

# ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Лекция 11

Князева Е.М.

# Основные понятия и определения

---

- **Химическая кинетика** – это раздел химии, изучающий скорости и механизмы хим. р-ций



# Основные понятия и определения

---

Механизм р-ции –

Лимитирующая стадия –

# Основные понятия и определения

---

## Химические реакции (по механизму)

```
graph TD; A[Химические реакции (по механизму)] --> B[Простые (элементарные)]; A --> C[Сложные]; B --- D[протекают в одну стадию]; C --- E[протекают в несколько стадий];
```

Простые  
(элементарные)  
протекают в одну  
стадию

Сложные  
протекают в  
несколько  
стадий

# Основные понятия и определения

---

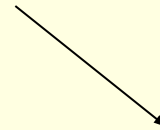
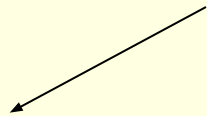
Молекулярность –

Простые реакции

мономолекулярные

тримолекулярные

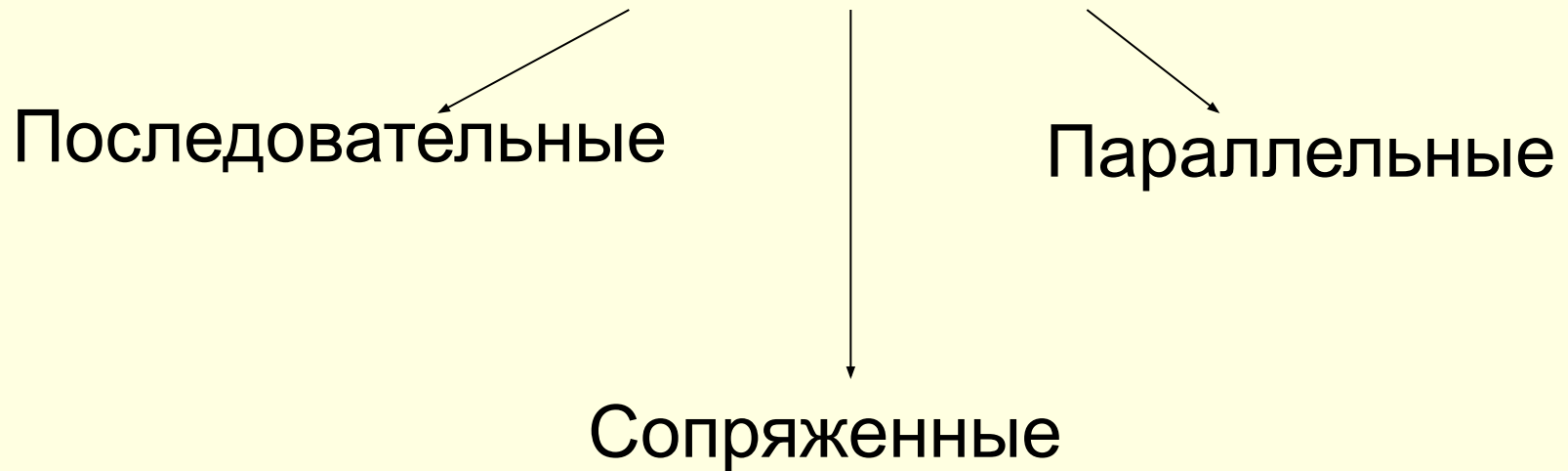
бимолекулярные



# Основные понятия и определения

## Сложные реакции

---



# Основные понятия и определения

---

## Цепные реакции (Н.Н. Семенов)

- 1 стадия: зарождение цепи
- 2 стадия: развитие цепи
- 3 стадия: обрыв цепи

# Основные понятия и определения

---

Элементарный акт хим. р-ции –

СХР –

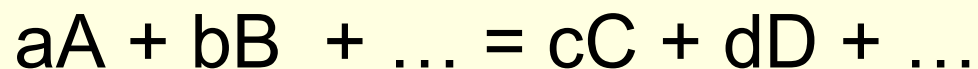
СХР – изменение конц-ций реаг. в-в в единицу времени.

$$v = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t}$$



# Скорость химической реакции

Скорость изменения концент-ий реагентов и продуктов р-ции связаны:



$$-\frac{1}{a} \frac{dC_a}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{dC_b}{dt} = \dots = \frac{1}{c} \frac{dC_c}{dt} = \frac{1}{d} \frac{dC_d}{dt} = \dots$$

расходятся

накапливаются

# Факторы, влияющие на скорость химической реакции

---

Скорость хим. р-ции зависит от:

- 1) природы реагирующих в-в
- 2) конц. реаг. в-в
- 3)  $T$
- 4) агрегатного сост. реагентов
- 5) удельной поверхности (для гетерогенных р-ций)
- 6) катализатора
- 7) ...

# Зависимость СХР от концентрации реагентов

---

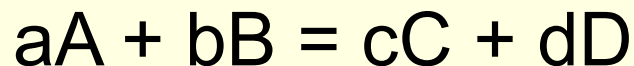
1867 г. Гульдберг и Вааге

Закон действующих масс

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

# Зависимость СХР от концентрации

---



Применим к р-ции ЗДМ и запишем кинетическое уравнение:

1. для простой р-ции:
2. для сложной р-ции:

# Константа скорости химической реакции

---

$k$  - константа скорости хим. р-ции

Физический смысл  $k$

то  $k = v$        $v = k \cdot C_A^a \cdot C_B^b$

$k$  не зависит от конц-ий реагентов, но зависит от  $T$ , природы реагентов, катализатора

# Зависимость скорости от температуры

---

1884 г. Вант-Гофф

Эмпирическое правило:

Повышение температуры на  $10^\circ$  увеличивает скорость гомогенной р-ции в 2 – 4 раза.

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

$\gamma$  - температурный коэфф-нт скорости

# Теория активных столкновений

---

Для протекания р-ции необходимо:

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

# Энергия активации

---

$E_a$  – это избыточная  $E$ , кот. должны обладать молекулы, чтобы между ними произошло взаимодействие.



# Энергия активации

---

Уравнение Аррениуса (1889 г.)

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

## Расчет энергии активации

---

$E_a$  для многих р-ций изм-ся в пределах от 50 до 250 кДж/моль.

Если  $E_a < 60$  кДж/моль, то р-ции идут очень быстро.

Если  $E_a > 105$  кДж/моль, то р-ции практически не протекают при  $t_{\text{комн.}}$ .

# Катализ

---

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

Катализаторы – в-ва, изменяющие СХР, но не входящие в состав продуктов р-ции.  
(Оствальд)

# Катализ

---

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

**Гетерогенный катализ** – катализатор и реагенты находятся в разных фазах.

**Ферментативный катализ** – катализатором являются сложные белковые образования