

### 3. Termochemická měření

#### 3.a. Stanovení neutralizačního a zřed'ovacího tepla



Při neutralizaci silných kyselin silnými zásadami ve vodném prostředí dochází k reakci zcela disociovaných iontů:



Neutralizační teplo  $\Delta H_{neutr}$  je rovno součtu tepla reakčního a zřed'ovacího:  $\Delta H_r + \Delta H_{zře}$ . Pro standardní podmínky ( $25^\circ C$ ,  $1 \text{ Atm}$ ) je tabelovaná hodnota  $\Delta H_r^0 = -57321 \text{ J/mol}$ .

Při neutralizaci slabých kyselin, resp. slabých zásad se spotřebuje určité množství energie na disociaci vedoucí k uvolnění iontů  $[H^+]$  a  $[OH^-]$ . Proto je výsledný pozorovaný tepelný efekt (změna entalpie)  $\Delta H$  tj. neutralizační teplo ovlivněno teplem disociačním slabé kyseliny či zásady  $\Delta H_{dis}$ .

$$\Delta H = \Delta H_{neutr} = \Delta H_r + \Delta H_{zře} + \Delta H_{dis} \quad (3.2.)$$

Celkové množství uvolněného tepla  $Q$  v kalorimetru zjistíme ze vzestupu teploty v kalorimetru podle vztahu:

$$Q = -\Delta H = -C \cdot \Delta T \quad (3.3.)$$

kde  $\Delta T$  je vzestup teploty při neutralizaci,  $C$  je tzv. tepelná kapacita kalorimetru (udává množství tepla potřebného k zahřátí kalorimetrické soustavy o  $1^\circ C$ ).

Kapacitu kalorimetru stanovíme tak, že změříme vzestup teploty  $\Delta T'$  v kalorimetru po dodání tepla  $Q_E$  vzniklého průchodem proudu  $I$  topným el. odporem ponořeným v náplni kalorimetru.

$$C = \frac{Q_E}{\Delta T'} = \frac{E \cdot I \cdot t}{\Delta T'} \quad (3.4.)$$

$E$  je napětí na svorkách odporového topení a  $t$  je doba průchodu proudu  $I$ .



**ÚKOL:** Stanovte neutralizační a zřed'ovací teplo silné (HCl) a slabé kyseliny (kys. octové) při reakci se silnou zásadou (NaOH). Určete reakční teplo při neutralizaci silné kyseliny silnou zásadou. Odhadněte disociační teplo slabé kyseliny.



**POTŘEBY A CHEMIKÁLIE :** Dewarova nádoba, teplotní čidlo s měřičem teploty a obslužným PC, rotační el. míchadýlko, odporové topné tělísko ve skleněném pouzdrě, vyfukovací pipeta, ampérmetr do  $2 \text{ A}$ , voltmetr do  $12 \text{ V}$ , reostat, spínač. Pipeta ( $10 \text{ cm}^3$ ), byreta ( $50 \text{ cm}^3$ ), titrační baňka ( $500 \text{ cm}^3$ ),  $2 \text{ M HCl}$ ,  $2 \text{ M CH}_3\text{COOH}$ , fenolftalein a faktorizovaný  $0,1 \text{ M NaOH}$ .



**POSTUP:** Sestavu k měření připravujeme dle **OBR. 5**. Jako nádoba kalorimetru je použita Dewarova nádoba o obsahu asi  $500 \text{ cm}^3$ , kterou budeme při práci plnit roztokem nebo vodou dle toho, jaký tepelný efekt budeme sledovat. Do nádoby budeme též umísťovat vyfukovací pipetu s kyselinou.

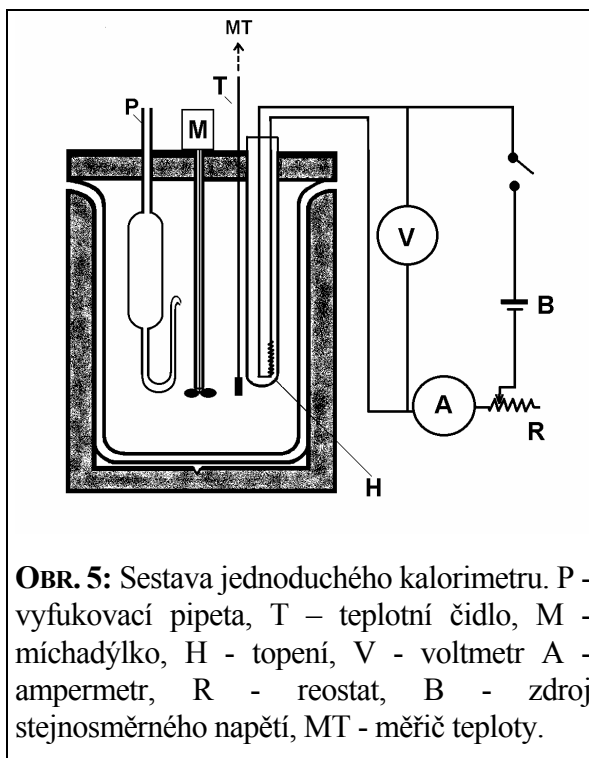


**SESTAVENÍ APARATURY:** Dewardovu nádobu naplníme reakčním roztokem nebo vodou (začínáme  $0,1M$  roztokem  $NaOH$  v množství nutném k neutralizaci  $HCl$  dle níže uvedeného neutralizačního stanovení).

Mimo nádobu zasuneme do zátky z pěnového polyuretanu vyfukovací pipetu s reakčním roztokem (začínáme s  $2M HCl$ ). Zátku s pipetou opatrně vložíme do naplněné Dewardovy nádoby, přičemž správné umístění kontrolujeme neobsazenými otvory v zátce. Do zbývajících otvorů vložíme postupně další součásti sestavy v následujícím pořadí: teplotní čidlo, topné tělísko ve skleněném obalu a nakonec umístíme do středu zátky el. míchadýlko.

Míchadýlko spojíme s jeho el. zdrojem a krátkým sepnutím ověříme jeho funkci. Topné tělísko zapojíme do obvodu dle **OBR. 5.** se zdrojem stejnosměrného napětí  $12 V$  a ověříme si jeho funkčnost a vhodné nastavení reostatu tak, že na co nejkratší nezbytně nutnou dobu zapneme spínačem okruh topného tělíska a vyregulujeme intenzitu procházejícího proudu přesně na  $0,5 A$ .

Seznámíme se s převodem dat teplotního čidla přes měřič teploty do připojeného PC. Zkontrolujeme propojení teplotního čidla s měřičem teploty a obslužným PC. Zapneme PC a měřič teploty.



**OBR. 5:** Sestava jednoduchého kalorimetru. P - vyfukovací pipeta, T - teplotní čidlo, M - míchadýlko, H - topení, V - voltmetr, A - ampermetr, R - reostat, B - zdroj stejnosměrného napětí, MT - měřič teploty.

- 1. Stanovení množství hydroxidu nutného k neutralizaci.** Poněvadž ve vyfukovací pipetě, kterou používáme při stanovení neutralizačního tepla, zůstane vždy po vyfouknutí určité množství roztoku, naplníme ji několika  $cm^3$  kyseliny a vyfoukneme ji do výlevky. Potom do vyfukovací pipety (není kalibrovaná) napipetujeme  $10 cm^3$   $2M$  kyseliny, vyfoukneme ji do titrační baňky a ztitrujeme  $0,1M NaOH$  na fenolftalein. Spotřeba hydroxidu je okolo  $200 cm^3$ , přesný objem určíme z nejméně dvou titrací.
- 2. Stanovení neutralizačního tepla a konstanty kalorimetru.** Zjištěným ekvivalentním množstvím  $0,1M NaOH$  dle neutralizace na fenolftalein naplníme Dewardovu nádobu kalorimetru. Do vyfukovací pipety dáme  $10 cm^3$   $2M$  kyseliny. Kalorimetr sestavíme dle výše uvedeného návodu k sestavení aparatury. Zapneme míchadýlko. Spustíme program odečtu okamžité teploty se záznamem měřených dat na disk obslužného PC. Necháme kalorimetrickou sestavu teplotně relaxovat po dobu  $5-7 min.$  Vyfoukneme obsah pipety do náplně kalorimetru. Po  $4 min.$  teplotní relaxace zapneme topení a přesně na  $1 sec$  si zaznameneáme z displeje PC čas zapnutí. Po vzestupu teploty o cca  $0,7^\circ C$  zahřívání vypneme a opět zapíšeme přesný čas z PC. Sestavu ponecháme dále relaxovat ještě  $10 minut$  a pak měření ukončíme. Získáme tak záznam závislosti podobný jako na **OBR. 6.** Po ukončení měření vyprázdníme a vyláchneme kalorimetr.

3. Stanovení zředovacího tepla  $\Delta H_{\text{zřed}}$  včetně konstanty kalorimetru. Do kalorimetru odměříme tolik  $\text{cm}^3$  vody, kolik jsme použili v předešlém stanovení  $0,1\text{M NaOH}$ . Do vyfukovací pipety dáme opět  $10\text{ cm}^3 2\text{M HCl}$ . Po sestavení kalorimetru postupujeme stejně jako v předcházejícím bodě 2.

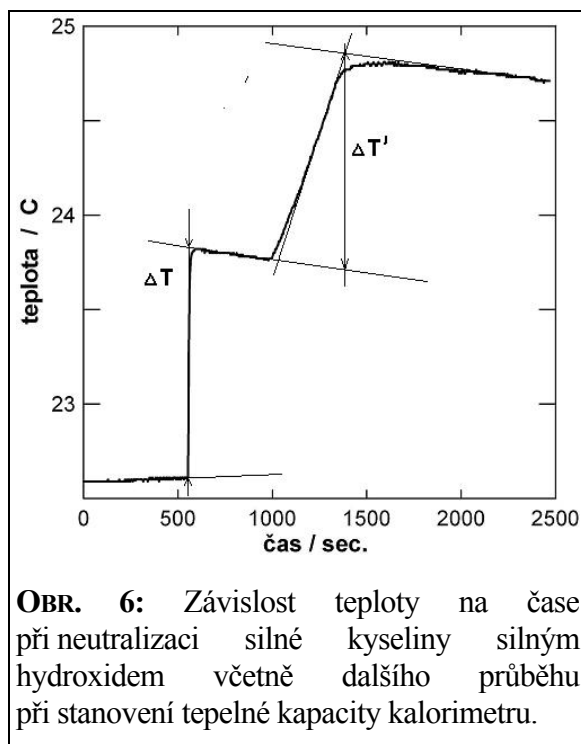
4. Stanovení neutralizačního a rozpouštěcího tepla slabé kyseliny. Postupujeme zcela stejným způsobem, jako při práci se silnou kyselinou, včetně stanovení tepelné kapacity kalorimetru.

**ZPŮSOB VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ:**

Vybrané lineární části vytištěného závislosti  $T = f(t)$  proložíme na papíře pomocnými přímkami dle **OBR. 6** a provedeme co nejpřesněji odečet  $\Delta T$  a  $\Delta T'$  pro jednotlivé experimenty. Je-li k dispozici vhodný SW provedeme konstrukci a vyhodnocení v PC.

**PROTOKOL:** pro silnou i slabou kyselinu:

**Grafy 1-4:** závislosti změn teploty na čase pro měření neutralizačních a zředovacích tepel. **Dále:** ekvivalentní objemy  $\text{NaOH}$ , látková množství neutralizovaných kyselin, tepelné kapacity kalorimetru z jednotlivých měření, tepelné efekty při neutralizaci a při zředování, molární neutralizační a zředovací tepla kyselin.



**OBR. 6:** Závislost teploty na čase při neutralizaci silné kyseliny silným hydroxidem včetně dalšího průběhu při stanovení tepelné kapacity kalorimetru.