



0 765692 890000

76-56-92-89

(55.6)



# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант \_\_\_\_\_

Место проведения Москва  
город

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов" по химии  
наименование олимпиады

по химии  
профиль олимпиады

Захарова Арина Вячеславовна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«03» марта 2024 года

Подпись участника

Аз

76-56-92-89  
(55.6)

Фамилия/Имя

Пашков

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9  
0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

Задача №3:

1) Ф-ла комплексной з-цы:  $[X(CN)_4]^{a-}$  тогда:

$$w(X) = \frac{M(X)}{M([X(CN)_4])} = 0,381$$

$$0,381 = \frac{M(X)}{M(X) + 104}$$

$$M(X) = 64 \text{ г/моль} \Rightarrow X - \text{Cu}$$

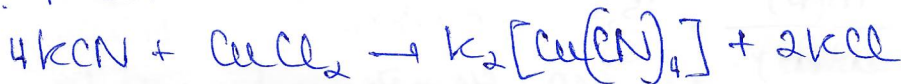
80

Чистовик

2)  $K_4 = 4$  у  $Cu^{+2} \Rightarrow$  комплексная з-ца  $[Cu(CN)_4]^{2-}$  имеет заряд  $2-$

(+)

3) Р-я:



Задача №5:

1) Р-я титрования:



$HCl$  - одноосн. к-та  $\Rightarrow \sqrt{NaOH} = \sqrt{HCl}$  в 200 мл

$$2) \sqrt{NaOH} = C(NaOH) \cdot V(NaOH)$$

$$\sqrt{NaOH} = 0,05 \cdot 0,004 = 0,0002 \text{ моль} = \sqrt{HCl} \text{ в } 200 \text{ мл}$$

$$3) \sqrt{HCl} = 200 \text{ мл} = 0,2 \text{ л}$$

$$C_2 = \frac{\sqrt{HCl}}{V_2(HCl)} = \frac{0,0002}{0,2} = 0,001 \text{ моль/л}$$

3)  $\sqrt{HCl}$  не изменилось;  $V_1(HCl) = 1 \text{ мл} = 0,001 \text{ л} \Rightarrow$

$$\Rightarrow C_1(HCl) = \frac{\sqrt{HCl}}{V_1(HCl)} = \frac{0,0002}{0,001} = 0,2 \text{ моль/л}$$

$$3) \sqrt{HCl} = 0,0002 \cdot 10 = 0,002 \text{ моль в } 200 \text{ мл}$$

$$4) C(HCl)_{\text{исх.}} = \frac{\sqrt{HCl} \text{ в } 200 \text{ мл}}{V_{\text{исх.}}} = \frac{0,002}{0,001} = 2 \text{ моль/л}$$

Ответ: 2 моль/л (+)

Чистовик

Задача №6:

1).  $\nu_{\text{об.}}(\text{O}_2)$ :

По ур-ю Клапейрона-Менделеева:

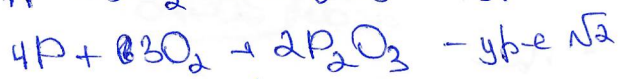
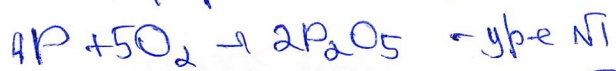
$$pV = \nu RT \Rightarrow \nu = \frac{pV}{RT}; \quad p = 3,14 \text{ атм} = 3,14 \cdot 101,325 \text{ кПа} \\ = 318,1605 \text{ кПа}$$

$$T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$V = 7 \text{ л}$$

$$\nu_{\text{об.}}(\text{O}_2) = \frac{318,1605 \cdot 7}{8,314 \cdot 298} \approx 0,9 \text{ моль}$$

2).  $\nu_{\text{об.}}(\text{P}) = \frac{m(\text{P})}{M(\text{P})} = \frac{15,5}{31} \approx 0,5 \text{ моль}$

3). Фосфор может гореть до  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{P}_2\text{O}_3$ 

$$\nu_{\text{об.}}(\text{O}_2) = \frac{\frac{p}{2} \cdot V}{RT} = \frac{pV}{2RT} = \frac{0,9}{2} \approx 0,45 \text{ моль} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_{\text{об.}}(\text{O}_2) = 0,9 - 0,45 = 0,45 \text{ (моль)}$$

Если бы фосфор горел до 1 оксида, то по ур-ю №1 нужно  $\frac{0,5 \cdot 5}{4} \approx 0,625 \text{ моль O}_2$ ; а по ур-ю №2 нужно только  $\frac{0,5 \cdot 3}{4} \approx 0,375 \text{ моль O}_2 \Rightarrow$  образуется смесь оксидов.

4). Пусть  $\nu_1(\text{O}_2) = x$ ,  $\nu_2(\text{O}_2) = y$ , тогда  $\nu_1(\text{P}) = \frac{4x}{5}$ ,  $\nu_2(\text{P}) = \frac{4y}{3}$ ; тогда можно записать систему:

$$\begin{cases} x + y = 0,45 \\ \frac{4x}{5} + \frac{4y}{3} = 0,5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,45 - y \\ \frac{1,8 - 4y}{5} + \frac{4y}{3} = 0,5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5,4 - 12y + 20y = 2,5 \\ x = 0,45 - y \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 0,2225 \\ x = 0,1875 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \nu_1(\text{P}) = \frac{4 \cdot 0,1875}{5} \approx 0,15 \text{ моль}$$

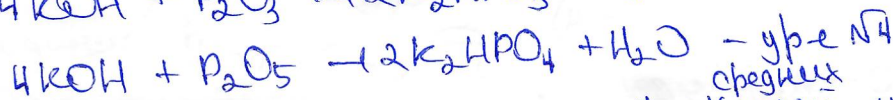
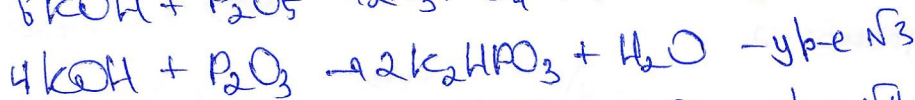
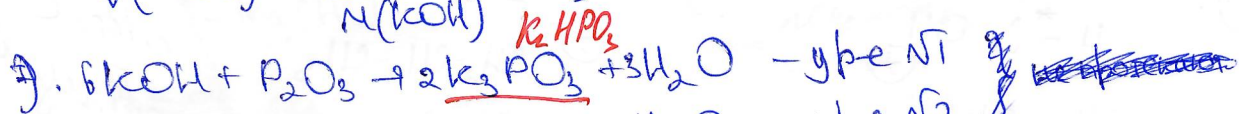
$$\nu_2(\text{P}) = \frac{4 \cdot 0,2225}{3} \approx 0,35 \text{ моль}$$

76-56-92-89  
(55.6)

Чистовик

5).  $\sqrt{P_2O_5} = \frac{1}{2} \sqrt{1(P)} = 0,075 \text{ моль}$   
 $\sqrt{P_2O_3} = \frac{1}{2} \sqrt{2(P)} = 0,175 \text{ моль}$

6).  $m(KOH) = m(p-pa) \cdot w(KOH) = 446 \cdot 0,15 = 67,2 \text{ г}$   
 $\sqrt{KOH} = \frac{m(KOH)}{M(KOH)} = 1,2 \text{ моль}$



По ур-ю N1 и N2 для образ-н <sup>средних</sup> солей необх.  $(0,075 + 0,175) \cdot 6 = 1,5 \text{ моль} \Rightarrow KOH$  в недостатке, т.е. будет образ. кислые соли.

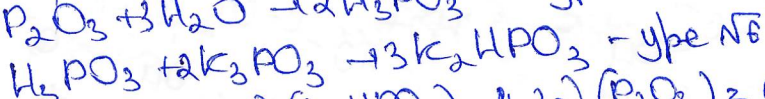
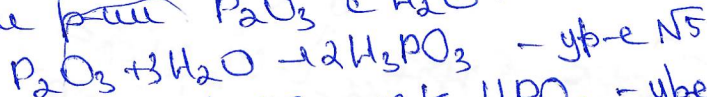
8).  $P_2O_5$  меньше, чем  $P_2O_3 \Rightarrow$   ~~$P_2O_5$  KOH~~ будет реак. с образ-н средней соли.

$\sqrt{K_3PO_4} = 2\sqrt{P_2O_5} = 0,15$  (по ур-ю N1)  
 $m(K_3PO_4) = M(K_3PO_4) \cdot \sqrt{K_3PO_4} = 212 \cdot 0,15 = 31,8 \text{ г}$

9). Ост. KOH будет реак. с  $P_2O_3$  сначала с образ-н средней соли.

~~$\sqrt{K_3PO_4} = 2\sqrt{P_2O_5} = 0,15 \text{ моль}$~~   
 $\sqrt{K_3PO_3} = \frac{1}{3} \sqrt{\text{ост. KOH}} = \frac{1}{3} (1,2 - 0,075 \cdot 6) = 0,25$   
 $\sqrt{P_2O_3} = 0,175 - \frac{1}{6} (1,2 - 0,075 \cdot 6) = 0,05 \text{ моль}$

10). Часть  $K_3PO_3$  будет реак. с  $H_3PO_3$ , кот. образуется при ~~реакции~~  $P_2O_3$  с  $H_2O$ :



По ур-ю N5:  $\sqrt{K_2HPO_3} = 2\sqrt{\text{ост. } P_2O_3} = 0,1 \text{ моль} \Rightarrow$  по ур-ю N6:  $\sqrt{K_2HPO_3} = 3\sqrt{H_3PO_3} = 0,3 \text{ моль}$ ;  $\sqrt{K_3PO_3} = 0,25 - 2\sqrt{H_3PO_3} = 0,05 \text{ моль}$

11).  $m(K_3PO_4) = 31,8 \text{ г}$ ;  $m(K_3PO_3) = 0,05 \cdot M(K_3PO_3) = 9,6 \text{ г}$ ;  
 $m(K_2HPO_3) = M(K_2HPO_3) \cdot 0,3 = 47,4 \text{ г}$

12).  $m(p-pa) = m(p-pa KOH) + m(P_2O_3) + m(P_2O_5) = 446 + 0,075 \cdot M(P_2O_5) + 0,175 \cdot M(P_2O_3) = 477,9 \text{ г}$  продолжение на следующей

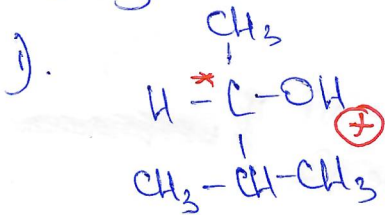
образ-н  $K_2HPO_3$ ,  $K_3PO_4$  и ост-н KOH!



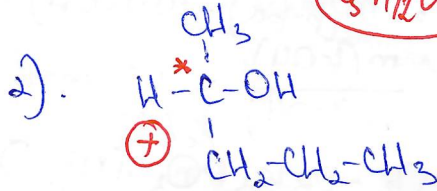
Задача №1:



Задача №2:



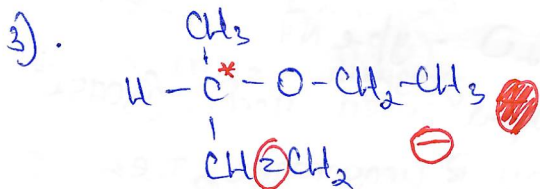
3-метилбутанол-2



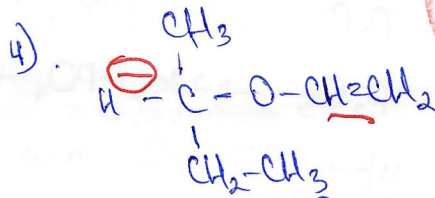
пентанол-2

$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$

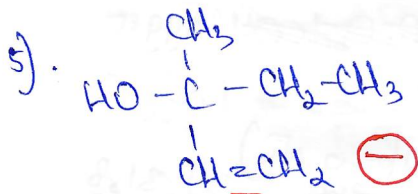
еще 2  
опт. изомера



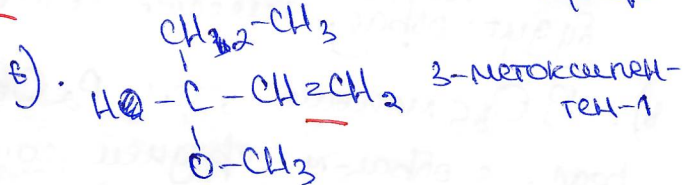
~~3-метил~~ 3-этоксипутен-1



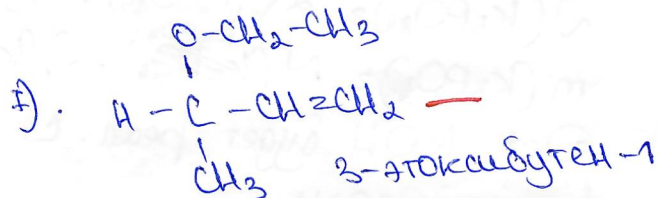
вторбутилвиниловый эфир



~~3-этилбутен-1-ол-3~~  
3-этилбутен-1-ол-3



3-метоксипентен-1



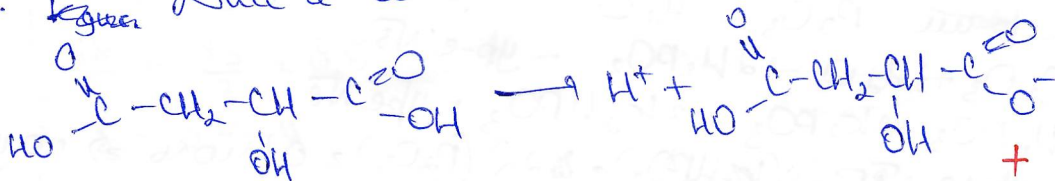
3-этоксипутен-1

Задача №3:

1).  $\nu(\text{кис.}) = \frac{m(\text{кис.})}{M(\text{кис.})} = 0,005 \text{ моль}$

2).  $c = \frac{\nu(\text{кис.})}{V} = \frac{0,005}{0,2} = 0,025 \text{ моль/л}^\oplus$

3).  $K_{\text{кис.}}$  Дисс-я обложной к-ты:



$K_{\text{кис.}} = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_4^-]}{[\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_4]} = 3,47 \cdot 10^{-4}$

$\sqrt{[\text{H}^+]} = \sqrt{[\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_4^-]} = \sqrt{[\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_4]} \Rightarrow [\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_4] = c(\text{H}^+)^2$   
 $= 2c(\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_4^-) = 0,02$

76-56-92-89  
(55.6)

$c(H^+) = c(C_4H_5O_4^-)$ , пусть  $c(H^+) = x = c(C_4H_5O_4^-)$  числовые  
 $3,47 \cdot 10^{-4} \approx \frac{x^2}{0,025}$  *обоснование?*  $\frac{x^2}{0,025 - x} = 3,47 \cdot 10^{-4}$

$x^2 \approx 0,00008675$

$x \approx 0,0093$  моль/л

*ошибка в Кг и пренедр. x*

4).  $pH = -\log [H^+]$

$pH = 2$

**4**

Ответ: 2

Задача #

1). Для ~~формирования~~  $m(Br_2) = m(\text{ф.в.}) \cdot \omega(Br_2) =$

$= 9800 \cdot 0,02 = 192$

$\nu(Br_2) = \frac{m(Br_2)}{M(Br_2)} = \frac{192}{160} = 1,2$  моль

2). Для <sup>полного</sup> формирования 1 моль алкина нужно 2 моль  $Br_2 \Rightarrow \nu(\text{смеси}) = \frac{1,2}{2} = 0,6$  моль

3).  $M_{\text{ср.}}(\text{смеси}) = \frac{m(\text{смеси})}{\nu(\text{смеси})} = \frac{29,6}{0,6} \approx 49,3$  ч.моль

4). ~~М~~ ~~количество~~ алкинов:

$C_2H_2 - 26$  ч.моль

$C_3H_4 - 40$  ч.моль

$C_4H_6 - 54$  ч.моль

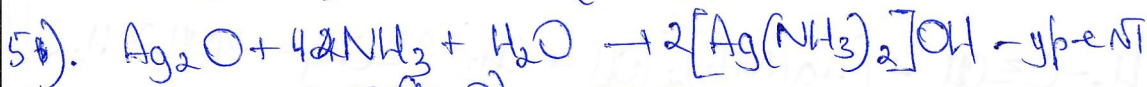
Т.к. ~~из~~ ~~одного~~ ~~из~~ ~~коп-в~~ смеси должна быть  $< M_{\text{ср.}}$ , а масса  $> M_{\text{ср.}}$ , а алкины - б.м.ч. гомологи, то смесь сост. из  $C_3H_4$  и  $C_4H_6$ .

5). Пусть  $\omega(C_3H_4) = x$ , тогда  $\omega(C_4H_6) = (1-x)$

$M_{\text{ср.}} = 40x + 54(1-x) = 49,3$

$-14x = 4,7$

$x \approx 0,34 \Rightarrow \omega(C_3H_4) \approx 0,34, \omega(C_4H_6) \approx 0,66$

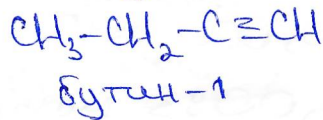


$\nu(Ag_2O) = \frac{m(Ag_2O)}{M(Ag_2O)} = \frac{69,6}{232} = 0,3$  моль

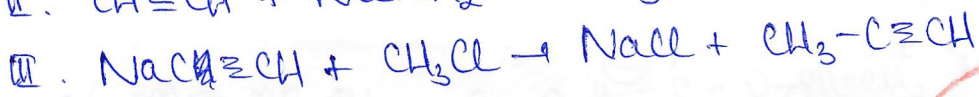
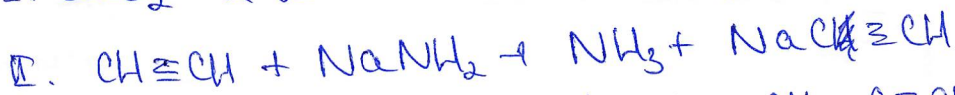
$2\nu(Ag_2O) = \nu([Ag(NH_3)_2]OH) = 0,6$  моль (по ур-нту)

~~Из~~  $C_3H_4$  и  $C_4H_6$  могут иметь  $\nu_{\text{C-H}}$  только с одной стороны  $\Rightarrow$  для ~~одной~~ реакции с 1 моль алкина нужна 1 моль  $[Ag(NH_3)_2]OH \Rightarrow \nu(\text{алкина}) = \nu([Ag(NH_3)_2]OH) =$

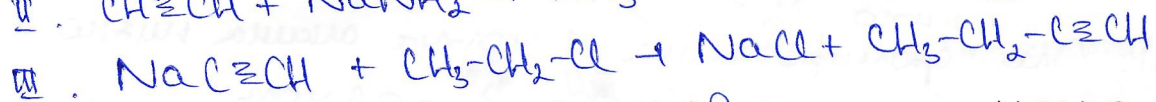
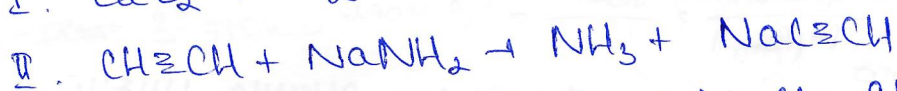
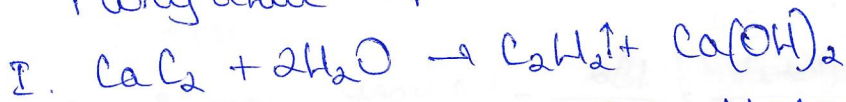
$z$   $O_2$  моль  $\Rightarrow$  реагирует вся смесь, т.е. оба алкина имеют концевую тройную связь: Чистовик



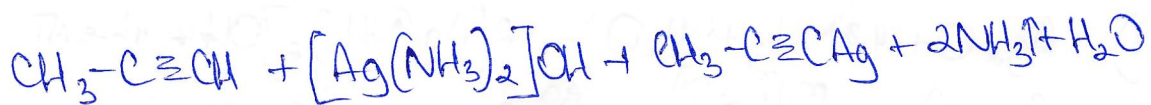
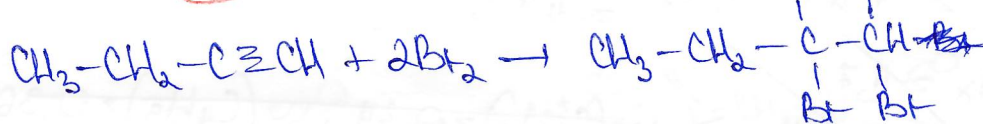
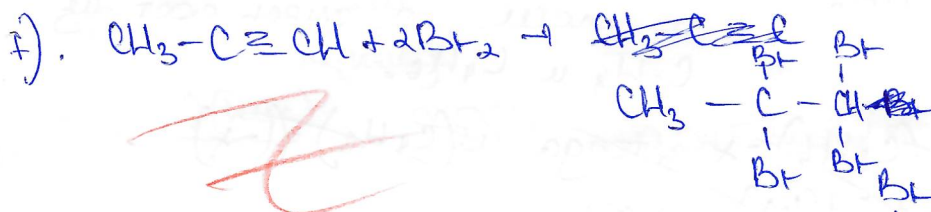
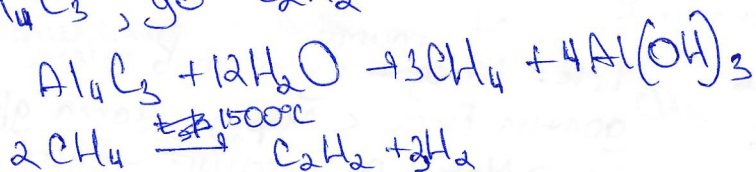
в). Получение C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>:



Получение C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>:



Вместо гидролиза CaC<sub>2</sub> на первой стадии можно провести пиролиз CH<sub>4</sub>, полученного гидролизом Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>, до C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>:



Чистовик

Задача №6 (продолжение):

$$b). w(K_3PO_4) = \frac{m(K_3PO_4)}{m(p-pa)} = \frac{31,6}{477,9} \approx 6,65\%$$

$$w(K_2HPO_3) = \frac{\overset{общ.}{47,5} m(K_2HPO_3)}{m(p-pa_{общ.})} = \frac{47,4}{477,9} \approx 9,9\%$$

$$w(K_3PO_3) = \frac{m(K_3PO_3)}{m(p-pa_{общ.})} = \frac{9,6}{477,9} \approx 2,1\%$$

Ответ:  $w(K_3PO_4) = 6,65\%$ ;  $w(K_2HPO_3) = 9,9\%$ ;  
 $w(K_3PO_3) = 2,1\%$ . ~~И~~.



Черновик

$$\sqrt{(\text{Br}_2)} \approx 1,2 \text{ моль}$$



$$40x + 54x - 54x = 49,5$$

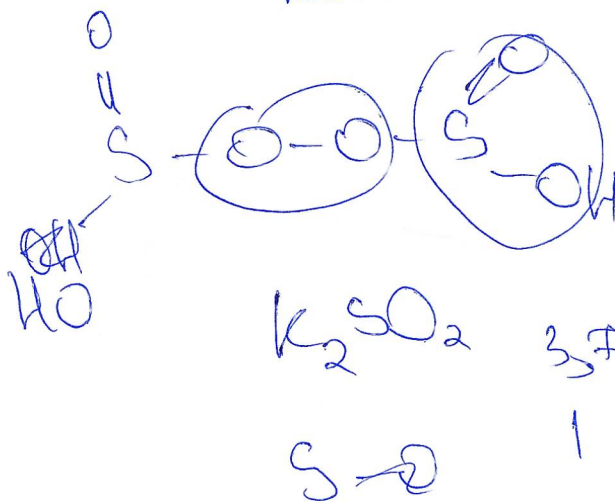
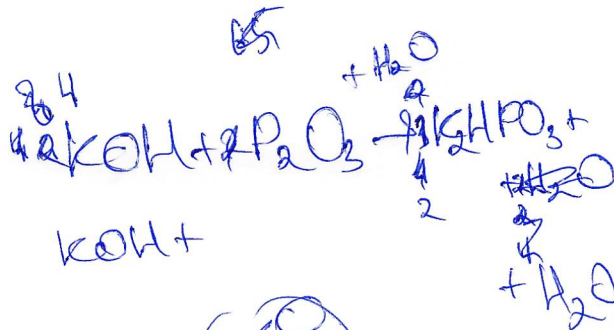
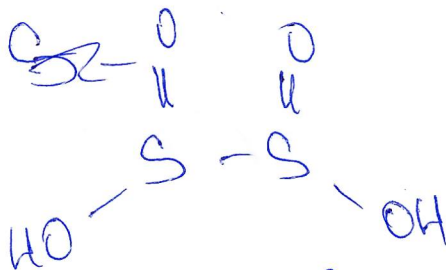
$$14x = 2$$

$$x \approx 0,34 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_4$$

$$0,68 - \text{C}_4\text{H}_6 - 19,5362$$

$$M \approx 49,5$$

$$\varphi: 10,0642$$

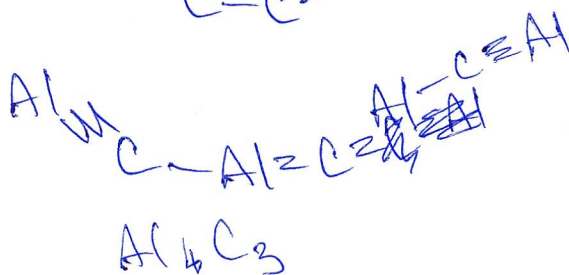
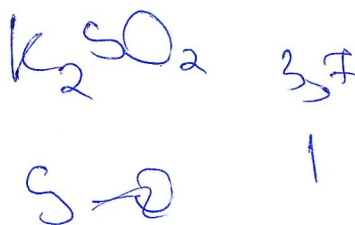


$$456,25$$

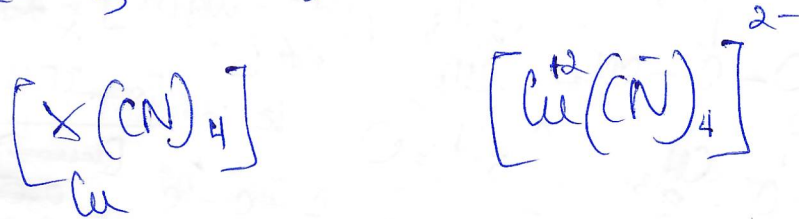
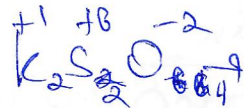
$$19,25$$

$$475$$

$$494,5$$



Черновик



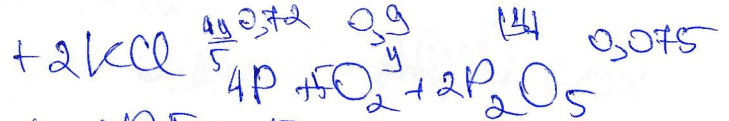
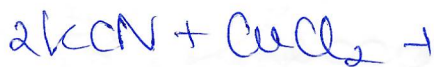
$$0,45 \quad \frac{x}{104+x} = 0,581$$

2,5

$$39,324z + 0,581x = x \quad 4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$$

$$39,324 = 0,581x \quad \begin{matrix} 10 \\ 0,175 \\ 19,252 \end{matrix}$$

$$x = 64$$

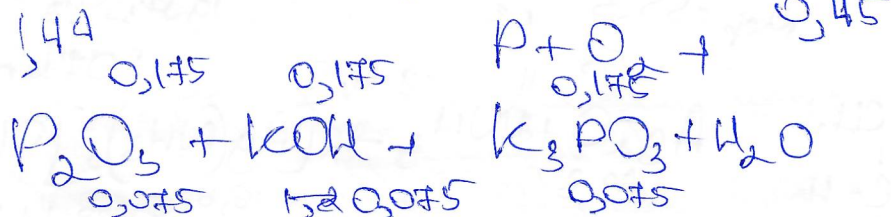


$$0,00294$$

$$pV = \nu RT \quad \begin{matrix} 0,825 \\ 0,075 \end{matrix}$$

$$\nu = \frac{pV}{RT} = 0,9 \text{ моль}$$

~~1,2~~



1,2



$$34,52 \quad 0,95 - KOH \quad 53,22$$

$$0,175 - K_3PO_3 = 0,2825 \text{ моль}$$

$$0,075 - K_3PO_4 = 0,1875 \text{ моль}$$

$$15,92$$

$$\begin{cases} x + y = 0,45 \\ \frac{4y}{5} + \frac{4x}{3} = 0,5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,45 - y \\ \frac{4y}{5} + \frac{1,8 - 4y}{3} = 0,5 \end{cases}$$

$$K_g = \frac{[окт.] [H^+]}{[ион.]}$$

$$3,47 \cdot 10^5 = \frac{0,000006625}{0,005}$$

$$0,8y + 0,8 - 2,4y + 1,8 - 4y = 1,5$$

$$1,6y = 0,3$$

$$y = 0,1875 \text{ моль}$$

