

**Скорость химических реакций.
Факторы, влияющие на скорость
химической реакции**

План:

- Скорость химической реакции
- Гетерогенные и гомогенные реакции
- Зависимость скорости реакции от различных факторов:
 - Природа реагирующих веществ
 - Концентрация веществ
 - Площадь соприкосновения веществ
 - Температура
 - Присутствие катализаторов или ингибиторов

Скорость химической реакции

Обозначается V

определяется изменением
концентрации одного из реагирующих
веществ или одного из продуктов
реакции в единицу времени

$$v = \pm \Delta c / \Delta t$$

$$\Delta C = c_2 - c_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

1 моль/л·с

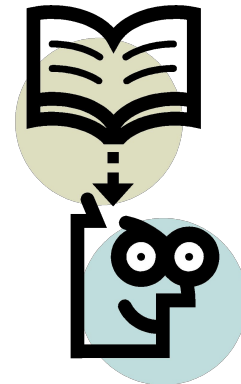
1 кмоль/м³·мин

- Раздел химии, изучающий скорость химической реакции, называется **химической кинетикой**.



Гетерогенные реакции

- Это реакции идущие между веществами в неоднородной среде. Например, на поверхности соприкосновения твердого вещества и жидкости, газа и жидкости и т.д.



Гомогенные реакции

- Это реакции протекающие в однородной среде(нет поверхности раздела реагирующих веществ). Например в смеси газов или в растворах.



Скорость реакции определяется изменением количества вещества в единицу времени.

<p>В единице V (для гомогенной)</p>	<p>На единице поверхности соприкосновения веществ S (для гетерогенной)</p>
$v_{\text{гомоген}} = \frac{\Delta n}{\Delta t \cdot V} \left[\frac{\text{моль}}{\text{с} \cdot \text{л}} \right]$	$v_{\text{гетероген}} = \frac{\Delta n}{\Delta t \cdot S} \left[\frac{\text{моль}}{\text{мин} \cdot \text{см}^2} \right]$
<p>$\frac{\Delta n}{V} = \Delta C$ изменение молярной концентрации;</p> $v = \frac{\Delta C}{\Delta t}$	<p>Δn - изменение количества вещества (моль);</p> <p>Δt - интервал времени (с, мин)</p>

Задача на применение знаний по «Скорости химических реакций»

- Химическая реакция протекает в растворе, согласно уравнению: $A + B = C$. Исходные концентрации: вещества A – 0,80 моль/л, вещества B – 1,00 моль/л. Через 20 минут концентрация вещества A снизилась до 0,74 моль/л.

Определите:

- а) среднюю скорость реакции за этот промежуток времени;
- б) концентрацию вещества B через 20 мин.

Самопроверка.

Дано:

$$C(A)_1 = 0,80 \text{ моль/л}$$

$$C(B)_1 = 1,00 \text{ моль/л}$$

$$C(A)_2 = 0,74 \text{ моль/л}$$

$$\Delta t = 20 \text{ мин}$$

Найти.

$$a) v_{\text{гомоген}} = ?$$

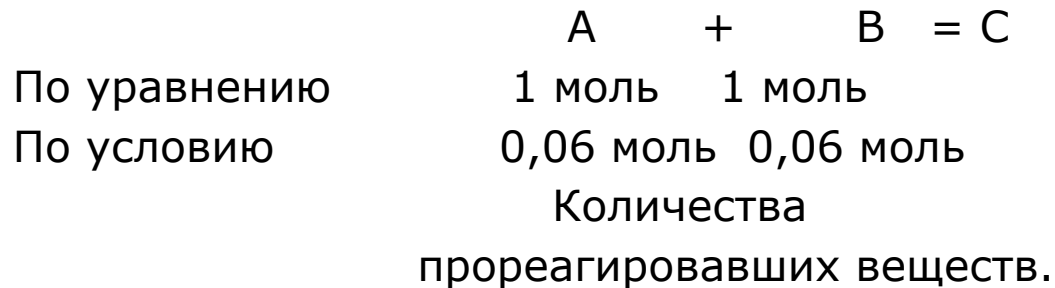
$$b) C(B)_2 = ?$$

Решение:

а) определение средней скорости реакции в растворе производится по формуле:

$$v_{\text{гомоген}} = \frac{\Delta C}{\Delta t} = \frac{0,80 - 0,74}{20} = \frac{0,06}{20} = 0,003 \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{мин}}$$

б) определение количеств реагирующих веществ:



$$\text{Следовательно, } C(B)_2 = C(B)_1 - \Delta C = 1,00 - 0,06 = 0,94 \text{ моль/л}$$

$$\text{Ответ: } v_{\text{гомоген.}} = 0,003 \text{ моль/л} \quad C(B)_2 = 0,94 \text{ моль/л}$$

Факторы, влияющие на скорость химической реакции

- природа реагирующих веществ;
- концентрация реагирующих веществ
- поверхность соприкосновения реагирующих веществ (в гетерогенных реакциях).
- температура;
- действие катализаторов.

1. Природа реагирующих веществ.

- **Под природой реагирующих веществ** понимают их состав, строение, взаимное влияние атомов в неорганических и органических веществах.

Теория столкновений.

Основная идея теории: реакции происходят при столкновении частиц реагентов, которые обладают определённой энергией.

- Чем больше частиц реагентов, чем ближе они друг к другу, тем больше шансов у них столкнуться и прореагировать.
- К реакции приводят лишь *эффективные соударения*, т.е. такие при которых разрушаются или ослабляются «старые связи» и поэтому могут образоваться «новые».
- Для этого частицы должны обладать достаточной энергией.

Минимальный избыток энергии, необходимый для эффективного соударения частиц реагентов, называется энергией активации E_a .

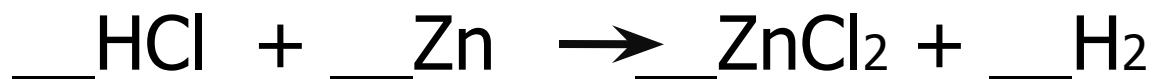
Величина энергии активации веществ – это фактор, посредством которого сказывается влияние природы реагирующих веществ на скорость реакции.

Изучаемый фактор	Используемые вещества	Вывод
Природа реагирующих веществ	$ \begin{array}{ccc} \text{HCl} & & \text{укс. кислота} \\ +\text{Zn} & & +\text{Zn} \\ \\ V_1 & > & V_2 \end{array} $	Чем активнее вещество, вступающее в реакцию, тем быстрее идет эта реакция.

Задание на применение знаний

- Объясните разную скорость взаимодействия цинка с соляной и уксусной кислотой. (видеоопыт)
- Напишите соответствующие реакции

Самопроверка



Сильная кислота



Слабая кислота

1. Расставьте коэффициенты в реакциях
2. Сделайте вывод о влиянии природы реагирующих веществ на скорость химической реакции.

2. Концентрации реагирующих веществ.

- На основе большого экспериментального материала в 1867 г. норвежские учёные К. Гульдберг, и П Вааге и независимо от них в 1865 г. русский учёный Н.И. Бекетов сформулировали основной закон химической кинетики, устанавливающий зависимость скорости реакции от концентраций реагирующих веществ.

Закон действующих масс.

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

Скорость химической реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях равных их коэффициентам в уравнении реакции.



- **Гульдберг** (1836-1902).
Норвежский физикохимик.
- **П. Вааге** (1833-1900).
Норвежский ученый.

Изучаемый фактор	Используемые вещества	Вывод
Концентрация реагирующих веществ	HCl 10% +Zn V_1	HCl 20% +Zn V_2

$V_1 < V_2$

Чем больше концентрация реагирующих веществ, тем выше скорость химической реакции.
Реакции между ионами протекают мгновенно

Математическое выражение закона действующих масс.

По закону действующих масс скорость реакции, уравнение которой $A+B=C$ может быть вычислена по формуле:

$$v_1 = k_1 C_A C_B,$$

а скорость реакции, уравнение которой $A+2B=D$, может быть вычислена по формуле:

$$v_2 = k_2 C_A C_B.$$

В этих формулах: C_A и C_B – концентрации веществ А и В (моль/л), k_1 и k_2 – коэффициенты пропорциональности, называемые **константами скоростей реакции**.

Эти формулы также называют **кинетическими уравнениями**.

Задача на применение знаний:

Задача. Как изменится скорость реакции, имеющей кинетическое уравнение $v = kC_A^2 C_B$, если

А) концентрацию вещества А увеличить в 3 раза;

Б) концентрацию вещества А увеличить в 3 раза, а концентрацию В уменьшить в 3 раза?

Самопроверка.

- *Решение.* Подставим соответствующие данные в кинетическое уравнение, сравним скорости реакций.

а)

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{k(3C_A)^2 \tilde{N}_B}{k(C_A)^2 C_B} = \frac{9kC_A^2 C_B}{kC_A^2 C_B} = 9 \Rightarrow$$

скорость реакции увеличится в 9 раз.

б)

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{k(2C_A)^2 (2C_B)}{kC_A^2 C_B} = \frac{8kC_A^2 C_B}{kC_A^2 C_B} = 8 \Rightarrow$$

скорость реакции увеличится в 8 раз.

3. Поверхность соприкосновения реагирующих веществ.

- **Скорость реакции увеличивается благодаря:**
 - **увеличению площади** поверхности соприкосновения реагентов (измельчение);
 - **повышению реакционной способности** частиц на поверхности образующихся при измельчении микрокристаллов;
 - **непрерывному подводу реагентов** и хорошему отводу продуктов с поверхности, где идёт реакция.
- Фактор связан с гетерогенными реакциями, которые протекают на поверхности соприкосновения реагирующих веществ: газ - твердое вещество, газ - жидкость, жидкость - твердое вещество, жидкость - другая жидкость, твердое вещество - другое твердое вещество, при условии, что они **не растворимы друг в друге**.

Изучаемый фактор	Используемые вещества	Вывод
Площадь соприкосновения реагирующих веществ	$\begin{array}{ccc} \text{Fe}_{\text{ (порошок)}} & & \text{Fe}_{\text{ (кнопка)}} \\ + \text{HCl} & & + \text{HCl} \\ \\ V_1 & > & V_2 \end{array}$	Чем больше площадь соприкосновения реагирующих веществ, тем выше скорость химической реакции.

4. Температура

- При увеличении температуры на каждые 10°C общее число столкновений увеличивается только на $\sim 1,6\%$, а скорость реакции увеличивается в 2-4 раза (на 100-300%).
- Число, показывающее, во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры на 10°C , называют **температурным коэффициентом**.

Правило Вант-Гоффа

При повышении температуры на каждые 10°C скорость реакции увеличивается в 2-4 раза.

$$v_2 = v_1 \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$



- **Я. Вант-Гофф** (1852 -1911). Голландский химик. Один из основателей физической химии и стереохимии

Изучаемый фактор	Используемые вещества	Вывод
Температура	$ \begin{array}{ccc} \text{Al} & & \text{Al} \\ + \text{HCl} & & + \text{HCl} \\ +t & & \\ V_1 & > & V_2 \end{array} $	При нагревании скорость химической реакции повышается.

Задача на применение знаний:

- Определите, как изменится скорость некоторой реакции:
 - а) при повышении температуры от 10° до 50° C;
 - б) при понижении температуры от 10° – 0° C.

Температурный коэффициент реакции равен 3.

Самопроверка

а) подставить данные задачи в формулу:

$$v_{\text{при } 50^{\circ}\text{C}} = v_{\text{при } 10^{\circ}\text{C}} \cdot 3^{\frac{50^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}}{10}} = v_{\text{при } 10^{\circ}\text{C}} \cdot 3^4;$$

$$v_{\text{при } 50^{\circ}\text{C}} = 81 \cdot v_{\text{при } 10^{\circ}\text{C}}.$$

скорость реакции увеличится в 81 раз.

б)

$$v_{\text{при } 0^{\circ}\text{C}} = v_{\text{при } 10^{\circ}\text{C}} \cdot 3^{\frac{0^{\circ} - 10^{\circ}}{10}} = v_{\text{при } 10^{\circ}\text{C}} \cdot 3^{-1} = \frac{v_{\text{при } 10^{\circ}\text{C}}}{3}.$$

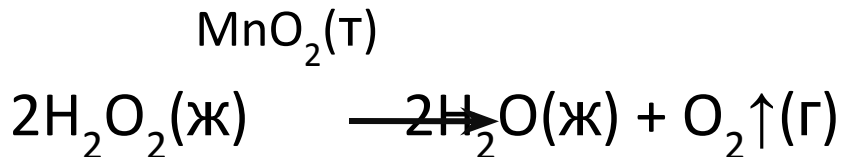
Скорость реакции уменьшится в 3 раза.

5. Действие катализатора

- Можно изменить скорость реакции, используя специальные вещества, которые изменяют механизм реакции и направляют ее по энергетически более выгодному пути с меньшей энергией активации.
- **Катализаторы** – это вещества, участвующие в химической реакции и увеличивающие ее скорость, но по окончании реакции остающиеся неизменными качественно и количественно.
- **Ингибиторы** – вещества, замедляющие химические реакции.
- Изменение скорости химической реакции или ее направления с помощью катализатора называют *катализом*.
-

Различают два вида катализа:

- **Гомогенный катализ**, при котором и катализатор, и реагирующие вещества находятся в одном агрегатном состоянии (фазе).
 - Например, ферментативно-каталитические реакции в клетках организма проходят в водном растворе.
- **Гетерогенный катализ**, при котором катализатор и реагирующие вещества находятся в разных фазах.
 - Например, разложение пероксида водорода в присутствии твердого катализатора оксида марганца(IV):



Изучаемый фактор	Используемые вещества	Вывод
Присутствие некоторых веществ	$\begin{array}{ccc} \text{H}_2\text{O}_2 & & \text{H}_2\text{O}_2 \\ +\text{MnO}_2 & & \\ \text{V}_1 & > & \text{V}_2 \end{array}$	<p><u>Катализаторы</u> – вещества, ускоряющие скорость химической реакции.</p> <p><u>Ингибиторы</u> – уменьшают скорость реакции.</p>

Выводы по теме:

«Скорость химических реакций»

- **Химические реакции протекают с различными скоростями. Величина скорости реакции зависит от объёма в гомогенной системе и от площади соприкосновения реагентов – в гетерогенной.**
- **На пути всех частиц, вступающих в химическую реакцию, имеется энергетический барьер, равный энергии активации E_a .**
- **Скорость реакции зависит от факторов:**
 - **природа реагирующих веществ;**
 - **температура;**
 - **концентрация реагирующих веществ;**
 - **действие катализаторов;**
 - **поверхность соприкосновения реагирующих веществ (в гетерогенных реакциях).**