

# Úloha 10: Stanovení rozpustnosti a obsahu krystalové vody

## Zadané úlohy

1. Stanovte rozpustnost předloženého vzorku anorganické soli ve vodě při laboratorní teplotě.
2. Na základě naměřených údajů identifikujte neznámý vzorek.
3. Termogravimetricky stanovte množství krystalové vody v předloženém vzorku.

## Teoretický úvod

### Rozpustnost látek

Gibbsův zákon fází popisuje rovnováhu v uzavřeném systému rovnicí:  $f + v = s + 2$ , ve které je  $f$  počet fází,  $v$  počet stupňů volnosti a  $s$  počet složek v systému. Fáze jsou homogenní složky (plyn, kapalina, pevná fáze) systému a složky jsou jednotlivé chemické sloučeniny. Stupeň volnosti je jakákoliv intenzivní fyzikální veličina. Intenzivní veličina je taková, která nezávisí na celkové hmotě systému.

### Krystalová voda

Když látky krystalizují z vodním prostředím do sebe často zabudovávají molekuly vody do struktury krystalu. Krystalové vody se může snadno zbavit stáním krystalických vzorků na vzduchu.

### Práce s automatickou pipetou

Automatická pipeta se používá o odměření velmi malých objemů. Daný objem se nastavuje šroubem v horní části pipety. Pipetu nesmíme nikdy obracet napo pokládat na stranu, pokud je na ní nasazena znečištěná špička.

### Zahřívání nad kahanem a žíhání do konstantní hmotnosti

Žíhání je specifickým laboratorním postupem provádějícím se nad kahanem, obvykle v porcelánových miskách. Kelímek je zahříván pomalu, aby nepraskl, poté je přesunut do nejteplejší části plamene. K žíhání můžeme také používat žíhací pec. Žíhání do konstantní hmotnosti můžeme využít například při gravimetrii.

## Postup

### Stanovení rozpustnosti a identifikace vzorku

Nad kahanem byly vyžíhány tři kelímky do konstantní hmotnosti. Žíhání probíhalo cca 10 minut a kelímky byly pomocí kleští přesunuty do exsikátoru k vychladnutí. Vychladlé kelímky byly zváženy na analytických vahách. Žíhání kelímků bylo zopakováno. Kelímky byly znovu zváženy a hmotnosti byly porovnány. Kdyby se hmotnosti měnili, proces by byl zopakován. Byla změřena teplota suspenze neznámého vzorku (č.105), poté co byl vzorek rozmíchán a bylo počkáno 5 minut. Do vyžíhaných kelímků bylo pomocí automatické pipety odpipetováno 5 ml nasyceného roztoku a byla zapsána hmotnost roztoku. Voda z

odpipetovaných roztoků byla opatrně odpařena. Po odpaření vody, byl zbytek v kelímcích žihán ještě dalších 10 minut. Po vychladnutí v exsikátoru byly kelímky zváženy a kelímky byly žihány do konstantní hmotnosti.

Plamenová zkouška

Předem vyžíhaný drátek byl ponořen do neznámého vzorku a poté byl vložen do plamene. Podle jeho barvy byl určen kationt v roztoku.

Stanovení obsahu krystalové vody

V peci vyhřáté na 400°C byly vyžíhány dva malé kelímky do konstantní hmotnosti. Bylo postupováno stejně jako v předchozí úloze. Na analytických vahách do nich bylo odváženo přibližně 250 mg (viz naměřené hodnoty) neznámého vzorku. Odvážené vzorky, byly žihány v peci při teplotě 400°C po dobu 10 minut.

Naměřené hodnoty

	Číslo kalíšku	Hmotnost (g)
1. měření		
	1	38,9027
	2	47,0566
	3	48,4781
2. měření		
	1	38,9032
	2	47,0576
	3	48,4788
3. měření (přidaná suspenze)		
	1	45,3725
	2	53,5302
	3	54,9578
4. měření		
	1	41,5500

	2	50,0238
	3	51,1284
5. měření		
	1	41,4791
	2	49,9191
	3	51,0435
6. měření		
	1	40,6798
	2	48,9884
	3	50,4258

Tab. 1: žíhání do konstantní hmotnosti při stanovení rozpustnosti a identifikace roztoku

	Číslo kalíšku	Hmotnost kalíšků	Hmotnost látky	Celková hmot.
1. měření				
	1	23,5433	0,2541	23,7974
	2	23,009	0,2507	23,2597
2. měření				
	1			23,6693
	2			23,1318
3. měření				
	1			23,6690
	2			23,1317

Tab. 2: žíhání do konstantní hmotnosti při stanovení obsahu krystalové vody

Výpočty

Stanovení rozpustnosti a identifikace vzorku

$$m_{1(vzorek)} = 6,4693\text{ g}$$
$$m_{2(vzorek)} = 6,479\text{ g}$$
$$m_{3(vzorek)} = 6,479\text{ g}$$

$$m_{1(vytezek)} = 1,7766 \text{ g}$$

$$m_{2(vytezek)} = 1,9308 \text{ g}$$

$$m_{3(vytezek)} = 1,947 \text{ g}$$

$$m_{1(odparenevody)} = 4,6927 \text{ g}$$

$$m_{2(odparenevody)} = 4,5418 \text{ g}$$

$$m_{3(odparenevody)} = 4,532 \text{ g}$$

$$\rho_1 = 1,2939 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$\rho_2 = 1,2945 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$\rho_3 = 1,2958 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$\rho_{prumer} = 1,2947 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

## Rozpustnost

gramy rozpuštěné látky/100 ml roztoku

$$1,8848 \text{ g} \dots\dots\dots 5 \text{ ml}$$

$$x \text{ g} \dots\dots\dots 100 \text{ ml}$$

$$x = \frac{100}{5} \cdot 1,8848$$

$$x = 37,696 \text{ g} \cdot 100 \text{ ml}^{-1} \text{ roztoku}$$

gramy rozpuštěné látky/100 g roztoku

$$1,8848 \text{ g} \dots\dots\dots 6,4758 \text{ g}$$

$$y \text{ g} \dots\dots\dots 100 \text{ g}$$

$$y = \frac{100}{6,4758} \cdot 1,8848$$

$$y = 29,1052 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ roztoku}$$

gramy rozpuštěné látky/100 g vody

$$1,8848 \text{ g} \dots\dots\dots 4,5888 \text{ g}$$

$$z \text{ g} \dots\dots\dots 100 \text{ g}$$

$$z = \frac{100}{4,5888} \cdot 1,8848$$

$$z = 41,0739 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ vody}$$

**Molární koncentrace**

$$V = 0,005 \text{ dm}^3$$

$$c = \frac{n}{V}$$

$$n = \frac{m_{\text{vytezek}}}{M_r(\text{MgSO}_4)}$$

$$n = 0,016 \text{ mol}$$

$$\rightarrow c = 3,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

**Molalita**

$$c_m = \frac{n}{m_{\text{rozpoistedlo}}}$$

$$c_m = 3,5 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

**Stanovený počet molekul krystalové vody**

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,1282 \text{ g}$$

$$\rightarrow m = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_r(\text{H}_2\text{O})}$$

$$n = 0,0071 \text{ mol}$$

$$\rightarrow N = 4,28 \cdot 10^{21}$$

**Závěr**

Na základě rozpustnosti byl neznámý vzorek č. 105 identifikován jako síran hořečnatý. Byla spočítána hustota  $\rho_{\text{prumer}} = 1,2947 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , molární koncentrace  $c = 3,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a molalita  $c_m 3,5 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Rozpustnost síranu hořečnatého je  $x = 37,696 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$  roztoku,  $29,1052 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  roztoku a  $41,0739 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ .