

# «ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ»

Лекция № 4

Дисциплина «Химия 2»

для студентов очного отделения

Лектор: к.т.н., доцент

Мачехина Ксения Игоревна

# \* План лекции

1. Основные понятия
2. Скорость химической реакции
3. Влияние концентрации реагента на скорость реакции
4. Влияние температуры на скорость реакции
5. Явление катализа

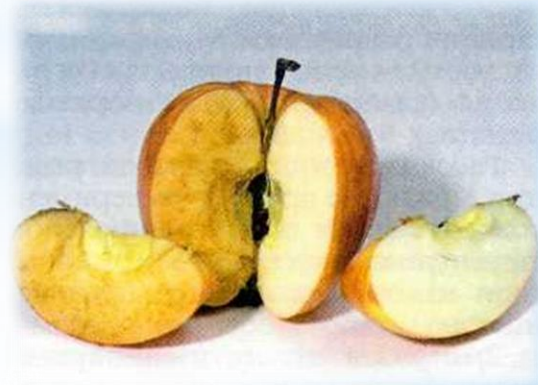
# Цель изучения химической кинетики

Ответить на два вопроса:

1. Какова скорость химической реакции?
2. Каков механизм протекания химической реакции?



**Можем предсказывать закономерности протекания реакций и управлять процессами.**



# 1. Основные понятия

\*Химическая кинетика - раздел химии, изучающий скорость и механизмы химических реакций

## Процессы по фазовому составу:

**Гомогенные** – протекающие по всему объему реагирующих веществ.

**Гетерогенные** – протекающие на границе раздела фаз.

**Топохимические** – протекающие с изменением структуры реагирующих твердых веществ.

# 1. Основные понятия

**Механизм реакции** – это последовательность протекания элементарных стадий

**Элементарная стадия** – это единичный акт образования или разрыва химической связи

## **Химические реакции (по механизму)**

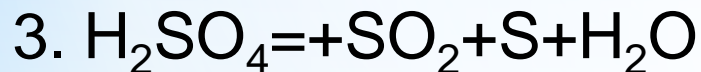
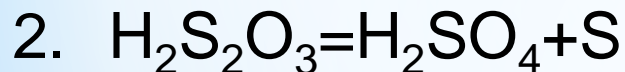
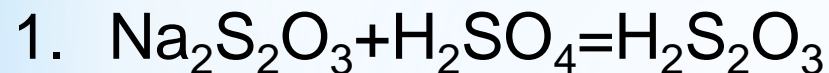
**Простые** - одна элементарная стадия

**Сложные** - несколько стадий

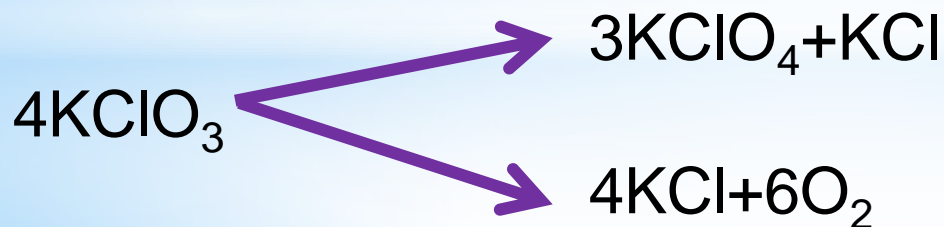
# 1. Основные понятия

Сложные реакции делятся по механизму:

- **Последовательные:**



- **Параллельные:**



# 1. Основные понятия

**Молекулярность** – это число частиц, участвуют в элементарном акте химического взаимодействия.

**Мономолекулярные:**  $A \rightarrow B$

**Бимолекулярные:**  $A + B \rightarrow C$

**Тримолекулярные:**  $2A + B \rightarrow D$

# 1. Основные понятия



**Лимитирующая стадия** – это самая медленная стадия, определяющая скорость всего процесса.

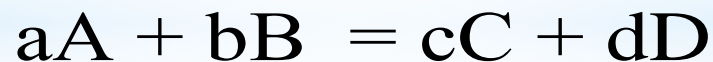


## 2. Скорость химической реакции (СХР)

**Скорость химической реакции ( $V_{x.p}$ )** – это число элементарных актов взаимодействия, происходящих в единицу времени в **единице объема для гомогенных реакций** или на единице поверхности раздела фаз для гетерогенных реакций.

$$V_{\text{ГОМ}} = \frac{\Delta n}{V\Delta t} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad \text{и} \quad V_{\text{ГЕТ}} = \frac{\Delta n}{S\Delta t}$$

## 2. Скорость химической реакции



$$V_t = -\frac{1}{a} \frac{dC_A}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{dC_B}{dt} = \frac{1}{c} \frac{dC_C}{dt} = \frac{1}{d} \frac{dC_D}{dt}$$

## 2. Скорость химической реакции

### Факторы, влияющие на СХР:

1. природа реагирующих веществ;
2. концентрация реаг. в-в;
3.  $T$ ;
4.  $P$  (для газофазных р-ий);
5. площадь реакционной поверхности (для гетерогенных реакций);
6. катализаторы или ингибиторы.

## 2. Скорость химической реакции

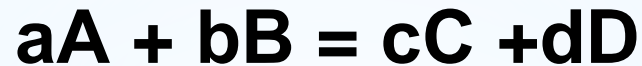
1867 г. Гульдберг и Вааге

### **Закон действующих масс**

СХР прямо пропорциональна произведению концентрации реагентов в степенях = стехиом-ким коэфф. (для простых р-ций) и некоторым числам – для сложных реакций.

### 3. Влияние концентрации реагента на схр

Для **простой** реакции:



Математическое выражение ЗДМ  
(**кинетическое** уравнение):

$$V = k \cdot C_A^a \cdot C_B^b$$

$V$  – схр,

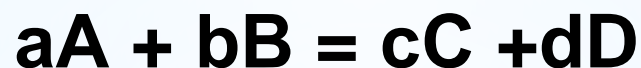
$k$  – константа схр,

$C_A$  и  $C_B$  – молярные конц-ции реаг-в,

$a$  и  $b$  – кинетический порядок реакции по веществу  $A$  и  $B$   
(молекулярность)

### 3. Влияние концентрации реагента на сгр

Для **сложной** реакции:



Математическое выражение ЗДМ (кинетическое ур-ие):

$$V = k \cdot C_A^\alpha \cdot C_B^\beta$$

$\alpha$  и  $\beta$  – частные порядки, которые определяются опытным путем

### 3. Влияние концентрации реагента на сгр

#### Константа скорости (к)

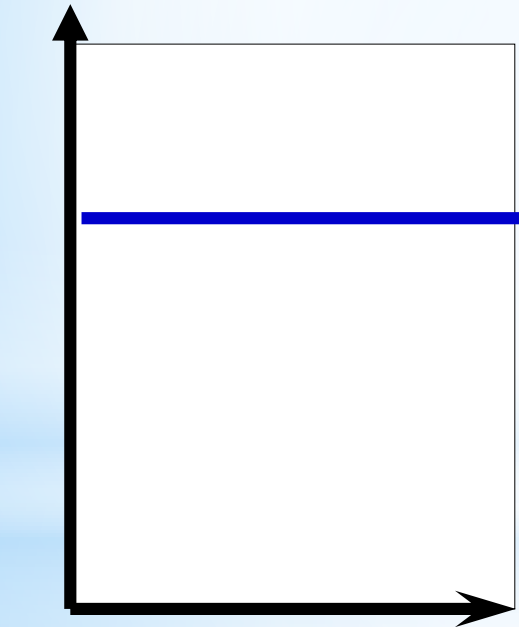
Физический смысл к – это скорость реакции, при концентрациях реагирующих веществ 1 моль/л.

Константа скорости (к) **не зависит** от концентраций реагентов, **но зависит** от природы реагентов, T, катализатора.

### 3. Влияние концентрации реагента на с<sub>хр</sub>

#### Графическое определение n

v 1) n=0

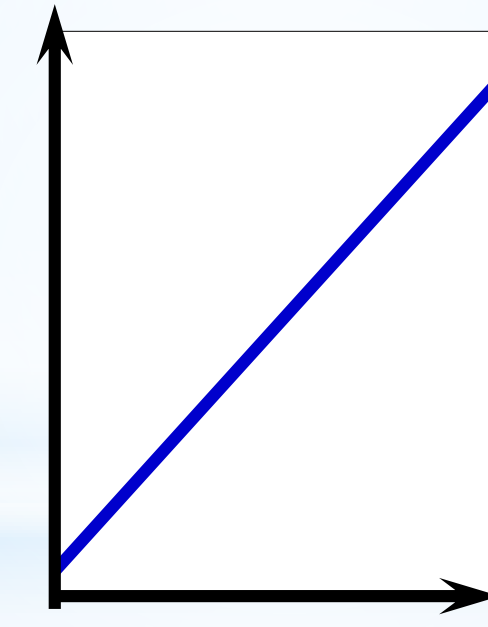


0

C

$$V=k \cdot C^0$$

v 2) n=1

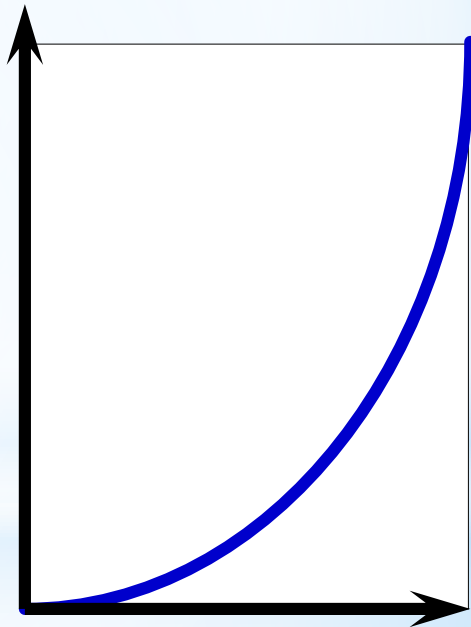


0

C

$$V=k \cdot C^1$$

v 3) n>1



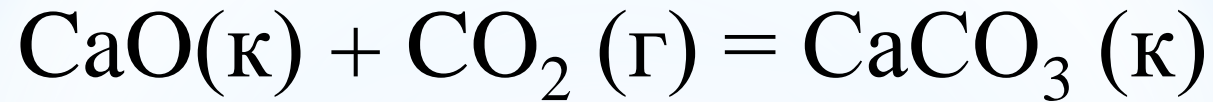
0

C

$$V=k \cdot C^2$$



### 3. Влияние концентрации реагента на сгр



$$V = kC_{\text{CO}_2}^{\alpha}$$

Если в реакции участвуют **твердые** или **жидкие вещества** (**не растворы**), то их концентрация в кинетическом уравнении **НЕ УЧИТЫВАЕТСЯ**

## 4. Влияние температуры на сгр

**Правило Вант-Гоффа:** при увеличении температуры на 10 градусов скорость простой реакции возрастает в 2-4 раза.

$$V_{t_2} = V_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{\Delta t}{10}}$$

$\gamma$  – температурный коэффициент Вант-Гоффа.

## 4. Влияние температуры на схр

### Теория активации Аррениуса

Для протекания реакции необходимо:

- 1) столкновение молекул
- 2) наличие у молекул достаточной энергии
- 3) благоприятная ориентация молекул

## 4. Влияние температуры на схр

### Уравнение Аррениуса

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

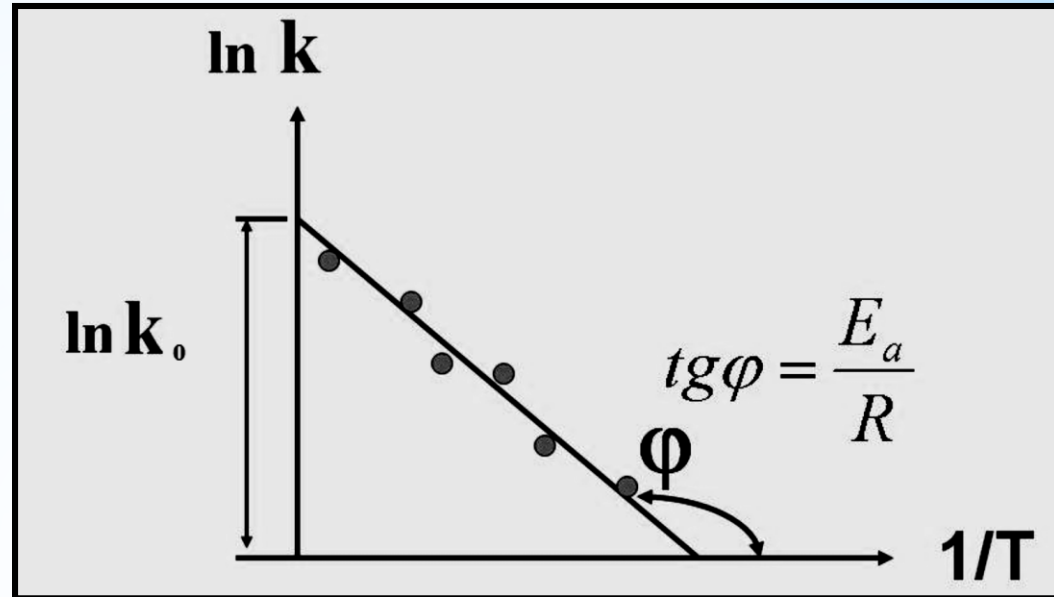
где  $k_0$  – предэкспоненциальный множитель, не зависящий от  $T$ , учитывает число столкновений молекул.

**Энергия активации** ( $E_a$ ) – это избыточная энергия, которой должны обладать молекулы, чтобы между ними произошло взаимодействие. **[кДж/моль]**

## 4. Влияние температуры на с<sub>хр</sub>

$$1. k_1 = k_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT_1}}$$

$$2. \ln k_1 = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT_1}$$



$$3. \ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a \cdot (T_2 - T_1)}{R \cdot T_1 \cdot T_2}$$

## 5. Явление катализа

**Катализ** – это явление изменения СХР при участии катализатора.

**Катализаторы** – это вещества, которые многократно участвуют в промежуточных стадиях реакции, но выходят из нее химически неизменными

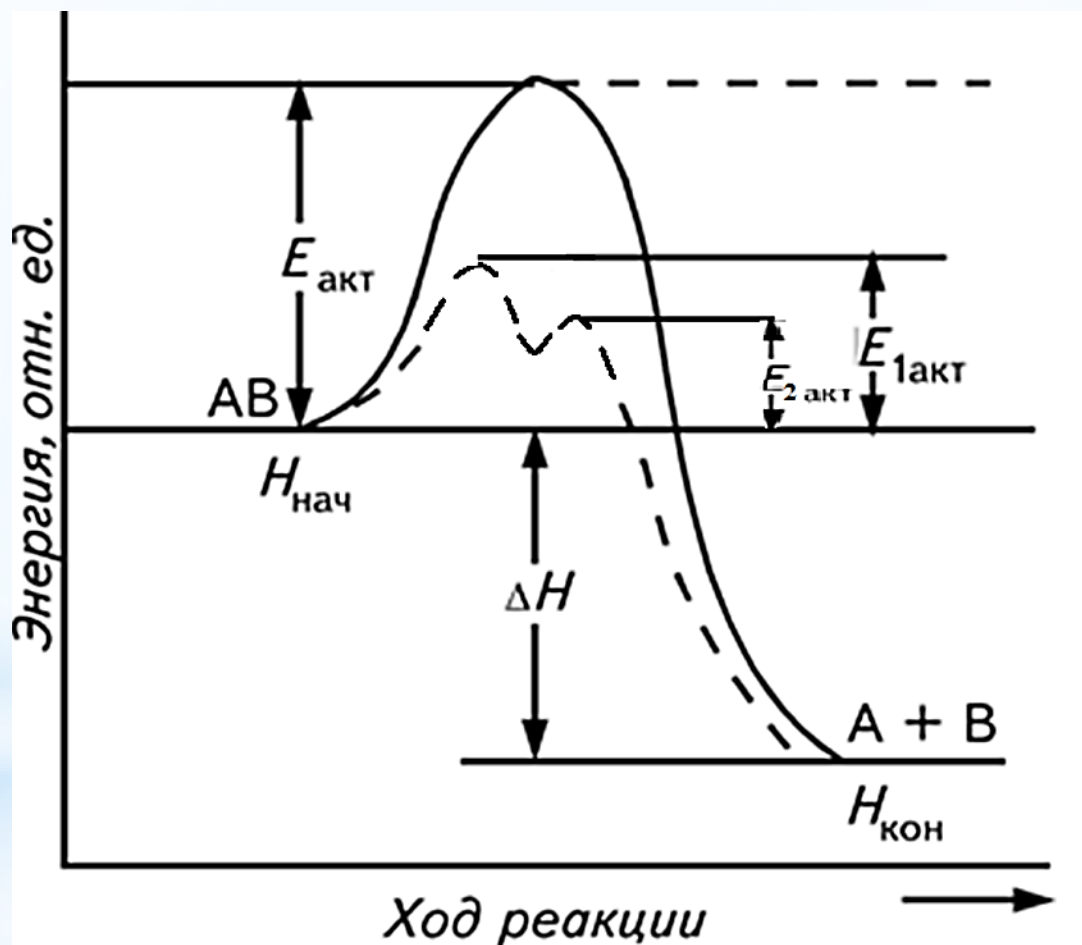
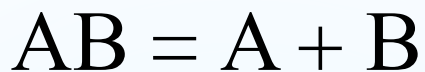
# 5. Явление катализа

**Гомогенный катализ** - катализатор и реагенты находятся в одной фазе.

**Гетерогенный катализ** - кат-р и реагенты находятся в разных фазах

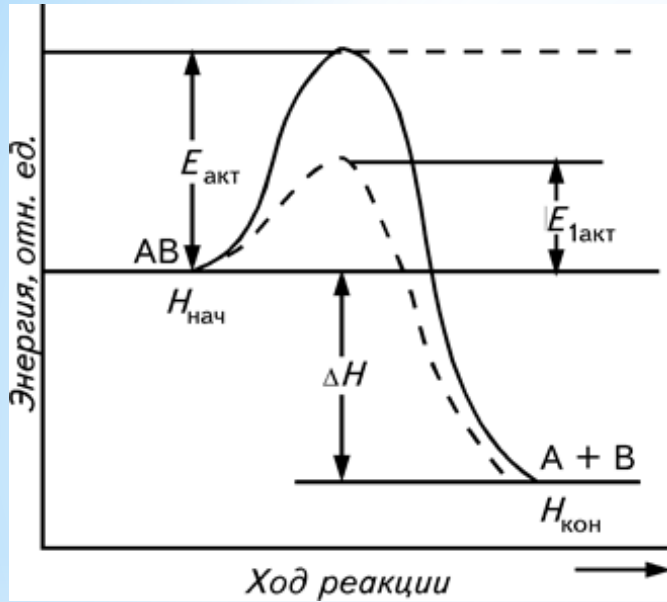


# 5. Явление катализа





## 5. Явление катализа



$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a - E_a^1}{R \cdot T}$$

$E_a$  – энергия активации (без катализатора),  
 $E_a^1$  – энергия активации (с катализатором).

$$\frac{V_K}{V} \approx e^{\Delta E_K / RT}$$

# Заключение

- 1. Рассмотрев кинетику**, того или иного процесса мы можем прогнозировать скорость процесса.
- 2. Определив значение энергии активации**, мы можем влиять на скорость процесса изменяя, например температуру.

# «Основы химической КИНЕТИКИ»

**Лектор: к.т.н., доцент Мачехина Ксения Игоревна**

<http://portal.tpu.ru/SHARED/m/MACHEKHINAKSU>

**Email:** mauthksu@yandex.ru

Научный парк ТПУ, Ленина 2, стр. 33, ауд. 308