



# 1

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Всероссийский конкурс научных работ школьников «Юниор»,

Секция «Химия», 11 класс

1. Экспериментально установлено, что период полупревращения некоторой реакции при изменении начальной концентрации с 1,004 до 2,014 моль/л уменьшается с 104 до 52 с. Определите порядок и константу скорости этой реакции.

*Решение:*

1) Запишем уравнение скорости для реакций любого порядка, если концентрации реагентов одинаковы:

$$1/C_t^{n-1} - 1/C_0^{n-1} = (n-1)kt$$

2) Запишем уравнение для периода полупревращения  $t_{1/2}$  и подставим в него заданные условием значения:

$$t_{1/2} = (1/(C_0/2)^{n-1} - 1/C_0^{n-1}) / (n-1)k$$

$$104 = (1/(1,004/2)^{n-1} - 1/1,004^{n-1}) / (n-1)k = 1/1,004^{n-1} (2^{n-1} - 1) / (n-1)k$$

$$52 = 1/2,014^{n-1} (2^{n-1} - 1) / (n-1)k$$

3) Найдем  $n$  из выражений для периодов полупревращения:

$$104/52 = (1/1,004^{n-1}) / (1/2,014^{n-1}) = (2,014/1,004)^{n-1}$$

$$2 = 2,006^{n-1}, n-1 = 1, n=2$$

4) Найдем константу скорости, подставив соответствующие периоды полупревращения и начальные концентрации в уравнение:

$$k = (1/(C_0/2)^{n-1} - 1/C_0^{n-1}) / (n-1) t_{1/2};$$

$$k = (1/(1,004/2)^{n-1} - 1/1,004^{n-1}) / (n-1) 104;$$

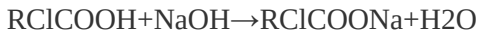
при  $n=2$ ,  $k=0,01$

Ответ:  $k = 0,01$  л/(моль·с);  $n = 2$ .

2. Раствор хлорпроизводной одноосновной карбоновой кислоты  $\text{RClCOOH}$ , где R радикал  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ , не имеющий двойных связей, нейтрализовали раствором щелочи. На нейтрализацию раствора, содержащего 5,38 г кислоты пошло 40 мл 1 М раствора  $\text{NaOH}$ . Определите формулу кислоты, Сколько структурных изомеров имеет данная кислота, изобразите их (оптические изомеры не рассматривайте). Рассчитайте объемы газообразных продуктов (н.у.), которые образуются при сгорании 5,38 г кислоты.

*Решение:*

1) Найдем молярную массу кислоты, используя данные по нейтрализации одноосновной кислоты щелочью:



$$n(\text{кислоты}) = n(\text{NaOH}) = C \cdot V = 1 \cdot 0,04 = 0,04 \text{ моль}$$

Молярная масса кислоты:

$$M_k = m/n = 5,38/0,04 = 134,5 \text{ г/моль}$$

1) Определим формулу кислоты:

Общая формула кислоты  $\text{RClCOOH}$ , тогда молярная масса радикала

$$M(\text{R}) = M_k - M(\text{COOH}) - M(\text{Cl}) = 134,5 - 45 - 35,5 = 54$$

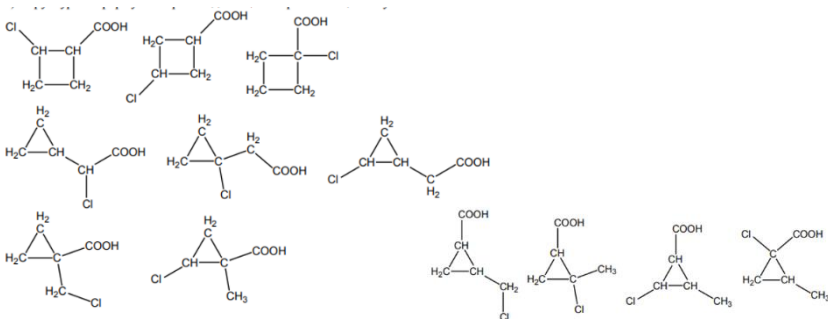
$$\text{R радикал } \text{C}_n\text{H}_{2n-2}, M(\text{R}) = 12n + 2n - 2 = 54, 14n = 56,$$

$$n = 4$$

т.е.  $n=4$ , так как радикал не имеет двойных связей, это будет радикал циклоалкана.

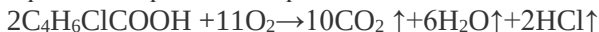
Следовательно, формула кислоты  $\text{C}_4\text{H}_6\text{ClCOOH}$

2) Структурные формулы изомеров  $\text{C}_4\text{H}_6\text{ClCOOH}$



3) Определим объемы газообразных продуктов, которые образуются при сгорании 5,38 г кислоты

Уравнение реакции горения:



По уравнению реакции при сгорании 0,04 моль кислоты будут образованы: 0,2 моль  $\text{CO}_2$ , 0,12 моль  $\text{H}_2\text{O}$  и 0,04 моль  $\text{HCl}$ .

Объемы газов при н.у.:

$$V(\text{CO}_2) = 0,2 \cdot 22,4 = 4,48 \text{ л}$$

$$V(H_2O) = 0,12 \cdot 22,4 = 2,69 \text{ л}$$

$$V(HCl) = 0,04 \cdot 22,4 = 0,896 \text{ л}$$

Ответ:  $C_4H_6ClCOOH$ , 12 структурных изомеров,  $V(CO_2) = 4,48 \text{ л}$   
 $V(H_2O) = 2,69 \text{ л}$ ,  $V(HCl) = 0,896 \text{ л}$

3. Расплав соли, полученной при взаимодействии без остатка 4,26 г галогена и 3,56 г металла, подвергли полному электролизу, пропустив через электролизер 11580 Кл электричества. Определите формулу полученной кристаллической соли белого цвета. Напишите уравнения электродных процессов на катоде, на аноде и уравнение электролиза. Определите массы продуктов на катоде и аноде, если продукты газообразные, то определите их объемы (н.у.)

*Решение:*

1) Определим молярную массу галогена.

Количество галогена, полученного при электролизе  $2\Gamma^- + 2e^- = \Gamma_2$ , равно количеству галогена, вступившего в реакцию с металлом:

$n(\Gamma_2) = 11580 / 96500 \cdot 2 = 0,06 \text{ моль}$ , тогда  $M(\Gamma_2) = 4,26 / 0,06 = 71 \text{ г/моль}$ , т.е. неизвестный галоген это хлор.

2) Определим молярную массу металла.

При электролизе  $Me^{z+} + ze^- = Me$ .

Выразим количество восстановленного металла  $n(Me) = 11580 / 96500 \cdot z = 0,12 / z$ , тогда молярная масса металла  $M(me) = 3,556 \cdot z / 0,12 = z \cdot 29,635 \text{ г/моль}$ .

Определим валентность металла (z) в хлориде

| z | M, г/моль | металл           | Примечание/Цвет кристаллов                                                            |
|---|-----------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 29,635    | -                |                                                                                       |
| 2 | 59,27     | Co               | ( $CoCl_2$ – розовые кристаллы)                                                       |
| 3 | 88,906    | <b>Y, иттрий</b> | <b><math>YCl_3</math> – белые кристаллы</b>                                           |
| 4 | 118,54    | Sn               | $SnCl_4$ – тяжелая жидкость<br>$SnCl_2$ – белые кристаллы, при нагревании разлагаются |

Неизвестный металл – иттрий, а соль  $YCl_3$ .

3) Электродные процессы

На катоде:  $Y^{3+} + 3e^- = Y$ .

На аноде:  $2Cl^- - 2e^- = Cl_2$

Уравнение электролиза:  $2YCl_3 \text{ расплав} \rightarrow 2Y + 3Cl_2$

4) Массы продуктов:

При полном электролизе массы продуктов равны массам исходных веществ

$$m(Y) = n(Y)M(Y) = 0,04 \cdot 88,906 = 3,56 \text{ г}$$

$$m(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2)M(\text{Cl}_2) = 0,06 \cdot 71 = 4,26 \text{ г или } V(\text{Cl}_2) = 0,06 \cdot 22,4 = 1,34 \text{ л}$$

*Ответ:*  $\text{YCl}_3$ ,  $m(Y) = 3,56 \text{ г}$ ,  $V(\text{Cl}_2) = 1,34 \text{ л}$