

16. ADSORPCE

01	Gibbsova adsorpční izoterma.....	1
02	Gibbsova adsorpční izoterma.....	1
03	Výpočet konstant Langmuirovy adsorpční izotermy.....	2
04	Langmuirova adsorpční izoterma, výpočet plochy povrchu.....	2
05	Langmuirova izoterma.....	2
06	Freundlichova izoterma.....	2
07	Diferenciální (izosterické) adsorpční teplo.....	2
08	Freundlichova izoterma.....	3
09	Freundlichova izoterma.....	3
10	Adsorpce z roztoku, Langmuirova izoterma.....	3

$$\Gamma_{2,1} = -\frac{1}{RT} \left(\frac{d\gamma}{d \ln c_2} \right)_{T,p} = -\frac{c_2}{RT} \left(\frac{d\gamma}{dc_2} \right)_{T,p} \quad ; \quad \Gamma_{2,1} = \frac{1}{\mathcal{A}} \left(n_2^s - \frac{n_2}{n_1} n_1^s \right)$$

$$a = k \cdot p^{1/n}$$

$$a = a_m \frac{b \cdot p}{1 + b \cdot p} \quad , \quad \frac{p}{a} = \frac{1}{b \cdot a_m} + \frac{p}{a_m} \quad , \quad \mathcal{A}_{sp} = a_m \cdot \sigma \cdot N_A$$

$$\left(\frac{\partial \ln p}{\partial T} \right)_a = -\frac{Q_{dif}(a)}{RT^2}$$

$$\Omega_2 = \frac{V^o}{m_s} \cdot (c_2^o - c_2)$$

$$\Omega_2 = k \cdot c_2^n$$

$$\Omega_2 = \Omega_m \frac{b \cdot c_2}{1 + b \cdot c_2} \quad , \quad \frac{c_2}{\Omega_2} = \frac{1}{b \cdot \Omega_m} + \frac{c_2}{\Omega_m} \quad , \quad \mathcal{A}_{sp} = \Omega_m \cdot \sigma \cdot N_A$$

Adsorpce na rozhraní roztok-plynná fáze

01 Gibbsova adsorpční izoterma

Koncentrační závislost povrchového napětí zředěných vodných roztoků povrchově aktivní látky byla při teplotě 25°C vyjádřena rovnicí

$$\gamma = 7,2 \cdot 10^{-2} - 6,445 \cdot 10^{-3} \cdot c_2 + 1,14 \cdot 10^{-3} \cdot c_2^2$$

kde c_2 je koncentrace rozpuštěné látky v mol dm^{-3} , γ povrchové napětí v N m^{-1} . Odvoďte vztah pro závislost relativní Gibbsovy adsorpce, $\Gamma_{2,1}$, na koncentraci.

$$[\Gamma_{2,1} = 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot c_2 - 9,2 \cdot 10^{-7} \cdot c_2^2]$$

02 Gibbsova adsorpční izoterma

Při teplotě 26,5°C pro závislost povrchového napětí zředěných vodných roztoků hexanolu (N m^{-1}) na koncentraci alkoholu v objemové fázi (v mol dm^{-3}) platí

$$\gamma = 0,0716 - 6,8 \cdot c_2$$

Vypočítejte hodnotu relativní adsorpce alkoholu vzhledem k vodě, $\Gamma_{2,1}$, pro roztok o koncentraci $6 \cdot 10^{-4}$ mol dm^{-3} . Patří hexanol mezi povrchově aktivní látky?

$$[\Gamma_{2,1} = 1,637 \cdot 10^{-6} \text{ mol m}^{-2} > 0 - \text{hexanol je povrchově aktivní látka}]$$

Adsorpce plynů na pevných látkách

03 Výpočet konstant Langmuirovy adsorpční izotermy

Adsorpci methanu na pevné látce je možno popsat Langmuirovou adsorpční izotermou. O pevné látce je známo, že při hmotnosti 3,4 g má povrch 629 m². Jedna molekula methanu zaujme při adsorpci na povrchu této pevné látky plochu $\sigma = 0,25 \text{ nm}^2$. Při jednom z pokusů bylo zjištěno, že při rovnovážném tlaku 61,9 kPa byla celková kapacita povrchu pevné látky pro adsorpci methanu nasycena ze 65 %. Stanovte konstanty Langmuirovy izotermy. ($M_{\text{CH}_4} = 16,043 \text{ g mol}^{-1}$).

$$[a_m = 0,00123 \text{ mol}_{\text{CH}_4} / \text{g}_s = 0,0197 \text{ g}_{\text{CH}_4} / \text{g}_s ; b = 0,03 \text{ kPa}^{-1}]$$

04 Langmuirova adsorpční izoterma, výpočet plochy povrchu

Experimentální data, získaná pro adsorpci pentanu na aktivním uhlí při teplotě 230°C byla vyjádřena Langmuirovou adsorpční izotermou ve tvaru

$$v = \frac{1,953 \cdot p}{1 + 0,09 \cdot p}$$

kde v je objem plynu v cm³ (přepočtený na normální podmínky 273,15 K a 101,325 kPa), adsorbovaný na 1 g uhlí, p je rovnovážný tlak plynu (v kPa). Vypočítejte celkový povrch vzorku aktivního uhlí o hmotnosti 5 g. Jedna molekula pentanu zaujímá při adsorpci na povrchu aktivního uhlí plochu 0,76 nm².

$$[A = 2115,6 \text{ m}^2 \quad (v_m = 21,7 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1})]$$

05 Langmuirova izoterma

Adsorpce argonu na pevném adsorbentu o specifickém povrchu 230 m² g⁻¹ je popsána Langmuirovou izotermou. Při rovnovážném tlaku 22 kPa se na 1 g pevné látky adsorbuje 18 cm³ argonu (přepočteno na normální podmínky). Vypočítejte množství argonu, adsorbovaného na 26 g pevné látky při rovnovážném tlaku 90 kPa. Je známo, že jeden atom argonu zaujímá při adsorpci na povrchu této tuhé látky plochu 0,2 nm².

$$[V = 832,5 \text{ cm}^3 \text{ na } 26 \text{ g} \quad (v_m = 42,8 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}, b = 0,033 \text{ kPa}^{-1}, v_2 = 32,02 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1})]$$

06 Freundlichova izoterma

Vypočítejte kolik gramů plynu o molární hmotnosti 86 g mol⁻¹ se odstraní adsorpcí na 56 g síkagelu, jestliže rovnovážný tlak v aparatuře je 37 kPa. Při předchozích pokusech bylo při rovnovážném tlaku $p_1 = 27,5 \text{ kPa}$ naměřeno adsorbované množství $a_1 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/g}_{\text{adsorbent}}$, při rovnovážném tlaku $p_2 = 52 \text{ kPa}$ adsorbované množství $a_2 = 3,76 \cdot 10^{-3} \text{ mol/g}_{\text{adsorbent}}$. Pro popis adsorpční rovnováhy vyhovuje Freundlichova izoterma. Teplota všech pokusů byla 52°C.

$$[\Delta m = 16,34 \text{ g na } 56 \text{ g síkagelu} \quad (1/n = 0,303, k = 1,136 \cdot 10^{-3}, a_3 = 3,3916 \cdot 10^{-3} \text{ g/g}_{\text{adsorbent}})]$$

07 Diferenciální (izosterické) adsorpční teplo

Adsorpce plynného pentanu byla studována při různých teplotách a konstantním adsorbovaném množství. Při teplotě 45,6°C a rovnovážném tlaku 39 Pa bylo zjištěno, že na 11 g pevného adsorbentu se naadsorbovalo 2,6 g uhlovodíku. Při teplotě 86°C bylo stejného obsazení povrchu dosaženo při rovnovážném tlaku 0,16 kPa. Vypočítejte

(a) diferenciální adsorpční teplo při tomto obsazení povrchu,

(b) rovnovážný tlak, který se při stejném obsazení povrchu ustaví při teplotě 118°C

$$[Q_{\text{dif}}(a) = -33,256 \text{ kJ mol}^{-1}, p = 398 \text{ Pa}]$$

Adsorpce z roztoků na pevných látkách

08 Freundlichova izoterma

Pro závislost adsorbovaného množství Ω_2 (v mol/g) organické látky z vodného roztoku na aktivním uhlí (voda se neadsorbuje) na rovnovážné koncentraci roztoku byla při teplotě 29°C nalezena rovnice

$$\Omega_2 / (\text{mol g}^{-1}) = 2,52 \cdot 10^{-3} \cdot c_2^{0,4}$$

kde koncentrace organické látky po ustavení adsorpční rovnováhy (c_2) je udána v mol dm⁻³. Kolik aktivního uhlí je třeba přidat do 350 cm³ vodného roztoku organické látky o koncentraci 0,45 mol dm⁻³, aby její koncentrace klesla na třetinu původní hodnoty?

$$[m_s = 89 \text{ g}]$$

09 Freundlichova izoterma

Při adsorpci kyseliny octové z vodného roztoku aktivním uhlím byly zjištěny tyto hodnoty preferenčních adsorpcí a příslušných rovnovážných koncentrací:

$c_2 / (\text{mol dm}^{-3})$	$\Omega_2 / (\text{mol g}_{\text{uhlí}}^{-1})$
0,0181	$4,66 \cdot 10^{-4}$
0,8827	$2,479 \cdot 10^{-3}$

Za předpokladu, že voda se neadsorbuje a adsorpci kyseliny octové na aktivním uhlí je možno popsat Freundlichovou izotermou, vypočítejte

(a) konstanty Freundlichovy rovnice

(b) látkové množství kyseliny, které se odstraní ze 400 cm³ roztoku protřepáním s 50 g aktivního uhlí, po němž byla zjištěna rovnovážná koncentrace roztoku 0,3 mol dm⁻³

$$[(a) n = 0,432; k = 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol (g}_{\text{uhlí}})^{-1}; (b) n = 0,0785 \text{ mol}]$$

10 Adsorpce z roztoku, Langmuirova izoterma

Specifický povrch vzorku aktivního uhlí byl zjišťován adsorpcí z roztoku methylenové modři. Z roztoku se adsorbuje pouze jedna složka, methylenová modř, a adsorpční data jsou dobře popsána Langmuirovou izotermou. Molekula methylenové modři zaujímá v monovrstvě plochu 0,62 nm². Bylo zjištěno, že

(A) po protřepání 100 cm³ roztoku o počáteční koncentraci $1 \cdot 10^{-4}$ mol dm⁻³ s 1 g aktivního uhlí byla rovnovážná koncentrace roztoku $6 \cdot 10^{-5}$ mol dm⁻³,

(B) jestliže byly použity 2 g aktivního uhlí a stejné množství roztoku o stejné koncentraci, byla zjištěna rovnovážná koncentrace $4 \cdot 10^{-5}$ mol dm⁻³.

Vypočítejte specifický povrch adsorbentu.

$$[A_{\text{sp}} = 4,48 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}]$$