МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

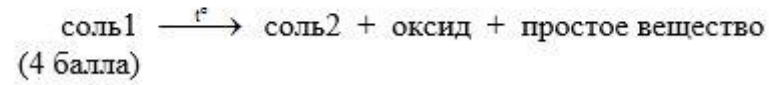
ФИО участника олимпиады: **Христофорова Анна Сергеевна**

Технический балл: **90**

Дата: **23 мая 2020 года**

Задание номер: 11

Запишите уравнение реакции, соответствующее следующей схеме:



(4 балла)

Введенный ответ:

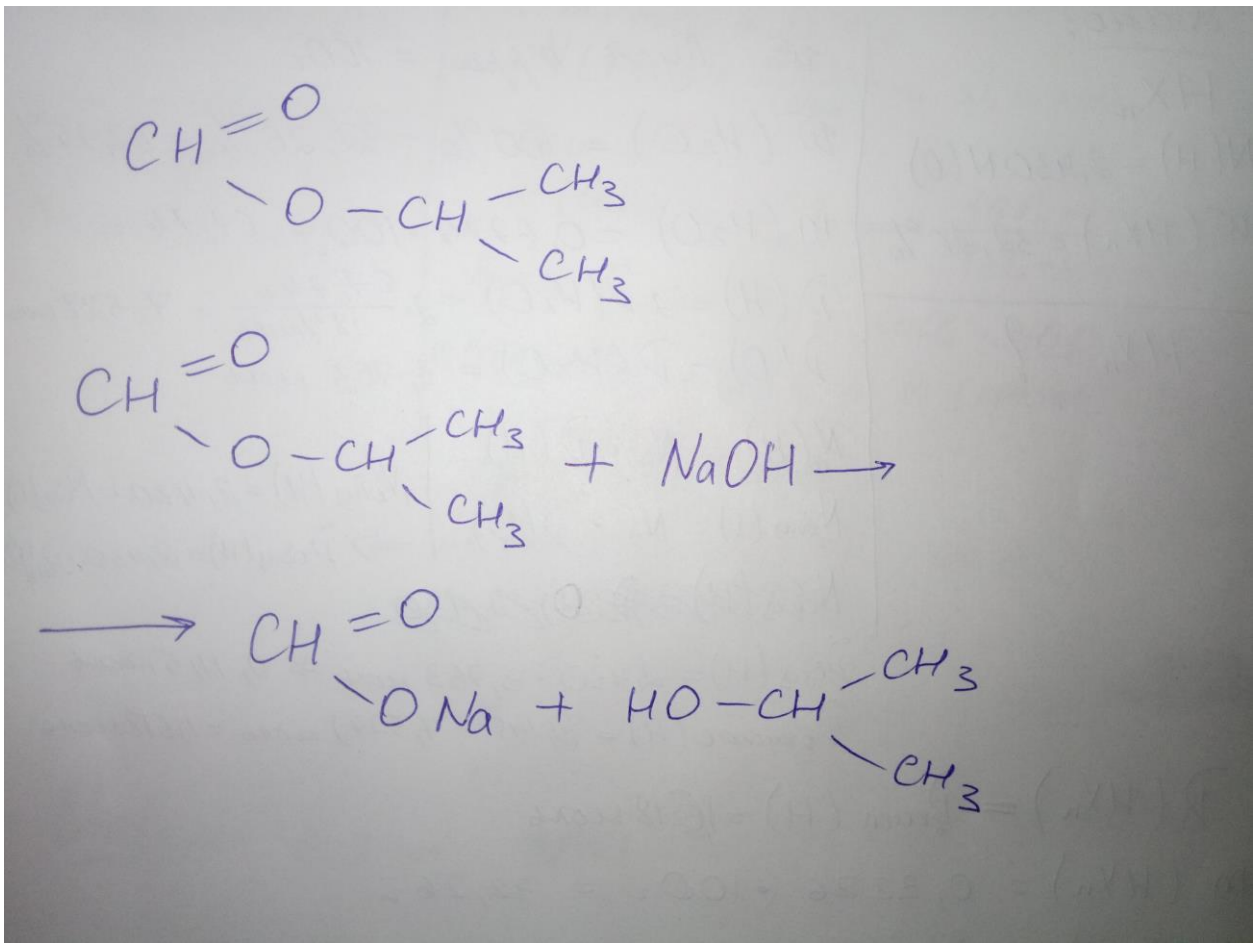
- 2KMnO4 = K2MnO4+MnO2+O2

Результат: 4

Задание номер: 24

Изобразите структурную формулу изомера бутановой кислоты, из которого в одну стадию можно получить изопропиловый спирт (пропанол-2). Напишите уравнение реакции.
(6 баллов)

Введенный ответ:



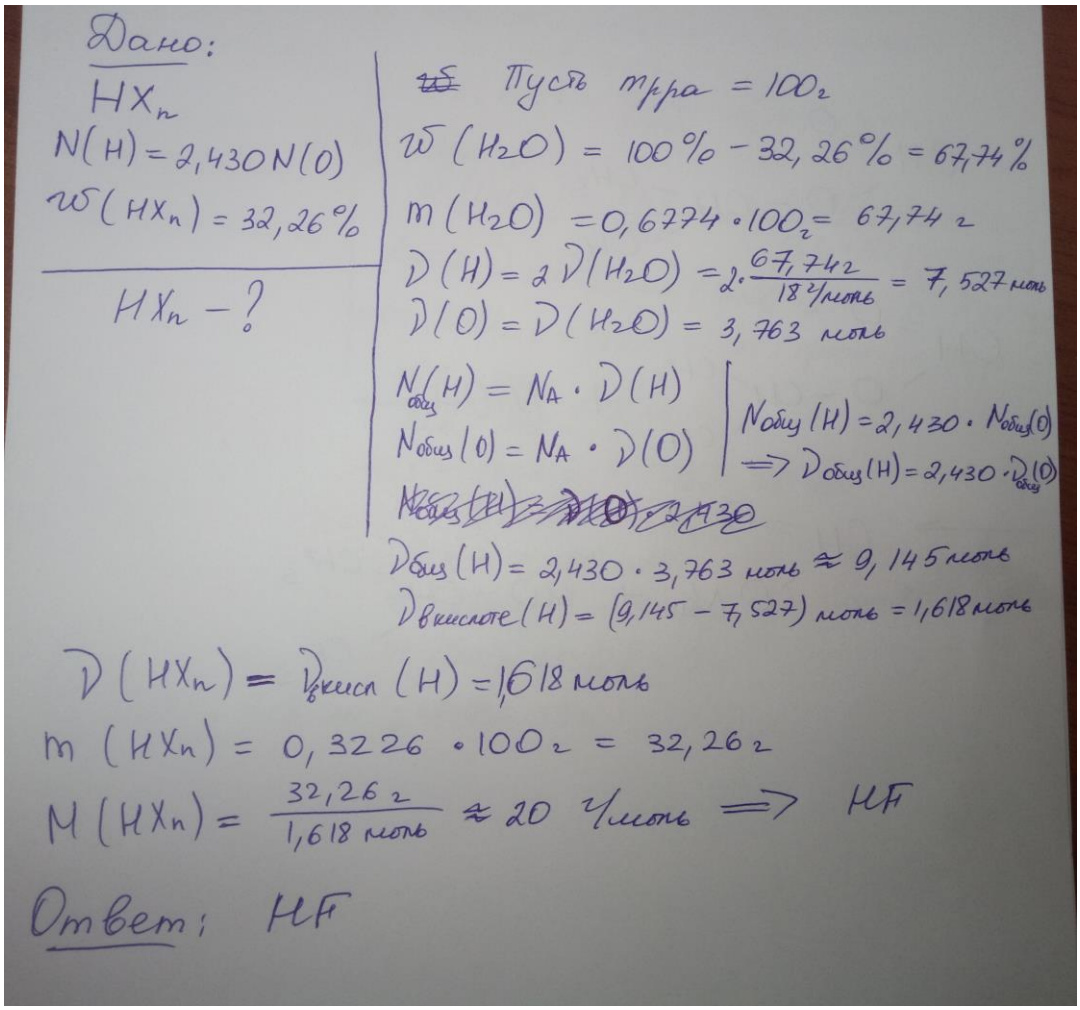
Результат: 6

Задание номер: 34

В 32.26%-ном водном растворе одноосновной неорганической кислоты число атомов водорода в 2.430 раза превышает число атомов кислорода. Определите неизвестную кислоту.

(10 баллов)

Введенный ответ:



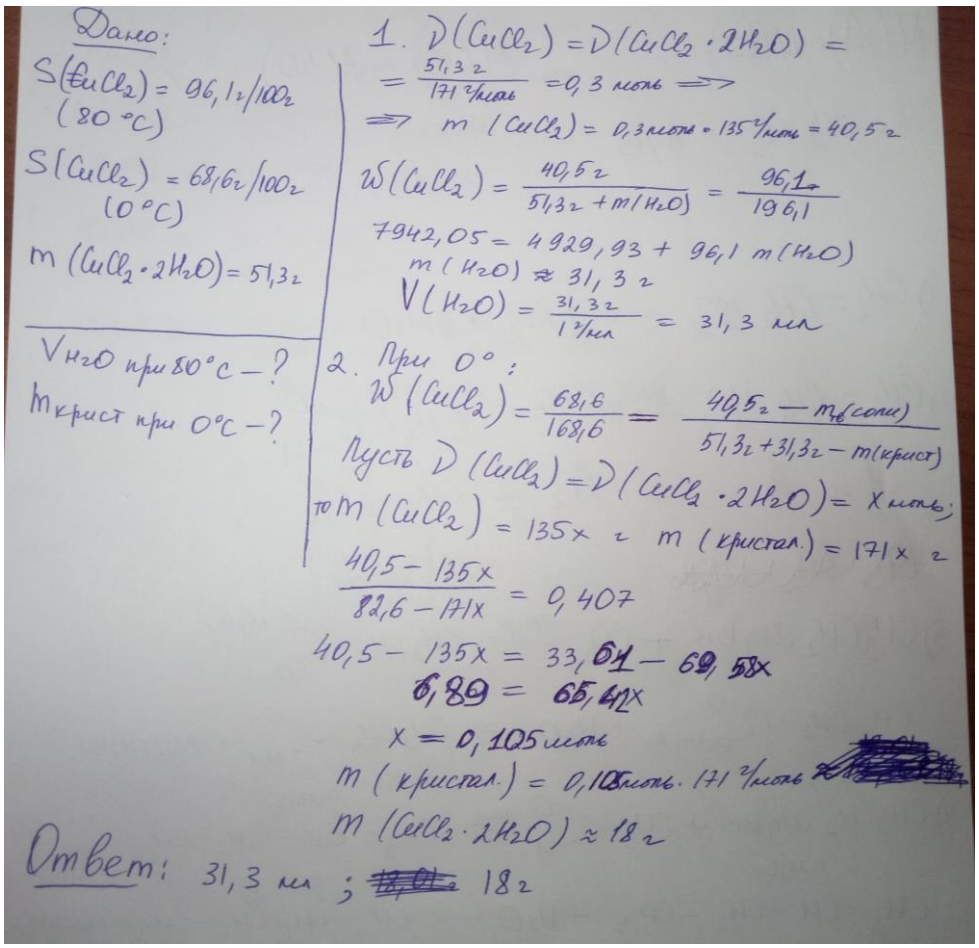
Результат: 10

Задание номер: 43

Перекристаллизация – известный метод очистки веществ от растворимых примесей. Растворимость безводного хлорида меди(II) при 80°C составляет 96.1 г, а при 0°C – 68.6 г на 100 г воды. В каком объеме воды нужно растворить 51.3 г $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ для приготовления насыщенного при 80°C раствора? Сколько граммов перекристаллизованного кристаллогидрата можно получить при охлаждении этого раствора до 0°C?

(10 баллов)

Введенный ответ:



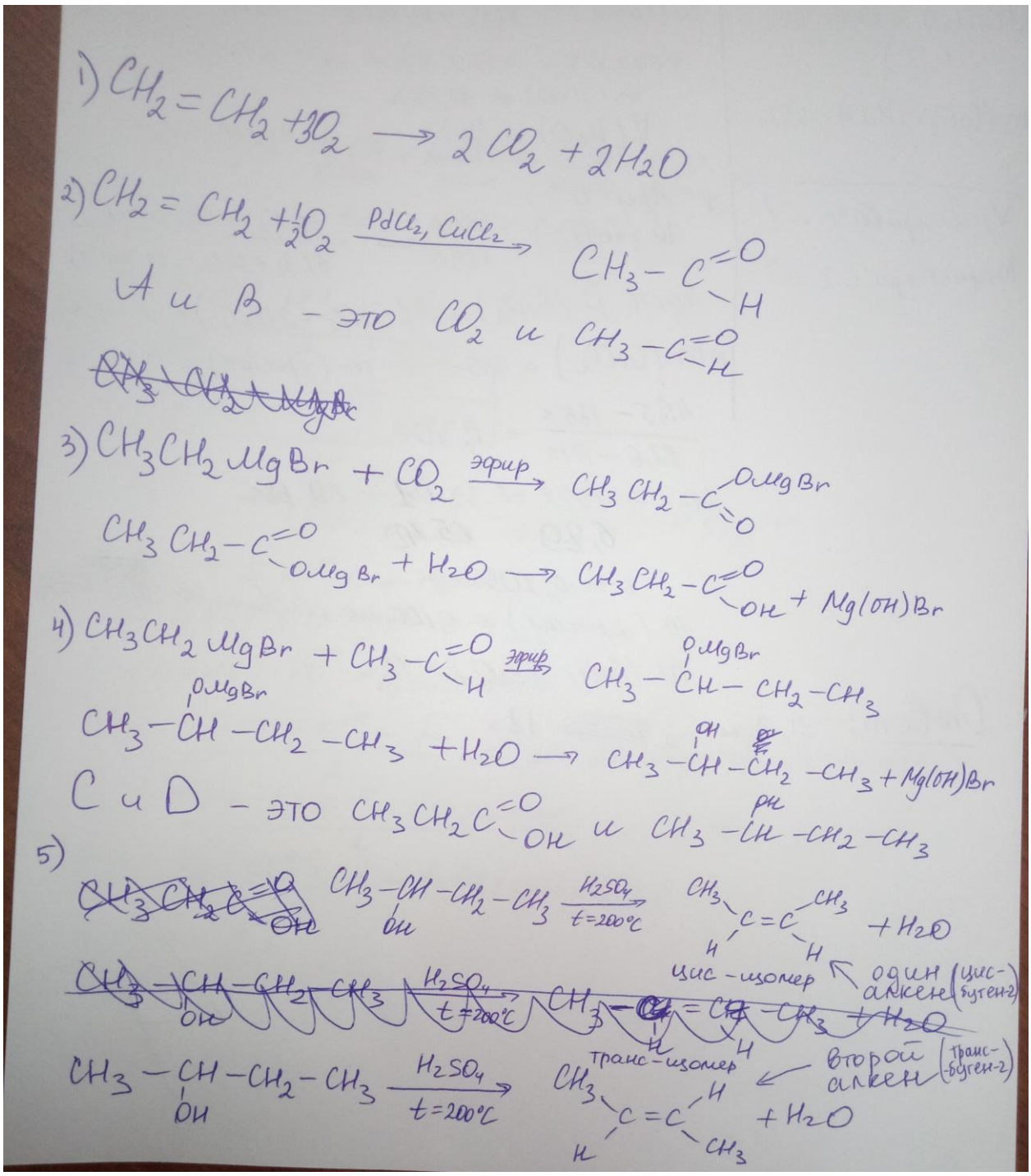
Результат: 10

Задание номер: 53

Соединения **A** и **B** одинаковой молекулярной массы могут быть получены взаимодействием этилена с кислородом. В результате реакций **A** и **B** с этилмагнийбромидом (реактивом Гриньяра) после обработки смеси водой образуются соединения **C** и **D** также одинаковой молекулярной массы. При нагревании **C** и **D** до 200°C с концентрированной серной кислотой образуются два изомерных алкена. Установите строение всех соединений, напишите уравнения протекающих реакций.

(15 баллов)

Введенный ответ:


1) $CH_2=CH_2+3O_2 \longrightarrow 2CO_2+2H_2O$
2) $CH_2=CH_2+\frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{PdCl_2, CuCl_2} CH_3-C(=O)-H$
A и B – это CO_2 и $CH_3-C(=O)-H$
3) $CH_3CH_2MgBr + CO_2 \xrightarrow{эфир} CH_3CH_2-C(=O)-OMgBr$
$CH_3CH_2-C(=O)-OMgBr + H_2O \longrightarrow CH_3CH_2-C(=O)-OH + Mg(OH)Br$
4) $CH_3CH_2MgBr + CH_3-C(=O)-H \xrightarrow{эфир} CH_3-CH(OMgBr)-CH_2-CH_3$
$CH_3-CH(OMgBr)-CH_2-CH_3 + H_2O \longrightarrow CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3 + Mg(OH)Br$
C и D – это $CH_3CH_2C(=O)-OH$ и $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$
5)
$CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3 \xrightarrow[t=200°C]{H_2SO_4} CH_3-C(CH_3)=CH-CH_3 + H_2O$
цис-изомер
один алкен (цис-бутен-2)
$CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3 \xrightarrow[t=200°C]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2O$
транс-изомер
второй алкен (транс-бутен-2)

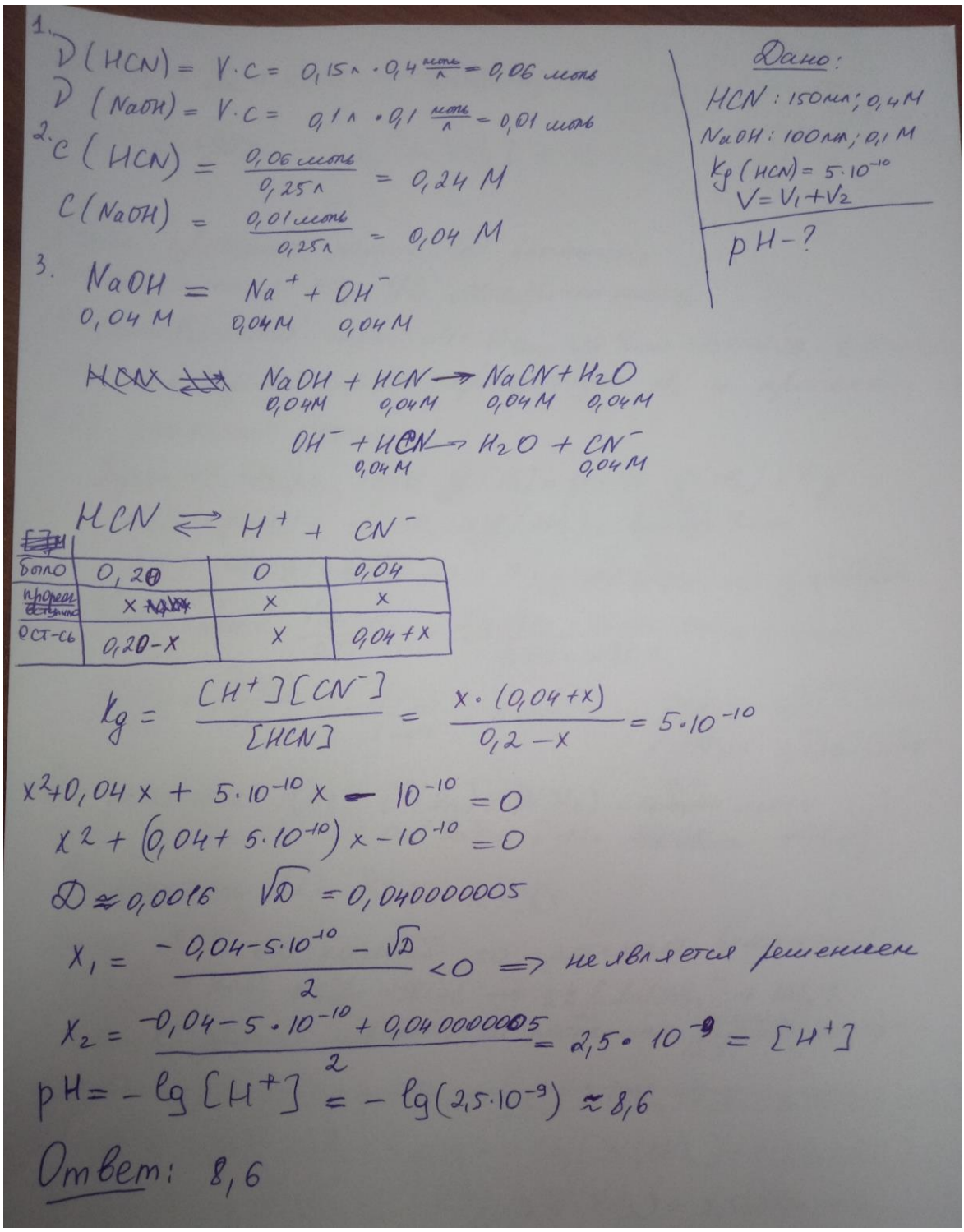
Результат: 8

Задание номер: 61

Определите pH раствора, который образуется при смешении 150 мл 0.4 М раствора синильной кислоты и 100 мл 0.1 М раствора гидроксида натрия. Константа диссоциации HCN равна $5 \cdot 10^{-10}$. Примите, что при смешении объемы растворов суммируются.

(15 баллов)

Введенный ответ:



Результат: 15

Задание номер: 74

Смесь массой 129.5 г, состоящую из нитрита щелочного металла и цинковой пыли, нагрели с избытком концентрированного раствора гидроксида калия. Выделившийся при этом газ с плотностью по воздуху 0.2241 занял объем 24.041 л (20°C, 1 атм). Определите неизвестный металл. Рассчитайте плотность по пропану и объем газа (20°C, 1 атм), который выделится при обработке такого же количества смеси избытком подкисленного серной кислотой раствора иодида калия.

(20 баллов)

Введенный ответ:

$H_2O + XNO_2 + Zn + KOH \rightarrow$ ~~$X(Zn)$~~ $NH_3\uparrow$ + комплекс. соль/соли (1)

$2H_2O + Zn + 2KOH \rightarrow K_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$ (2)

Дано:
$m_{см} = 129{,}5$ г
XNO_2 $D/возд = 0{,}2441$
$V = 24{,}041$ л (20°C, 1 атм)
~~Ma~~ X – ?
$D/пропан$ – ? $V_{газа}$ – ?

Если протекает только (1) реакция, то выделяется NH_3. Но молярная масса выделившегося газа $M = D/возд \cdot 29$ г/моль $= 0{,}2441 \cdot 29 = 7{,}0789$ г/моль
$\Rightarrow$ ~~в~~ в газовой смеси присутствует H_2 и протекает (2) реакция тоже.

~~Пусть $\varphi(H_2)$~~ Пусть $\varphi(H_2) = y$, то $\varphi(NH_3) = 1 - y$

$M(H_2) \cdot \varphi(H_2) + M(NH_3) \cdot \varphi(NH_3) = \cancel{7{,}0789}$ 6,4989 г/моль

$2y + 17(1-y) = \cancel{7{,}0789}$ 6,4989 $\Rightarrow +15y = \cancel{10{,}9{,}9211}$ 10,5011 $\Rightarrow y \approx \cancel{0{,}6614}$ 0,7

~~$V_{см}$~~ $\nu_{см} = \dfrac{V_{см} \cdot p}{RT} = \dfrac{24{,}041 л \cdot 101{,}325 кПа}{8{,}314 \cdot 293 K} \approx 1$ моль

$\chi(H_2) = \dfrac{\nu(H_2)}{\nu_{см}} = \dfrac{\nu(H_2)}{1 моль} = 0{,}6614 \Rightarrow \nu(H_2) = \cancel{0{,}6614 моль}$ 0,7 моль
$\nu(NH_3) = \cancel{0{,}3386 моль}$ 0,3 моль

По реакции (2): $\nu(Zn) = \nu(H_2) = \cancel{0{,}6614}$ 0,7 моль
$m(Zn) = \nu \cdot M = \cancel{42{,}991 г}$ 45,5 г

По реакции (1): ~~$\nu(Zn) = \nu(X)$~~

Если X – это калий, то протекает реакция:
$5H_2O + KNO_2 + 3Zn + 5KOH \rightarrow 3K_2[Zn(OH)_4] + NH_3\uparrow$

Если X – другой металл, то протекает ~~другая~~ такая реакция:

~~$7H_2O + 2XNO_2 + 3Zn + 4KOH \rightarrow 2K_2[Zn(OH)_4] + X_2[Zn(OH)_4] + 2NH_3\uparrow$~~

$10H_2O + 2XNO_2 + 6Zn + 10KOH \rightarrow 5K_2[Zn(OH)_4] + X_2[Zn(OH)_4] + 2NH_3\uparrow$

В обоих случаях $\nu(Zn) = 3\nu(NH_3) = 3 \cdot \cancel{0{,}3386}$ 0,3 моль $= \cancel{1{,}0158 моль}$ 0,9 моль

$m(Zn) = \cancel{66{,}027 г}$ 58,5 г

$m_{общ}(Zn) = \cancel{42{,}991 г + 66{,}027 г = 109{,}018 г} = 45{,}5 г + 58{,}5 г = 104 г$

$m(XNO_2) = 129{,}5 г - \cancel{109{,}018 г}$ 104 г $= \cancel{20{,}482 г}$ 25,5 г

$\nu(XNO_2) = \nu(NH_3) = 0,3$ моль

$M(XNO_2) = \frac{m}{\nu} = \frac{25,52}{0,3 \text{ моль}} = 85$ г/моль

$M(X) = 85 - 32 - 14 = 39$ г/моль $\Rightarrow$ X – это калий K

$2KNO_2 + 2KI + 2H_2SO_4 \rightarrow 2NO + I_2 + 2K_2SO_4 + 2H_2O$

$\nu(NO) = \nu(KNO_2) = 0,3$ моль

$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$

$\nu(H_2) = \nu(Zn) = 0,7 + 0,9 = 1,6$ моль

$\nu_{газ. смеси} = 1,6$ моль $+ 0,3$ моль $= 1,9$ моль

$\chi(H_2) \cdot M(H_2) + \chi(NO) \cdot M(NO) = M_{см}$

$\frac{1,6 \cdot 2}{1,9} + \frac{0,3 \cdot 30}{1,9} = \frac{12,2}{1,9} \approx 13,56$ г/моль

$D_{\text{по пропан}} = \frac{M_{см}}{M(CH_3CH_2CH_3)} \approx 0,308$

$V = \frac{\nu_{см} \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1,9 \cdot 8,314 \cdot 293}{101,325} \approx 45,68$ л

Ответ: K; $D_{\text{по пропан}} = 0,308$; 45,68 л

Результат: 19

Задание номер: 82

При нагревании смеси аминокислот формулы $C_3H_7NO_2$ ее масса уменьшилась на 5.3 г и выделился газ, который был поглощен 250 мл соляной кислоты с концентрацией 0.4 М. При действии избытка азотистой кислоты на то же количество исходной смеси был получен газ, прореагировавший с 10.5 г лития. Установите строение и массы аминокислот и всех органических продуктов их превращений. Напишите уравнения описанных реакций. Сколько различных дипептидов может быть получено из этих аминокислот? (20 баллов)

Введенный ответ:

$C_3H_7NO_2$ — это молекулярная формула аланина
При нагревании α-аминокислот образуется дикетопиперазин и ~~пар вода~~ пары воды, а при нагревании β-аминокислот образуется NH_3.
Скорее всего, именно он был поглощён соляной кислотой.

①

$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$ (1)

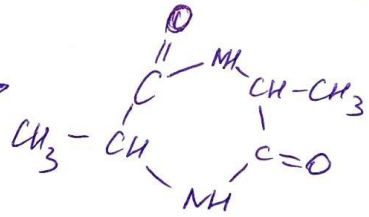
$\nu(HCl) = \nu(NH_3) = 0{,}25\,л \cdot 0{,}4\,М = 0{,}1$ моль

$CH_2(NH_2)-CH_2-C(=O)-OH \xrightarrow{t^\circ} CH_2=CH-C(=O)-OH + NH_3\uparrow$ (2)

β-аланин $m(CH_2=CH-C(=O)-OH) = 0{,}1\,моль \cdot 72\,г/моль = 7{,}2\,г$

$\nu(NH_3) = \nu(\beta\text{-аланин}) = 0{,}1$ моль

$m(\beta\text{-аланина}) = 0{,}1\,моль \cdot 89\,г/моль = 8{,}9\,г$

$2CH_3-CH(NH_2)-C(=O)-OH \xrightarrow{t^\circ}$  $+ 2H_2O\uparrow$ (3)

α-аланин

$\Delta m = 5{,}3\,г = m(NH_3) + m(H_2O) \Rightarrow m(H_2O) = 5{,}3\,г - 0{,}1 \cdot 17\,г = 3{,}6\,г$

$\nu(H_2O) = \frac{3{,}6\,г}{18\,г/моль} = 0{,}2$ моль $\Rightarrow \nu(\alpha\text{-аланина}) = 0{,}2$ моль

~~m(α-аланина) = 8,9 г~~ 17,8 г

~~m(дикетопиперазина) = 0,1 моль · 142 г/моль = 14,2 г~~

② $CH_2(NH_2)-CH_2-C(=O)-OH + HNO_2 \rightarrow CH_2(OH)-CH_2-C(=O)-OH + N_2\uparrow + H_2O$ (4)

$CH_3-CH(NH_2)-C(=O)-OH + HNO_2 \rightarrow CH_3-CH(OH)-C(=O)-OH + N_2\uparrow + H_2O$ (5)

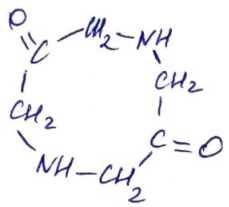
$N_2 + 6Li \rightarrow 2Li_3N$

~~m(Li) = 10~~

$\nu(Li) = \frac{10{,}5\,г}{7\,г/моль} = 1{,}5$ моль $\Rightarrow \nu(N_2) = \frac{1}{6}\nu(Li) = 0{,}25$ моль

Но ~~если~~ 0,25 моль ≠ 0,3 моль $\Rightarrow$ значит, ~~в смеси есть ещё аминокис~~
рассуждения неверны

Скорее всего, это $CH_3-NH-CH_2-C(=O)-OH$

$2\,CH_3-NH-CH_2-C(=O)-OH \xrightarrow{t^\circ}$  $+2H_2O$ (6)

Тогда $\nu(H_2O) = 0{,}2$ моль $= \nu(CH_3-NH-CH_2-C(=O)-OH) + \nu(\alpha\text{-аланин})$

$CH_3-NH-CH_2-C(=O)-OH + HNO_2 \rightarrow CH_3-N(-N=O)-CH_2-C(=O)-OH + H_2O$ (7)

$\nu(N_2) = \nu_1(N_2) + \nu_2(N_2) = \nu(\beta\text{-аланин}) + \nu(\alpha\text{-аланин}) \Rightarrow$

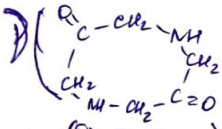
$\Rightarrow \nu(\alpha\text{-аланин}) = 0{,}25 - 0{,}10 = 0{,}15$ моль

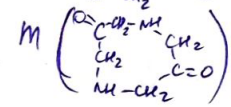
Тогда $\nu_3(H_2O) = 0{,}15$ моль (в реакции (3))

Значит, $\nu_7(H_2O) = 0{,}2$ моль $- 0{,}15$ моль $= 0{,}05$ моль (в реакции 7)

$\nu(CH_3-NH-CH_2-C(=O)-OH) = 0{,}05$ моль

$m(CH_3-NH-CH_2-C(=O)-OH) = 0{,}05$ моль $\cdot$ 89 г/моль $= 4{,}45$ г

 $= \frac{1}{2}\nu(CH_3-NH-CH_2-C(=O)-OH) = 0{,}025$ моль

 $= 0{,}025$ моль $\cdot$ 142 г/моль $= 7{,}1$ г

$m(\alpha\text{-аланин}) = 89 \cdot 0{,}15 = 13{,}35$ г $m(\beta\text{-аланин}) = 8{,}9$ г

m (дикетопиперазина) $= \frac{0{,}15}{2} \cdot 142 = 10{,}65$ г $m(CH_2=CH-C(=O)-OH) = 7{,}2$ г

$m(CH_3-N(-N=O)-CH_2-C(=O)-OH) = 0{,}05 \cdot 118 = 5{,}9$ г

$m(CH_3-CH(OH)-C(=O)-OH) = 0{,}15 \cdot 90 = 13{,}5$ г

$m(CH_2(OH)-CH_2-C(=O)-OH) = 0{,}1 \cdot 90 = 9$ г

$N_{дипептидов} = n^2 = 3^2 = 9$ дипептидов возможно

Результат: 18