

## 2. Optické a elektrické vlastnosti molekul

### 2.a. Měření refrakce směsí metanolu a etanolu



Měření indexu lomu ponorným refraktometrem je založeno na zjištění mezního úhlu lomu  $\beta_{lim}$ , pro který platí dle Snellova zákona vztah:

$$\sin \beta_{lim} = \frac{n}{n_g} \quad (2.1.)$$

kde  $n$  je index lomu měřeného prostředí a  $n_g$  index lomu skla použitého pro hranol refraktometru. Mezní úhel je dán polohou rozhraní mezi osvětlenou a temnou částí zorného pole odečtenou na empirické stupnici přístroje. Z kalibrační tabulky k ní najdeme odpovídající index lomu. Index lomu je závislý na vlnové délce procházejícího světla, na teplotě a na tlaku. Na teplotě a na tlaku je pro danou vlnovou délku nezávislá specifická refrakce daná výrazem:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho} \quad (2.2.)$$

kde  $n$  je index lomu prostředí a  $\rho$  jeho specifická hmotnost (hustota). Specifická refrakce má u směsi aditivní charakter, mění se lineárně se složením. Například pro binární směs platí :

$$R = p \cdot R_1 + (1 - p)R_2 \quad (2.3.)$$

kde  $R_1$  a  $R_2$  jsou specifické refrakce čistých složek a  $p$  je hmotnostní zlomek složky 1 ve směsi.

K refraktometrickému zjišťování složení směsi se v praxi proto používá často závislosti indexu lomu  $n$  na složení  $x$ . Protože závislost  $n = f(p)$  není lineární, je nutno sestavit kalibrační křivku, která však platí jen pro danou teplotu měření.

Pro čisté látky definujeme též tzv. molární refrakci  $R_M$ , která je dána součinem specifické refrakce  $R$  a molární hmotnosti dané látky  $M$ . Molární refrakce je veličinou konstitutivní a lze ji teoreticky spočítat jako součet atomových refrakcí atomů skládajících molekulu s korekcemi pro různé vazebné typy (viz **TABULKA I**).

$$R_M = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \sum \nu_i \cdot R_A^i \quad (2.4.)$$

kde  $\nu_i$  je počet atomů  $i$ -této typu v molekule. Tato rovnice platí pro nepolární i polární látky, neboť v elektromagnetickém poli světelného záření se chování jejich molekul velmi málo liší.



**MĚŘENÍ PYKTOMETREM:** Nejprve zvážíme prázdný, čistý a suchý pyknometr. Potom ho naplníme měřenou kapalinou s teplotou nižší nežli je teplota lázně termostatu, do které pyknometr vkládáme. Po ustálení teploty dle konstrukce

**TABULKA I:** Atomová refrakce

Atom $i$ :	C	H	O (v OH)
$R_A^i / \text{cm}^3 \text{ mol}^{-1}$	2,4	1,1	1,5

pyknometru přebytečná kapalina buď sama přeteče, nebo ji odsajeme injekční stříkačkou po rysku. Pyknometr zevně osušíme a zvážíme. Takto stanovíme hmotnost pyknometru se všemi sledovanými kapalinami nebo jejich směsmi a nakonec i destilované vody. Vodu používáme ke kalibraci skutečného objemu pyknometru. Pro teplotu lázně zjistíme v tabulkách hustotu vody a následně vypočteme skutečný objem pyknometru zaujímaný vodou při teplotě měření v termostatu.

Vážení lze zpřesnit korekcí na vztlak pyknometru vzduchem tak, že hustotu zkoumané kapaliny při teplotě  $t$  vypočteme podle vztahu:

$$\rho_t = \frac{m}{m_0}(\rho_0 - \rho^*) + \rho^* \quad (2.5.)$$

kde  $\rho_0$  je specifická hmotnost vody při teplotě lázně (vyhledáme v tabulkách),  $m$  je hmotnost zkoumané kapaliny,  $m_0$  hmotnost vody a  $\rho^*$  je specifická hmotnost suchého vzduchu ( $1,168 \text{ kg/m}^3$  při teplotě  $25^\circ\text{C}$  a tlaku  $100,0\text{kPa}$ ).



**ÚKOL:** Zjistěte specifickou refrakci metanolu a etanolu a jejich směsí při teplotě  $25^\circ\text{C}$ , ověřte lineární závislost specifické refrakce na složení, ověřte aditivitu molární refrakce pro čisté alkoholy.



**POTŘEBY A CHEMIKÁLIE:** Ponorný refraktometr, vodní lázeň, 7 nádobek k refraktometru, pyknometr na těkavé kapaliny ( $25 \text{ ml}$ ), metanol, etanol a jejich směsi s hmotnostním poměrem  $0,80$ ;  $0,60$ ;  $0,40$ ;  $0,20$ .



Metanol je toxická látka při požití, styku s kůží i vdechování. Má stejnou chuť i vůni jako etanol. Při požití vyhledejte lékaře.



**POSTUP:** Do šesti refraktometrických nádobek nalijeme připravené alkoholy a jejich směsi, do sedmé nalijeme destilovanou vodu. Nádobky vložíme do vodní lázně, hranol refraktometru ponoříme do nádoby s destilovanou vodou. Po ustálení teploty provedeme kalibraci refraktometru změněním indexu lomu destilované vody při dané teplotě. Pak přistoupíme k měření indexu lomu vzorků. Při přenášení refraktometru z jedné kapaliny do druhé hranol vždy pečlivě osušíme filtračním papírem. Hustotu sledovaných kapalin změříme například pyknometrem.



**PROTOKOL: Tabulka 1:** pro pyknometr se vzduchem, vodou a každou směsí alkoholů hmotnost pyknometru s náplní, hmotnost pouze náplně a specifická hmotnost dle vztahu (2.5.). **Tabulka 2:** pro všechny měřené kapaliny: složení (hmotnostní zlomek etanolu a metanolu), index lomu, specifická hmotnost, hodnota specifické refrakce všech roztoků vypočtené podle (2.2.), pro směsi doplníme hodnotu specifické refrakce získanou s použitím vztahu (2.3.) (za  $R_1$  dosadíme nalezenou specifickou refrakci metanolu a za  $R_2$  etanolu). **Graf 1:** závislost indexu lomu na složení. **Graf 2:** závislost specifické refrakce směsi na složení. **Tabulka 3:** pro metanol i etanol porovnání experimentálních hodnot  $R_M$  s hodnotami vypočtenými s použitím atomových refrakcí (viz **TABULKA II**).