Kurs zadaniowy z chemii

Maturalis i Kamil Kaznowski

Lekcja 8/25 – 2 stycznia 2023 r.

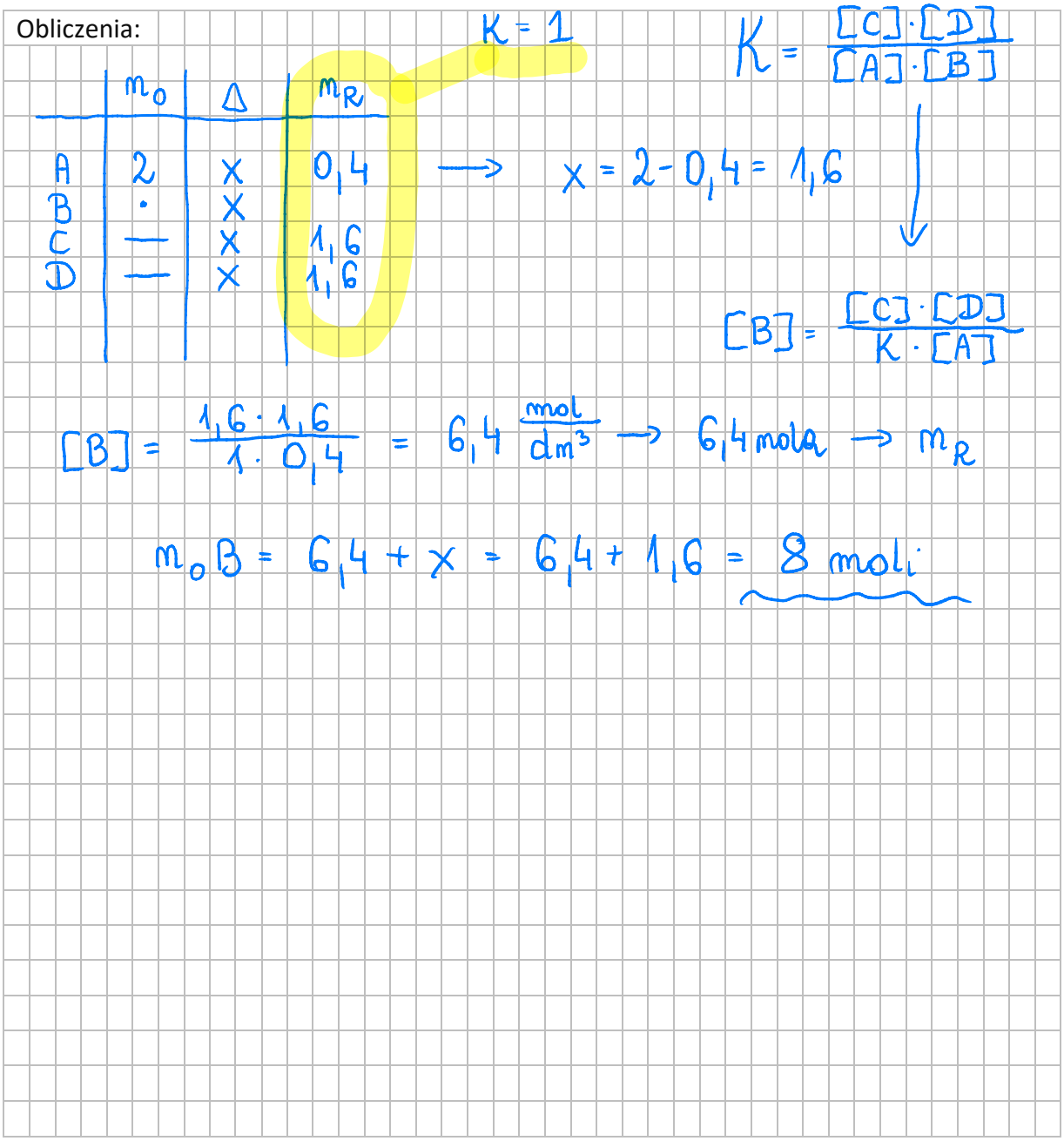
Temat: Stan równowagi dynamicznej

Zadanie 1.

W reaktorze o objętości 1 dm^3 przebiegła przemiana zgodnie z równaniem A + B ⇄ C + D. Do reakcji użyto 2 mole substancji A i nadmiar substancji B. Po ustaleniu się stanu równowagi stwierdzono, że w mieszaninie poreakcyjnej znajduje się 0,4 mola substancji A. Stała równowagi tej reakcji w temperaturze prowadzenia procesu jest równa 1.

Oblicz, ile moli substancji B użyto do tej reakcji. Wynik podaj z dokładnością do liczby całkowitej.

Obliczenia:



Zadanie 2.

W reaktorze o objętości 1 dm^3 przebiega w stałej temperaturze *T* reakcja opisana schematem

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftarrows 2C_{(g)} + D_{(g)}$$

Po zmieszaniu substratów A i B w stosunku molowym 1 : 1 zainicjowano reakcję. W mieszaninie równowagowej stężenie substancji D było równe 2 $mol \cdot dm^{-3}$, a stosunek stężeń molowych reagentów B i C wynosił [B]:[C] = 1 : 2,3.

Oblicz stałą równowagi tej reakcji w temperaturze *T*. Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

Obliczenia:

	n_0	Δ	n_R
A		x	1,74
B		x	1,74
C	—	2x	4
D	—	x	2

$\rightarrow x = 2$

$[B] : [C]$

$1 : 2,3$

$y : 4$

$y = 1,74 = [B]$

$$K = \frac{[C]^2 \cdot [D]}{[A] \cdot [B]}$$

$$K = \frac{4^2 \cdot 2}{1,74 \cdot 1,74} = 10,57$$

Samodzielne !

Zadanie 3.

W temperaturze T stała równowagi reakcji odwracalnej: $2A + B_2 \rightleftarrows 2AB$, zachodzącej w fazie gazowej, w układzie o objętości 1 dm^3, jest równa 2,25. Początkowe stężenie substancji A wynosiło 4 $mol \cdot dm^{-3}$.

Oblicz, ile moli substancji B_2 należy wprowadzić do układu, aby 60% substancji A uległo przemianie do związku AB.

Obliczenia:

$K = 2,25$

$4 \cdot 0,6 = 2,4$ mol A przereagowało

$4 - 2,4 = 1,6$ mola A zostało

	Co	Δ	Cr
A	4	2x	1,6
B_2	·	x	
AB	—	2x	2,4

$2x = 2,4$

$x = 1,2$

$K = \frac{[AB]^2}{[A]^2 \cdot [B_2]}$

$[B_2] = \frac{[AB]^2}{K \cdot [A]^2}$

$[B_2] = \frac{2,4^2}{2,25 \cdot 1,6^2}$

$[B_2] = 1$

$[B_2]_0 = 1 + x = 1 + 1,2 = 2,2 \frac{mol}{dm^3}$

↓

2,2 mola

Zadanie 4.

Dwa gazy A i B zmieszane w stosunku molowym $n_A : n_B = 1 : 4$ (5) zajmują w warunkach normalnych objętość 1 dm^3. Tę mieszaninę umieszczono w reaktorze o stałej pojemności 1 dm^3 i w temperaturze T zainicjowano reakcję. W tej temperaturze ustalił się stan równowagi opisany równaniem:

$$A\,(g) + 2B\,(g) \rightleftarrows 2C\,(g) \qquad \Delta H < 0$$

W stanie równowagi stężenie substancji C było równe 0,004 mol · dm^{-3}.

Oblicz K.

Obliczenia:

	n_0	Δ	n_R
A	0,009	x	
B	0,036	2x	
C	—	2x	0,004

$n_R A = 0,009 - x = 0,007$

$n_R B = 0,036 - 2x = 0,032$

$2x = 0,004$

$x = 0,002$

$K = \frac{[C]^2}{[A] \cdot [B]^2}$

$22,4\ dm^3$ — 1 mol

$1\ dm^3$ — x

$x = 0,045$ mol A i B

$K = \frac{0,004^2}{0,007 \cdot 0,032^2}$

$K = 2,23$

$0,045 : 5 = 0,009$

$n_0 A = 0,009$

$n_0 B = 4 \cdot 0,009 = 0,036$

Zadanie 5.

W reaktorze o stałej pojemności znajdowały się tlenek węgla(II) i para wodna zmieszane w stosunku masowym 1 : 1, a sumaryczna liczba moli tych reagentów była równa 20. Stężeniowa stała równowagi reakcji

$$CO\,(g) + H_2O\,(g) \rightleftarrows CO_2\,(g) + H_2\,(g)$$

w warunkach prowadzenia procesu wynosi 1.

Oblicz, ile moli wodoru znajdowało się w reaktorze po osiągnięciu stanu równowagi przez układ.

Obliczenia:

$K = 1$

Zakładam $10\,g\ CO$ i $10\,g\ H_2O$

$M_{CO} = 28\,g/mol$

$M_{H_2O} = 18\,g/mol$

$28\,g$ — $1\,mol$; $10\,g$ — x ; $x = 0{,}36\,mol\ CO$

$18\,g$ — $1\,mol$; $10\,g$ — x ; $x = 0{,}56\,mol\ H_2O$

$n = 0{,}36 + 0{,}56 = 0{,}92\,mol$

$0{,}36\,mol\ CO$ — $0{,}92\,mola$

x — $20\,moli$

$x = 7{,}83\,mol\ CO$

$20 - 7{,}83 = 12{,}17\,mola\ H_2O$

	n_0	Δ	n_R
CO	$7{,}83$	x	$7{,}83 - x$
H_2O	$12{,}17$	x	$12{,}17 - x$
CO_2	—	x	x
H_2	—	x	x

$$K = \frac{[CO_2]\cdot[H_2]}{[CO][H_2O]}$$

$$1 = \frac{x \cdot x}{(7{,}83 - x)(12{,}17 - x)}$$

$$x^2 = 95{,}29 - 7{,}83x - 12{,}17x + x^2$$

$$-95{,}29 = -20x$$

$$x = 4{,}76$$

$4{,}76\ mola$

Zadanie 6.

W wysokiej temperaturze tlenki żelaza można zredukować wodorem do metalicznego żelaza. Redukcja tlenku Fe_3O_4 przebiega zgodnie z równaniem:

$$Fe_3O_4(s) + 4H_2(g) \rightleftarrows 3Fe(s) + 4H_2O(g)$$

$$K = \frac{[H_2O]^4}{[H_2]^4}$$

Z reaktora o pojemności $8{,}0\ dm^3$, zawierającego $420\ g$ tlenku Fe_3O_4, odpompowano powietrze i wprowadzono $6{,}0\ g$ wodoru. Zawartość reaktora ogrzano do temperatury T, w której stała równowagi powyższej reakcji wynosi $0{,}20$.

Oblicz stężenie pary wodnej w reaktorze po ustaleniu się stanu równowagi oraz masę otrzymanego żelaza.

Obliczenia:

$M_{H_2} = 2\ g/mol$

$K = 0{,}2$

	C_0	Δ	C_R
H_2	$0{,}375$	$4x$	$0{,}375 - 4x$
H_2O	—	$4x$	$4x$

$2\ g$ — $1\ mol$

$6\ g$ — x

$x = 3\ mole\ H_2$

$C_{H_2} = \frac{n}{V} = \frac{3}{8} = 0{,}375\ \frac{mol}{dm^3}$

$$0{,}2 = \frac{(4x)^4}{(0{,}375 - 4x)^4}$$

$$\sqrt[4]{0{,}2} = \frac{4x}{0{,}375 - 4x}$$

$$0{,}67 = \frac{4x}{0{,}375 - 4x}$$

$$0{,}67(0{,}375 - 4x) = 4x$$

$$0{,}25125 - 2{,}68x - 4x = 0$$

$$-6{,}68x = -0{,}25125$$

$$x = 0{,}038$$

$[H_2O] = 4x = 4 \cdot 0{,}038 = 0{,}152\ \frac{mol}{dm^3}$

$C = \frac{m}{V} \Rightarrow m = C \cdot V$

$m_{H_2O} = 0{,}152 \cdot 8 = 1{,}216\ mol$

$3\ mole\ Fe$ — $4\ mole\ H_2O$

x — $1{,}216\ mol$

$x = 0{,}912\ mol\ Fe$

$M_{Fe} = 56\ g/mol$

$56\ g$ — $1\ mol$

x — $0{,}912\ mol$

$x = 51{,}072\ g\ Fe$

Zadanie 7.

Skład mieszaniny można wyrazić za pomocą ułamków molowych. Ułamek molowy składnika A, $x_n(\mathrm{A})$, to iloraz liczby moli tego składnika, n_A, i sumy liczb moli wszystkich składników mieszaniny. Np. dla mieszaniny trójskładnikowej A, B, C:

$$x_n(\mathrm{A}) = \frac{n_\mathrm{A}}{n_\mathrm{A} + n_\mathrm{B} + n_\mathrm{C}}$$

W pewnych warunkach ciśnienia i temperatury sporządzono mieszaninę dwóch gazowych substancji: wodoru i jodu, w zamkniętym reaktorze o objętości V = 20,0 dm^3.

Po zainicjowaniu procesu opisanego równaniem:

$$\mathrm{H_2\ (g) + I_2\ (g) \rightleftarrows 2HI\ (g)} \qquad \Delta H = 26{,}5\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{mol\ HI\ (g)}}$$

uzyskano w stanie równowagi mieszaninę o składzie: $m(\mathrm{I_2})$ = 381 g, $n(\mathrm{HI})$ = 1,50 mol oraz pewną ilość wodoru. Sumaryczna liczba moli wszystkich składników uzyskanej mieszaniny równowagowej wynosiła 6,00 moli.

Oblicz wartość stężeniowej stałej równowagi reakcji syntezy jodowodoru w warunkach temperatury i ciśnienia, w których wykonano pomiar, oraz oblicz skład początkowej mieszaniny substratów reakcji w ułamkach molowych.

Obliczenia:

$m_{I_2} = 254$ g/mol

254 g — 1 mol

381 g — x

x = 1,5 mol I_2

6 − 1,5 − 1,5 = 3 mole H_2

1,5 mola HI

$[I_2] = \frac{n}{V} = \frac{1{,}5}{20} = 0{,}075$

$[H_2] = \frac{n}{V} = \frac{3}{20} = 0{,}15$

$[HI] = \frac{n}{V} = \frac{1{,}5}{20} = 0{,}075$

$K = \frac{[HI]^2}{[H_2]\cdot[I_2]}$

$K = \frac{0{,}075^2}{0{,}15 \cdot 0{,}075} = \frac{0{,}005625}{0{,}01125}$

$K = 0{,}5$

$n_o H_2 = 3 + x = 3{,}75$ mola

$n_o I_2 = 1{,}5 + x = 2{,}25$ mola

$\frac{3{,}75}{3{,}75+2{,}25} = 0{,}625$ (dla H_2)

$\frac{2{,}25}{3{,}75+2{,}25} = 0{,}375$ (dla I_2)

	n_o	Δ	n_R
H_2		x	3
I_2		x	1,5
HI	—	2x	1,5

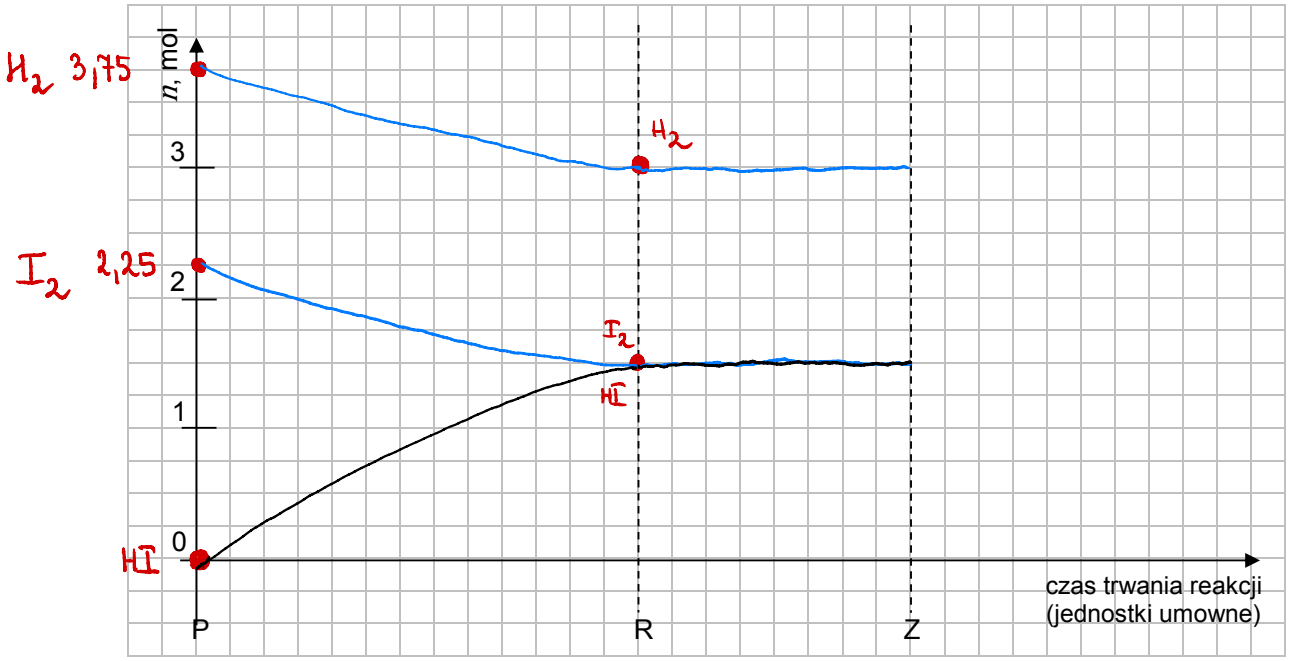
$2x = 1{,}5$

$x = 0{,}75$

maturalis kaznowski.maturalnie maturalis.pl kurskaznowski.pl

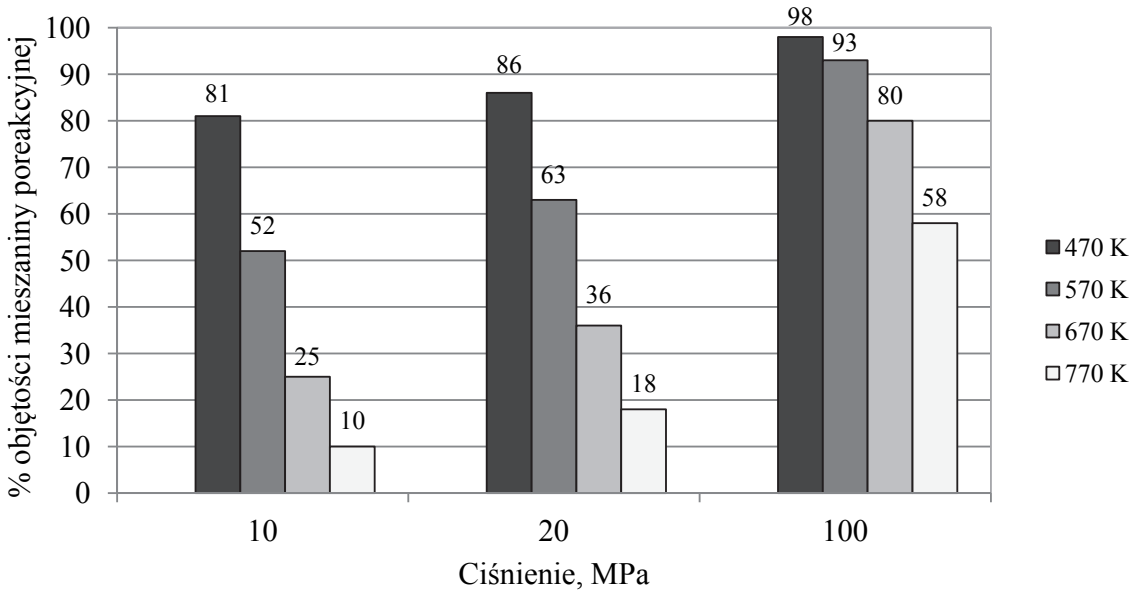
$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$

Narysuj wykres przedstawiający zmiany liczby moli wszystkich reagentów w czasie trwania reakcji: od momentu rozpoczęcia eksperymentu – P, przez moment, w którym układ osiągnął stan równowagi – R, do momentu zakończenia eksperymentu – Z. W tym celu narysuj trzy krzywe obrazujące zmiany liczb moli reagentów i wprowadź oznaczenia tych krzywych: $n(H_2)$, $n(I_2)$ oraz $n(HI)$.



Zadanie 8.

W wyniku pewnej odwracalnej reakcji chemicznej z dwóch substratów powstaje jeden produkt. Przemiana przebiega w fazie gazowej, co oznacza, że oba substraty i produkt są gazami. Reakcję tę przeprowadzono w zamkniętym reaktorze przy użyciu stechiometrycznych ilości substratów w różnych temperaturach i pod różnym ciśnieniem. Na poniższym diagramie przedstawiono, jaki procent objętości mieszaniny poreakcyjnej w reaktorze stanowiła objętość produktu tej reakcji w zależności od warunków temperatury i ciśnienia, w jakich przebiegała.



Na podstawie: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 2010.

Na podstawie analizy diagramu określ, czy w czasie opisanej reakcji układ oddaje energię do otoczenia, czy przyjmuje ją od otoczenia. Odpowiedź uzasadnij.

Układ przekazuje energię do otoczenia, ponieważ ze wzrostem temperatury wydajność reakcji maleje.

Na podstawie analizy diagramu określ, czy w równaniu stechiometrycznym opisanej reakcji łączna liczba moli substratów jest mniejsza, czy – większa od liczby moli produktu, czy też – równa liczbie moli produktu. Odpowiedź uzasadnij.

Liczba moli substratów jest większa od liczby moli produktu, ponieważ ze wzrostem ciśnienia wydajność reakcji rośnie.

Spośród reakcji, których równania przedstawiono poniżej, wybierz tę, do której mógłby odnosić się przedstawiony diagram. Zaznacz wybraną odpowiedź.

A. $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftarrows 2HCl(g)$ $\Delta H < 0$

B. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftarrows 2HI(g)$ $\Delta H > 0$

C. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftarrows 2NH_3(g)$ $\Delta H < 0$

D. $2Cl_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2Cl_2O(g)$ $\Delta H > 0$

Zadanie 9.

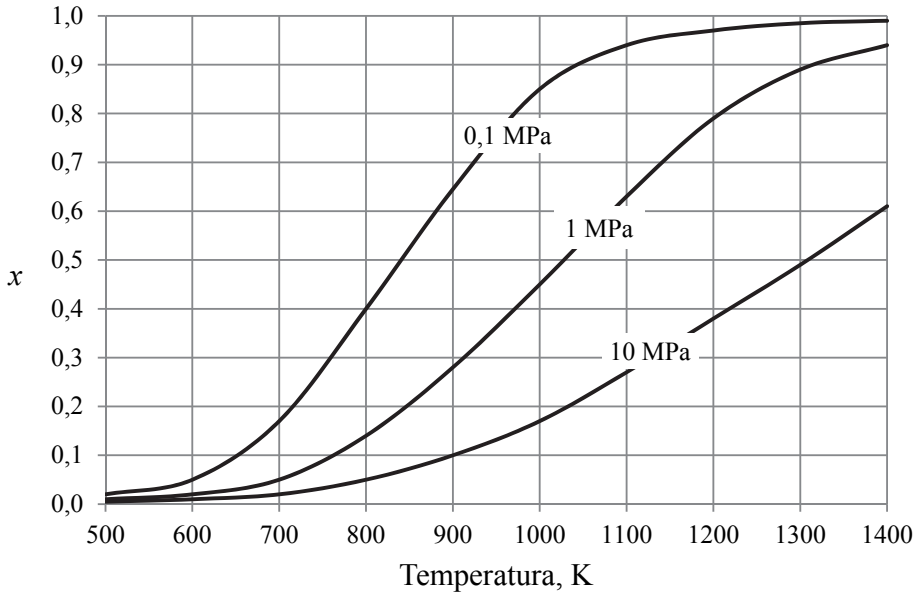
W wysokiej temperaturze może zachodzić rozkład metanu na substancje proste zgodnie z równaniem:

$$CH_4\,(g) \rightleftarrows C\,(s) + 2H_2\,(g)$$

Miarą wydajności tej reakcji jest równowagowy stopień przemiany metanu x, który wyraża się wzorem:

$$x = \frac{n_0[CH_4] - n[CH_4]}{n_0[CH_4]}$$

W tym wzorze $n_0[CH_4]$ oznacza początkową liczbę moli metanu, a $n[CH_4]$ – liczbę moli tego gazu pozostałego po ustaleniu się stanu równowagi. Poniżej przedstawiono zależność równowagowego stopnia przemiany metanu x od temperatury dla trzech wartości ciśnienia.



Na podstawie: P. Schmidt-Szałowski, M. Szafran, E. Bobryk, J. Sentek, *Technologia chemiczna. Przemysł nieorganiczny*, Warszawa 2013.

Określ, czy ΔH opisanej reakcji rozkładu metanu jest większa od zera, czy – mniejsza od zera. Odpowiedź uzasadnij.

$\Delta H > 0$ (endo), ponieważ ze wzrostem temperatury rośnie wydajność reakcji

Wyjaśnij, dlaczego wydajność opisanej reakcji maleje ze wzrostem ciśnienia.

Ponieważ w równaniu liczba moli gazowego substratu jest mniejsza niż liczba moli gazowego produktu.