МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Ларина Марианна Владимировна**

Класс: **11**

Технический балл: **98**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

Шифр работы:	**9829944**
Оценка:	**98**
Экзаменатор:	Пичугина
Описание работы:	
№ 1	8 баллов
№ 2	16 баллов
№ 3	16 баллов
№ 4	19 баллов (нет условий в реакции дегидрирования)
№ 5	20 баллов
№ 6	19 баллов (нет условий в реакциях с Cu(OH)2 и в реакции получения E)

№2

$C_6H_5O^- + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + OH^-$

$H^+ + OH^-$

$$K = \frac{[C_6H_5OH][OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = \frac{K_w}{K_a} = \frac{x^2}{c \cdot x}$$

pH = 11

pOH = 3

$[OH] = x = 10^{-3}$

$$\frac{10^{-6}}{c - 10^{-3}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$c - 10^{-3} = \frac{10^{-6}}{10^{-10}} = 10^{-2}$$

$c = 0,011$ M

Ответ: 0,011 M

№1

$C_xH_yO_z$ x, y, z – целые числа

C 6p 6n 6e⁻

H 1p 0n 1e⁻

O 8p 8n 8e⁻

$$\begin{cases} 42 = 6x + y + 8z \\ 32 = 6x + 8y \end{cases}$$

$x = 4$, $y = 10$, $z = 1$

$C_4H_{10}O$

Спирт

Прост. эфир

№1 (продолжение)

Ответ:

Спирт

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

$CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$

$CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-CH_3$

Прост. эфир

$CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

$CH_3-O-CH(CH_3)-CH_3$

Различить можно, добавив натрий.

$2\,CuH_3OH + 2\,Na \rightarrow 2\,CuH_3ONa + H_2\uparrow$ Выделение газа

Простые эфиры с Na не реагируют.

№6

$M_{ср} = 0,875 \cdot 32 = 28 \frac{г}{моль}$

$A \xrightarrow{H_2SO_4(к)} B\uparrow$

$Б \xrightarrow{H_2SO_4(к.)} Г\uparrow$

Допустим, что $M(B) = M(Г) = 28$

CO и C_2H_4

$C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_4\uparrow + H_2O$
(A) (B)

$HCOOH \xrightarrow{H_2SO_4} CO\uparrow + 2H_2O$
(Б) (Г)

$C_2H_4 + CO + H_2 \xrightarrow{t^\circ} CH_3CH_2C(=O)H$
(D)

$CH_3-CH_2-COH + 2C_2H_5OH \rightarrow CH_3-CH_2-CH(O-C_2H_5)_2$
(E)

0,15 моль

$CH_3-CH_2COH + 2Cu(OH)_2 \rightarrow CH_3-CH_2-C(=O)OH + Cu_2O\downarrow$

0,15 моль
m = 21,6 г

$n(Cu_2O) = \frac{m}{M} = \frac{21,6}{144} = 0,15$ моль $= n(CH_3CH_2COH)$

$m(CH_3CH_2COH) = n \cdot M = 0,15 \cdot 58 = 8,7$ г

Ответ:

(A) - C_2H_5OH - этанол

(Б) - HCOOH - муравьиная к-та

(B) - C_2H_4 - этилен

(Г) - CO - угарный газ

(D) - CH_3CH_2COH - пропаналь

(E) $CH_3-CH_2-CH(O-C_2H_5)_2$

ацеталь пропаналя

$m(CH_3CH_2COH) = 8,7$ г

5) $n(H_2SO_4) = \frac{m}{M} = \frac{139,846}{98} = 1,427$ моль

6) m р-ра ① = m(CuS) + m р-ра (HNO_3) − m(H_2S) = 9,6 + 120 − 6,

7) m(H_2S) в ① р-ре = 0,2 · 34 = 6,8 г

8) n(HNO_3)ост. = 1,2 − 0,2 = 1 моль

9) m р-ра ② = m(CuS) + m р-ра (H_2SO_4) − m(H_2S) = 9,6 + 142,7

10) m (H_2S) в р-ре ② = 0,1 · 34 = 3,4 г

11) n(H_2SO_4)ост = 1,427 − 0,1 = 1,327

Чистовик

№5

mр = 120 г
ω = 63%

① $CuS + 10HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 8NO_2\uparrow + 4H_2O + H_2SO_4$

mр = 142,7 г
ω = 98%

② $CuS + 4H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 4SO_2\uparrow + 4H_2O$

1) $n(CuS) = \frac{9,6}{96} = 0,1$ моль

2) m в-ва (HNO_3) = 120 · 0,63 = 75,6 г

3) n(HNO_3)всего = $\frac{75,6}{63} = 1,2$ моль

4) m в-ва (H_2SO_4) = 142,7 · 0,98 = 139,8 г

5) n(H_2SO_4)всего = $\frac{139,8}{98} = 1,4$ моль

в 1 стакане

По усл. расход 1 м
образ 0,1 мол

⇒ в газ

n(H^+) в конце =

m 1 стакана = 9,6 + 120 − 0,8 · 46 = 129,6 − 36,8 = 92,8

Ответ!

m 2 стакана = 9,6 + 142,7 − 0,4 · 64 = 126,7 − 25,6 = 101

Δm = 126,7 − 92,8 = 33,9 г

Δm = 33,9 г

Δm = 33,9 г

2) m($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) =

3) Нужно добавить в

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O \rightarrow CO_2$

(n) x — x

(m) 286x — 44x

286x − 44x = 242x

242x = 33,9

x = 0,14 ⇒ m($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) = 40,04 г

Орг. соед. ⟹ Изомеры

ЧЕРНОВ

^{12}C 42 $\bar{e}$ C O H

^{16}O 32 n^0 $\bar{e}$ 6 8 1 = 15

^{1}H n^0 12 16 1 = 29

O - 8$\bar{e}$

C - 6$\bar{e}$

H - 1$\bar{e}$

~~HCOOH~~ 1 12 16 16 1

ph = 11

$K_{дис} = 10^{-10}$

$pV = nRT$

2 ..

0,1 1,2 0,6

$CuS + 8HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 6NO_2\uparrow + SO_2\uparrow + 4H$

32 n => Mr = 32

$C_xH_yO_z = 32$ (улетуч.) = $0,6 \cdot 46 = 27,6 + 6,4 = 34$

$12x\ 1y\ 16z = 32$

$24 + 16 + 1 = 12 + 16 = 28 + 4$

CH_4O

$CuS + 8HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 6NO_2\uparrow + SO_2\uparrow$

№4

$N^{+5} \xrightarrow{1} N^{+4}$ | 1 | 2

$S^{-2} \xrightarrow{2} S^{0}$ | 2 | 1

2 Первичн, насыщ, одноатомные спирты

m (Спиртов) = 15,9 г Выт.

V($KMnO_4$) -?

$N^{+5} \xrightarrow{1} N^{+4}$ | 6

$S^{-2} \xrightarrow{6} S^{+4}$ | 1

$CH_3-OH + CH_3-CH_2-OH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-O-CH_2-CH_3 + H_2O$

$CH_3-CH_2-CH_2-OH + OH-H_2C-H_3C \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-CH_2-CH_2-O-CH$ + H_2O

$V_{смеси} = 11,15$ л

$CH_3-OH + OH-CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-O-CH_3 + H_2O$

$KMnO_4 + H_2O + CH_3-O-CH_3 \xrightarrow{хол.} CO_2\uparrow + KOH + MnO$

или $HC(=O)OH$

1) $n(смеси) = \frac{V}{Vm} = \frac{11,15 л}{22,4 л/моль} = 0,4978$ моль ≈ 0,5 моль

№5

① ②

CuS CuS

+ HNO_3 + H_2SO_4

$m_р = 120$ г $m_р = 142,7$ г

$\omega = 63\%$ $\omega = 98\%$

t^0 t^0

Сульфид меди - CuS ↓ (осадок)

m($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) - ?

m(CuS) = 9,6 г

0,1 0,2 0,1

① ~~$CuS + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2S\uparrow$~~ + NO_2

0,1 0,1 0,1 0,1

② $CuS + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2S\uparrow$ + SO_2

1) $n(CuS) = \frac{9,6}{96} = 0,1$ моль => в недостатке

2) m в-ва (HNO_3) = 120 · 0,63 = 75,6 г

№4

$$\overset{x}{C_nH_{2n+2}O} \longrightarrow \overset{x}{C_nH_{2n}} + H_2O$$

$$\underset{y}{C_mH_{2m+2}O} \longrightarrow \underset{y}{C_mH_{2m}} + H_2O$$

$$pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 11,15}{8,314 \cdot 453} = 0,3$$

$M(1) = 14n + 16 + 2$

$M(2) = 14m + 18$

$$\begin{cases} (14n+18)x + (14m+18)y = 15,9 \\ x + y = 0,3 \end{cases}$$

C_3H_7OH 0,15 моль | $m = 9$

C_2H_5OH 0,15 моль | $m = 6,9$

$$\begin{cases} n > 1, \text{ целое} \\ m > 1, \text{ целое} \\ x < 0,3 \\ y < 0,3 \end{cases}$$

$$w(C_3H_7OH) = \frac{9}{15,9} = 56,6\ \%$$

$$w(C_2H_5OH) = \frac{6,9}{15,9} = 43,4\ \%$$

$$\overset{0,1\text{ моль}}{C_3H_7OH} \longrightarrow \overset{0,15\text{ моль}}{C_3H_6} + H_2O$$

$$\overset{0,15\text{ моль}}{C_2H_5OH} \longrightarrow \overset{0,15\text{ моль}}{C_2H_4} + H_2O$$

Пусть $m = 2$, $n = 3$

$14nx + 18x + 14my + 18y = 15,9$

$14x(n-m) + 4,2m = 10,5$

$3,33x(n-m) + m = 2,5$

Если $m = 2$, $n = 3$, $X = 0,15$

$$3\overset{0,15}{C_2H_4} + 2\overset{0,1}{KMnO_4} + 4H_2O \rightarrow 3H_2C(OH) - CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2K$$

$$3\overset{0,15}{C_3H_6} + 2\overset{0,1}{KMnO_4} + 4H_2O \rightarrow 3H_2C(OH) - CH(OH) - CH_3 + 2MnO_2 + 2$$

$n(KMnO_4) = 0,2$ $\quad C =$

$V(р\text{-}ра) = 0,5$ л

Ответ: $w(C_3H_7OH) = 56,6\%$

$w(C_2H_5OH) = 43,4\%$

$V_{раствора} = 0,5$ л.

№ 3

$2A \rightleftarrows B$

$pV = \nu RT \Rightarrow \frac{pV}{RT} = \nu = \frac{101,325 \cdot 1}{8,314 \cdot 303\,K} = 0,04$ моль

$$\begin{cases} \frac{\nu_B}{\nu_A} = 1,86 \\ \nu_A + \nu_B = 0,04 \end{cases}$$

$\nu_A = 0,014$ моль

$\nu_B = 0,026$ моль

$M(A) = z \frac{г}{моль}$, тогда $M(B) = 2 \cdot z \frac{г}{моль}$

$$\frac{z \cdot 0,014 + 2 \cdot z \cdot 0,026}{0,014 + 0,026} = 75,9 \frac{г}{моль}$$

$z = 46$

A - это NO_2

B - это N_2O_4

$[A] = \frac{0,014}{1\ л} = 0,014 \frac{моль}{л}$

$[B] = \frac{0,026}{1} = 0,026 \frac{моль}{л}$

$\nu_{пр} = k_{пр}[A]^2$

$\nu_{обр} = k_{обр}[B]$

$\nu_{пр} = \nu_{обр}$

$k_{пр}[A]^2 = k_{обр}[B]$

$$k_{обр} = \frac{k_{пр}[A]^2}{B} = \frac{5,00 \cdot 10^{-3} \frac{л}{моль \cdot мин}}{0,026 \frac{моль}{л}} = 3,77 \cdot 10^{-5} \frac{1}{мин}$$

Ответ: A - это NO_2

B - это N_2O_4

$k_{обр} = 3,77 \cdot 10^{-5} \frac{1}{мин}$ ($мин^{-1}$)

№1 (продолжение)

Ответ:

Спирт

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$

$CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_3$

Прост. эфир

$CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

$CH_3-O-CH(CH_3)(CH_3)$

Различить можно, добавив натрий.

$2\,C_4H_9OH + 2\,Na \rightarrow 2\,C_4H_9ONa + H_2\uparrow$ Выделение газа

Простые эфиры с Na не реагируют.

Чистовик.

$$\frac{10^{-6}}{c-10^{-3}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

$$c - 10^{-3} = \frac{10^{-6}}{10^{-10}} = 10^{-2}$$

$$c = 0{,}011 \text{ M}$$

№1

$C_xH_yO_z$ x, y, z – целые числа

C 6p 6n 6e^-

H 1p 0n 1$\bar{e}$

O 8p 8n 8$\bar{e}$

$$\begin{cases} 42 = 6x + y + 8z \\ 32 = 6x + 8y \end{cases}$$

$x = 4$, $y = 10$, $z = 1$

$C_4H_{10}O$

Спирт

Прост. эфир

Заметим, что $M(В) = M(Г) = 28$

CO и C_2H_4

$$\underset{(А)}{C_2H_5OH} \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{(В)}{C_2H_4}\uparrow + H_2O$$

$$\underset{(Б)}{HCOOH} \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{(Г)}{CO}\uparrow + 2H_2O$$

$$C_2H_4 + CO + H_2 \xrightarrow{t^\circ} \underset{(D)}{CH_3CH_2C(=O)H}$$

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}COH + 2C_2H_5OH \rightarrow \underset{(E)}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH(O\text{-}C_2H_5)_2}$$

0,15 моль

$$CH_3\text{-}CH_2COH + 2Cu(OH)_2 \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}C(=O)OH + \underset{m = 21,6\,г}{\overset{0,15\ моль}{Cu_2O}}\downarrow + 2H_2O$$

$$n(Cu_2O) = \frac{m}{M} = \frac{21,6}{144} = 0,15\ моль = n(CH_3CH_2COH)$$

$$m(CH_3CH_2COH) = n \cdot M = 0,15 \cdot 58 = \underline{8,7\,г}$$

<u>Ответ:</u>

(А) - C_2H_5OH - этанол

(Б) - $HCOOH$ - муравьиная к-та

(В) - C_2H_4 - этилен

(Г) - CO - угарный газ

(D) - CH_3CH_2COH - пропаналь

(E) $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH(O\text{-}C_2H_5)_2$

ацеталь пропаналя и этанола

$m(CH_3CH_2COH) = 8,7\,г$

Чистовик

№5

$m_р = 120$ г, $\omega = 63\%$

① $CuS + 10HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 8NO_2\uparrow + 4H_2O + H_2SO_4$

$m_р = 142{,}7$ г, $\omega = 98\%$

② $CuS + 4H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 4SO_2\uparrow + 4H_2O$

1) $n(CuS) = \frac{9{,}6}{96} = 0{,}1$ моль

2) m в-ва $(HNO_3) = 120 \cdot 0{,}63 = 75{,}6$ г

3) $n(HNO_3)$ всего $= \frac{75{,}6}{63} = 1{,}2$ моль

4) m в-ва $(H_2SO_4) = 142{,}7 \cdot 0{,}98 = 139{,}8$ г

5) $n(H_2SO_4)$ всего $= \frac{139{,}8}{98} = 1{,}4$ моль

в 1 стакане (HNO_3) По усл. расход 1 моль, но образ 0,1 моль H_2SO_4 $\Rightarrow$ изб

$n(H^+)$ в конце $= 0{,}4$ моль

m 1 стакана $= 9{,}6 + 120 - 0{,}8 \cdot 46 = 129{,}6 - 36{,}8 = 92{,}8$ **Ответ!**

m 2 стакана $= 9{,}6 + 142{,}7 - 0{,}4 \cdot 64 = 126{,}7$ $\Delta m = 33{,}9$ г

$\Delta m = 126{,}7 - 92{,}8 = 33{,}9$ г

$\Delta m = 33{,}9$ г

2) $m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 40{,}04$ г

3) Нужно добавить в 1 стакан

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O \rightarrow CO_2$

(n) x x

(m) $286x$ $44x$

$286x - 44x = 242x$

$242x = 33{,}9$

$x = 0{,}14 \Rightarrow m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 40{,}04$ г

$\cancel{24+16}+1 =$ $12+16 = 28+4$

CH_4O

№4

$$CuS + 8HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 6NO_2\uparrow + \cancel{H_2S}\ S + 4H_2O$$

$N^{+5} \xrightarrow{1} N^{+4}$ | 1 | 2

$S^{-2} \xrightarrow{2} S^{0}$ | 2 | 1

$SO_2\uparrow$

$N^{+5} \xrightarrow{1} N^{+4}$ | 6

$S^{-2} \xrightarrow{6} S^{+4}$ | 1

2 Первичн, насыщ, одноатомные спирты

m (Спиртов) = 15,9 г Выт.

V(KMnO4) -?

$$CH_3-OH + CH_3-CH_2-OH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-O-CH_2-CH_3 + H_2O$$

$$CH_3-CH_2-CH_2-OH + OH-H_2C-H_3C \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_3 + H_2O$$

$V_{смеси} = 11,15$ л

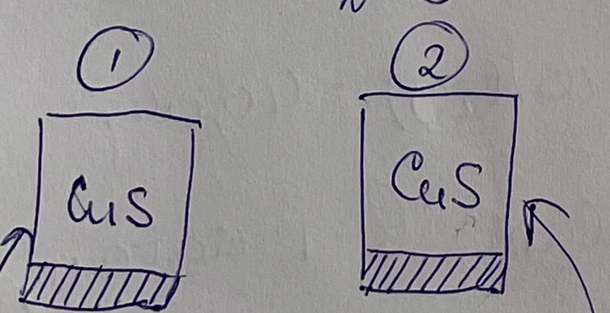
$$CH_3-OH + OH-CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-O-CH_3 + H_2O$$

$$KMnO_4 + H_2O + CH_3-O-CH_3 \xrightarrow{хол.} CO_2\uparrow + KOH + MnO_2$$

или $HC(=O)OH$

1) $n(смеси) = \frac{V}{Vm} = \frac{11,15 л}{22,4 \frac{л}{моль}} = 0,4978$ моль $\approx 0,5$ моль

№5



+ HNO_3
mр = 120 г
ω = 63%
t°

+ H_2SO_4
mр = 142,7 г
ω = 98%
t°

Сульфид меди – CuS ↓ (осадок)

m(CuS) = 9,6 г m($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) - ?

① ~~$CuS + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2S\uparrow + NO_2 + H_2O$~~ (0,1; 0,2; 0,1; 0,1)

② $CuS + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2S\uparrow + SO_2 + H_2O$ (0,1; 0,1; 0,1; 0,1; 0,1)

1) $n(CuS) = \frac{9,6}{96} = 0,1$ моль => в недостатке.

2) m в-ва (HNO_3) = 120 · 0,63 = 75,6 г

$$\begin{cases} (14n+18)x + (14m+18)y = 15{,}9 \\ x + y = 0{,}3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} n > 1, \text{ целое} \\ m > 1, \text{ целое} \\ x < 0{,}3 \\ y < 0{,}3 \end{cases}$$

C_3H_7OH	0,15 моль	$m = 9$ г
C_2H_5OH	0,15 моль	$m = 6{,}9$ г

$$\omega(C_3H_7OH) = \frac{9}{15{,}9} = 56{,}6\ \%$$

$$\omega(C_2H_5OH) = \frac{6{,}9}{15{,}9} = 43{,}4\ \%$$

$$\overset{0{,}1\text{ моль}}{C_3H_7OH} \longrightarrow \overset{0{,}15\text{ моль}}{C_3H_6} + H_2O$$

$$\overset{0{,}15\text{ моль}}{C_2H_5OH} \rightarrow \overset{0{,}15\text{ моль}}{C_2H_4} + H_2O$$

Пусть $m = 2$, $n = 3$

$$14nx + 18x + 14my + 18y = 15{,}9$$

$$14x(n-m) + 4{,}2m = 10{,}5$$

$$3{,}33x(n-m) + m = 2{,}5$$

Если $m = 2$, $n = 3$, $X = 0{,}15$

<u>Ответ</u>: $\omega(C_3H_7OH) = 56{,}6\%$

$\omega(C_2H_5OH) = 43{,}4\%$

V раствора $= 0{,}5$ л.

$$3\overset{0{,}15}{C_2H_4} + 2\overset{0{,}1}{KMnO_4} + 4H_2O \rightarrow$$

$$\rightarrow 3H_2C(OH) - CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2KOH$$

$$3\overset{0{,}15}{C_3H_6} + 2\overset{0{,}1}{KMnO_4} + 4H_2O \longrightarrow$$

$$\rightarrow 3H_2C(OH) - CH(OH) - CH_3 + 2MnO_2 + 2KOH$$

$n(KMnO_4) = 0{,}2$ $\qquad C = 0{,}4$ М

V (р-ра) $= 0{,}5$ л

$M(A) = z \frac{г}{моль}$, тогда $M(B) = 2 \cdot z \frac{г}{моль}$

$$\frac{z \cdot 0{,}014 + 2 \cdot z \cdot 0{,}026}{0{,}014 + 0{,}026} = 75{,}9 \frac{г}{моль}$$

$z = 46$

A - это NO_2

B - это N_2O_4

$v_{пр} = k_{пр}[A]^2$ $\quad [A] = \frac{0{,}014}{1} = 0{,}014 \frac{моль}{л}$

$v_{обр} = k_{обр}[B]$ $\quad [B] = \frac{0{,}026}{1} = 0{,}026 \frac{моль}{л}$

$v_{пр} = v_{обр}$

$k_{пр}[A]^2 = k_{обр}[B]$

$$k_{обр} = \frac{k_{пр}[A]^2}{B} = \frac{5{,}00 \cdot 10^{-3} \frac{л}{моль \cdot мин}}{0{,}026 \frac{моль}{л}} = 3{,}77 \cdot 10^{-5} \frac{1}{мин}$$

<u>Ответ</u>: A - это NO_2

B - это N_2O_4

$k_{обр} = 3{,}77 \cdot 10^{-5} \frac{1}{мин}$ ($мин^{-1}$)