



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Прохоров Александр Владимирович**

Класс: **10**

Технический балл: **95**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Антипин Р.Л.

Задание 1. 8 баллов

Задание 2. 16 баллов

Задание 3. 11 баллов, неверен расчёт константы

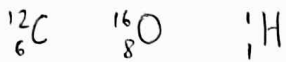
Задание 4. 20 баллов

Задание 5. 20 баллов

Задание 6. 20 баллов

Итого: 95 баллов

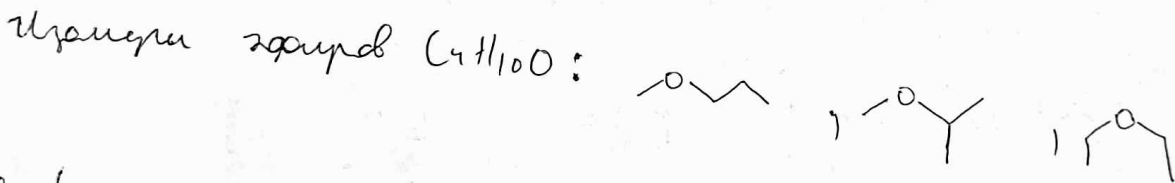
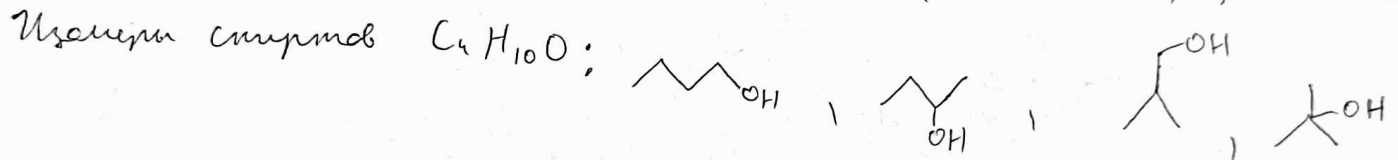
Задача Вармант 1
~1



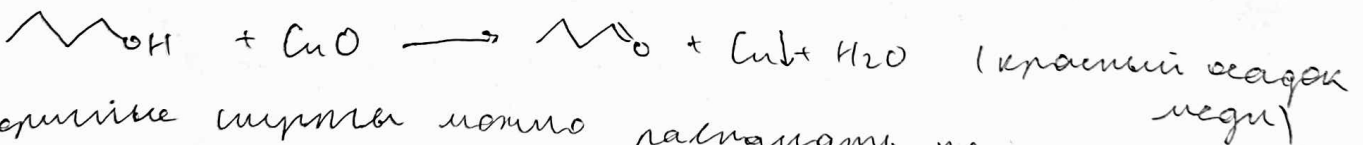
Если в молекуле 2 кислорода, то алканыл

В ${}^{12}_6\text{C}$ 6 нейтронов, в ${}^{16}_8\text{O}$ 8 нейтронов, в ${}^1_1\text{H}$ один нейтрон \Rightarrow
 \Rightarrow пусть кол-во ${}^{12}_6\text{C}$ в орго. молекуле = x , а ${}^{16}_8\text{O} = y$, где x и y целые
 натуральные числа $\Rightarrow 6x + 8y = 32 \Rightarrow y = 4 - \frac{3}{4}x \Rightarrow y$ будет
 целым числом если $x = 4$, тогда $y = 4 - \frac{3}{4} \cdot 4 = 1 \Rightarrow$
 \Rightarrow в орго. молекуле 4 C и 1 O сумма $e^- = 3 \cdot 6 + 8 = 32 \Rightarrow$
 $\Rightarrow |H| = 4 \cdot 2e^- - 32e^- = 10e^- \Rightarrow$ состав молекулы $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

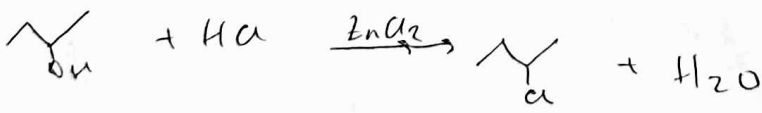
Показатель степени ненасыщенности = 0, но это ^{прямые} эфиры и спирты



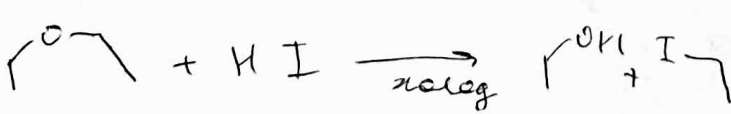
Показатель степени можно распознать по их реакции с окислительными реагентами



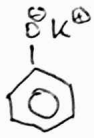
Внутренние спирты можно распознать по реакции с HCl в присутствии ZnCl_2



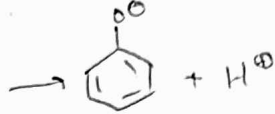
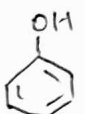
Эфир можно определить в реакции с HI .



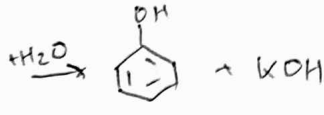
Изменение pH + образование спирта, который можно определить по реакции с CuO



pH = 11
 $K_{\text{фен}} = 10^{-10}$



$$K_{\text{фен}} = 10^{-10} = \frac{[\text{фенолят}][H^+]}{[\text{фенол}]}$$



$$K_{\text{фен}} = \frac{[\text{фенол}][K^+][OH^-]}{[\text{фенолят}][K^+]}$$

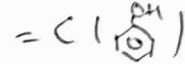
$$= \frac{[\text{фенол}][OH^-]}{[\text{фенолят}]}$$

переносим числитель и знаменатель на $[H^+]$

$$K_{\text{фен}} = \frac{[\text{фенол}][OH^-][H^+]}{[\text{фенолят}][H^+]} = \frac{K_w}{K_{\text{фен}}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 1 \cdot 10^{-4}$$

Пусть объем раствора фенолята калия = 1 л, а $C_{\text{фенолята}} = x$

~~масса $K_{\text{фен}} =$~~ pH = 11 \Rightarrow pOH = 3 \Rightarrow $C(OH^-) = 0.001 \frac{\text{моль}}{\text{л}} =$



~~$\Rightarrow K_{\text{фен}} = (x - 0.001)^2$~~

$K_{\text{фен}} = \frac{(0.001)^2}{x - 0.001} = 1 \cdot 10^{-4} \Rightarrow$

$\Rightarrow x - 0.001 = 0.01 \Rightarrow x = 0.011 = C_{\text{фенолята калия}}$

Ответ: $0.011 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

^2

Давление Барманн 1.

^3

Давление Барманн 1

Пусть $n(A) = x$, тогда $n(B) = 2x \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{2x \cdot 1.86 + x \cdot 1}{2.86} = 75.9 \Rightarrow 4.72x = 217.074 \Rightarrow$$

$\Rightarrow x = 46 \Rightarrow A$ - это NO_2 , а B - это N_2O_4 .

Рассчитаем K_p при равновесии $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$

$$K_p = \frac{p_{\text{N}_2\text{O}_4}}{(p_{\text{NO}_2})^2} \quad p_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{1.86}{2.86} \cdot 1 \text{ атм} = 0.65 \text{ атм}$$

$$p_{\text{NO}_2} = \frac{1}{2.86} \cdot 1 \text{ атм} = 0.35 \text{ атм}$$

$$K_p = \frac{0.65}{(0.35)^2} = 5.3$$

$$K_{\text{прям}} = 5.00 \cdot 10^{-3} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$$

Пусть равновесии

$$\frac{K_{\text{прям}}}{K_{\text{обрат}}} = K_p \Rightarrow K_{\text{обрат}} = \frac{K_{\text{прям}}}{K_p} = 9.43 \cdot 10^{-4} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$$

Ответ: $\text{NO}_2, \text{N}_2\text{O}_4; 9.43 \cdot 10^{-4} \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$

Гербус. Варманн 1

н 4

$$pV = nRT$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{T_0 p_1}{T_1 p_0}$$

$$V_1 = 11.15 \text{ л}, T_1 = 180^\circ\text{C} = 453 \text{ K}, p_1 = p_0 = 1 \text{ атм}$$

$$T_0 = 273 \text{ K}$$

$$\Rightarrow V_0 = V_1 \cdot \frac{T_0}{T_1} = 11.15 \text{ л} \cdot \frac{273}{453} = 6.72 \text{ л}$$

$$n_{\text{газ}} = \frac{6.72 \text{ л}}{22.4 \text{ л}} = 0.3 \text{ моль}$$

Пусть кол-во спирта этанола = x , а глицеро $\neq 0.3 - x$

Берем формула молекулярных соединений спиртов $C_n H_{2n+2} O$

$$M_{\text{молекулярная спирта}} = 12n + 2n + 2 + 16 = 14n + 18$$

Если $n \geq 3$, то $M \geq 60 \Rightarrow m \geq 18 \text{ г} \Rightarrow$ если у спирта
 имеет формулу $C_2 H_6 O$ или $C H_4 O$, но м.к. метильный
 спирт CH_3OH не соединяется к глицеромагн \Rightarrow если у спирта
 это $C_2 H_5 OH$, у него группа спирта будет $C_3 H_7 OH$
 тогда $n(C_2 H_5 OH) = x$, $n(C_3 H_7 OH) = 0.3 - x$

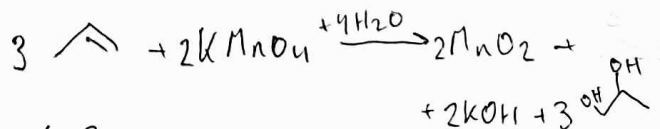
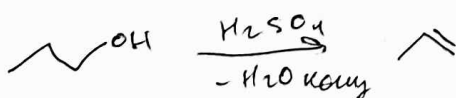
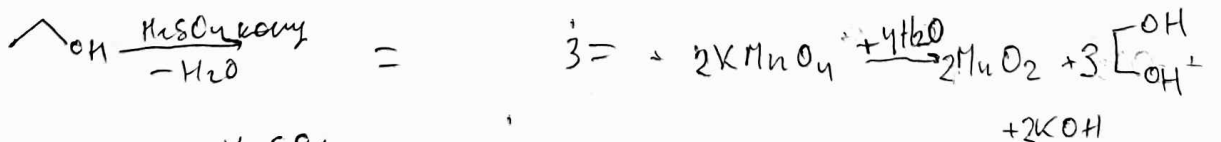
$$x \cdot 46 + (0.3 - x) \cdot 60 = 15.9 \text{ г}$$

$$2.1 = 14x$$

$$x = 0.15 \text{ моль} = n(C_2 H_5 OH) \Rightarrow n(C_3 H_7 OH) = 0.3 - 0.15 = 0.15 \text{ моль}$$

$$w(C_2 H_5 OH) = \frac{0.15 \cdot 46}{15.9} = 0.43$$

$$w(C_3 H_7 OH) = \frac{0.15 \cdot 60}{15.9} = 0.57$$



$$n(KMnO_4) = \frac{0.15}{3} \cdot 2 + \frac{0.15}{3} \cdot 2 = 0.2 \text{ моль}$$

$$c(KMnO_4) = 0.4 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$\Rightarrow V(KMnO_4) = \frac{0.2 \text{ моль}}{0.4 \frac{\text{моль}}{\text{л}}} = 0.5 \text{ л}$$

Ответ: 0.43, 0.57, 0.5 л.

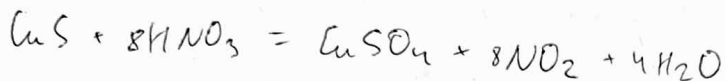
н 4

н 5 Дробук. Вайманн 1.

$$m(\text{CuS}) = 9.6 \text{ г} \Rightarrow n(\text{CuS}) = 0.1 \text{ моль}$$

Где $m_{\text{г}} \text{ на } \text{HNO}_3 = 120 \text{ г} \quad m_{\text{HNO}_3} = 75.6 \text{ г} \cdot n(\text{HNO}_3) = 1.2 \text{ моль}$

$m_{\text{г}} \text{ на } \text{H}_2\text{SO}_4 = 142.7 \text{ г} \quad m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 139.846 \text{ г} \quad n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.427 \text{ моль}$



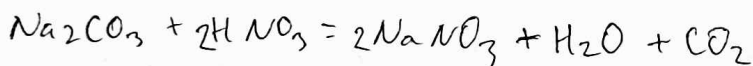
$$n(\text{NO}_2) = 0.8 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{NO}_2) = 36.8 \text{ г} \Rightarrow m_1 \text{ остатка} = 92.8 \text{ г}$$

$$n(\text{SO}_2) = 0.4 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{SO}_2) = 25.6 \text{ г} \Rightarrow m_2 \text{ остатка} = 126.7 \text{ г}$$

$$\Delta m = 33.9 \text{ г}$$

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ нужно добавить в стакан с HNO_3 .

$$n(\text{HNO}_3)_{\text{ост}} = 0.4 \text{ моль}$$



~~Для расчета~~ Пусть x — уравновешиваему нужно x моль $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

$$\text{масса } x \cdot (23 \cdot 2 + 12 + 46 \cdot 3 + 18 \cdot 10) - x \cdot 44 = 33.9 \text{ при этом}$$

$x \leq 0.2$ моль, иначе он не окажется в избытке.

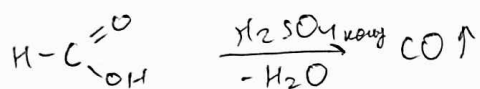
$$286x - 44x = 33.9$$

$$x = 0.14 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \approx 40 \text{ г}$$

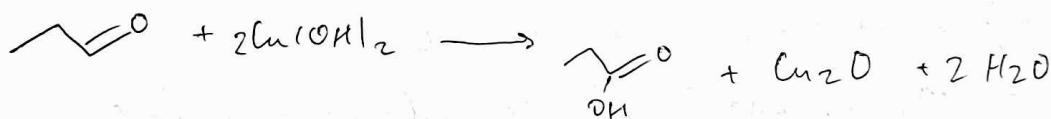
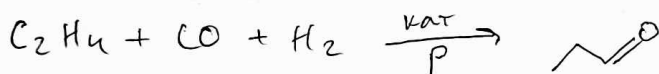
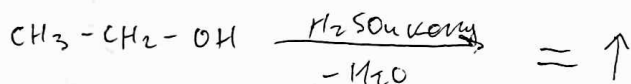
Ответ: $\Delta m = 33.9 \text{ г}$; $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 40 \text{ г}$

$D_{O_2} = 0.875 \Rightarrow M_{\text{газа}} = 28 \text{ г/моль}$, т.к. в условии нет данных о соотношении А и Б \Rightarrow молярная масса смеси газов не зависит от соотношения $\Rightarrow M$ каждого газа $= 28 \text{ г/моль}$

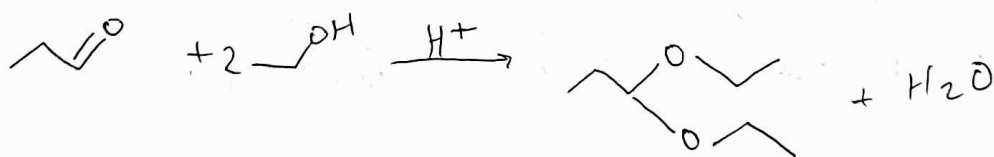
Полной смеси соответствуют N_2, C_2H_4, CO . N_2 не подходит \Rightarrow эти газы C_2H_4 и CO . Образование единственного газа CO характерно только для муравьиной кислоты.



А смесь образуется при дегидратации этанола



$$M(Cu_2O) = 144 \Rightarrow n(Cu_2O) = 0.15 \text{ моль} \Rightarrow m(D) = 0.15 \cdot 58 = 8.72$$



Получаем

А, Б - это $H-C \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{-OH} \end{array}$ и -OH

В, Г - это CO и C_2H_4

Д - это $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$

Е - это $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_2$

Ответ: 8.72