Kurs zadaniowy z chemii

Maturalis i Kamil Kaznowski

Lekcja 7/25 – 16 grudnia 2022 r.

Temat: Kinetyka chemiczna

Zadanie 1.

Reakcja $A + 2B \rightleftarrows C$ przebiega w temperaturze T według równania kinetycznego $v = k \cdot c_A \cdot c_B^2$. Początkowe stężenie substancji A było równe 2 mol · dm^{-3}, a substancji B było równe 3 mol · dm^{-3}. Szybkość początkowa tej reakcji była równa 5,4 mol · dm^{-3} · s^{-1}.

a) Oblicz stałą szybkości reakcji w temperaturze *T*, wiedząc, że dla reakcji przebiegającej według równania kinetycznego $v = k \cdot c_A \cdot c_B^2$ stała szybkości *k* ma jednostkę: mol^{-2} · dm^{6} · s^{-1}.

b) Korzystając z powyższych informacji, oblicz szybkość reakcji w momencie, gdy przereaguje 60% substancji A. Wynik podaj z dokładnością do czwartego miejsca po przecinku.

Obliczenia:

a) $v = k \cdot [A] \cdot [B]^2$

$k = \frac{v}{[A][B]^2} = \frac{5{,}4 \frac{mol}{dm^3 \cdot s}}{2 \frac{mol}{dm^3} \cdot \left(3 \frac{mol}{dm^3}\right)^2} =$

$= 0{,}3 \frac{dm^6}{mol^2 \cdot s}$

b) $2 \cdot 0{,}6 = 1{,}2 \frac{mol}{dm^3}$ przereagowało A

$2 - 1{,}2 = 0{,}8 \frac{mol}{dm^3}$ A

1 mol A — 2 mole B

1,2 mola A — x

x = 2,4 mola B przereagowało

$3 \frac{mol}{dm^3} - 2{,}4 \frac{mol}{dm^3} = 0{,}6 \frac{mol}{dm^3}$ B

$v = 0{,}3 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}6^2 = \boxed{0{,}0864 \frac{mol}{dm^3 \cdot s}}$

Zadanie 2.

Równanie kinetyczne reakcji opisanej równaniem:

$$2NO\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2NO_2\,(g)$$

ma postać:

$$v = k \cdot c_{NO}^2 \cdot c_{O_2}$$

$V = k \cdot c^3$

Na podstawie: J. Sawicka i inni, *Tablice chemiczne*, Gdańsk 2004.

Szybkość reakcji chemicznej v, wyrażona w jednostce: mol · dm^{-3} · s^{-1}, zależy od stężeń molowych substratów reakcji oraz od stałej szybkości reakcji k – współczynnika charakterystycznego dla danej reakcji. Stała szybkości reakcji zależy od temperatury, a nie zależy od stężenia substratów.

$V = k \cdot c^2$

Napisz jednostkę stałej szybkości reakcji k w równaniu kinetycznym opisanej reakcji.

$k = \frac{V}{c^3} = \frac{\frac{mol}{dm^3 \cdot s}}{\left(\frac{mol}{dm^3}\right)^3} = \frac{mol}{dm^3 \cdot s} \cdot \frac{dm^6}{mol^3} = \frac{dm^6}{mol^2 \cdot s} = dm^6 \cdot mol^{-2} \cdot s^{-1}$

W zamkniętym reaktorze o pojemności 2 dm^3 zmieszano 6 moli tlenku azotu(II) i 4 mole tlenu. Podczas reakcji utrzymywano stałą temperaturę T.

$C = \frac{n}{V}$

NO: $\frac{6}{2} = 3\ \frac{mol}{dm^3}$ $\quad O_2$: $\frac{4}{2} = 2\ \frac{mol}{dm^3}$

Oblicz, ile razy zmaleje szybkość opisanej reakcji w stosunku do szybkości początkowej, w momencie, w którym <u>stężenie tlenu</u> zmniejszy się o 1 mol · dm^{-3}.

Obliczenia:

$V_0 = k \cdot 3^2 \cdot 2 = 18k$

O_2: $2\ \frac{mol}{dm^3} - 1\ \frac{mol}{dm^3} = 1\ \frac{mol}{dm^3}$

2 mole NO —— 1 mol O_2 (z równania reakcji)

$2\ \frac{mol}{dm^3}$ NO (przereagowało)

$3\ \frac{mol}{dm^3} - 2\ \frac{mol}{dm^3} = 1\ \frac{mol}{dm^3}$ NO

$V_1 = k \cdot 1^2 \cdot 1 = 1k$

$\frac{18k}{1k} = 18$ Szybkość zmaleje 18 razy.

Zadanie 3.

Reakcja hydrolizy pewnego estru w środowisku zasadowym przebiega zgodnie ze schematem

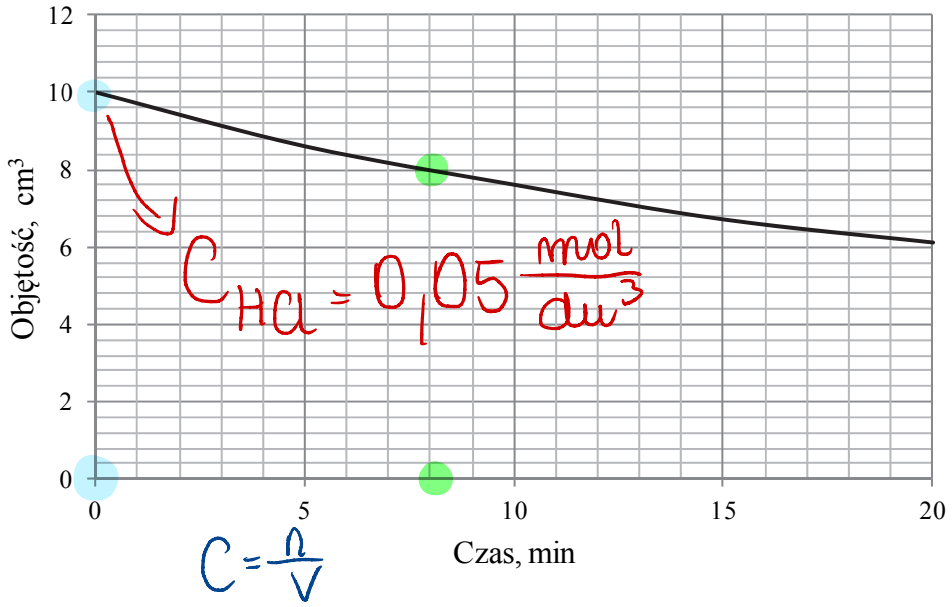
ester — sól kwasu — alkohol

$$R_1COOR_2 + OH^- \rightarrow R_1COO^- + R_2OH$$

Przygotowano roztwór o temperaturze 30 °C, w którym stężenia estru i wodorotlenku sodu były jednakowe i wynosiły 0,05 $mol \cdot dm^{-3}$. W celu zbadania szybkości hydrolizy estru pobierano co 5 minut z badanego roztworu próbkę o objętości 10 cm^3 i oznaczano ilość znajdującego się w niej wodorotlenku sodu. Wykorzystano w tym celu reakcję wodorotlenku sodu z kwasem solnym.

$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

Zależność objętości użytego kwasu solnego w funkcji czasu trwania eksperymentu przedstawiono na poniższym wykresie.



Oblicz, ile cm^3 kwasu solnego zostanie zużytych na zobojętnienie wodorotlenku sodu w próbce o objętości 10 cm^3, w której uległo hydrolizie 20% estru. Wynik zaokrąglij do jedności.

NaOH

Obliczenia:

$0{,}05 \frac{mol}{dm^3} \cdot 0{,}2 = 0{,}01 \frac{mol}{dm^3}$ przereagowało

$0{,}05 - 0{,}01 = 0{,}04 \frac{mol}{dm^3}$ NaOH

$n = C \cdot V = 0{,}04 \frac{mol}{dm^3} \cdot 0{,}01\ dm^3 = 0{,}0004$ mola NaOH

$0{,}0004$ mol HCl

$V = \frac{n}{C} = \frac{0{,}0004\ mol}{0{,}05\ \frac{mol}{dm^3}} = 0{,}008\ dm^3 \rightarrow 8\ cm^3$

Odczytaj z wykresu czas, po którym w próbce pobranej do analizy uległo hydrolizie 20% początkowej ilości estru.

8 minut

Zadanie 4.

Reakcja przebiega według równania sumarycznego: $2\ A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow C_{(g)} + D_{(g)}$

Równanie kinetyczne reakcji można przedstawić zapisem: $v = k \cdot [A] \cdot [B]$

Oblicz, jak zmieni się szybkość tej reakcji, jeżeli stężenie reagenta A zmaleje o 80%. Stężenie początkowe reagentów wynoszą:

$[A] = 1\ mol \cdot dm^{-3}$, $[B] = 0{,}5\ mol \cdot dm^{-3}$, a stała szybkości k reakcji wynosi $0{,}01\ dm^{6} \cdot mol^{-2} \cdot s^{-1}$.

Obliczenia:

Zadanie 5.

Przeprowadzono reakcję rozkładu substancji A, której przebieg ilustruje równanie reakcji:

$$A_{(g)} \rightarrow B_{(g)} + C_{(g)}$$

Szybkość reakcji maleje w czasie jej trwania, a jej szybkość w dowolnym momencie jej przebiegu opisywana jest przez równanie kinetyczne: $v = k \cdot [A]$

Stała szybkości k pozostaje niezmienna w trakcie biegu reakcji i przyjmuje wartość $k = 0{,}1\ s^{-1}$.

Oblicz, ile moli substancji A pozostanie w naczyniu zamkniętym o objętości 1 dm^3 po upływie 3 sekund od chwili zainicjowania reakcji, jeżeli wiesz, że do naczynia wprowadzono 0,5 mola substancji A.

Obliczenia:

$V_1 = 0{,}1 \cdot 0{,}5 = 0{,}05 \frac{mol}{dm^3 \cdot s}$

n (po 1 sekundzie) $= 0{,}5 - 0{,}05 = 0{,}45$ mola

$V_2 = 0{,}1 \cdot 0{,}45 = 0{,}045 \frac{mol}{dm^3 \cdot s}$

n (po 2 sekundzie) $= 0{,}45 - 0{,}045 = 0{,}405$ mola

$V_3 = 0{,}1 \cdot 0{,}405 = 0{,}0405 \frac{mol}{dm^3 \cdot s}$

n (po 3 sekundzie) $= 0{,}405 - 0{,}0405 = 0{,}3645$ mola

Zadanie 6.

a) Dana jest reakcja chemiczna przebiegająca w układzie jednofazowym:

$A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow C_{(g)} + D_{(g)}$

Stężenie reagenta D przyrasta w czasie i osiąga wartość 0,25 $mol \cdot dm^{-3}$ po upływie 16 sekund od momentu zainicjowania reakcji.

Oblicz średnią szybkość reakcji w zadanym przedziale czasu.

b) Dana jest reakcja chemiczna przebiegająca w układzie homogenicznym:

$A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow C_{(g)} + D_{(g)}$

Zmierzono przyrost stężenia substratu A i stwierdzono, że jego stężenie zmalało z ilości 1,5 $mol \cdot dm^{-3}$ do wartości 1 $mol \cdot dm^{-3}$ pomiędzy 4. a 28. sekundą przebiegu reakcji.

Oblicz średnią szybkość reakcji w zadanym przedziale czasu.

Obliczenia:

$A + B \rightarrow C + D$

$$v = -\frac{\Delta c_A}{\Delta t} = -\frac{\Delta c_B}{\Delta t} = \frac{\Delta c_C}{\Delta t} = \frac{\Delta c_D}{\Delta t}$$

a)

$c_1 = 0$, $c_2 = 0{,}25$ } $\Delta c = c_2 - c_1 = 0{,}25 \frac{mol}{dm^3}$

$t_1 = 0$, $t_2 = 16$ } $\Delta t = t_2 - t_1 = 16\ s$

$$v = \frac{0{,}25}{16} = 0{,}015625 \frac{mol}{dm^3 \cdot s}$$

b)

$c_1 = 1{,}5$, $c_2 = 1$ } $\Delta c = c_2 - c_1 = -0{,}5 \frac{mol}{dm^3}$

$t_1 = 4s$, $t_2 = 28s$ } $\Delta t = 28 - 4 = 24\ s$

$$v = -\frac{-0{,}5}{24} = 0{,}02083 \frac{mol}{dm^3 \cdot s}$$

Zadanie 7.

a) **Ustal, ile razy wzrośnie szybkość reakcji po zwiększeniu temperatury z 10°C do 70°C, jeżeli wiesz, że wzrost temperatury o 10 stopni dla tej reakcji zwiększa jej szybkość 2-krotnie.**

b) **Oblicz, ile razy zmaleje szybkość reakcji *v* po zmniejszeniu temperatury prowadzenia procesu z 320 K do 280 K, jeżeli wiesz, że wzrost temperatury o 10 stopni dla tej reakcji zwiększa jej szybkość 3-krotnie.**

Obliczenia:

Zadanie 8.

a) Pewna reakcja chemiczna zachodzi zgodnie z równaniem:

$A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow C_{(g)}$ $V = k \cdot [A] \cdot [B]$

Reakcję badano pod kątem jej mechanizmu, a zebrane dane przedstawiono w tabeli.

Pomiar	A $[mol \cdot dm^{-3}]$	B $[mol \cdot dm^{-3}]$	v $[mol \cdot dm^{-3} \cdot s^{-1}]$
1	0,1	0,1	$1 \cdot 10^{-5}$
2	0,1	0,2	$4 \cdot 10^{-5}$
3	0,2	0,1	$1 \cdot 10^{-5}$

Zaproponuj równanie kinetyczne reakcji chemicznej.

$V = k \cdot [B]^2$

.....

b) Dana jest reakcja o zapisie:

$A_{(g)} + B_{(g)} + C_{(g)} \rightarrow D_{(g)}$ $V = k \cdot [A] \cdot [B] \cdot [C]$

Reakcję badano pod kątem jej mechanizmu, a zebrane dane przedstawiono w tabeli.

Pomiar	A $[mol \cdot dm^{-3}]$	B $[mol \cdot dm^{-3}]$	C $[mol \cdot dm^{-3}]$	v $[mol \cdot dm^{-3} \cdot s^{-1}]$
1	0,10	0,10	0,10	$1{,}00 \cdot 10^{-3}$
2	0,10	0,10	0,20	$4{,}00 \cdot 10^{-3}$
3	0,20	0,10	0,10	$1{,}00 \cdot 10^{-3}$
4	0,10	0,20	0,10	$2{,}00 \cdot 10^{-3}$

Zaproponuj równanie kinetyczne reakcji chemicznej.

$V = k \cdot [C]^2 \cdot [B]$

.....

c) Pewna reakcja chemiczna zachodzi zgodnie z równaniem:

$2\ H_{2(g)} + 2\ NO_{(g)} \rightarrow 2\ H_2O_{(g)} + N_{2(g)}$

Reakcję badano pod kątem jej mechanizmu, a zebrane dane przedstawiono w tabeli.

Pomiar	H_2 $[mol \cdot dm^{-3}]$	NO $[mol \cdot dm^{-3}]$	v $[mol \cdot dm^{-3} \cdot s^{-1}]$
1	$2 \cdot 10^{-2}$	$2{,}5 \cdot 10^{-2}$	$4{,}8 \cdot 10^{-2}$
2	$2 \cdot 10^{-2}$	$1{,}25 \cdot 10^{-2}$	$2{,}4 \cdot 10^{-2}$
3	$1 \cdot 10^{-2}$	$1{,}25 \cdot 10^{-2}$	$0{,}6 \cdot 10^{-2}$

Zaproponuj równanie kinetyczne reakcji chemicznej.

$V = k \cdot [NO] \cdot [H_2]^2$

.....

Zadanie 9.

a) Przykładem reakcji katalizowanej jest synteza bromku nitrozylu.

- Równanie reakcji bez udziału katalizatora:
  $2\ NO + Br_2 \rightarrow 2\ NOBr$
- Równania reakcji z udziałem katalizatora:
  $2\ NO + Cl_2 \rightarrow 2\ NOCl$
  $2\ NOCl + Br_2 \rightarrow 2\ NOBr + Cl_2$

Wskaż wzór katalizatora oraz wzór (lub wzory) produktu pośredniego.

Katalizator: ..Cl_2.. Produkt pośredni: ..NOCl..

b) Pewna reakcja przebiega w obecności katalizatora w etapach podanych poniżej:

- $Pt + O_2 \rightarrow PtO_2$
- $SO_2 + PtO_2 \rightarrow SO_3 + PtO$
- $SO_2 + PtO \rightarrow SO_3 + Pt$

$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$

Wskaż wzór katalizatora oraz wzór (lub wzory) produktu pośredniego.

Katalizator: ..Pt.. Produkt pośredni: ..PtO_2, PtO..

c) Pewna reakcja przebiega w obecności katalizatora w etapach podanych poniżej:

- $2\ CO + 2\ NO_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 2\ NO$
- $2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$

Wskaż wzór katalizatora oraz wzór (lub wzory) produktu pośredniego.

Katalizator: ..NO_2.. Produkt pośredni: ..NO..

Zadanie 10.
Wyznacz równanie kinetyczne reakcji spalania bromowodoru w tlenie, jeżeli wiesz, że mechanizm przebiegu reakcji ilustruje 4 zachodzące kolejno etapy:

Równanie reakcji sumaryczne:
$4\ HBr_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\ Br_{2(g)} + 2\ H_2O_{(g)}$

$V = k \cdot [HBr]^4 \cdot [O_2]$

Szczegółowy mechanizm reakcji:

- Etap 1 – etap wolny $1\ HBr + 1\ O_2 \rightarrow HOOBr$
- Etap 2 – etap szybki $HBr + HOOBr \rightarrow 2\ HOBr$
- Etap 3 – etap szybki $HOBr + HBr \rightarrow Br_2 + H_2O$
- Etap 4 – etap szybki $HOBr + HBr \rightarrow Br_2 + H_2O$

$V = k \cdot [HBr] \cdot [O_2]$

.....

Zadanie 11.
Określ, jak zmieni się szybkość reakcji **jednoetapowych** zachodzących zgodnie z równaniami:

a) $2\ NO_{2(g)} \rightarrow N_2O_{4(g)}$
jeżeli reakcja przeprowadzona zostanie w naczyniu o dwukrotnie mniejszej objętości.

.....

.....

.....

.....

b) $2\ O_{3(g)} \rightarrow 3\ O_{2(g)}$
jeżeli reakcja przeprowadzona zostanie w naczyniu o trzykrotnie większej objętości.

.....

.....

.....