

10. TRANSPORTNÍ JEVY V ROZTOCÍCH

01	Střední posuv a difuzní koeficient	2
02	Einsteinova rovnice, rozměr částice z difuzního koeficientu	2
03	Einsteinova rovnice pro difuzní koeficient	2
04	Einsteinova rovnice, efektivní rozměr částice	2
05	Limitní molární vodivosti, převodová čísla	2
06	Absolutní rychlosti iontů, molární vodivosti, převodová čísla	2
07	Konduktivita, molární vodivost málo rozpustných solí	2
08	Konduktivita, molární vodivost málo rozpustných solí	3
09	Konduktivita, molární vodivost, disociační konstanta	3
10	Konduktivita, molární vodivost, disociační konstanta	3
11	Konduktivita, molární vodivost, disociační konstanta	3
12	Konduktivita, molární vodivost, disociační konstanta	3

$$D_i = \frac{k_B T}{f_i} \quad , \quad f_i = 6 p \cdot h_0 \cdot r_i$$

$$\bar{\Delta}^2 = 2 D \cdot t$$

$$R = r \cdot \frac{1}{A} \quad , \quad \frac{1}{A} = C = k \cdot R$$

$$\frac{I}{A} = k \cdot \frac{U}{1} = k \cdot E$$

$$\kappa = (u_K \times z_K \times v_K + u_A \times z_A \times v_A) \cdot c \times a \times F = \kappa_K + \kappa_A$$

$$I = \frac{k}{c} = n_A \cdot I_A + n_K \cdot I_K \quad , \quad \lambda_i = u_i \cdot z_i \cdot F$$

$$\lambda_e = \frac{k}{z_K \cdot n_K \cdot c} = \frac{k}{z_A \cdot n_A \cdot c} = (u_K + u_A) \times F$$

$$u_i = \frac{v_i}{E} \quad , \quad E = \frac{U}{1}$$

$$I^\infty = n_K \cdot I_K^\infty + n_A \cdot I_A^\infty$$

$$t_K^\infty = \frac{u_K^\infty}{u_K^\infty + u_A^\infty} \quad , \quad t_i^\infty = n_i \cdot \frac{I_i^\infty}{I^\infty} \quad , \quad t_i = n_i \cdot \frac{I_i}{I} \quad , \quad a = \frac{I}{I^\infty}$$

01 Střední posuv a difuzní koeficient

Pro difuzní koeficient ribonukleasy o molární hmotnosti $13,68 \text{ kg mol}^{-1}$ byla zjištěna hodnota $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$. Odhadněte, jak dlouho může molekule ribonukleasy trvat, než prodifunduje porézní membránou o tloušťce 1,8 mm.

[3,75 h]

02 Einsteinova rovnice, rozměr částice z difuzního koeficientu

Při teplotě $23,2^\circ\text{C}$ a tlaku 0,1 MPa byla pro micely jisté látky v kapalném rozpouštědle o viskozitě $1,13 \text{ mPa s}$ a hustotě $0,922 \text{ g cm}^{-3}$ zjištěna hodnota difuzního koeficientu $4,8 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Micely jsou velké kulovité koloidní částice hustoty $1022,1 \text{ kg m}^{-3}$. Vypočítejte

(a) průměr částice, (b) hmotnost jednoho molu částic studované látky.

[(a) $d = 8 \text{ nm}$; (b) $M = 165 \text{ kg mol}^{-1}$]

03 Einsteinova rovnice pro difuzní koeficient

Jakou hodnotu má difuzní koeficient kulovitých částic bílkoviny o molární hmotnosti 68 kg mol^{-1} při teplotě 302 K a tlaku 99,3 kPa v kapalném disperzním prostředí, které má hustotu $0,834 \text{ g cm}^{-3}$ a viskozitu $0,932 \text{ mPa s}$? Hustota bílkoviny je $1,228 \text{ g cm}^{-3}$.

[$D = 8,5 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ($r = 2,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$)]

04 Einsteinova rovnice, efektivní rozměr částice

U pevných částic tvaru protáhlého paraboloidu, které difundují v kapalném disperzním prostředí o hustotě $0,934 \text{ g cm}^{-3}$ a viskozitě $0,8346 \text{ mPa s}$, byla při teplotě 21°C pro difuzní koeficient naměřena hodnota $D = 8,6 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$. Vypočítejte

(a) koeficient tření uvedených částic,

(b) efektivní poloměr částic, tj. poloměr kulovitých částic, které by difundovaly stejným způsobem jako studované nekulovité částice,

(c) odhadněte hmotnost jedné částice a hmotnost jednoho molu dispergovaných částic. Hustota částice je $1,13 \text{ g cm}^{-3}$.

[(a) $f = 4,72 \cdot 10^{-11} \text{ kg s}^{-1}$ (b) $r_{\text{ef}} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ m}$, (c) $m = 1,278 \cdot 10^{-22} \text{ kg}$, $M = 76,96 \text{ kg mol}^{-1}$]

05 Limitní molární vodivosti, převodová čísla

Limitní molární vodivost kyseliny máslé má při teplotě 25°C hodnotu $3,823 \cdot 10^{-2} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$, limitní molární vodivost vodíkového kationtu je $0,03497 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$. Za předpokladu, že střední aktivitní koeficient je roven jedné, vypočítejte limitní molární vodivost aniontu $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^-$ a převodová čísla iontů při nekonečném zředění.

[$\lambda^\infty(\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-) = 0,00326 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$, $t_K = 0,9147$, $t_A = 0,0853$]

06 Absolutní rychlosti iontů, molární vodivosti, převodová čísla

Molární vodivost roztoku NH_4Cl o koncentraci $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$ má při teplotě 25°C hodnotu $0,0129 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$. Převodové číslo kationtu v tomto roztoku je 0,4907. Vypočítejte absolutní rychlost chloridového iontu pro případ, že vzdálenost elektrod ve vodivostní nádobce je 5,5 cm a napětí mezi elektrodami činí 7 V. Je možno předpokládat platnost zákona o nezávislém putování iontů.

[$u_A = 8,67 \cdot 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$]

07 Konduktivita, molární vodivost málo rozpustných solí

Nasycený roztok jodidu olovnatého má při teplotě 18°C konduktivitu $3,742 \cdot 10^{-2} \text{ S m}^{-1}$, konduktivita použité vody je $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ S m}^{-1}$. Vypočítejte součin rozpustnosti PbI_2 pro standardní stav neko-

nečné zředění, $c^{\text{st}} = 1 \text{ mol dm}^{-3}$. Předpokládejte, že aktivity je možno nahradit koncentracemi. Limitních molární vodivosti mají hodnoty:

$$I^{\infty}(\text{Pb}^{2+}) = 0,0139 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}, \quad I^{\infty}(\Gamma) = 0,00769 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$[K_{\text{S}}(\text{PbI}_2) = 8,23 \cdot 10^{-9}]$$

08 Konduktivita, molární vodivost málo rozpustných solí

Odpor vodivostní nádoby, naplněné při teplotě 25°C roztokem chloridu draselného o molalitě 0,02 mol kg⁻¹ je 197 Ω. Konduktivita tohoto roztoku je 0,2765 S m⁻¹. Nádobka naplněná nasyceným roztokem síranu strontnatého měla odpor 3663 Ω. Použitá voda měla konduktivitu 1,8 · 10⁻⁴ S m⁻¹. Vypočítejte z těchto údajů součin rozpustnosti síranu strontnatého pro standardní stav nekonečné zředění, $c^{\text{st}} = 1 \text{ mol dm}^{-3}$. Limitní molární vodivosti (S m² mol⁻¹) mají hodnoty:

$$I_{\text{Sr}^{2+}}^{\infty} = 0,0119 \quad ; \quad I_{\text{SO}_4^{2-}}^{\infty} = 0,01596$$

Předpokládejte, že aktivní koeficienty jsou rovny jedné.

$$[K_{\text{S}} = 2,78 \cdot 10^{-7}]$$

09 Konduktivita, molární vodivost, disociační konstanta

Pro vodný roztok kyseliny benzoové o analytické koncentraci 0,01 mol dm⁻³ byla při teplotě 21°C naměřena konduktivita 3,004 · 10⁻² S m⁻¹. Konduktivita použité vody byla 2,4 · 10⁻⁴ S m⁻¹. Předpokládejte, že aktivní koeficient nedisociované kyseliny i střední aktivní koeficient iontů je možno pokládat za jednotkové. Vypočítejte rovnovážnou konstantu disociace kyseliny benzoové pro standardní stav nekonečné zředění, $c^{\text{st}} = 1 \text{ mol dm}^{-3}$. Limitní molární vodivosti:

$$I^{\infty}(\text{H}^+) = 0,03497, \quad I^{\infty}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-) = 0,00323 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}.$$

$$[K = 6,6 \cdot 10^{-5} \quad (a = 0,078)]$$

10 Konduktivita, molární vodivost, disociační konstanta

Vypočítejte konduktivitu 2 · 10⁻⁵ molárního roztoku kyseliny propionové, jejíž disociační konstanta má hodnotu 1,32 · 10⁻⁵ (standardní stav nekonečné zředění, $c^{\text{st}} = 1 \text{ mol dm}^{-3}$). Konduktivita vody má hodnotu 6,6 · 10⁻⁵ S m⁻¹. Aktivní koeficienty považujte za rovny jedné.

Limitní molární vodivosti: $I^{\infty}(\text{H}^+) = 0,03497 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$, $I^{\infty}(\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-) = 0,00358 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$

$$[k_{\text{roztok}} = 4,8764 \cdot 10^{-4} \text{ S m}^{-1}]$$

11 Konduktivita, molární vodivost, disociační konstanta

Kolik molů kyseliny octové je třeba rozpustit v 1,5 dm³ roztoku, aby měl konduktivitu 7,13 · 10⁻³ S m⁻¹ (konduktivita použité vody je 1,6 · 10⁻⁴ S m⁻¹)? Disociační konstanta kyseliny octové pro standardní stav $c^{\text{st}} = 1 \text{ mol dm}^{-3}$ má hodnotu 1,75 · 10⁻⁵. Předpokládejte, že aktivní koeficienty jsou rovny jedné. Limitní molární vodivosti:

$$I^{\infty}(\text{H}^+) = 0,03497 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}, \quad I^{\infty}(\text{A}^-) = 0,00409 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$[n = 0,003 \text{ mol} \quad (c_0 = 0,002 \text{ mol dm}^{-3})]$$

12 Konduktivita, molární vodivost, disociační konstanta

Ve 2 dm³ vody o konduktivitě 5,3 · 10⁻⁴ S m⁻¹ bylo za teploty 25°C a tlaku 100,7 kPa rozpuštěno 420 cm³ amoniaku. Za uvedených podmínek je možno předpokládat ideální chování plynného amoniaku. Vzniklý roztok měl konduktivitu 1,095 · 10⁻² S m⁻¹. Vypočítejte disociační konstantu amoniaku pro standardní stav nekonečné zředění, $c^{\text{st}} = 1 \text{ mol dm}^{-3}$ (aktivní koeficient nedisociovaného amoniaku v roztoku i střední aktivní koeficienty iontů považujte za jednotkové). Limitní molární vodivosti:

$$I^{\infty}(\text{NH}_4^+) = 0,00737 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}, \quad I^{\infty}(\text{OH}^-) = 0,01976 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}.$$

$$[K = 1,81 \cdot 10^{-5} \quad (c_0 = 8,531 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}, \quad a = 0,045)]$$