

# 3. vaja – Kalorimetrija

Domen Vaupotič, marec 2017

## 3.1 Ionizacijska entalpija

### 1 Naloga

Namen vaje je določiti ionizacijsko entalpijo vode ( $\Delta H_i$ ) z uporabo kalorimetra in reakcijo nevtralizacije HCl z NaOH.

### 2 Osnove

#### 2.1 Kalorimetrija

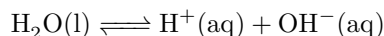
Kalorimetrija označuje skupek kemijskih metod in tehnik, pri katerih določamo štiri osnovne termodinamske količine, in sicer  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ ,  $C_V$  in  $C_p$ . Meritve izvajamo v kalorimetru, to je dobro toplotno izolirana posoda, največkrat posrebrana Dewarjeva posoda z dodanim mešalom. V posodi sta nameščena električni grelnik in termometer. Reakcijsko entalpijo lahko izmerimo tako, da v posodi izvedemo reakcijo in beležimo spremembo temperature, po končani reakciji pa v sistem z električnim grelcem dovedemo toploto, ki povzroči (približno) enako spremembo temperature. Kratek izračun nam da enačbo:

$$\Delta H = Q_p = -UIt \frac{\Delta T}{\Delta T_e} \quad (1)$$

pri kateri so  $U$ ,  $I$  in  $t$  napetost, tok in čas gretja z električnim grelcem,  $\Delta T$  sprememba temperature med reakcijo in  $\Delta T_e$  sprememba temperature med gretjem.

#### 2.2 Ionizacijska entalpija

Ionizacijska entalpija vode ( $\Delta H_i$ ) je porabljena toplota pri disociaciji enega mola vode na oksonijeve in hidroksilne ione.



To entalpijo lahko izmerimo z reakcijo nevtralizacije močne kisline z močno bazo (ali obratno), ki poteče v drugo smer kot reakcija disociacije vode, zato velja  $\Delta H_n = -\Delta H_i$ . Entalpija je sicer odvisna od koncentracije kisline in baze, tako da pri neskončnem redčenju doseže mejno vrednost  $\Delta H_n^\infty$ , ki jo običajno imenujemo ionizacijska entalpija vode. Pri koncentracijah, ki smo jih uporabili pri vaji, so razlike med izmerjeno vrednostjo in upoštevanjem koncentracij manjše kot eksperimentalne napake, zato bomo to odvisnost zanemarili in upoštevali  $\Delta H_n^\infty = -\Delta H_i$ .

### 3 Skica aparature

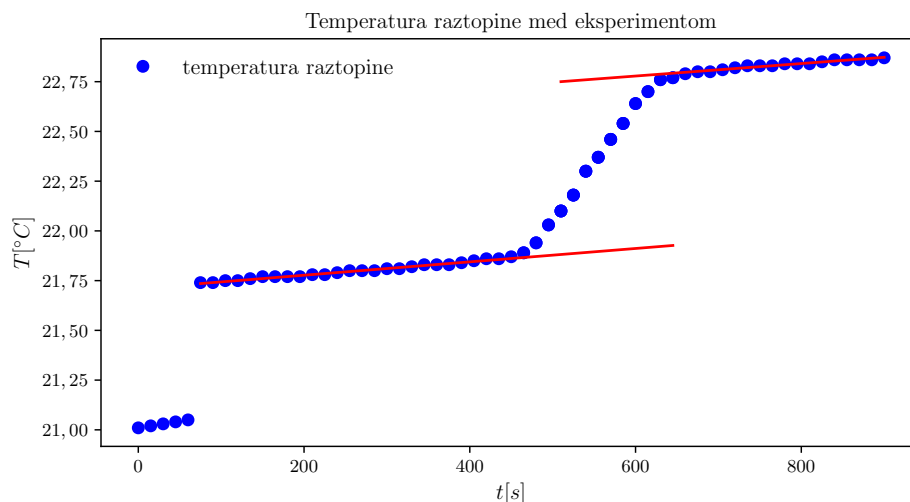
### 4 Meritve

#### Laboratorijski pogoji

$$p_0 = 988 \text{ mbar}, T_0 = 24 \text{ }^\circ\text{C}, \varphi = 38 \%$$

#### Eksperiment

$$I = 0,98 \text{ A}, U = 13,28 \text{ V}, t = 152 \text{ s}, \Delta T = 0,69 \text{ }^\circ\text{C}, \Delta T_e = 0,858 \text{ }^\circ\text{C}$$



## 5 Račun

Spremembo temperature  $\Delta T_e$  pri gretju z električnim grelcem sem izračunal tako, da sem lineariziral točke na grafu  $T(t)$  pred začetkom gretja in po koncu gretja, nato pa izbral čas  $t' = 550$  s, tako da sta bili ploščini trikotnikov med  $t = t'$ , meritvami in posameznima linearizacijama približno enaki.

Spremembo temperature  $\Delta T$  pri reakciji sem izračunal kot razliko med dvema sosednjima meritvama temperature med potekom reakcije, saj je bila sprememba temperature skokovita in nismo zabeležili vmesnih temperatur.

Ionizacijsko entalpijo sem izračunal po enačbi

$$\Delta H_i = -\Delta H_n = UIt \frac{\Delta T}{\Delta T_e}$$

## 6 Ocena napak

$X$	$\Delta X$	$\Delta X/X$
$c_{\text{HCl}}$	0,01 mol/L	0,004 00
$V_{\text{HCl}}$	0,02 ml	0,002 00
$U$	0,01 V	0,000 75
$I$	0,01 A	0,010 20
$t$	1 s	0,006 58
$\Delta T$	0,02 °C	0,023 09
$\Sigma$		0,046

K napaki največ doprineseta meritev temperature in meritev toka.

## 7 Rezultat

Ionizacijska entalpija vode

$$\Delta H_i = 63(1,0 \pm 0,5) \text{ kJ/mol} = (63 \pm 3) \text{ kJ/mol}$$

## 8 Ovrednotenje rezultata

Vrednost ionizacijske entalpije v literaturi<sup>1</sup> je  $\Delta H_i = 55,8$  kJ/mol, naš rezultat je za 13% višji, vrednost iz literature pa ne leži znotraj območja naših napak.

<sup>1</sup>Cerutti, P. J. et. al., *The standard enthalpy of ionization of water at 298 K from calorimetric measurements on iodine pentoxide*, 1978

## 3.2 Topilna toplota

### 1 Naloga

Namen naloge je določiti integralno topilno toploto amonijeve soli v vodi s kalorimetrom.

### 2 Osnove

Integralna topilna toplota topljenca pri dani molalnosti  $b$  je reakcijska toplota pri raztapljanju enega mola topljenca v toliko topila, da dosežemo dano molalnost  $b$ .

$$\Delta H_t = \frac{Q}{m_t} = -\frac{Uit}{m_t} \frac{\Delta T}{\Delta T_e} \quad (2)$$

pri čemer je  $Q$  dovedena toplota med segrevanjem,  $m_t$  pa masa topljenca, saj ne poznamo njegove molske mase. Integralna topilna entalpija je odvisna tudi od koncentracije.

### 3 Skica aparature

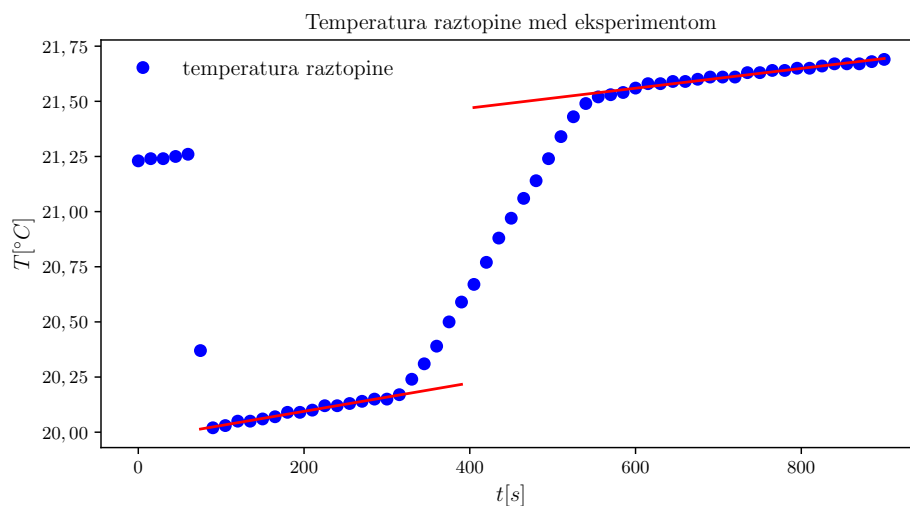
## 4 Meritve

### Laboratorijski pogoji

$$p_0 = 988 \text{ mbar}, T_0 = 24 \text{ }^\circ\text{C}, \varphi = 38 \%$$

### Eksperiment

$$m_t = 8,4044 \text{ g}, I = 0,98 \text{ A}, U = 13,27 \text{ V}, t = 218 \text{ s}, \Delta T = -1,24 \text{ }^\circ\text{C}, \Delta T_e = 1,24 \text{ }^\circ\text{C}$$



## 5 Račun

Pri izračunu  $\Delta T_e$  sem uporabil čas  $t' = 430$  s.

Izračun koncentracije

$$\gamma = \frac{m_t}{V} = 0,0168 \text{ g/L}$$

## 6 Ocena napak

$X$	$\Delta X$	$\Delta X/X$
$m_t$	0,0001 ml	0,000 01
$U$	0,01 V	0,000 75
$I$	0,01 A	0,010 20
$t$	1 s	0,006 58
$\Delta T$	0,02 °C	0,016 12
$\Sigma$		0,034

K napaki največ doprineseta meritev temperature in meritev toka.

## 7 Rezultati

Integralna topilna entalpija amonijeve soli pri koncentraciji 0,0168 g/L

$$\Delta H_t = 340(1,0 \pm 0,3) \text{ J/mol} = (340 \pm 20) \text{ J/mol}$$

## 8 Ovrednotenje rezultata

S primerjanjem podatkov iz literature<sup>2</sup> sklepam, da je bila uporabljena sol amonijev nitrat (V).

	$\Delta H_t$ [J/g]
NH <sub>4</sub> Cl	276,3
NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>	284,9
NH <sub>4</sub> Br	171,3
NH <sub>4</sub> I	94,6
NH <sub>4</sub> IO <sub>3</sub>	164,8
NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	300,6
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	321,0

---

<sup>2</sup>Parker, V. B., *Thermal Properties of Uni-Univalent Electrolytes*, 1965