



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## „Inovace bakalářského studijního oboru Aplikovaná chemie“ CZ.1.07/2.2.00/15.0247

### Entalpiometrická analýza

Průběh chemická reakce je doprovázen výsledným tepelným efektem  $\Delta Q$ , který je možno změřit vhodným způsobem jako změnu teploty  $\Delta T$ . Reakční teplo při konstantním tlaku  $Q_p$  závisí na počtu molů reagující látky ( $n_A$ ) a změně molární reakční entalpie ( $\Delta H$ ). Platí vztah

$$Q_p = n_A \Delta H.$$

Při dané konstantní tepelné kapacitě soustavy ( $C_S$ ) se průběh reakce projeví změnou teploty soustavy ( $\Delta T$ ), která je s reakčním teplem a tepelnou kapacitou soustavy ve vztahu

$$\Delta T = -\frac{n_A \Delta H}{C_S}.$$

Takto zjištěná reakční entalpie je integrální, zahrnuje řadu dílčích dějů (hydratace, disociace).

#### ÚKOL: *STANOVENÍ ROZPOUŠTĚCÍHO TEPLA KCl VE VODĚ*

- a) Stanovení neutralizačního tepla reakce HCl a NaOH

Mezi hlavní problémy termochemické analýzy patří kalibrace termochemického zařízení. Jedním ze způsobů zjištění kalibrační konstanty entalpiografu je použití standardizační reakce neutralizace kyseliny chlorovodíkové hydroxidem sodným, jejíž entalpie je  $\Delta H = -57,5 \text{ kJmol}^{-1}$  (dochází k uvolnění tepla).

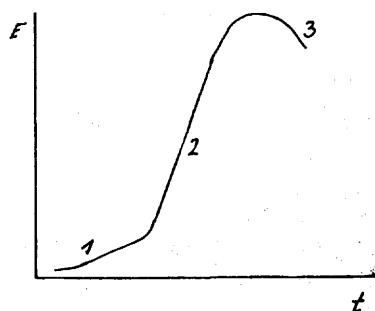
**Experimentální vybavení:** Entalpiograf, dávkovač NaOH, milivoltmetr, zapisovač TZ 4100, pipety, odměrné baňky  $100 \text{ cm}^3$ , 3 M NaOH, 0,1M HCl, 0,1M NaOH, 0,05M  $(\text{COOH})_2$ , fenolftalein

**Pracovní postup:** Nejdříve musíme stanovit přesnou koncentraci 0,1M HCl, k čemuž použijeme 0,1M NaOH, jehož přesnou koncentraci stanovíme titrací standardním roztokem 0,05 M  $(\text{COOH})_2$ ,

Do odměrných baněk  $100 \text{ cm}^3$  napipetujeme 10-20-40-60-80-100  $\text{cm}^3$  0,1M-HCl a doplníme vodou. Odměrné baňky necháme temperovat ve vodní lázni entalpiografu. Napětí na můstku entalpiografu se nastaví na 0,5x3V, citlivost zapisovače x1, rozsah zapisovače 10 mV, rychlost posuvu papíru 0,25 mm/s (nastavení můžete konzultovat s vedoucím cvičení). Po

vytemperování se obsah první odměrné baňky přelije do nádoby entalpiografu. Ve srovnávací nádobce je 100 cm<sup>3</sup> destilované vody, rovněž předem vytemperované ve vodní lázni. V obou nádobkách se zapnou míchadla a vše se nechá 5 minut temperovat. Temperování se kontroluje na zapisovači (pisátko stojí na místě). Potom se zapne posuv zapisovače a napíše se asi 2 cm předreakční části křivky. Po zapsání předreakční části křivky se přidá 5 ml 3 M NaOH a zaznamenává se reakční impuls. Nakonec na zapisovači zapíšeme poreakční část křivky, viz obr. 1.

Závěrem provedeme stanovení zředovacího tepla NaOH a provedeme korekci naměřených dat na zředovací teplo NaOH. Do 100 ml destilované vody dáme 5 cm<sup>3</sup> 3 M NaOH a zaznamenáme odezvu přístroje. Tuto hodnotu odečteme od hodnot naměřených při neutralizaci.



Obr. 1 Závislost teploty reakční směsi na čase (1- předreakční část křivky, 2- reakce, 3- poreakční část).

**Vyhodnocení:** Výšky křivek se změří a po korekci na zředovací teplo NaOH se v závislosti na koncentraci vynesou do grafu. Pomocí lineární regrese se určí směrnice závislosti. Směrnice po přepočtu na jednotku odezvy entalpiografu je pak hledanou kalibrační konstantou přístroje.

Naměřené hodnoty zapíšeme do tabulky I.

Tabulka I. Hodnoty koncentrace HCl a jim odpovídající velikost napětí (výška křivky).

Koncentrace HCl (mol <sup>-1</sup> dm <sup>3</sup> )	Změna napětí (mV) Výška křivek (cm)	Výška křivky po korekci
.		
.		
.		

#### b) Stanovení rozpouštěcího tepla KCl ve vodě

Pomocí entalpiografu lze měřit i endotermické děje. Příkladem takového děje je rozpouštění KCl ve vodě, při kterém je k rozpouštění odebíráno teplo z okolí.

**Postup:** Navážíme vzorky KCl o hmotnostech přibližně 0,1 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 a 1,0 g KCl, přesnou hmotnost si poznamenejeme s přesností na tři desetinná místa. KCl před vážením jemně rozetřeme. Do měřicí a srovnávací nádoby nalijeme po 100 ml vody (předem vytemperujeme). Po zapnutí míchání rychle vsypeme KCl do měřicí nádoby a zaznamenáme závislost teploty na čase. Totéž provedeme pro všechny vzorky KCl.

**Vyhodnocení:** Při znalosti kalibračního faktoru entalpiografu přepočteme změnu teploty na teplo  $Q_{\text{rozp}}$  spotřebované pro rozpuštění daného vzorku KCl. Naměřené hodnoty zapíšeme do tabulky II.

Tabulka II. Hodnoty pro výpočet rozpouštěcího tepla KCl ve vodě

m KCl (g).	$c_{\text{KCl}} (\text{mol}^{-1} \text{ dm}^3)$	Výška křivek (cm)	Teplo $Q_{\text{rozp.}}$ (J)
	.		
	.		

Sestrojíme závislost spotřebovaného tepla na látkovém množství vzorku (obr. 2). Výsledek porovnáme s tabulkovou hodnotou ( $\Delta H = 18,8 \text{ kJ/mol}$ ).