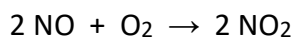


Задача 93 Изразете скоростта на химичната реакция



посредством изменението на концентрацията на всяко от трите вещества. Числено равни ли са така определените скорости? Обосновете отговора си.

Решение:

Основните дефиниции и теоретични постановки върху скорост на реакцията са представени в решението на Задача НХ 092.

Средната скорост на дадената в условието реакция се изразява чрез изменението в молната (моларна) концентрация на всяко от трите вещества за произволен интервал от време, съгласно изразите:

$$\begin{aligned}v_{\text{cp}}(\text{NO}) &= -\frac{\Delta c(\text{NO})}{\Delta t} \quad \text{или} \quad v_{\text{cp}}(\text{NO}) = -\frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t} \\v_{\text{cp}}(\text{O}_2) &= -\frac{\Delta c(\text{O}_2)}{\Delta t} \quad \text{или} \quad v_{\text{cp}}(\text{O}_2) = -\frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} \\v_{\text{cp}}(\text{NO}_2) &= +\frac{\Delta c(\text{NO}_2)}{\Delta t} \quad \text{или} \quad v_{\text{cp}}(\text{NO}_2) = +\frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t}\end{aligned}$$

В изразите с $\Delta c(\dots)$ или $\Delta[\dots]$ е означена промяната в молната концентрация на всеки един от участниците в реакцията за интервала от време Δt . Знакът минус в изразите за средна скорост, определена чрез концентрациите на азотен оксид и кислород, се налага от изискването скоростта на реакцията винаги да е положително число. Средната скорост се измерва $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$.

Скоростта на реакцията може да се определи чрез всеки от посочените изрази.

Скоростите, определени съгласно представените изрази, не са числено равни. Отношението между стехиометричните коефициенти на веществата в брутното уравнение

$$n(\text{NO}) : n(\text{O}_2) : n(\text{NO}_2) = 2 : 1 : 2$$

показва също как се отнасят помежду си средните скорости, определени чрез концентрациите на различните компоненти:

$$v_{\text{cp}}(\text{NO}) : v_{\text{cp}}(\text{O}_2) : v_{\text{cp}}(\text{NO}_2) = 2 : 1 : 2$$

Скоростите, определени чрез промяна в концентрацията на азотния оксид и азотния диоксид са равни и са два пъти по-големи от скоростта, определена чрез промяна в концентрацията на кислорода, съгласно израза:

$$2 \cdot v_{\text{cp}}(\text{O}_2) = v_{\text{cp}}(\text{NO}) = v_{\text{cp}}(\text{NO}_2)$$

Разликата в стойността на скоростите, определени чрез различните компоненти се дължи на това, че за единица време в реакцията участват два пъти повече молове азотен оксид, отколкото са моловете кислород. За същия период от време по

реакцията се получават два пъти повече молове азотен диоксид, сравнени с моловете на взаимодействалия кислород. Моловете на реагиращия азотен оксид за този интервал от време са равни на моловете получен азотен диоксид.

Възможно е средната скорост на всяка реакция да се запише само с един общ израз. Това става като всяка от средните скорости, определени чрез промяна в концентрацията на съответния участник в реакцията, се раздели на стехиометричния коефициент пред веществото в уравнението:

$$v_{\text{cp}} = \frac{1}{2} v_{\text{cp}}(\text{NO}) = v_{\text{cp}}(\text{O}_2) = \frac{1}{2} v_{\text{cp}}(\text{NO}_2)$$

$$v_{\text{cp}} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta c(\text{NO})}{\Delta t} = -\frac{\Delta c(\text{O}_2)}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta c(\text{NO}_2)}{\Delta t}$$

Важна количествена характеристика на всяка химична реакция е нейната скорост. Тя показва бързината, с която се извършва реакцията. Скоростта се измерва с промяната на някоя подходяща величина (концентрация, налягане, обем и др.) за единица време. Най-често в химията се използва промяната в молната (моларна) концентрация Δc на някой от компонентите на реакцията за определен интервал от време Δt . Когато интервалът от време е достатъчно голям дефинираната скорост се нарича средна скорост.

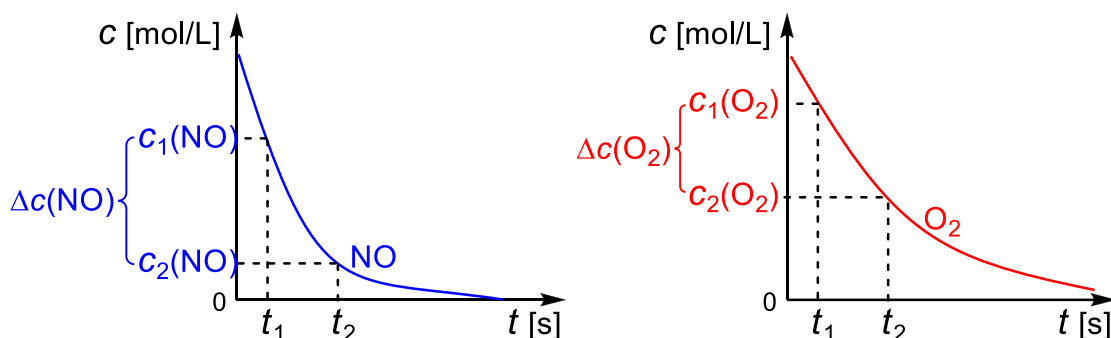
Средната скорост на химична реакция се дефинира с изказа:

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

където $\Delta c = c_2 - c_1$ е промяната в молната концентрация на някой от участниците в реакцията и $\Delta t = t_2 - t_1$ е интервалът от време, за който се определя скоростта, като $t_2 > t_1$.

Средната и моментната скорост се измерва в $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Промяната в молната (моларна) концентрация на кое да е от изходните вещества в реакцията с времето се изразява графично по следния начин:



По определение средната скорост на реакцията, изразена чрез промяна в концентрацията на едно от изходните вещества, азотен оксид, е равна на промяната в концентрацията му $c_2 - c_1$ за интервала от време $t_2 - t_1$:

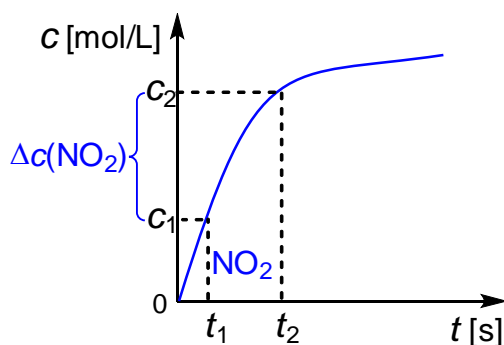
$$v_{\text{cp}}(\text{NO}) = -\frac{c_2(\text{NO}) - c_1(\text{NO})}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta c(\text{NO})}{\Delta t} \quad \text{или} \quad v_{\text{cp}}(\text{NO}) = -\frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t}$$

Концентрацията c_2 , измерена в по-късния момент от началото на реакцията t_2 , е по-малка от c_1 тъй като в хода на реакцията NO реагира и концентрацията му намалява. Тогава разликата $c_2 - c_1$ е отрицателно число, както и частното $\Delta c/\Delta t$. Но по определение скоростта на химичната реакция е винаги положително число. За да се избегне това противоречие пред израза за средна скорост, определена чрез което и да е изходно вещество се поставя знак минус.

Аналогично скоростта на реакцията може да се определи чрез промяна в концентрацията и на другото изходно вещество, кислорода:

$$v_{\text{cp}}(\text{O}_2) = -\frac{c_2(\text{O}_2) - c_1(\text{O}_2)}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta c(\text{O}_2)}{\Delta t} \quad \text{или} \quad v_{\text{cp}}(\text{O}_2) = -\frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t}$$

Графиката за изменение в молната (моларна) концентрация на продукта на реакцията NO_2 с времето има вида:



Концентрациите c_1 и c_2 в съответните моменти t_1 и t_2 се отчитат по графиката. Концентрацията c_2 , определена в по-късния момент от началото на реакцията t_2 е по-голяма от c_1 тъй като азотният диоксид е продукт на реакцията и концентрацията му нараства с течение на времето. Съгласно определението средната скорост на реакцията е:

$$v_{\text{cp}}(\text{NO}_2) = +\frac{c_2(\text{NO}_2) - c_1(\text{NO}_2)}{t_2 - t_1} = +\frac{\Delta c(\text{NO}_2)}{\Delta t} \quad \text{или} \quad v_{\text{cp}}(\text{NO}_2) = +\frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t}$$

Когато се отнася за продукти на реакцията, пред израза $\Delta c/\Delta t$ не се налага поставяне на знак минус. Причината е, че концентрацията c_2 е по-голяма от c_1 и разликата $c_2 - c_1$ е положително число, което определя и положителната стойност на $\Delta c/\Delta t$.