



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Листова Анастасия Львовна**

Класс: **11**

Технический балл: **85**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Антипин Р.Л.

Задание 1. 8 баллов

Задание 2. 13 баллов, сокращённая формула

Задание 3. 15 баллов, ошибка в расчётах

Задание 4. 20 баллов

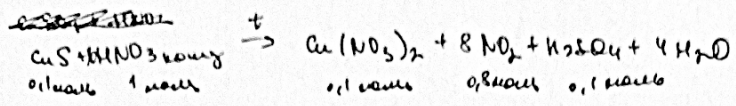
Задание 5. 12 баллов, в реакции с серной кислотой сероводород

Задание 6. 17 баллов, неверна последняя реакция, ошибка в расчётах

Итого: 85 баллов

m CuS = 8,6 г

1) составим, в котором образуется HNO3 концы (63% = концы)

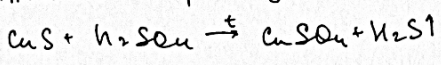


v\_CuS = m/M = 0,1 моль

v\_HNO3 = 120 \* 0,63 / 63 = 1,2 => HNO3 в избытке; CuS проп-н полностью
v\_HNO3\_ост = 1,2 - 10 \* 0,1 = 0,2 (моль)

Δm1 = 120 - 0,1 \* 8 \* 46 = 83,2 г = m\_HNO3 - m\_NO2
=> в этом состоянии m уменьшается на 83,2 г

2) составим, в котором образуется H2SO4:

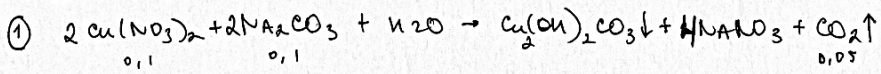


v\_H2SO4 = m/M = 1,427 г (моль) => H2SO4 в избы., CuS полностью проп-н

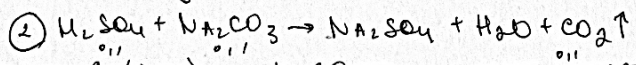
Δm2 = 142,4 - 0,1 \* 34 = 138,3 г = m\_H2SO4 - m\_H2S
=> m уменьшается на 138,3 г

3) разница масс: Δm2 - Δm1 = 138,3 - 83,2 = 56,1 г

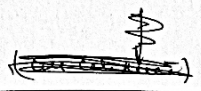
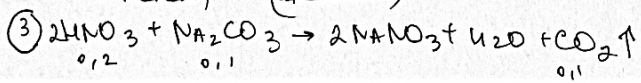
4) чтобы уравновесить, нужно добавить в (1) состав поинтер реакцию:



Δm необрабатываемое = 56,1 г = m\_Na2CO3 \* 10 H2O - m\_CO2



~~еще Cu(NO3)2 и H2SO4 взаимодействуют, и HNO3~~



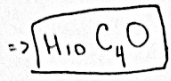
① 42e; 32n

x c: 6e 6n  
 z h: 1e 0n  
 y o: 8e 8n

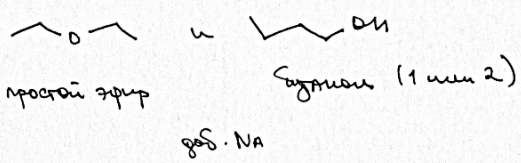
$$32 = x \cdot 6 + y \cdot 8$$

$$42 = z + 6x + 8y$$

$$\Rightarrow z = 10$$

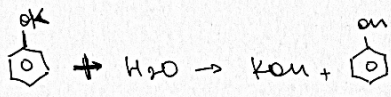


2 группы; 2 соединения

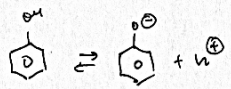


② pH = 11     $[H^+] = 10^{-11} : 10^{-11}$   
 $\Rightarrow [OH^-] = 10^{-3}$

~~$[H^+] = K_A [Ф]$~~   
 $[OH^-] = \frac{[Ф^-] \cdot [H^+]}{K_A \cdot [Ф]}$



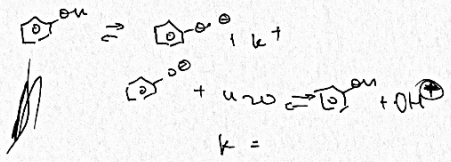
$K = \frac{[OH^-][Ф^-]}{[Ф]} = \frac{K_w}{K_A} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$



$K_A = 10^{-10} = \frac{[H^+][Ф^-]}{[Ф]}$

$10^{-4} = \frac{[Ф^-]^2}{[Ф]}$

$\frac{[OH^-][Ф]}{[Ф^-]}$                        $\frac{1}{K_A} = \frac{[Ф][OH^-]}{[Ф^-]}$



исходник N1

задача N1

пусть формула соедин-ий  $C_xO_yH_z$

в 1 атоме O: 8e;  $(16-8) = 8n$

C: 6e;  $(12-6) = 6n$

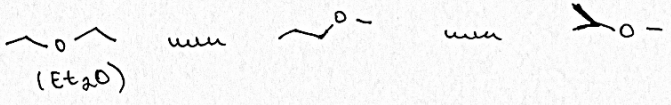
H: 1e;  $0n$

$$\text{по условию: } \begin{cases} 4z = 6x + 8y + z \\ 3z = 6x + 8y \end{cases}$$

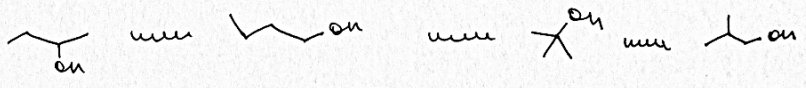
$\Rightarrow z = 10$ , а целые числовые  $x$  и  $y$  получаются лишь в случае  $x = 4$ ;  $y = 1$

$\Rightarrow$  искомые вещества описываются общей формулой  $C_4H_{10}O$ , что соответствует либо простому эфиру, либо одноатомному спирту

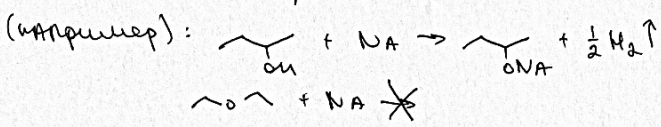
так, в одной группе это соедин-е - эфир простой:



а во второй группе - одноатомный спирт:



отличить спирт от эфира простого можно путем добавления металлического Na, с которым будет реагировать только спирт:



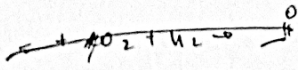
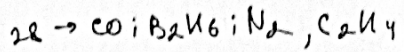
признак р-ции - выделение 1/2 моля  $\text{H}_2$  за 1 моль спирта

repression ~ 5

Mon: 28 %/mole

Δap = 28 %/mole     Δ - Auswertung

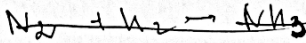
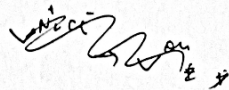
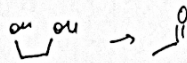
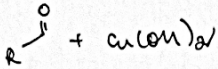
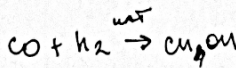
→



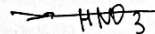
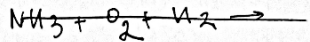
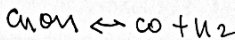
repression: NH<sub>3</sub>  
CO

38 %/mole  
aq

HCOOH



CO

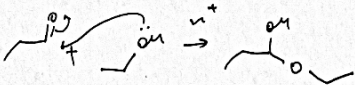
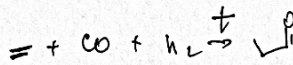
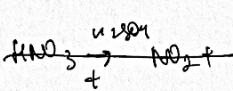


~~repression~~

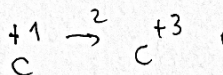
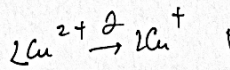
N<sub>2</sub>

NH<sub>3</sub>

+ H<sub>2</sub> → Auswertung

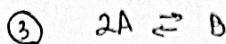


repression



реакция N2

(NO2 и N2O4?)



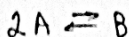
$$K = \frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{обр}}} \rightarrow$$

$$K_{\text{обр}} = \frac{K_{\text{пр}}}{K}$$

$$V = 1 \text{ л}$$

$$T = 303 \text{ К}$$

$$\frac{V_B}{V_A} = 1,86$$



Смесь

$$P_{\text{смесь}} = 1 \text{ атм} = 101,325 \text{ кПа}$$

$$M_{\text{ср}} = 75,8 \text{ г/моль}$$

$$V_B = 1,86 V_A$$

$$\frac{V_B}{V_B + V_A} = \frac{1,86 V_A}{V_A + 1,86 V_A} = \frac{1,86}{2,86} = 0,65 = \varphi_B$$

$$\Rightarrow \varphi_A = 0,35$$

$$M_B = 2 M_A$$

$$0,35 \cdot A + 0,65 \cdot 2A = 75,8$$

$$\Rightarrow A = 46 \Rightarrow \text{NO}_2 \text{ и } \text{N}_2\text{O}_4$$

$$pV = \nu RT$$

$$V_{\text{смесь}} = 0,04 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow V_B = 0,026 \text{ моль}$$

$$V_A = 0,014 \text{ моль}$$

$$P_B = \varphi_B \cdot p = 0,6586125 \text{ атм}$$

$$K = \frac{P_B}{P_A^2}$$

по условию  $\frac{V_B}{V_A} = \frac{1,86}{1} \Rightarrow V_B = 1,86 V_A$

(мольная доля B -  $\varphi_B$ )

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V_B + V_A} = \frac{1,86 V_A}{1,86 V_A + V_A} = \frac{1,86}{2,86} = 0,65$$

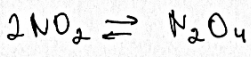
$$\Rightarrow V_A = 1 - \varphi_B = 0,35$$

$M_B = 2M_A$  (исходя из того, что A - мономер, B - димер, А гр. продукты не обр-ся)

2)  $M_{ср} = 78,9 = 0,65 \cdot 2M_A + 0,35 \cdot M_A$

$$\Rightarrow M_A = 46 \text{ г/моль}; M_B = 92 \text{ г/моль}$$

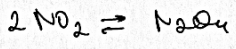
$\Rightarrow A$  - это  $NO_2$ ;  $B$  -  $N_2O_4$



3)  $pV = \nu RT$

$$\left\{ \begin{aligned} \nu_{общ} &= \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303} = 0,41 \text{ моль} \\ \nu_B &= \varphi_B \cdot \nu_{общ} = 0,026 \text{ моль} = \nu_{N_2O_4} \\ \nu_A &= 0,014 \text{ моль} = \nu_{NO_2} \end{aligned} \right.$$

- в равновесии смеси



$$K = \frac{p_{N_2O_4}}{p_{NO_2}^2}$$

$$p_{N_2O_4} = \frac{\nu_{N_2O_4} RT}{V} = \frac{0,026 \cdot 8,314 \cdot 303}{1} = 65,5 \text{ (кПа)} = 0,655 \text{ (бар)}$$

~~$$p_{NO_2} = \frac{\nu_{NO_2} RT}{V} = \frac{0,014 \cdot 8,314 \cdot 303}{1} = 35,825 \text{ (кПа)}$$~~

$$p_{NO_2} = p_{общ} - p_{N_2O_4} = 35,825 \text{ (кПа)} = 0,35825 \text{ (бар)}$$

$$K = \frac{p_{N_2O_4}}{p_{NO_2}^2} = \frac{0,655}{0,35825^2} = 5,1$$

$$K = \frac{K_{кр}}{K_{обр}} = \frac{K_{(A \rightarrow B)}}{K_{(B \rightarrow A)}} \Rightarrow K_{обр} = K_{кр} \cdot (M_{об}) = \frac{K_{кр}}{K} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{5,1} = 9,8 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/моль)}$$



- 1) • при дегидратации спиртов может происходить реакция с  $H_2SO_4$  конц при относительно невысоком нагревании могут обр-се простые эфиры, однако нагревание до  $180^\circ C$  - слишком высокое, и обр-се будут алкены
- т.к. известно, что обр-се продукты (алкены) образуются в первую очередь, это один из первых элементов гомологического ряда

$$2) pV = \nu RT$$

$$V(\text{прод. эфр.}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} = 0,3 \text{ (моль)} = V_{\text{реакт.}}$$

общая формула спиртов:  $R-CH_2-OH$

- 3) пусть одного спирта было  $x$  моль, другого:  $(0,3-x)$  моль

тогда:

$$15,8 = x \cdot M_1 + (0,3-x) \cdot M_2$$

~~→ в том случае, если один из спиртов -  $C_2H_5OH$~~

первые члены гомологического ряда алкенов - это этанол и пропанол, которые могут обр-се в указанных условиях из этанола и пропанола

$$M_{C_2H_5OH} = 46 \text{ г/моль}$$

$$M_{C_3H_7OH} = 60 \text{ г/моль} \quad \text{пропанол-1}$$

в этом случае:

$$15,8 = 46 \cdot x + (0,3-x) \cdot 60 \Rightarrow x = 0,15 = \nu_{C_2H_5OH}$$

$$0,3-x = 0,3-0,15 = \nu_{C_3H_7OH}$$

⇒ под условием идеально подходит смесь с эквимолярной смесью этанола и пропанола (продукты ~~э~~-та же - это условие также выполняется) - это возможные состав смеси

$$4) m_{C_2H_5OH} = \nu \cdot M = 0,15 \cdot 46 = 6,9 \text{ г} \Rightarrow \omega_{\text{этанол}} = \frac{m_{\text{этанол}}}{m_{\text{смеси}}} = \frac{6,9}{15,9} = 0,434$$

• тогда  $\omega_{\text{проп.}} = 1 - \omega_{\text{этан.}} = 0,566$

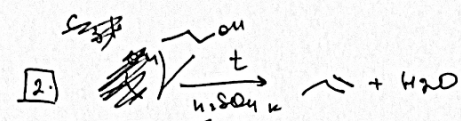
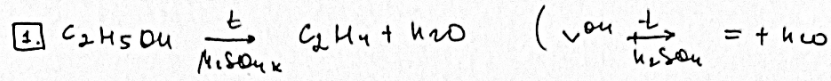
масовая ~ 5)

(массах. формулы ~ 4)

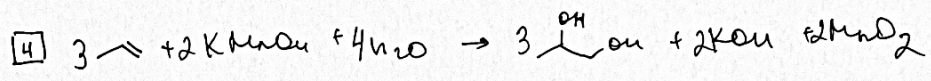
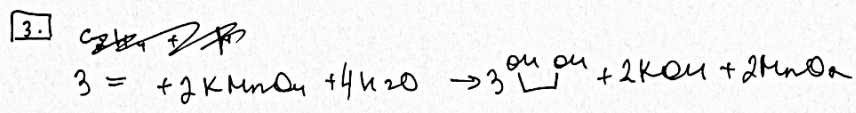
⇒ ω этанола = 43,4 %

ω пропанола = 56,6 %

5) ~~С<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH~~ реакция:



~~С<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH + 2KMnO<sub>4</sub> + 4H<sub>2</sub>O → 3C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> + 2KOH + 2MnO<sub>2</sub>~~



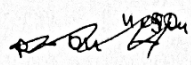
6) V<sub>н</sub> = 0,15 моль = V<sub>э</sub>

V<sub>KMnO<sub>4</sub></sub> = 2 · V<sub>н</sub> ·  $\frac{2}{3}$  =  $\frac{0,15 \cdot 4}{3}$  = 0,2 (моль)

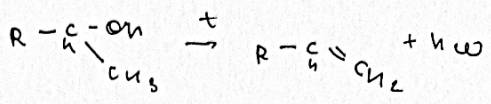
c =  $\frac{V}{V}$  ⇒ V =  $\frac{V}{c}$  =  $\frac{0,2}{0,4}$  = 0,5 (л) - необходимая масса KMnO<sub>4</sub> (раств).

реакция ~ 3

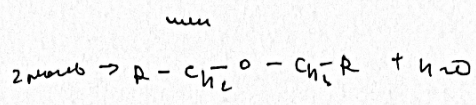
(4)  $M_{ан} = 15,9г$



$PV = VAT$   
 $V = 0,3 \text{ моля}$



$C_2H_2$



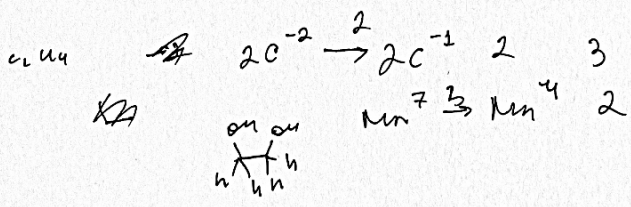
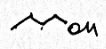
итр. вещества  $\Rightarrow$  ацетилен спир-сб

~~сб~~ реакция; ацетилен  $\Rightarrow$  PV-CH2-OH

$x \cdot 32 + (0,3x) \cdot 46 = 15,9$   $\leftarrow$  (X) CH2OH (V)

$x \cdot 32 +$

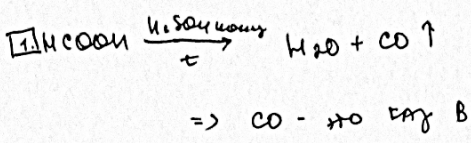
$x = 0,15$



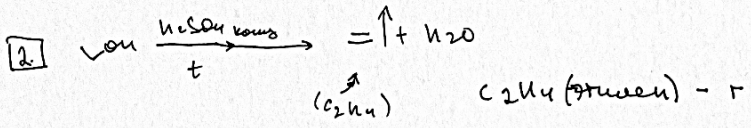
задача № 8

задача № 6

1) по условию, одно из (А или Б) - кислота. допустим, А - кислота, Б - спирт.  
 т.к. при нагревании кислоты А с  $H_2SO_4$  конц. получится только один газ,  
 то можно предположить, что А - карбон (используемое к-та)

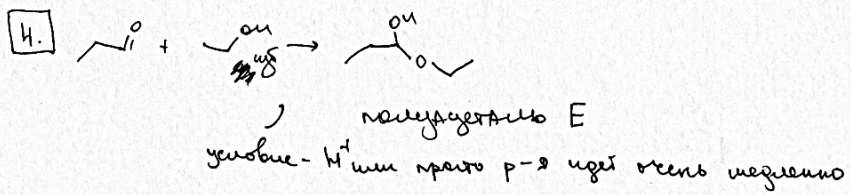


2)  $M_{CO} (B \text{ и } \Gamma) = D_{CO, O_2} \cdot M_{O_2} = 0,875 \cdot 32 = 28 \text{ г/моль}$   
 т.к.  $M_{CO} = 28 \text{ г/моль} \Rightarrow$  у газа  $\Gamma$  также должна быть эквивалентная масса  
 $M = 28 \text{ г/моль}$   
 газы с такой  $M$ :  $CO, N_2, C_2H_4, B_2H_6$   
 $0,5 \cdot 26 + 0,5 \cdot 28 = 28$  - выполняется  
 т.к. газы не реагируют друг с другом  
 подходит только  $C_2H_4$ , тогда Б - спирт  $C_2H_5OH$



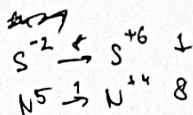
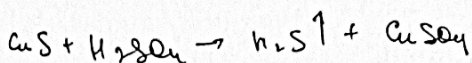
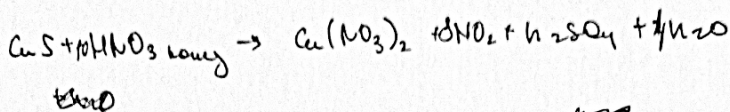
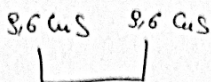
3) 3.  $C_2H_4 + CO + H_2 \xrightarrow{кат.} \Delta$   
 $\Delta - C_3H_6O$

вывод о том, что  $\Delta$  - альдегид, можно сделать исходя из того, что он реагирует с  $Ca(OH)_2$ , в ходе р-ции выпадает осадок ( $Ca_2O$ )



репродукция N4

⑤ CuS



Δ m - ?

x моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$\cancel{286 \cdot x} = \frac{x}{2} \cdot 44 = 56, x$$

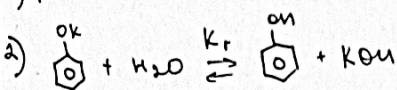
$$\Rightarrow x = 0,2125$$

$\Rightarrow$

0,1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$

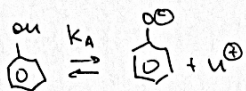
0,1 моль  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

1)  $pH = 11 \Rightarrow [H^+] = 10^{-11} = 10^{-11} \Rightarrow [OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}$



(также можно записать: Oc1ccccc1  $\rightleftharpoons$  [O-]c1ccccc1 +  $H^+$   
 2) [O-]c1ccccc1 +  $H_2O \rightleftharpoons$  [OH-] + [O-]c1ccccc1)

$$K_f = \frac{[OH^-][C_6H_5O^-]}{[C_6H_5OH]} \quad (1)$$



$$K_A = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]} = 10^{-10}$$

$$\Rightarrow [H^+] = \frac{K_A [C_6H_5OH]}{[C_6H_5O^-]} \Rightarrow [OH^-] = \frac{K_w \cdot [C_6H_5O^-]}{K_A \cdot [C_6H_5OH]}$$

подставляем в (1):

$$K_f = \frac{[C_6H_5O^-] \cdot K_w \cdot [C_6H_5O^-]}{[C_6H_5OH] \cdot [C_6H_5OH] \cdot K_A} = \frac{K_w}{K_A} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

3)  $K_f = 10^{-4} = \frac{[OH^-]^2}{[C_6H_5O^-]} = \frac{(10^{-3})^2}{[C_6H_5O^-]}$   
 $\Rightarrow [C_6H_5O^-] = \frac{10^{-6}}{10^{-4}} = 10^{-2} = C_{C_6H_5O^-}$

Ответ:  $C_{C_6H_5O^-} = 10^{-2} M = 0,01 M$

исходные №7

проб-е задачи №5

~~$\Delta m = 0,3 \cdot 286 - 0,25 \cdot 44 = 74,8 \text{ г}$  — масса иона  
 $\Delta m = 0,3 \cdot 286 - 0,25 \cdot 44 = 74,8 \text{ г}$   
 $\Delta m = 0,3 \cdot 286 - 0,25 \cdot 44 = 74,8 \text{ г}$~~

если в первую очередь карбонат будет реагировать с кислотами  
 в р-не только с кислотами (2) и (3)  $\Delta m = 0,2 \cdot 286 - 0,2 \cdot 44 = 48,4 \text{ г}$

остаточная часть карбоната реагирует уже с нитратом меди (1)

$$\Delta m_{\text{исход}} = 56,1 - 48,4 = 7,7 \text{ г} = x \cdot 286 - 0,5x \cdot 44 \quad (1)$$

$$\Rightarrow x = 0,0292 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow \text{общее число моль } \text{CO}_3^{2-} = 0,2 + 0,0292 = 0,2292$$

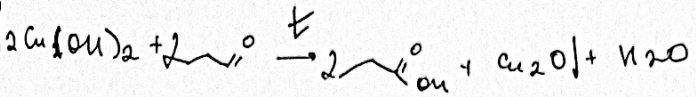
$$= 0,2 + 0,0292 = 0,2292$$

$\Rightarrow M_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 69,5$  — столько необходимо  
 добавить для  
 примера весов в  
 равновесии

методик №9

проб.-е задание №6

4)  
5)



$$V_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}} = \frac{m}{M} = \frac{21,6 \text{ г}}{144 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ (моль)} = \frac{V_{\Delta}}{2} \Rightarrow V_{\Delta} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow m_{\Delta} = V \cdot M = 0,15 \cdot 582 = 14,4 \text{ (г)}$$