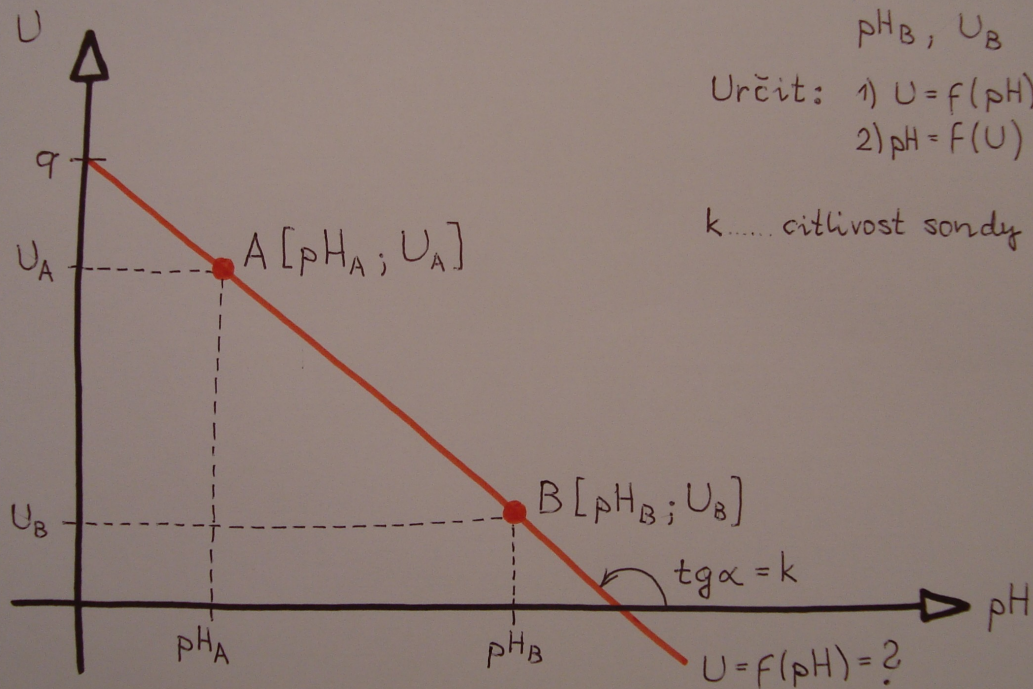


Princip dvoubodové
kalibrace pH sondy SPH
S9900105105.

KALIBRACE pH SONDY



Dáno: pH_A, U_A
 pH_B, U_B

Určit: 1) $U = f(pH)$
2) $pH = f(U)$

k citlivost sondy

Rovnici kalibrační přímky získáme ze dvou naměřených bodů – **A, B**. Pro známé hodnoty pH naměříme sondou odpovídající napětí.

Rovnice kalibrační přímky se s výhodou odvodí ze směrnicového tvaru přímky (obecně $y = k \cdot x + q$). Směrnice k je citlivost sondy.

$$\text{I. } U_A = k \cdot \text{pH}_A + q$$

$$\text{II. } U_B = k \cdot \text{pH}_B + q$$

SOUSTAVA ROVNIC
NEZNÁME k A q

$$\text{I. } \text{pH}_A \cdot k + q = U_A$$

$$\text{II. } \text{pH}_B \cdot k + q = U_B$$

$$\begin{bmatrix} \text{pH}_A & 1 \\ \text{pH}_B & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} k \\ q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_A \\ U_B \end{pmatrix}$$

②

Do směrnicového tvaru
přímky dosadíme
souřadnice bodů **A**, **B**.

Dostaneme soustavu dvou
rovnic o dvou neznámých
k, **q**.

Tato soustava má jedno
řešení.

Pro zjednodušení dalších
výpočtů se vyplatí
soustavu přepsat do
maticového tvaru.

Matice soustavy se zprava
vynásobí vektorem
neznámých a to je rovno
vektoru pravých stran.

ŘEŠENÍ POMOCÍ CRAMEROVA PRAVIDLA:

$$k = \frac{\begin{vmatrix} U_A & 1 \\ U_B & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} p_{H_A} & 1 \\ p_{H_B} & 1 \end{vmatrix}} = \frac{U_A \cdot 1 - U_B \cdot 1}{p_{H_A} \cdot 1 - p_{H_B} \cdot 1} = \frac{U_A - U_B}{p_{H_A} - p_{H_B}}$$

$$q = \frac{\begin{vmatrix} p_{H_A} & U_A \\ p_{H_B} & U_B \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} p_{H_A} & 1 \\ p_{H_B} & 1 \end{vmatrix}} = \frac{p_{H_A} \cdot U_B - p_{H_B} \cdot U_A}{p_{H_A} \cdot 1 - p_{H_B} \cdot 1} = \frac{p_{H_A} \cdot U_B - p_{H_B} \cdot U_A}{p_{H_A} - p_{H_B}}$$

③

Neznámé k , q vyřešíme pomocí Cramerova pravidla.

Determinant 2×2 se snadno počítá.

Princip Cramerova pravidla je tento (například pro vyřešení neznámé k):

Čitlivost sondy k je rovna podílu dvou determinantů 2×2 . V čitateli zlomku je determinant soustavy, u kterého je první sloupec nahrazen vektorem pravých stran. Ve jmenovateli zlomku je determinant soustavy.

1) ROVNICE SONDY $U = f(\text{pH})$

$$U = k \cdot \text{pH} + q$$

$$U = \frac{U_A - U_B}{\text{pH}_A - \text{pH}_B} \cdot \text{pH} + \frac{\text{pH}_A \cdot U_B - \text{pH}_B \cdot U_A}{\text{pH}_A - \text{pH}_B}$$

4

Když je soustava vyřešena, lze napsat výslednou rovnici kalibrační přímky sondy.

Do obecné rovnice dosadíme vyřešené parametry k , q .

Obdržíme funkci, která popisuje závislost napětí sondy U na pH měřeného roztoku (červeně orámovaný vzorec).

2) ROVNICE SONDY $pH = f(U)$

$$U = k \cdot pH + q$$

$$U - q = k \cdot pH$$

$$pH = \frac{U - q}{k}$$

$$pH = \frac{1}{k} \cdot U - \frac{q}{k}$$

⑤

Pro praktická měření pH je třeba znát závislost **pH** na napětí **U**.

Požadovaná závislost se vyřeší z kalibrační rovnice.

$$pH = \frac{1}{k} \cdot U - \frac{c}{k}$$

$$pH = \frac{1}{\frac{U_A - U_B}{pH_A - pH_B}} \cdot U - \frac{\frac{pH_A \cdot U_B - pH_B \cdot U_A}{pH_A - pH_B}}{\frac{U_A - U_B}{pH_A - pH_B}}$$

$$pH = \frac{pH_A - pH_B}{U_A - U_B} \cdot U - \frac{pH_A \cdot U_B - pH_B \cdot U_A}{U_A - U_B}$$

6

Červeně orámovaný výsledný vztah má praktické využití.

Každá reálná pH sonda má svoji kalibrační přímkou trochu odlišnou.

Chceme-li vypočítat správnou hodnotu pH na základě naměřeného napětí ze sondy, je třeba nejprve zjistit rovnici kalibrační přímkou.

Provedení kalibrace sondy a stanovení rovnice kalibrační přímkou je ukázáno v dalším souboru.