

## Скорост на химичните реакции

Химичната кинетика е дял от химията, който изучава скоростта и механизма на протичане на химичните реакции.

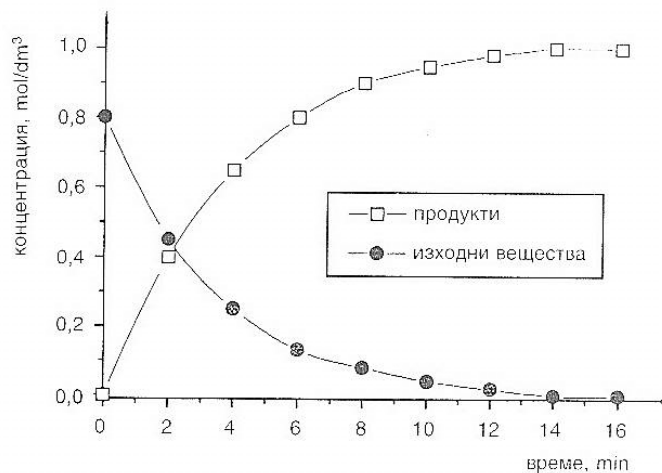
Скоростта на химичната реакция е нейна важна количествена характеристика.

**Скоростта на една химична реакция се измерва с изменението на концентрацията на кое и да е от участващите в реакцията вещества за единица време:**

$$v_{\text{cp}} = \pm \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Това е **средната скорост** на химичната реакция за даден интервал от време.

Скоростта се измерва чрез  $\text{mol/l}\cdot\text{s}$  или  $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ . С течение на времето **концентрацията на реагиращите вещества намалява**, а концентрацията на продуктите на реакцията нараства:



Ако с  $c_1$  се означи концентрацията на едно от реагиращите вещества в момента  $t_1$ , то след известно време в момента  $t_2$  концентрацията на същото вещество ще бъде  $c_2$

$$c_1 > c_2, \quad \Delta c < 0$$

За интервала от време  $\Delta t = t_2 - t_1$  може да се дефинира **средна скорост**:

$$v_{\text{cp}} = -\frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Скоростта на химичните реакции е винаги положителна величина. Знакът минус (-) компенсира отрицателната стойност на числителя на дробта.

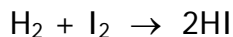
Изменението на **концентрацията на продуктите** на реакцията е положително ( $c_1 < c_2$ ). Знакът пред дробната черта в случая е плюс (+).

За да се определи **скоростта в даден момент**, например в момента  $t$ , интервалът от време трябва да бъде много малък ( $\lim \Delta t \rightarrow 0$ ):

$$v_t = \pm \frac{dc}{dt}$$

където  $dc$  е безкрайно малко изменение на концентрацията  $c$  за безкрайно малък интервал от време  $dt$ .

Взаимодействието между  $H_2$  и  $I_2$  се изразява с уравнението:



Скоростта на този процес може да се изрази по един от следните начини:

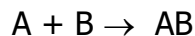
$$v(H_2) = -\frac{\Delta c(H_2)}{\Delta t}; \quad v(I_2) = -\frac{\Delta c(I_2)}{\Delta t}; \quad v(HI) = \frac{\Delta c(HI)}{\Delta t}$$

Определените по този начин скорости не са числено равни:

$$v(H_2) = v(I_2) \neq v(HI) \quad v(HI) = 2v(H_2) = 2v(I_2)$$

Затова е необходимо в израза за скоростта да се посочва чрез изменението на концентрацията на кое вещество е направено измерването.

Скоростите, изразени по различните начини, са равни по абсолютна стойност за взаимодействие от вида:



$$v(A) = -\frac{\Delta c(A)}{\Delta t}; \quad v(B) = -\frac{\Delta c(B)}{\Delta t}; \quad v(AB) = \frac{\Delta c(AB)}{\Delta t}$$

Скоростта на химичните реакции зависи от природата на реагиращите вещества, от тяхното агрегатно състояние, от кристалната им структура, от тяхната алотропна модификация, от контактната им повърхност и от средата, в

която се провежда реакцията. Важно значение имат също концентрацията на реагиращите вещества, температурата и присъствието на катализатори.

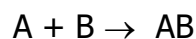
### **Зависимост на скоростта на химичните реакции от концентрацията.**

Скоростта на химичните реакции зависи от концентрацията на реагиращите вещества. Скоростта расте с повишаване на концентрацията на реагиращите вещества.

За да протече една химична реакция в хомогенна система е необходимо частиците на реагиращите вещества (атоми, йони, молекули) да се срещнат и ударят. Само някои от ударите обаче са **ефективни**, т.е. водят до химично взаимодействие. Срещата между реагиращите частици, ударите между тях и съпътстващите ги взаимодействия се наричат **елементарен акт** на процеса. Колкото е по-голям общият брой на ударите в единица обем на една система, толкова по-голяма е вероятността за ефективни удари. Общият брой на ударите от своя страна ще бъде по-голям при по-голяма концентрация на реагиращите вещества. Следователно скоростта на реакцията нараства с повишаване на концентрацията на реагиращите вещества.

Установено е, че **при хомогенните реакции броят на ударите между частиците в единица обем за единица време е пропорционален на произведението от моларните концентрации на реагиращите вещества.**

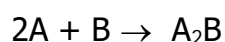
За химичен процес (хомогенен) от вида:



тази закономерност може да се изрази по следния начин:

$$v = k \cdot c(A) \cdot c(B)$$

Ако във всеки ефективен удар участват две молекули А и една от В,



то изразът за скоростта има вида:

$$v = k \cdot c(A) \cdot c(A) \cdot c(B) \quad \text{или}$$

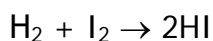
$$v = k \cdot c^2(A) \cdot c(B).$$

За хомогенна реакция от вида:  $n_1 A + n_2 B + n_3 C \dots \rightarrow$  продукти

скоростта е равна на :  $v = k \cdot c^{n_1}(A) \cdot c^{n_2}(B) \cdot c^{n_3}(C) \dots$

**Скоростта на химичните процеси е пропорционална на произведението от моларните концентрации на реагиращите вещества, повдигнати на степени, равни на броя на молекулите, с които те участват в реакцията.**

Тази зависимост е открита от Гулдберг и Вааге през 1864 г., известна е като Закон за действие на масите (З.Д.М.) и отразява зависимостта на скоростта на химичните реакции от концентрацията. Уравнението, с което се изразява тази зависимост, се нарича **кинетично уравнение**. То е валидно само за хомогенни системи. Според З.Д.М. скоростта на реакцията



се изразява по следния начин:

$$v = k \cdot c(\text{H}_2) \cdot c(\text{I}_2).$$

Коефициентът на пропорционалност **k** се нарича **скоростна константа**. Физическият и смисъл може да се установи, ако се приеме, че

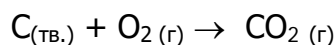
$$c(A) = c(B) = 1 \text{ mol/l}$$

Тогава **k** числено е равна на скоростта, с която реагират веществата:  $v = k$ .

**Скоростната константа не зависи от концентрацията на веществата**, а зависи от тяхната природа, от температурата и от присъствието на катализатори. Тя е характерна величина за всеки процес. Ако се знаят стойностите на **k** при дадена температура, могат да се сравняват отделните скорости. Колкото стойностите на **k** са по-големи, толкова по-бързо протича реакцията.

Когато едно от участващите вещества е **твърдо**, то не се включва в израза за скоростта, тъй като неговата концентрация практически е постоянна величина. В такива случаи **k** отчита още и влиянието на вида на кристалната решетка и на големината на повърхността на кристалната фаза. В раздробено състояние на твърдата фаза реакцията протича с по-голяма скорост.

Например: скоростта на процеса:



се означава с израза  $v = k' \cdot c(\text{O}_2)$ . Константата **k'** зависи и от големината на повърхността на въглерода.

