Úloha 2-20 Dílčí řády reakce, izolační metoda

Reakce **X(g) + Y(g) = ν_R R(g)** probíhá v ideálním plynném systému. Z výsledků experimentů za konstantní teploty a objemu, uvedených v následující tabulce, určete řády reakce vzhledem k jednotlivým složkám, napište rychlostní rovnici a vypočítejte hodnotu rychlostní konstanty.

p_{X0} = 16 kPa		p_{Y0} = 130 kPa	
p_{Y0} /Pa	$\tau_{1/2}$ /s	p_{X0} /Pa	$\tau_{1/2}$ /s
200	22,7	3	7360
130	18,3	6	5200

$$\left[-\frac{dp_X}{d\tau} = -\frac{dp_Y}{d\tau} = \frac{dp_R}{\nu_R\, d\tau} = k_p \cdot p_X^{1,5} \cdot p_Y^{0,5};\ k_p = 1{,}8\cdot 10^{-7}\ \text{Pa}^{-1}\ \text{s}^{-1}\right]$$

Řešení

1. konstantní p_{X0} = 16 kPa = $1{,}6\cdot10^4$ Pa

$$-\frac{dp_X}{d\tau} = -\frac{dp_Y}{d\tau} = \frac{dp_R}{\nu_R\, d\tau} = \underbrace{k_p \cdot p_{X0}^{\alpha}}_{k_p'} \cdot p_Y^{\beta} = k_p' \cdot p_Y^{\beta} \qquad \left[k_p'\right] = \left[\frac{\text{Pa s}^{-1}}{\text{Pa}^{\beta}} = \text{Pa}^{1-\beta}\ \text{s}^{-1}\right]$$

poločas: $$\tau_{1/2} = \frac{2^{\beta-1}-1}{k_p' \cdot (\beta-1)} \cdot p_{Y0}^{1-\beta} \Rightarrow 1-\beta = \frac{\ln\frac{(\tau_{1/2})_1}{(\tau_{1/2})_2}}{\ln\frac{(p_{Y0})_1}{(p_{Y0})_2}} = \frac{\ln\frac{22{,}7}{18{,}3}}{\ln\frac{200}{130}} = 0{,}50017 \Rightarrow \beta = 0{,}5$$

$$\frac{2^{0,5-1}-1}{k_p' \cdot (0{,}5-1)} = \frac{(\tau_{1/2})_1}{(p_{Y0})_1^{0,5}} = \frac{22{,}7}{200^{0,5}} = 1{,}60513$$

$$k_p' = \frac{2^{-0,5}-1}{1{,}60513 \cdot (-0{,}5)} = 0{,}364946\ \ \text{Pa}^{0,5}\ \text{s}^{-1}$$

2. konstantní p_{Y0} = 130 kPa = $1{,}3\cdot10^5$ Pa

$$-\frac{dp_X}{d\tau} = -\frac{dp_Y}{d\tau} = \frac{dp_R}{\nu_R\, d\tau} = \underbrace{k_p \cdot p_{Y0}^{\beta}}_{k_p''} \cdot p_X^{\alpha} = k_p'' \cdot p_X^{\alpha} \qquad \left[k_p''\right] = \left[\frac{\text{Pa s}^{-1}}{\text{Pa}^{\alpha}} = \text{Pa}^{1-\alpha}\ \text{s}^{-1}\right]$$

poločas: $$\tau_{1/2} = \frac{2^{\alpha-1}-1}{k_p'' \cdot (\alpha-1)} \cdot p_{X0}^{1-\alpha} \Rightarrow 1-\alpha = \frac{\ln\frac{(\tau_{1/2})_1}{(\tau_{1/2})_2}}{\ln\frac{(p_{X0})_1}{(p_{X0})_2}} = \frac{\ln\frac{7360}{5200}}{\ln\frac{3}{6}} = -0{,}5 \Rightarrow \alpha = 1{,}5$$

$$\frac{2^{1,5-1}-1}{k_p'' \cdot (1{,}5-1)} = \frac{(\tau_{1/2})_1}{(p_{X0})_1^{(1-1,5)}} = \frac{7360}{3^{(-0,5)}} = 12747{,}89$$

$$k_p'' = \frac{2^{0,5}-1}{12747{,}894 \cdot (0{,}5)} = 6{,}49854\cdot10^{-5}\ \text{Pa}^{-0,5}\ \text{s}^{-1}$$

$$k_p' = 0{,}36495 = k_p \cdot p_{X0}^{\alpha} = k_p \cdot (1{,}6\cdot10^4)^{1,5} \Rightarrow k_p = \frac{0{,}36495}{(1{,}6\cdot10^4)^{1,5}} = 1{,}80324\cdot10^{-7}\ \text{Pa}^{-1}\ \text{s}^{-1}$$

$$\left[k_p\right] = \left[\frac{\text{Pa}^{0,5}\ \text{s}^{-1}}{\text{Pa}^{1,5}} = \text{Pa}^{-1}\ \text{s}^{-1}\right]$$

$$k''_p = 6,49854\cdot 10^{-5} = k_p \cdot p_{Y0}^{\beta} = k_p \cdot (1,3\cdot 10^5)^{0,5} \quad \Rightarrow \quad k_p = \frac{6,49854\cdot 10^{-5}}{(1,3\cdot 10^5)^{0,5}} = 1,80237\cdot 10^{-7}\ \mathrm{Pa^{-1}\ s^{-1}}$$

$$\left[k_p\right] = \left[\frac{\mathrm{Pa^{-0,5}\ s^{-1}}}{\mathrm{Pa^{0,5}}} = \mathrm{Pa^{-1}\ s^{-1}}\right]$$

střední hodnota $k_p = 1,803\cdot 10^{-7}\ \mathrm{Pa^{-1}\ s^{-1}}$

Rychlostní rovnice:

$$-\frac{\mathrm{d}p_\mathrm{X}}{\mathrm{d}\tau} = -\frac{\mathrm{d}p_\mathrm{Y}}{\mathrm{d}\tau} = \frac{\mathrm{d}p_\mathrm{R}}{\nu_\mathrm{R}\ \mathrm{d}\tau} = k_p \cdot p_\mathrm{X}^{1,5} \cdot p_\mathrm{Y}^{0,5}$$