0 503979 950005

50-39-79-95
(63.20)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников по химии
наменование олимпиады

по
профиль олимпиады

Дубинина Ильи Андреевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«12» марта 2023 года

Подпись участника

50-39-79-95 (63.20)

Чистовик

№ 1

X – Co число пар спаренных – 12, неспаренных – 4

+ Co: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^7$

~~Co^{2+} $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^5$~~

№2

напишем таблицу возможных реакций с этими соединениями

	AcOH	AcH	AcMe
$Cu(OH)_2$ t	$Cu(OAc)_2$ голуб р-р	Cu_2O красный	$Cu(OH)_2 \rightarrow CuO + H_2O$ черный
$NaHCO_3$	$\uparrow CO_2$	—	—

+

соотнесём эту таблицу и таблицу из условия

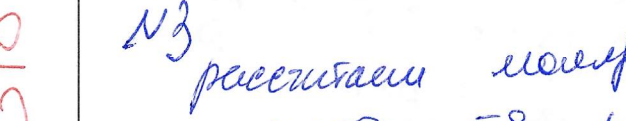
I – AcMe

II – AcOH

III – AcH

$AcOH + NaHCO_3 \rightarrow NaOAc + CO_2 + H_2O$ +

$2AcOH + Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(OAc)_2 + 2H_2O$ +



+

№3

рассчитаем молярную массу смеси

$28 \cdot 2{,}1 = 59$ г/моль +

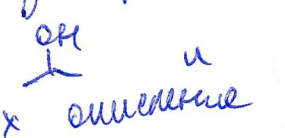
смесь пропускают в р-р нитрита в кислой среде. Скорее всего это реакция диазотирования. Она может сработать только если в исходных соединениях есть группа $-NH_2$.

Учитывая, что образуются изомерные в-ва, предположим, что в-ва A и B тоже изомеры. Тогда

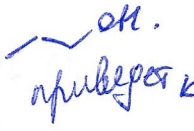
A/B : $C_3H_7NH_2$

C/D : C_3H_7OH

изомерные в-ва C и D:



их окисление приведет к



93

Девяносто три

1	2	3	4	5	6	7	8	Σ
3	8	9	12	13	12	18	18	93

N3 (продолжение) чистовик

таким образом

A – + C – + E – +

B – + D – + F – +

+ $2\,$ $+ 2KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2\,$ $+ 2N_2 + K_2SO_4 + 2H_2O$

+ $2\,$ $+ 2KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2\,$ $+ 2N_2 + K_2SO_4 + 2H_2O$

+ $3\,$ $+ K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow 3\,$ $+ K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$

+ $3\,$ $+ 2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 \rightarrow 3\,$ $+ 2K_2SO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 11H_2O$

N4

+ $C_3H_6 + \frac{9}{2}O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O + Q$

+ $Q^{\uparrow}_{C_3H_6} = 3Q_{обр}\,CO_2 + 3Q_{обр}\,H_2O - Q_{обр}\,C_3H_6 =$

+ $= 3 \cdot 393{,}5 + 3 \cdot 285{,}8 - (-20{,}4) = 2058{,}3\ \frac{кДж}{моль}$

рассчитаем кол-во теплоты для нагрева воды

+ $Q^{\downarrow}_{H_2O} = cm\Delta t = 75{,}31 \cdot \frac{327\,г}{18} \cdot (92-23) = 945{,}74$ кДж

$\nu_{C_3H_6}$ для нагрева такого кол-ва воды:

+ $\nu_{C_3H_6} = \frac{Q^{\downarrow}_{H_2O}}{Q^{\uparrow}_{C_3H_6}} = 0{,}46$ моль

по ур-нию Менделеева-Клапейрона

$pV = \nu RT$

+ $\frac{101325 \cdot 760}{760} \cdot \frac{V}{1000} = 0{,}46 \cdot 8{,}314 \cdot 303$

$\Leftrightarrow V = 12{,}24$ л.

50-39-79-95
(63.20)

Чистовик

№5

если в альдегиде одна группа -CO, то массовая доля C в нём

$\frac{12x}{12x+2x+16} = 0{,}6667$, где x - кол-во атомов C

$\Leftrightarrow$ $x=4$. +

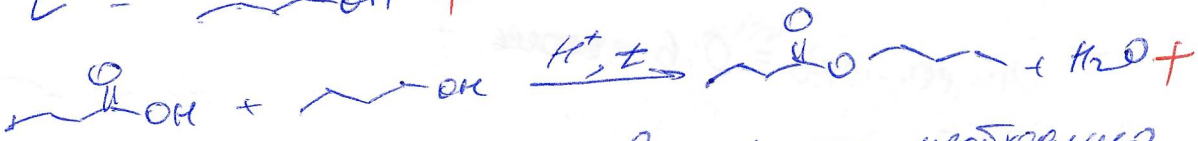
возможна A:

B:

если в D массовые доли элементов такие же, как и в A, то $\omega(C) = \frac{2}{3}$

формула D: $(C_4H_8O)_2$ или

C - +



чтобы получить пентановую к-ту необходимо удлинить цепь на 1 атом C.

чистовик

№6

рассчитаем, сколько моль Na_2CO_3 растворится в 100 г H_2O

$S = \frac{21,8}{23\cdot2+12+16\cdot3} = 0,20566$ моль/100 г H_2O

При растворении $Na_2CO_3\cdot10H_2O$ в раствор переходит 10 моль H_2O из 1 моля соли

Концентрация соли будет вычисляться так:

$$\frac{\nu_{Na_2CO_3\cdot10H_2O}}{V_{H_2O} + 10\nu_{Na_2CO_3\cdot10H_2O}\cdot18} = \frac{0,20566}{100} \text{ (насыщ. р-р)}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\nu_{Na_2CO_3\cdot10H_2O}}{183,7 + 10\cdot18\,\nu_{Na_2CO_3\cdot10H_2O}} = \frac{0,20566}{100}$$

$\Leftrightarrow \nu_{Na_2CO_3\cdot10H_2O} = 0,6$ моль. +

При добавлении HNO_3 и $Fe_2(SO_4)_3$ протекают р-ции:

$$3Na_2CO_3 + Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O \rightarrow 3Na_2SO_4 + 2Fe(OH)_3 + 3CO_2\uparrow \quad +$$

$$Na_2CO_3 + 2HNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + CO_2\uparrow + H_2O \quad +$$

Видно, что в нашем случае на 1 моль Na_2CO_3 выделяется 1 моль CO_2, значит, что в ① колбе было 0,2 моль Na_2CO_3 +

во ② колбе 0,4 моль Na_2CO_3 +

Во ② колбе изначально было

$(183,7+10\cdot18\cdot0,6)\cdot\frac{94}{96} = 194,47$ г р-ра Na_2CO_3 — масса воды

добавили 200 г HNO_3, и выделился CO_2 массой $0,4\cdot44 = 17,6$ г

конечная масса р-ра: $194,47+200-17,6 = 376,87$ г —

50-39-79-95
(63.20)

чистовик

масса $NaNO_3$ в р-ре $0{,}4 \cdot 2 \cdot (23+16\cdot 3+14) = 68$ г.

$\omega(NaNO_3) = \frac{68}{\cancel{376{,}87}} = 18\%$ −

№7.

$H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2 + 2KOH \xrightarrow{t} K_2CO_3 + 2NH_3\uparrow$ +

$NH_3 + HBr \rightarrow NH_4Br$ +

$H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2 + 2HNO_2 \rightarrow CO_2 + 2N_2 + 3H_2O$ +

$2BaO_2 + 2CO_2 \rightarrow 2BaCO_3 + O_2$ +

А − NH_3

рассчитаем кол-во А.

pH = 1,52 ⇒ C_{HBr} = 0,03 М (гидролизом NH_4Br можно пренебречь)

в 300 мл содержится

0,03 · 0,3 = 0,01 моль HBr, а изначально содержалось 0,03 · 0,3 = 0,31 моль.

На реакцию с NH_3 ушло 0,3 моль HBr ⇒

$\nu(NH_3)$ = 0,3 моль ⇒ $\nu_1(H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2)$ = 0,15 моль +

В втором эксперименте суммарное кол-во O_2 и N_2 0,15 моль

O_2 выделяется в 2 раза меньше, чем выделяется CO_2 (р-ция $H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2$ с HNO_2)

N_2 в этой реакции выделяется в 2 раза больше, чем CO_2.

итого $\frac{\nu(O_2)}{\nu(N_2)} = \frac{1}{4}$ $\nu(O_2)$ = 0,03 моль

$\nu(N_2)$ = 0,12 моль

$\nu(N_2) = 2\nu_2(H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2) \Rightarrow \nu_2(H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2) = 0{,}12 : 2 = 0{,}06$ моль +

$\nu_1 + \nu_2 = 0{,}15 + 0{,}06 = 0{,}21$ моль +

$C(H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2) = \frac{0{,}21}{0{,}2} = 1{,}05$ М. +

чистовик

№ 8

+ $FeCO_3 + 4HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + CO_2\uparrow + 2H_2O + NO_2\uparrow$

+ $Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3 + 4HNO_3 \rightarrow 2Cu(NO_3)_2 + CO_2\uparrow + 3H_2O$

+ $MeCO_3 + 2HNO_3 \rightarrow Me(NO_3)_2 + CO_2\uparrow + H_2O$

V_m при данных условиях:

$101325 \cdot V_m = 8{,}314 \cdot 298 \Leftrightarrow V_m = 24{,}45$ л/моль

$M_{смеси} = \rho V_m = 1{,}816 \cdot 24{,}45 = 44{,}4$ г/моль +

это так же подтверждает образование NO_2 в первой реакции, потому что смесь тяжелее, чем чистый CO_2.

~~При добавлении~~ рассчитаем состав смеси газов

$44x + 46(1-x) = 44{,}4$

$\Leftrightarrow x = 0{,}8$

$\frac{\nu(CO_2)}{\nu(NO_2)} = \frac{4}{1}$ | $\nu_{газ} = \frac{pV}{RT} = 1{,}25$ моль +

$\nu(CO_2) = 1$ моль

$\nu(NO_2) = 0{,}25$ моль => в смеси было 0,25 моль

$FeCO_3$ $m(FeCO_3) = 0{,}25 \cdot (56 + (16+3+12)) = 29$ г.

при добавлении Na_2SO_4 выпадает в осадок $MeSO_4 \cdot 2H_2O$. Me я определю позже.

в р-ре аммиака будет растворяться малахит с образованием $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$

$Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3 + 10NH_3 \cdot H_2O \rightarrow 2[Cu(NH_3)_4](OH)_2 + (NH_4)_2CO_3 + 8H_2O$ +

остаются $FeCO_3$ и $MeCO_3$

$m(FeCO_3) = 29$ г => $m(MeCO_3) = 69 - 29 = 40$ г.

рассчитаем кол-во осадка $MeSO_4 \cdot 2H_2O$, пусть Me - Ca

$\nu = \frac{68{,}8}{40 + 96 + 18 \cdot 2} = 0{,}4$ моль.

чистовик

проверить предположение о том, что Me - Cu.
можно по кол-ву выделившегося CO_2.

$\nu(CO_2)_{общ} = 1$ моль.

$\nu(CO_2)^{FeCO_3} = 0{,}25$ моль

$m_{малахита} = m_0 - m_{FeCO_3} - m_{CaCO_3} = 146{,}7 - 29 - 40 = 77{,}7$ г. +

$\nu_{малахита} = \frac{77{,}7}{64 \cdot 2 + 17 \cdot 2 + 16 \cdot 3 + 12} = 0{,}35$ моль => +

=> $\nu(CO_2)^{мал.} = 0{,}35$ моль. +

$\nu(CO_2)^{CaCO_3} = 1 - 0{,}25 - 0{,}35 = 0{,}4$ моль, что сходится с рассчитанным ранее кол-вом

$CaSO_4 \cdot 2H_2O$

$Ca(NO_3)_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O\downarrow + 2NaNO_3$ +

состав неизвестного минерала - $CaCO_3$. +

масса меди в малахите:

$m_{Cu} = \cancel{2\nu_{малахита}} \cdot M_{Cu} = 2 \cdot 0{,}35 \cdot 64 = 44{,}8$ г. +

$Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3 + 2CO \xrightarrow{t} 2Cu + 3CO_2 + H_2O$ +

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

эрлювин

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

Na_2CO_3 21,8 г / 100 г H_2O

$\nu = 0{,}20566$ моль / 100 г H_2O

$$\frac{\nu}{V + 180\nu} = \frac{0{,}20566}{100}$$

0,6 моль

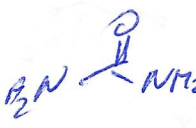
291,7 г р-ра 0,6 моль Na_2CO_3

(2) $Na_2CO_3 + 2HNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + H_2O + CO_2$

(1) $3Na_2CO_3 + Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 3CO_2 + 3Na_2SO_4$

0,4 - (2)

0,2 - (1)



$+ 2KOH \rightarrow K_2CO_3 + 2NH_3\uparrow$

$NH_3 + HBr \rightarrow NH_4Br$ pH = 1,52

$+ 2HNO_2 \rightarrow CO_2 + 2N_2 + 3H_2O$

$2BaO_2 + 2CO_2 \rightarrow 2BaCO_3 + O_2$

$(CuOH)_2CO_3 + 4HNO_3 \rightarrow 2Cu(NO_3)_2 + CO_2 + 3H_2O$

$FeCO_3 + 4HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + CO_2 + 2H_2O + NO_2$

черновик

~~$1s^2 2s^2$~~ Co

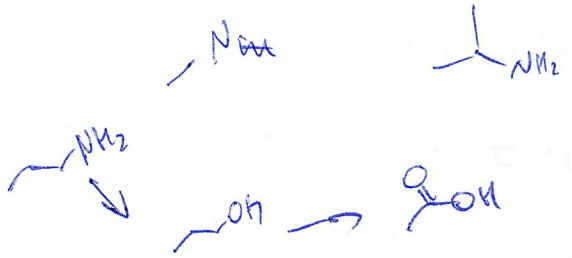
$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^7$

AcOK -II

AcH -III

AcMe -I

$C_3H_7NH_2$



182 моль H_2O

$C_3H_6 + \frac{9}{2}O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O$

$\Delta H^0_{(C_3H_6)} = -20{,}4$

$Q_f\ C_3H_6 = -20{,}4$

$Q_f\ CO_2 = 393{,}5$

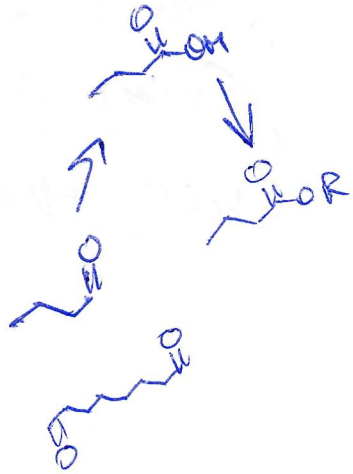
$Q_f\ H_2O = 285{,}8$

945743 Дж

$(3 \cdot 393{,}5 + 3 \cdot 285{,}8 + 20{,}4) \cdot 10^3$

2058300 Дж

0,46 моль

C_4H_8O

$C_8H_6O_2$