/кмоль} = 9000 \text{ кг}$	2

	$\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 2 \nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \nu(\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}) = 100 \text{ кмоль}$ $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 100 \text{ кмоль} \cdot 46 \text{ кг/кмоль} = 4600 \text{ кг}$ $1 \text{ кг/м}^3 \text{ -----} 0,001 \text{ г/см}^3$ $x \text{ -----} 0,8 \text{ г/см}^3 \quad x = 800 \text{ кг/м}^3$ $V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 4600 \text{ кг} : 800 \text{ кг/м}^3 = 5,75 \text{ м}^3$	2
с	$\nu(\text{NH}_3) = 2 \nu(\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}) = 200 \text{ кмоль}$ $\nu(\text{H}_2) = 1,5 \cdot \nu(\text{NH}_3) = 300 \text{ кмоль}$ Исходя из уравнения (3) $\nu(\text{NaCl}) = 600 \text{ кмоль}$ $m(\text{NaCl}) = 600 \text{ кмоль} \cdot 58,5 \text{ кг/кмоль} = 35100 \text{ кг}$	2
	$\nu(\text{NaOH}) = \nu(\text{NaCl}) = 600 \text{ кмоль}$ $m(\text{NaOH}) = 600 \text{ кмоль} \cdot 40 \text{ кг/кмоль} = 24000 \text{ кг}$	1
	Исходя из уравнения (5) $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 300 \text{ кмоль}$ $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 300 \text{ кмоль} \cdot 98 \text{ кг/кмоль} = 29400 \text{ кг}$ $m_{\text{раств}} \text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{29400 \text{ кг} \cdot 100\%}{49\%} = 60000 \text{ кг}$	2

	Задача 3 (20 баллов)	Баллы
а)	Производство дивинила в промышленности – многостадийный процесс, в котором в качестве исходных соединений используют (1) этиловый спирт (производство дивинила по Лебедеву) и (2) ацетилен и формальдегид. Таким образом, ацетилен и формальдегид могут быть исходными газами, реагирующими с аммиачным раствором оксида серебра с образованием осадков. $\text{C}_2\text{H}_2 + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} = \text{Ag}_2\text{C}_2\downarrow + 4\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_2\text{O} + 4[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} = 4\text{Ag}\downarrow + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 6\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,5
	Пусть x (моль) – количество ацетилена в смеси, y (моль) – количество формальдегида в смеси, тогда масса осадка равна $240x + 4 \cdot 108y$ (г). Решая систему уравнений	1,5
	$\begin{cases} 26x + 30y = 3,44 \\ 240x + 432y = 44,16 \end{cases}$	1
	получаем $x = 0,04$ моль, $y = 0,08$ моль.	3
	Объемная доля	1
	$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,04 / (0,04 + 0,08) = 0,3333$ или 33,33% $\varphi(\text{CH}_2\text{O}) = 0,08 / (0,04 + 0,08) = 0,6667$ или 66,67%	0,5
б)	$\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{CH}_2\text{O} \xrightarrow{\text{KOH(ТВ)}, t^\circ} \text{HOCH}_2\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{OH}$	2
	$\text{HOCH}_2\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{OH} \xrightarrow{2\text{H}_2, \text{Ni}} \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	2
	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow[\text{-2H}_2\text{O}]{\text{Al}_2\text{O}_3, t^\circ} \text{H}_2\text{C=CH-CH=CH}_2$	2
с)	Взаимодействие компонентов исходной смеси с кислым раствором перманганата калия приводит к ее полному окислению:	
	$\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CO}_2\uparrow + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	2
	$5\text{CH}_2\text{O} + 4\text{KMnO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{CO}_2\uparrow + 4\text{MnSO}_4 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 11\text{H}_2\text{O}$	2
	В соответствии с уравнениями реакций для окисления 0,04 моль ацетилена необходима 0,08 моль перманганата калия, а для окисления 0,08 моль формальдегида потребуется $0,08 \cdot 4/5 = 0,064$ моль перманганата калия. Масса перманганата калия составляет $158 \cdot (0,08 + 0,064) = 22,752$ г.	1

Задача 4 (10 баллов)	Баллы
<p>Очевидно, что масса соли A в половине исходного раствора – 2,67 г, а соль B представляет собой соль Ва. Одновременно в воде и кислотах, как известно, нерастворим $BaSO_4$, причем, 4,66 г = 0,02 моль $BaSO_4$ – похоже. Тогда исходная соль A – сульфат некоторого металла М. Имеем типичную задачу на расчет эквивалента М:</p> $\begin{array}{ccc} 2,67 \text{ г} & & 0,02 \text{ моль} \\ M_2(SO_4)_n + nBa(NO_3)_2 \rightarrow 2M(NO_3)_n + nBaSO_4 \downarrow \\ (2m + 96n) \text{ г} & & n \text{ моль} \end{array}$ <p>0,02 (2m + 96n) = 2,67n, откуда m/n = 18,75, что соответствует эквиваленту Fe^{3+} (m = 56 при n = 3). Тогда соль A - $Fe_2(SO_4)_3$. Для второй половины раствора в этом случае имеем известную реакцию образования осадка иода в присутствии Fe^{3+}: $Fe_2(SO_4)_3 + 6NH_4I \rightarrow 3(NH_4)_2SO_4 + 2FeI_2 + I_2 \downarrow$ Тогда очевидно, что осадок C – I_2. Но столь же очевидно, что при прокаливании иода на воздухе в открытом тигле никакого остатка D не остается – тупиковая ситуация...</p>	5
<p>Тем не менее, задача имеет решение – надо только вспомнить, что ион Ba^{2+} дает два нерастворимых в воде и кислотах осадка: $BaSO_4$ и $BaSiO_3$, нерастворимый в кислотах из-за нерастворимости кремниевых кислот. В случае B = $BaSiO_3$ соль A должна быть силикатом некоторого металла – при этом, что в воде растворимы только силикаты щелочных металлов M_2SiO_3.</p> $\begin{array}{ccc} 2,67 \text{ г} & & 4,66 \text{ г} \\ M_2SiO_3 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow 2MNO_3 + BaSiO_3 \downarrow \\ (2m + 76) \text{ г} & & 213 \text{ г} \end{array}$ <p>4,66 (2m + 76) = 2,67 · 213, откуда m = 23 – это Na. Тогда получаем:</p> $\begin{array}{ccc} Na_2SiO_3 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow 2NaNO_3 + BaSiO_3 \downarrow \\ \text{(A)} & & \text{(B)} \end{array}$	2,5 3 1
$Na_2SiO_3 + 2NH_4I + 2H_2O \rightarrow 2NaI + 2NH_4OH + H_2SiO_3 \downarrow$ <p style="text-align: center;">(C)</p> <p>(силикат аммония в водном растворе полностью гидролизует; более точная формула осадка C, разумеется, $xSiO_2 \cdot yH_2O$)</p>	2,5
$H_2SiO_3 \xrightarrow{t^\circ} SiO_2 + H_2O \uparrow$ <p style="text-align: center;">(D)</p>	2
<p>Для проверки по цепочке превращений:</p> $\begin{array}{ccc} 2,67 \text{ г} & & 1,31 \text{ г} \\ Na_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \\ 122 \text{ г} & & 60 \text{ г} \end{array}$ <p>Ответ: A - Na_2SiO_3, B - $BaSiO_3$, C - H_2SiO_3 или $xSiO_2 \cdot yH_2O$, D - SiO_2</p>	2