



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Поталов Андрей Сергеевич**

Класс: **11**

Технический балл: **94**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Шифр работы: 9026570

Проверяющий: Бедняков Александр Сергеевич

Замечания:

1. 8

2. 16

3. 14 Арифметическая ошибка в самом конце при вычислении константы скорости, неправильная размерность константы

4. 16 Неправильно посчитан объём перманганата

5. 20

6. 20

Заключительный тур олимпиады Ламоновых по химии

10-11 класс

Вариант 1

ш1

Пусть общая формула кислородсодержащего органического соединения $C_xH_yO_z$, где x - число атомов C, y - число атомов H и z - число атомов O

Составим уравнение, опираясь на условия задачи:

^{12}C 6e ⁻ ; 6n ⁰ 1H 1e ⁻ ; 0n ⁰ ^{16}O 8e ⁻ ; 8n ⁰	} Количество электронов и нейтронов у атома углерода (^{12}C), водорода (1H) и кислорода (^{16}O)	$\begin{cases} 6x + 1y + 8z = 42 \\ 6x + 8z = 32 \end{cases} \Rightarrow y = 10$	число атомов H
---	--	--	----------------

Таким образом получаем следующую формулу: $C_xH_{10}O_z$

~~Предположим, что~~ Предположим, что ~~веществе~~ представленном формулой $C_xH_{10}O_z$, количество атомов кислорода равно 1, т.е. $z=1$

- эта буква не затеряна.

Составим уравнение: $6x + 10 + 8 = 42$

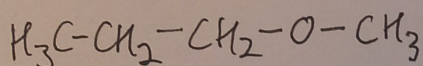
$$6x = 42 - 18$$

$$6x = 24$$

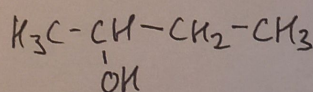
$$x = \frac{24}{6} = 4 \quad \text{— число атомов углерода (C)}$$

Итого, выведенная формула в-ва: $C_4H_{10}O$

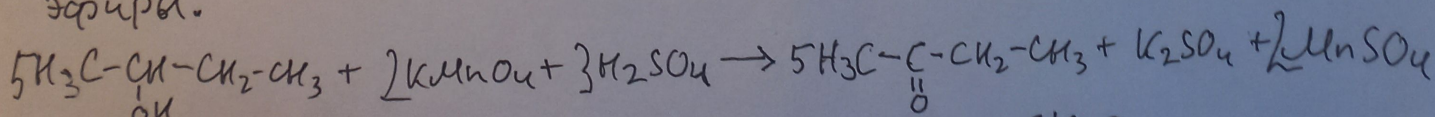
Первое вещество относится к классу простые эфиры:



Второе вещество относится к классу спиртов:



Реакцией, при помощи которой можно распознать вещества является реакция окисления, в которую вступают спирты, но не простые эфиры.



Ответ: $C_4H_{10}O$; класс веществ и реакция, распознающая их, указана выше

№2

Решение:

Дано:

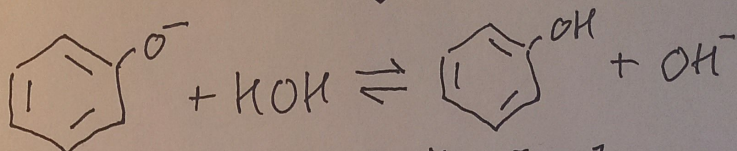
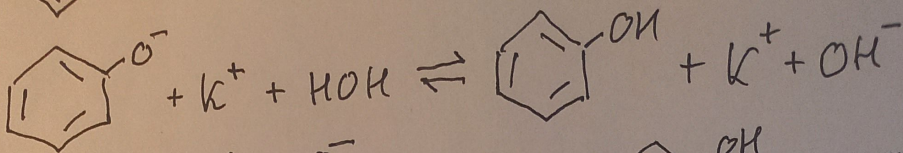
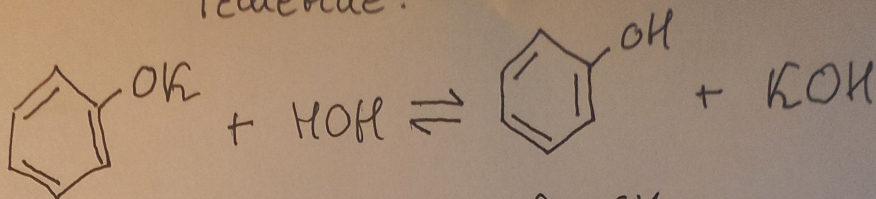
$pH = 11$

$K_D = 10^{-10}$

$V = const = 1л$

Найти:

Молярная концентрация фенолята калия в водном растворе



$$K_{гидролиза} = \frac{[C_6H_5OH] \cdot [OH^-]}{[C_6H_5O^-]}$$

Пусть исходная концентрация фенолята калия $(C_6H_5O^-)$ равна a моль/л, поскольку $V = 1л$, следовательно $n(C_6H_5O^-) = a$ моль

Допустим прореагировало x моль фенолята, следовательно образовалось x моль фенола (C_6H_5OH) и x моль OH^- . При этом осталось $(a-x)$ моль фенолята калия.

Таким образом, $K_{гидролиза} = \frac{[C_6H_5OH] \cdot [OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{x \cdot x}{a-x} = \frac{x^2}{a-x}$
 $x = [OH^-]$

Ионное произведение воды; $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

Поскольку $pH = 11$, ^{при этом} $pH = -\lg[H^+]$, т.е. $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-11}$

значит $[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$

$K_{гидролиза} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$; K_D диссоц. (КД)

Пусть a — молярная концентрация фенолята калия в водном растворе

Тогда составим уравнение:

$$10^{-4} = \frac{(10^{-3})^2}{a - 10^{-3}}$$

$a = 0,011$ моль/л

Ответ: 0,011 моль/л

w_3 Дано:
 $V = 1,00 \text{ л}$
 $T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
 $P = 1 \text{ атм} = 101,3$
 $R = 8,31$

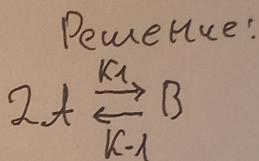
$B: A = 1,86 : 1$

$M_{\text{ср.}} = 75,9 \text{ г/моль}$

k_1 (константа скорости реакции) = $5,00 \cdot 10^{-3} \frac{\text{л}}{(\text{моль} \cdot \text{мин})}$

Найти:

k_{-1} (константа скорости разложения) - ?



$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 1}{8,31 \cdot 303} = 0,04 \text{ моль}$$

$$m = n \cdot M_{\text{ср.}} = 0,04 \cdot 75,9 = 3,0362$$

$$n(B) = \frac{0,04}{1,86 + 1} = \frac{0,04}{2,86} = 0,014 \text{ моль}$$

$$n(A) = 0,014 \cdot 1,86 = 0,026$$

Пусть $M(B) = N$

Тогда выведем уравнение:

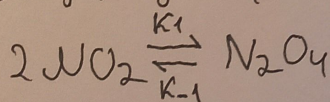
$$2 \cdot N \cdot 0,026 + N \cdot 0,014 = 3,036$$

$$0,052N + 0,014N = 3,036$$

$$0,066N = 3,036$$

$$N = 46 \text{ г/моль}$$

Предположим, что вещество А это оксид азота (IV), поскольку его молярная масса равна 46 г/моль, а еще он вступает в реакцию димеризации с получением тетраоксида ~~двух~~ азота:



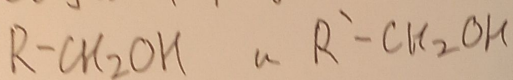
Тогда вещество В - тетраоксид азота (N_2O_4)

$$K = \frac{k_1}{k_{-1}} = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} \Rightarrow \frac{5 \cdot 10^{-3}}{x} = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2}, \text{ где } x - \text{ константа скорости разложения}$$

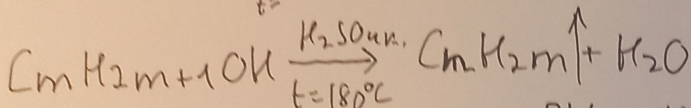
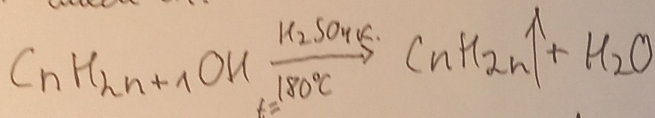
$$x = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot [\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,026^2}{0,014} = 2,41428 \cdot 10^{-4} \approx 2,4143 \cdot 10^{-4} \frac{\text{л}}{(\text{моль} \cdot \text{мин})}$$

Ответ: А - NO_2 ; В - N_2O_4 ; k_{-1} (константа скорости разложения) = $2,4143 \cdot 10^{-4} \frac{\text{л}}{(\text{моль} \cdot \text{мин})}$

общая формула насыщенных одноатомных первичных спиртов:



$m_{\text{смеси спир.}} = 15,9 \text{ г}$ (по условию)



$V_{\text{газов}} = 11,15 \text{ л} \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 11,15}{8,31 \cdot 453} = 0,3 \text{ моль}$

$P = 101,3; R = 8,31$

$T = 180^\circ C = 453^\circ K$

т.е. $n_{\text{спиртов}} = 0,3 \text{ моль}$

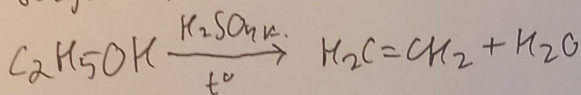
$M_{\text{ср.}} = \frac{15,9}{0,3} = 53 \text{ г/моль}$

$R-OH < 53 < R'-OH$

Пусть $R = C_2H_5$ ($R = CH_3$ не подойдет, потому что из метанола можно получить простой эфир четвертичной спирта, но не алкен)

Тогда $R-OH$ это этанол

$M(C_2H_5OH) = 46 \text{ г/моль}$



Пусть $n(C_2H_5OH) = x \text{ моль}$, а $n(R'-OH) = y \text{ моль}$

составим уравнение: $\begin{cases} x+y=0,3 \\ 46x+y(14m+18) = 15,9 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x=0,3-y \\ 13,8-46y+y(14m+18) = 15,9 \end{cases}$

$13,8 - 46y + y(14m + 18) = 15,9$

$\Rightarrow \begin{cases} x=0,3-y \\ -46y+14my+18y=2,1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x=0,3-y \\ 14my-28y=2,1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x=0,3-y \\ y = \frac{2,1}{14m+18-46} \end{cases}$

m не может быть равен 1, т.к. $y < 0$

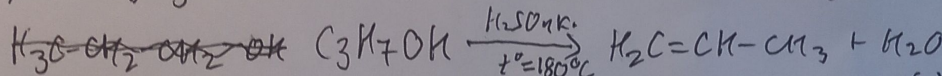
m не может быть равен 2, т.к. на роль y выйдет кельзэ

Пусть $m=3$. Тогда $y = \frac{2,1}{42+18-46} = 0,15 \text{ моль}$

Тогда $x = 0,3 - y = 0,3 - 0,15 = 0,15 \text{ моль}$

(несколько переписки. охота)

Поскольку $m=3$, тогда $C_m H_{2m+1} OH$ это $C_3 H_7 OH$, т.е. пропанол-1



$m_{C_2H_5OH} = 0,15 \cdot M(C_2H_5OH) = 6,9 \text{ г}$

$w(C_2H_5OH) = \frac{6,9}{15,9} \approx 0,434$

$m_{C_3H_7OH} = 0,15 \cdot M(C_3H_7OH) = 9 \text{ г}$

$w(C_3H_7OH) = \frac{9}{15,9} = 0,566$

W5

Дано:

~~$m(\text{CuS}) = 9,6$~~

$m(\text{CuS}) = 9,62$

$m_{\text{р-ра}} \text{HNO}_3 = 1202$

$\omega(\text{HNO}_3 \text{ в р-ре}) = 63\%$

$m_{\text{р-ра}} \text{H}_2\text{SO}_4 = 142,72$

$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ в р-ре}) = 98\%$

Найти

$\Delta m = ?$

2) $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$?

для уравнения масс двух стаканов

Решение:

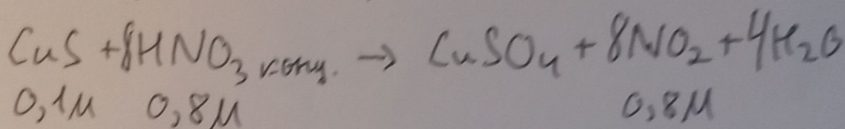
1) Найдем кол-во в-ва CuS , HNO_3 и H_2SO_4

$n(\text{CuS}) = \frac{9,6}{64+32} = \frac{9,6}{96} = 0,1 \text{ моль}$

$n(\text{HNO}_3) = \frac{120 \cdot 0,63}{1+14+48} = 1,2 \text{ моль}$

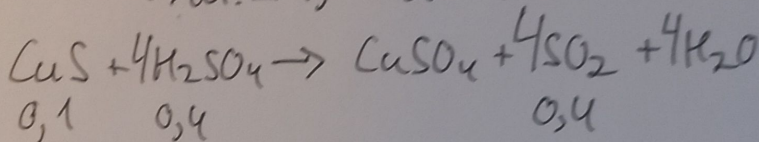
$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{142,7 \cdot 0,98}{98} = 1,427 \text{ моль}$

Уравнения р-ций:



HNO_3 находится в избытке

$n_{\text{HNO}_3 \text{ ост.}} = 1,2 - 0,8 = 0,4 \text{ моль}$



H_2SO_4 находится в избытке

$n_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ост.}} = 1,427 - 0,4 = 1,027 \text{ моль}$

Находим массу стакана с азотной кислотой (m_1)

$m_1 = m_{\text{CuS}} + m_{\text{р-ра HNO}_3} - m_{\text{NO}_2} = 9,6 + 120 - (0,8 \cdot 46) = 92,82$

Находим массу стакана с серной кислотой (m_2)

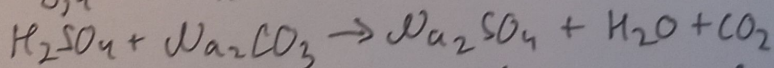
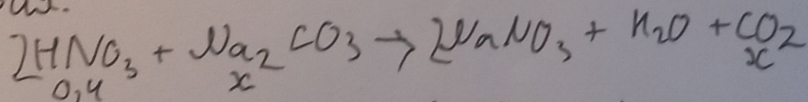
$m_2 = m_{\text{CuS}} + m_{\text{р-ра H}_2\text{SO}_4} - m_{\text{SO}_2} = 9,6 + 142,7 - (0,4 \cdot 64) = 126,72$

$\Delta m = m_2 - m_1 = 126,7 - 92,8 = 33,92$

2) Добавим x моль $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Тогда $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286x$

Поскольку кислоты были в избытке, они еще реагируют с карбонатом натрия.



Чтобы уравнять массы двух стаканов, кристаллогидрат добавляем в стакан с азотной кислотой.

Получаем уравнение: $m_1 + m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) - m_{\text{CO}_2} = m_2$

$92,8 + 286x - 44x = 126,7$

$x = 0,14 \text{ моль}$

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,14 \cdot 286 = 40,042$

Ответ: $\Delta m = 33,92$; $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 40,042$

Страница 6

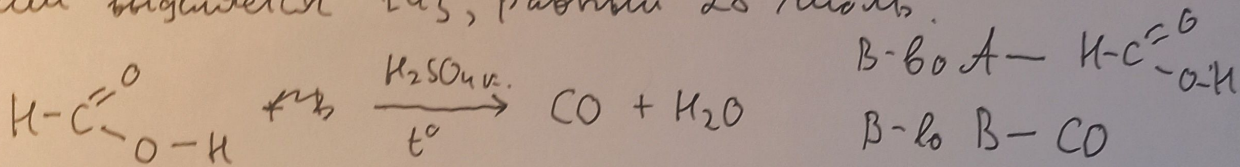
нб

$$M_{\text{средняя}} = D_{O_2} \cdot M(O_2) = 0,875 \cdot 32 = 28 \text{ г/моль}$$

Предположим варианты газов с молекулярной массой равной 28 г/моль:
 N_2 , CO , $H_2C=CH_2$

Предположим, что в-во Б — это кислота. Тогда вещество А является кислотой.

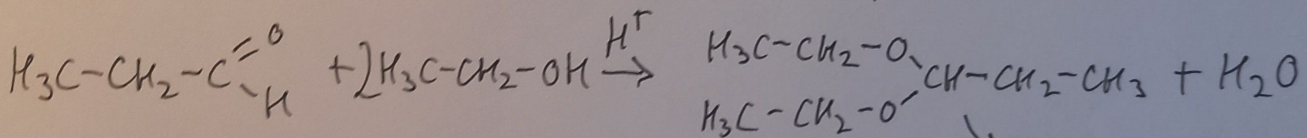
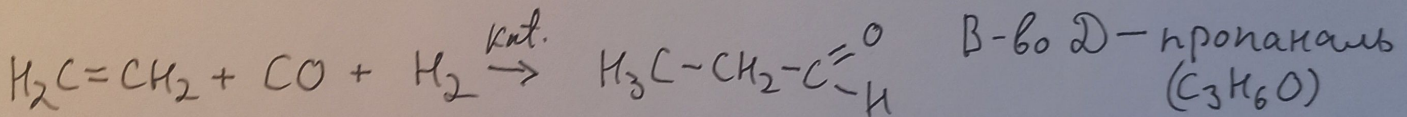
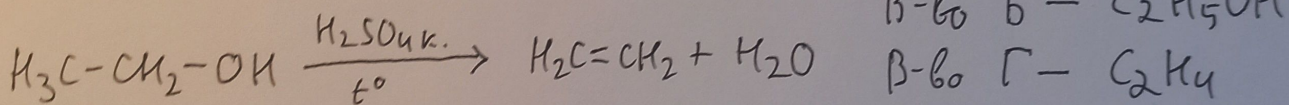
В таком случае в-во А это не просто кислота, а карбоновая кислота и скорее всего это кислота муравьиная ($H-C(=O)-OH$), поскольку исключительно из нее при обработке $H_2SO_{4\text{к}}$ при нагревании выделяется газ, равный 28 г/моль.



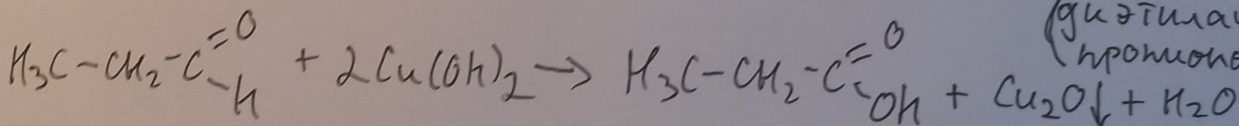
Значит второй газ, точнее его молекулярная масса также равна 28 г/моль.

Таким образом могу предположить, что второй газ это этен ($H_2C=CH_2$). Его получить при внутримолекулярной дегидратации этанола. Значит вещество Б — это этанол.

Вещество Г — C_2H_4



→ Вещество Е
 (диэтилацеталь
 пропилового альдегида)



$$n(Cu_2O) = \frac{21,6}{64 \cdot 2 + 16} = 0,15 \text{ моль} \quad n(C_3H_6O) = n(Cu_2O) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(C_3H_6O) = 0,15 \cdot 58 = 8,7 \text{ г}$$

Ответ: А — $HCOOH$; Б — C_2H_5OH ; В — CO ; Г — C_2H_4 ; Д — C_3H_6O (пропаналь);

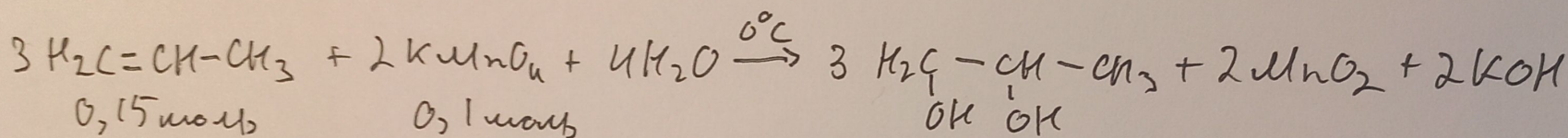
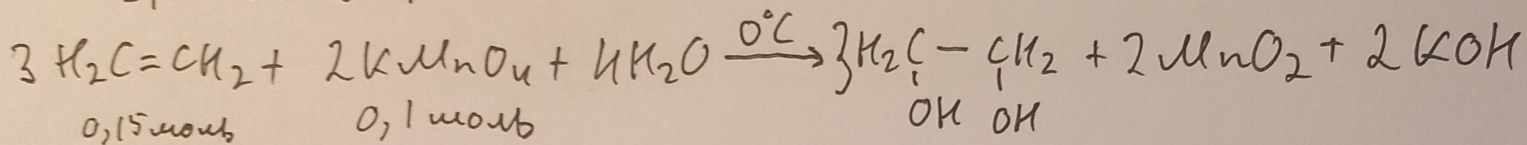
Е — $C_7H_{16}O_2$ (диэтилацеталь пропилового альдегида); $m(C_3H_6O) = 8,7 \text{ г}$

Прочтение ЛЧ

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = n(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,15 \text{ моль}$$

Уравнение реакции:



$$V(\text{KMnO}_4) = 0,2 \cdot 22,4 = 4,48 \text{ л}$$

Ответ: Состав смеси — этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) и пропанол-1 ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$)

Массовые доли — этанол — 43,4% (0,434)

пропанол-1 — 56,6% (0,566)

$$V(\text{KMnO}_4) = 4,48 \text{ л}$$

Страница 5