

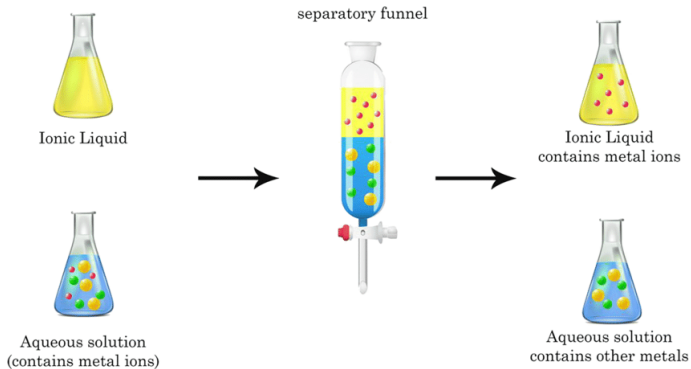
Cvičení z analytické chemie

Tereza Uhlíková

April 23, 2025

Extrakce

vaření čaje
odstraňování kofeinu



Extrakce

Distribuční konstanta

$$K_D = \frac{[A]_{\text{org}}}{[A]_{\text{aq}}}$$

Distribuční poměr - poměr celkových látkových koncentrací látky A

$$D_c = \frac{c(A)_{\text{org}}}{c(A)_{\text{aq}}}$$

Jednoduchá extrakce

$$c_{\text{aq},0} \cdot V_{\text{aq}} = c_{\text{aq},1} \cdot V_{\text{aq}} + c_{\text{org},1} \cdot V_{\text{org}}$$

$$c_{\text{aq},1} = c_{\text{aq},0} \cdot \frac{1}{1 + D_c \cdot \frac{V_{\text{org}}}{V_{\text{aq}}}} = c_{\text{aq},0} \cdot f$$

Opakovaná extrakce

$$c_{\text{aq},n} = c_{\text{aq},0} \cdot \frac{1}{\left(1 + D_c \cdot \frac{V_{\text{org}}}{V_{\text{aq}}}\right)^n} = c_{\text{aq},0} \cdot f^n$$

Výtěžek extrakce po n krocích

$$R_n = 1 - f^n$$

Příklad 1

Objem vodného roztoku vzorku je $V_{\text{aq}} = 10$ ml. Vypočítejte výtěžek extrakce po třech extrakčních krocích použitím 10 ml organické fáze v každém kroku a výsledek porovnejte s výtěžkem extrakce po jednom extrakčním kroku použitím 30 ml organického rozpouštědla. Distribuční poměr dané látky je $D_c = 10$.

a) Výtěžek po 3 extrakcích s použitím 10 ml organické fáze

$$R_1 = 1 - f^3 = 1 - \frac{1}{\left(1 + D_c \cdot \frac{V_{\text{org}}}{V_{\text{aq}}}\right)^3} = 1 - \frac{1}{\left(1 + 10 \cdot \frac{10}{10}\right)^3} = 0,9992,$$

b) Výtěžek po jednom jediném extrakčním kroku s použitím 30 ml organické fáze:

$$R_1 = \frac{D_c \cdot r}{1 + D_c \cdot r} = \frac{10 \cdot 3}{1 + 10 \cdot 3} = 0,9677$$

Příklad 2

Distribuční poměr naftalenu mezi hexan a vodu je $D_c = 4700$. Původní koncentrace naftalenu v 1 l vody je 30 mg/l a má být snížena na 3 $\mu\text{g/l}$ použitím nejvýše 10 ml hexanu v každém extrakčním kroku. Kolikrát minimálně je třeba extrakci opakovat?

$$c_{\text{aq},n} = c_{\text{aq},0} \cdot \frac{1}{\left(1 + D_c \cdot \frac{V_{\text{org}}}{V_{\text{aq}}}\right)^n} = c_{\text{aq},0} \cdot f^n$$

Původní koncentrace $c_{\text{aq},0} = 30 \text{ mg/l}$, konečná koncentrace má být $c_{\text{aq},n} = 3 \mu\text{g/l}$

$$3 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{\left(1 + 4700 \cdot \frac{10}{1000}\right)^n}$$

$$10^{-4} = \frac{1}{\left(1 + 4700 \cdot \frac{10}{1000}\right)^n} = (0,02083)^n$$

Příklad 2

Distribuční poměr naftalenu mezi hexan a vodu je $D_c = 4700$. Původní koncentrace naftalenu v 1 l vody je 30 mg/l a má být snížena na 3 $\mu\text{g/l}$ použitím nejvýše 10 ml hexanu v každém extrakčním kroku. Kolikrát minimálně je třeba extrakci opakovat?

$$c_{\text{aq},n} = c_{\text{aq},0} \cdot \frac{1}{\left(1 + D_c \cdot \frac{V_{\text{org}}}{V_{\text{aq}}}\right)^n} = c_{\text{aq},0} \cdot f^n$$

Původní koncentrace $c_{\text{aq},0} = 30 \text{ mg/l}$, konečná koncentrace má být $c_{\text{aq},n} = 3 \mu\text{g/l}$

$$3 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{\left(1 + 4700 \cdot \frac{10}{1000}\right)^n}$$

$$10^{-4} = \frac{1}{\left(1 + 4700 \cdot \frac{10}{1000}\right)^n} = (0,02083)^n$$

získaný vztah stačí zlogaritmovat

$$n = \frac{\log 0,0001}{\log 0,02083} = 2,38$$

Příklad 3

Je dán distribuční poměr látky mezi organickou a vodnou fází ($D_c = 150$), celkový objem organické fáze ($V_{\text{org, celk}} = 500 \text{ ml}$) a celkový objem vodné fáze ($V_{\text{aq}} = 1000 \text{ ml}$). Koncentrace ve vodné fázi má být snížena 10000 krát. Kolikrát minimálně je třeba extrakci opakovat?
koncentrace látky ve vodné fázi má být snížena 10 000 krát, minimálně dosažený výtěžek pro splnění této podmínky činí:

$$R = 1 - \frac{1}{10000} = 0,9999$$

$$c_{\text{aq},n} = c_{\text{aq},0} \cdot \frac{1}{\left(1 + D_c \cdot \frac{V_{\text{org}}}{V_{\text{aq}}}\right)^n} = c_{\text{aq},0} \cdot f^n$$

Příklad 3

Je dán distribuční poměr látky mezi organickou a vodnou fází ($D_c = 150$), celkový objem organické fáze ($V_{\text{org, celk}} = 500 \text{ ml}$) a celkový objem vodné fáze ($V_{\text{aq}} = 1000 \text{ ml}$). Koncentrace ve vodné fázi má být snížena 10000 krát. Kolikrát minimálně je třeba extrakci opakovat?
koncentrace látky ve vodné fázi má být snížena 10 000 krát, minimálně dosažený výtěžek pro splnění této podmínky činí:

$$R = 1 - \frac{1}{10000} = 0,9999$$

$$c_{\text{aq},n} = c_{\text{aq},0} \cdot \frac{1}{\left(1 + D_c \cdot \frac{V_{\text{org}}}{V_{\text{aq}}}\right)^n} = c_{\text{aq},0} \cdot f^n$$

$$10^{-4} = \frac{1}{\left(1 + 150 \cdot \frac{500}{1000}\right)^n}$$

distribuční poměr látky ($D_c = 150$), celkový objem organické fáze ($V_{\text{org, celk}} = 500 \text{ ml}$) a celkový objem vodné fáze ($V_{\text{aq}} = 1000 \text{ ml}$). Koncentrace látky ve vodné fázi snížena 10 000 krát

Volíme iterativní postup tak aby byla splněna nerovnost

$$10^{-4} \geq \frac{1}{\left(1 + 150 \cdot \frac{500}{1000}\right)^n}$$

pro $n=2$

$$10^{-4} \geq 6,7 \cdot 10^{-4}$$

pro $n=3$

$$1 \cdot 10^{-4} \geq 0,57 \cdot 10^{-4}$$