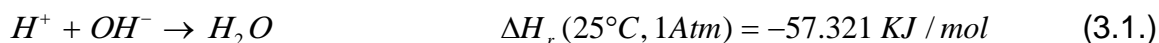


3. Termochemická měření

3.a. Stanovení neutralizačního a zředovacího tepla



Při neutralizaci vodných roztoků kyselin roztoky zásadami dochází k elementární reakci disociovaných iontů:



Avšak skutečně uvolněné teplo při neutralizaci (tj. celková změna entalpie ΔH_{neutr}) silných kyselin silnými zásadami je ovlivněno i dalšími efekty, například teplem zředovacím $\Delta H_{zř}$. Navíc při neutralizaci slabých kyselin či slabých zásad se spotřebuje určité množství energie na disociaci vedoucí k uvolnění iontů $[H^+]$ či $[OH^-]$. Proto je výsledný pozorovaný neutralizační tepelný efekt ΔH_{neutr} ovlivněn teplem disociačním slabé kyseliny či zásady ΔH_{dis} :

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

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

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

kde ΔT je vzestup teploty při neutralizaci, C je tzv. tepelná kapacita kalorimetru, která udává množství tepla potřebného k zahřátí kalorimetrické soustavy o $1^\circ C$. V případě experimentu s vodnými roztoky je konstanta C závislá především na obsahu vody ($c_{H_2O}^p(25^\circ C, 1Atm) = 4,1796 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$).

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

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

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



ÚKOL: Stanovte neutralizační a zředovací 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. míchadlo, topné tělísko ve skleněném pouzdře, dávkovač (10 cm^3), ampérmetr, voltmetr, reostat, spínač. Pipety (10 a 50 cm^3), $2M \text{ HCl}$, $2M \text{ CH}_3\text{COOH}$ (HAc), $0,1M \text{ NaOH}$, fenolftalein.



SESTAVENÍ APARATURY: Sestavíme jednoduchý kalorimetr dle **OBR. 5** Jako nádoba kalorimetru je použita Dewarova nádoba o obsahu asi 500 cm^3 , kterou budeme při práci plnit roztokem $0,1M \text{ NaOH}$ nebo vodou dle toho, jaký tepelný efekt budeme sledovat. Do nádoby je vyvedena hadička od dávkovače s $2M$ kyselinou HCl nebo HAc.



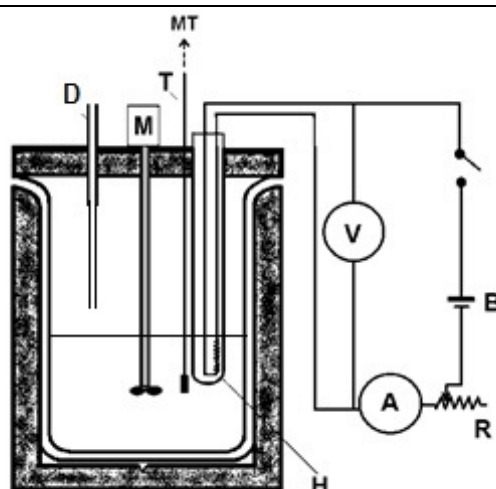
POSTUP:

1. Příprava dávkovače kyseliny. Poněvadž trubičky dávkovače mají nezanedbatelný objem, zůstává v nich vždy určité množství vzduchu nebo kapaliny. Před kalorimetrickým měřením, proto několikrát nastavenou dávku (10 cm^3) zvolené 2M kyseliny nadávkuje do odpadu. V trubičkách nesmí být vzduchové bubliny. Je-li třeba, zjistíme přesné množství kyseliny v dávce titrací na roztok hydroxidu známé koncentrace.

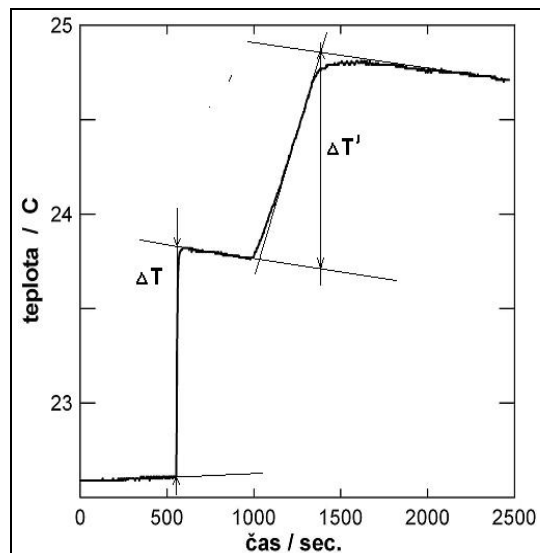
2. Stanovení neutralizačního tepla ΔH_{neutr} silné kyseliny (HCl) a konstanty kalorimetru C. Dewarovu nádobu kalorimetru naplníme $0,1\text{ M NaOH}$ o objemu, který bude třeba k neutralizaci později nadávkované kyseliny (tj. budeme-li dávkovat přesně $10\text{ ml } 2\text{ M HCl}$, pak použijeme $200\text{ ml } 0,1\text{ M NaOH}$). Do zátky kalorimetru vložíme míchadlo, kapiláru dávkovače kyseliny, topné tělísko a čidlo měřiče teploty. Zapneme míchadlo. Během co nejkratšího časového intervalu mezi zapnutím a vypnutím si nastavíme reostatem proud, který bude protékat topným tělískem, na vhodnou hodnotu ($0,5\text{ A}$).

Na obslužném PC spustíme program pro odečet a záznam teploty v kalorimetru a zahájíme sběr dat o teplotě v kalorimetru. Zaznamenáváme teplotu v kalorimetru při jeho počáteční relaxaci (cca $5\text{--}7\text{ min}$) a po nadávkování $10\text{ ml } 2\text{ M HCl}$ (cca 4 min). Pak zapneme topné tělísko a s přesností 1 sec zaznamenáme čas počátku ohřevu z displeje PC. Po vzestupu teploty o cca $0,7^\circ\text{C}$ zahřívání vypneme a opět zapíšeme přesný čas z PC. Sestavu ponecháme dále relaxovat ještě 10 minut a měření ukončíme. Získáme tak záznam závislosti podobný jako na OBR. 6. Po ukončení měření vyprázdníme a vypláchneme kalorimetr.

3. Stanovení zřed'ovacího tepla $\Delta H_{zř}$ včetně konstanty kalorimetru C. Do kalorimetru odměříme tolik cm^3 vody, kolik jsme použili v předešlém stanovení $0,1\text{ M NaOH}$. Do vyfukovací pipety dáme opět $10\text{ cm}^3 2\text{ M}$



OBR. 5: Sestava jednoduchého kalorimetru. D – kapilára dávkovače, T – teplotní čidlo, M - míchadlo, H - topení, V - voltmetr A - ampérmetr, R - reostat, B - zdroj stejnosměrného napětí, MT - měřič teploty.



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

HCl. Po sestavení kalorimetru postupujeme stejně jako v předcházejícím bodě 3.

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



ZPŮSOB VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ: Vybrané lineární části závislosti teploty v kalorimetru na čase proložíme pomocnými přímkami dle **OBR. 6** a provedeme co nejpřesněji odečet hodnot ΔT 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. **TABULKA 1:** Pro každé měření: objem *NaOH* nebo vody, látkové množství hydroxidu a neutralizované kyseliny, tepelný efekt při neutralizaci ΔT a při zředování $\Delta T'$, tepelná kapacita kalorimetru *C*, molární neutralizační entalpie ΔH_{neutr} a zředovací entalpie $\Delta H_{\text{zř}}$, součet reakčního a disociační entalpie $\Delta H_r + \Delta H_{\text{dis}}$. **DÁLE:** porovnání naměřené reakční entalpie pro silnou kyselinu (*HCl*) s tabelovanou hodnotou ΔH_r . Odhad disociačního tepla slabé kyseliny (*HAc*).