

Общая химия

Студент:

Группа:

Дата выполнения работы:

Лабораторная работа

1 + 0,8 + 1,5

### КИНЕТИКА ГОМОГЕННЫХ И ГЕТЕРОГЕННЫХ РЕАКЦИЙ

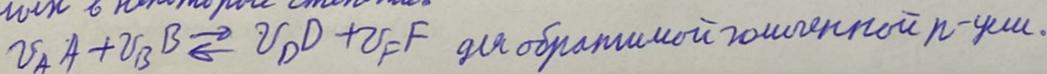
Цель работы: изучение влияния различных факторов (концентрации, температуры, катализатора, пов-ти раздела фаз) на скорость хим. реакции, протекающей в однородной или гетерогенной среде.

Основные понятия: скорость реакции, молекулярность и порядок реакции, закон действующих масс, температурный коэффициент скорости, энергия активации, уравнение Аррениуса, особенности гетерогенных реакций

Скорость реакции (определение): изменение концентрации в-в или продуктов в-в или в единицу времени при условии постоянства объема реагирующей смеси.

Молекулярность и порядок реакции (определение): Общий порядок  $n$ -ции  $p$  определяется как алгебраическая сумма показателей степеней при концентрации реагентов:  
 $p = n + m$

Закон действующих масс (определение, уравнение): скорость реакции при постоянной температуре пропорциональна произведению концентраций реаг. в-в-в, возведенных в некоторые степени.



Константа скорости (определение, размерность для реакций 1 и 2 порядков): величина равна скорости при концентрации реагирующих в-в равных единице. Единицы измерения константы скорости хим.  $n$ -ции  $k$  зависят от общего порядка реакции

$$[k] = [t]^{-1} \cdot [c]^{1-p}$$

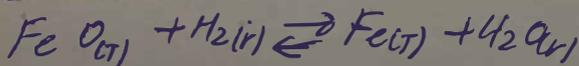
Энергия активации (определение): доп. энергия, необходимая для того, чтобы реагирующие частицы могли взаимодействовать в хим.  $n$ -цию.

Уравнение Аррениуса:

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E_{акт}}{RT}\right); \ln k = \ln k_0 - \frac{E_{акт}}{RT}$$

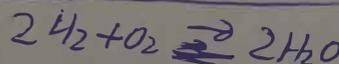
Гомогенные и гетерогенные реакции (привести примеры реакций):

Гомогенная  $n$ -ция:



$$v_{пр} = k_{пр} C_{H_2}; \quad v_{обр} = k_{обр} C_{H_2O}$$

Гомогенная  $n$ -ция



$$v = k C_{H_2}^2 \cdot C_{O_2}$$

Основные расчетные формулы:

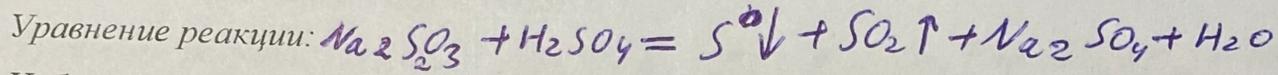
температурный коэффициент скорости:  $\gamma = \frac{v_T + b_0}{v_T} = \frac{k_T + b_0}{k_T}$

энергия активации реакции:  $E_{акт} = \frac{RT_2 T_1 \ln(k_2/k_1)}{T_2 - T_1}$

Практическая часть

Опыт 1. Зависимость скорости реакции от температуры

Реагенты: растворы  $H_2SO_4$ ,  $Na_2S_2O_3$



Наблюдения: раствор стал мутным

Таблица 1. Экспериментальные данные

№ опыта	t, °C	V (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) мл	V (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) мл	Время протекания реакции, с	Условная скорость реакции r, с <sup>-1</sup>	Температурный коэффициент, γ	Энергия активации E <sub>a</sub> , кДж/моль
1	26	20	20	40	0,02	4	84,7
2	36			12	0,08		
3	46			6,5	0,167		

График зависимости  $r = f(T)$ :

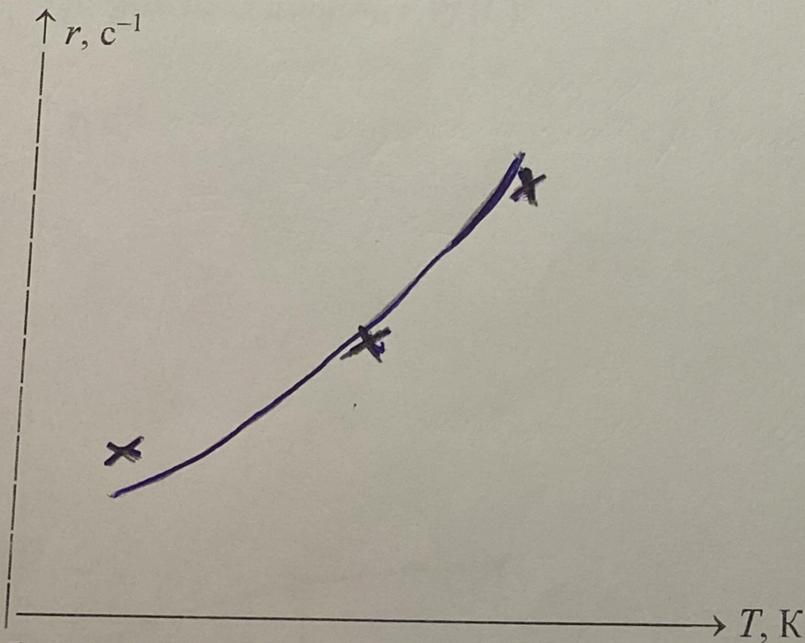
Расчеты:

а) температурного коэффициента скорости реакции (коэффициент Вант-Гоффа):

$$\gamma_1 = \frac{v_2}{v_1} = \frac{0,08}{0,02} = 4$$

$$\gamma_2 = \frac{v_3}{v_2} = \frac{0,15}{0,08} = 2,08$$

$$\gamma_{ср} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} = \frac{4 + 2,08}{2} = 3,04$$



б) энергии активации по уравнению Аррениуса:

$$E_{акт} = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_3 \ln \frac{v_3}{v_1}}{T_3 - T_1} = \frac{8,31 \cdot 299 \cdot 379 \cdot \ln \frac{0,167}{0,02}}{20 \text{ К}} = 84,7 \text{ кДж/моль.}$$

*we see?*

Выводы: (укажите, как влияет температура на скорость реакции; приведите значения температурного коэффициента скорости реакции и энергии активации реакции)

Скорость протекания реакции, зависит от температуры продуктов реакции. Чем выше температура, тем быстрее проходит реакция

### Опыт 2. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ при постоянной температуре

Реагенты: растворы  $H_2SO_4$ ,  $Na_2S_2O_3$

Уравнение реакции:  $H_2SO_4 + Na_2S_2O_3 \rightleftharpoons S \uparrow + SO_2 \uparrow + Na_2SO_4 + H_2O$

Наблюдения: раствор стал мутным

Таблица 2. Экспериментальные данные

№ опыта	$V_{Na_2S_2O_3}$ , мл	$V_{H_2SO_4}$ , мл	$V_{H_2O}$ , мл	$C_{Na_2S_2O_3}$ , моль/л	Продолжительность реакции, с	Условная скорость реакции $r$ , с <sup>-1</sup>
1	10	10	20	0,016	149	0,007
2	20	10	10	0,032	60	0,077
3	30	10	0	0,048	42	0,024

Определение порядка реакции по серноватисто-кислоте натрия (метод Вант-Гоффа):

$$n_1 = \frac{\ln(r_2/r_1)}{\ln(C_2/C_1)}; \quad n_2 = \frac{\ln(r_3/r_2)}{\ln(C_3/C_2)}; \quad n_{cp} = \frac{n_1 + n_2}{2}$$

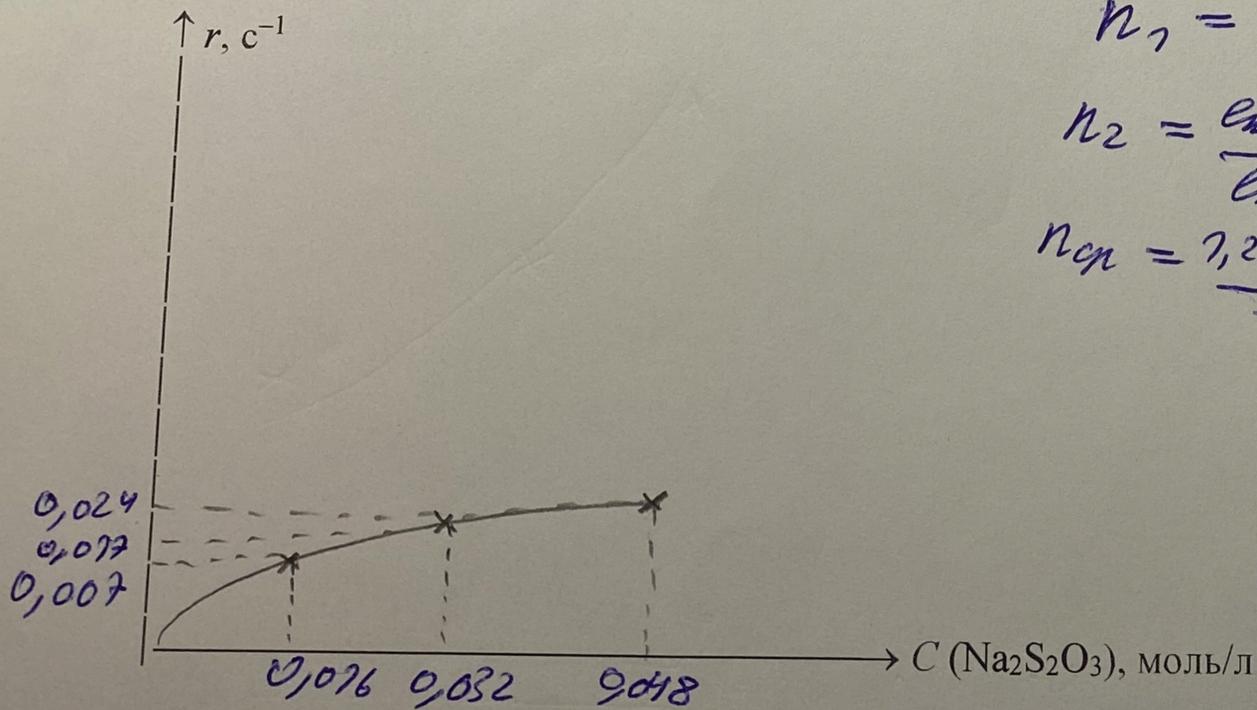
График зависимости  $r = f(C)$ :

Расчеты:

$$n_1 = \frac{\ln(0,077/0,007)}{\ln(0,032/0,016)} = 1,28$$

$$n_2 = \frac{\ln(0,024/0,077)}{\ln(0,048/0,032)} = 0,85$$

$$n_{cp} = \frac{1,28 + 0,85}{2} = 1,06$$



Кинетическое уравнение реакции:  $v = k \cdot C_{Na_2S_2O_3}^{1,06} \cdot C_{H_2SO_4}^y$

Выводы: (укажите, как влияет увеличение концентрации реагента  $Na_2S_2O_3$  на скорость реакции; соответствует ли экспериментально определенный порядок реакции стехиометрическому уравнению реакции)

При увеличении конц. в n-раз скорость увеличивается в n раз.

**Опыт 3. Твердофазная реакция нитрата свинца и йодида калия**

*реагенты:* твердые соли  $Pb(NO_3)_2$ ,  $KI$

*Уравнение реакции:*

*Наблюдения изменения окраски:*

а) при смешении реагентов

б) при растирании реагентов

в) при добавлении воды

*Выводы:* (объясните изменение окраски смеси при растирании реагентов и добавлении воды, исходя из изменения поверхности соприкосновения реагентов и влияния диффузии на скорость гетерогенной реакции)

12 Как надо изменить давление в системе, чтобы в 9 раз увеличить скорость реакции  $C + 2N_2O_2 \rightarrow CO_2 + 2N_2$  считать реакцию элементарной

Для реакции  $A + B \rightarrow C + D$  имеем закон действующих масс  $V = k \cdot C_A \cdot C_B$ , где  $C_A$  и  $C_B$  - молярные концентрации веществ А и В,  $k$  - константа скорости. Увеличивая давление в сосуде, мы тем самым увеличиваем (скорость) реакцию. В нашем случае скорость возрастает в 9 раз. Пусть  $C(A) = x$ ;  $C(B) = y \Rightarrow \Rightarrow V = k \cdot (C(A)) \cdot C(B) = \Rightarrow 9V \Rightarrow$  нов. конст.  $k \cdot x^2 \Rightarrow$  концентрации, а значит и давление нужно увеличить в 2 раза  $\sqrt{9} = 3$  раза  
Ответ: увеличить давление в 3 раза

