

## Úloha II.E . . . řídský nebo hustý líh

13 bodů; průměr 5,29; řešilo 55 studentů

Změřte závislost hustoty roztoku lihu ve vodě na jeho objemové koncentraci ve vodě. Zareďte pro srovnání i měření čistého lihu a čisté vody.

Pozor na správné směřování lihu s vodou – nezapomínejte na to, že objem slité vody a lihu není přesně součtem jejich původních objemů.

*Karel si říkal, že by si účastníci mohli trochu čichnout.*

## Teorie

Vlastnosti směsí ethanolu a vody je dobré znát z mnoha praktických důvodů, například pro ředění pálenky či jiných alkoholických nápojů. Při práci s takovými roztoky si připomeňme, že je často považujeme za ideální. To znamená, že předpokládáme, že jejich mezimolekulové interakce mají konstantní vazebnou energii nezávislou na roztoku. Překvapivě mnoho roztoků se chová jako ideální, což nám výrazně zjednodušuje situaci.

Zmiňované mezimolekulové interakce hrají důležitou roli v mísení kapalin. Ty jsou mísitelné, pokud mají přibližně podobné mezimolekulové interakce se stejnými vazebnými energiemi. Např. hexan má mnohem více mezimolekulových interakcí než voda, proto se tyto dvě látky nemísí.

Mnoho nízkých alkoholů tvoří azeotropické směsi s vodou právě z tohoto důvodu. Hmotnost vody a ethanolu se při smíšení zachovává, objem nikoliv. Pokud však koncentrace vody klesne pod určitou mez, začnou molekuly alkoholu interagovat zase jen s alkoholovými molekulami, což znamená, že přestane platit předpoklad ideální kapaliny.

Situace se dá velmi zjednodušeně přirovnat k mísení písku a kamení. Písek zaplní volná místa mezi kameny čili výsledný objem nebude pouhým součtem objemů původně oddělených materiálů. Obdobně ethanol a voda mají různé veliké molekuly a dochází zde k podobnému jevu.

## Možný postup měření

Pokus lze provést několika způsoby. Nám postačí kuchyňská váha, odměrný válec (nejlépe s rozlišením alespoň 1 ml), pipeta, denaturovaný líh a voda. Při měření budeme předpokládat, že použitý ethanol je čistý, a do výpočtu nezahrneme objem dalších příměsí. Na toto zjednodušení bychom ale budeme muset pamatovat při vyhodnocení výsledků experimentu.

Do odměrného válce s denaturovaným ethanolom budeme postupně přidávat vodu, přičemž budeme sledovat hmotnost a objem roztoku. Z naměřených hmotností, objemů a ze znalosti původního objemu čistého ethanolu můžeme spočítat jeho objemovou koncentraci v roztoku a hustotu roztoku jako

$$\varphi = \frac{V_{\text{lih}}}{V_{\text{směs}}}, \quad \rho = \frac{m_{\text{směs}}}{V_{\text{směs}}}.$$

Při zpracování chyb vyjdeme z toho, že relativní chyby se sčítají kvadraticky.

$$\frac{\sigma_\rho}{\rho} = \sqrt{\left(\frac{\rho_m}{\sigma_m}\right)^2 + \left(\frac{\rho_V}{\sigma_V}\right)^2},$$



Obr. 1: Pomůcky – zleva technický líh, kuchyňská váha s přesností na 1 g, odměrný válec s objemem 200 ml a rozlišením 2 ml a pipeta pro 10 ml s rozlišením 1 ml.

kde  $\sigma_m = 1$  g,  $\sigma_V = 2$  ml a  $V$  označuje objem celé směsi. Obdobně pro chybu objemové koncentrace platí

$$\frac{\sigma_\varphi}{\varphi} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{V_{\text{směs}}}}{V_{\text{směs}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{V_{\text{lih}}}}{V_{\text{lih}}}\right)^2},$$

kde  $V_{\text{lih}}$  označuje objem čistého lihu, v našem případě 50 ml.

### Výsledky měření

V grafu na obrázku 2 jsou vyneseny spočítané hodnoty společně s těmi tabulkovými<sup>1</sup> pro teplotu 20 °C.

### Diskuze

V grafu 2 je vidět, že hodnoty naměřené v domácích podmínkách se příliš neliší od těch tabulkových. Při vyhodnocování musíme brát v potaz, že sledovaná závislost je poměrně komplexní a náchylná na další neměřené či zanedbané parametry. Takovým parametrem je zajisté i teplota. V některých případech mísení tekutin může docházet k teplotním změnám (např. při ředění kyselin se uvolňuje velké množství tepla). Podstatný vliv na závislost má přítomnost dalších látek v roztoku, příkladem mohou být různé příměsi v denaturovaném ethanolu (různé směsi uhlovodíku jako solventní nafta, petrolej, technický benzín, barviva a atd.). Podobně mohou hustotu ovlivňovat i rozpuštěné soli v použité kohoutkové vodě. V případě extrémně vysoké koncentrace solí v roztoku může dokonce dojít k oddělení fází. Tento proces se nazývá vysolování a využívá se v organické chemii. To naštěstí nebyl při našem experimentu problém.

Naopak to, že se část ethanolu a vody během měření odpaří, má na výsledek tak malý vliv, že jej můžeme zanedbat. Podobně nepodstatný vliv na měření má i tlak vzduchu.

### Závěr

V rámci experimentu se nám podařilo naměřit hodnoty odpovídající těm tabulkovým. Došli jsme k závěru, že pro eliminaci nepřesností měření by bylo dobré používat náčiní s co nejvyš-

<sup>1</sup>Tabellen für das Labor – Ethanol-Water Mixtures – Steffen's Chemistry Pages. Steffen's Wissensblog – nützliches und unnützes Wissen [online]. Copyright © 2021 Steffen [cit. 02.10.2021]. Dostupné z: <https://wissen.science-and-fun.de/chemistry/chemistry/density-tables/ethanol-water-mixtures/>.

Tab. 1: Naměřené hodnoty objemů a hmotností, ze kterých jsme spočítali hustoty a objemové koncentrace roztoků včetně chyb.

$\frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{ml}}$	$\frac{V}{\text{ml}}$	$\frac{m}{\text{g}}$	$\frac{\varphi}{10^{-3}}$	$\frac{\sigma_\varphi}{10^{-3}}$	$\frac{\rho}{\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}}$	$\frac{\sigma_\rho}{\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}}$
0	50	40	1000	40	0,80	0,04
10	60	50	833	8	0,83	0,03
20	68	60	735	7	0,88	0,03
30	78	70	641	6	0,90	0,03
40	88	81	568	6	0,92	0,02
50	98	90	510	5	0,92	0,02
60	106	100	472	5	0,94	0,02
70	116	110	431	4	0,95	0,02
80	126	120	397	4	0,95	0,02
90	136	130	368	4	0,96	0,02
100	144	141	347	3	0,98	0,02
110	154	150	325	3	0,97	0,01
120	164	160	305	3	0,98	0,01
130	174	169	287	3	0,97	0,01
140	184	180	272	3	0,98	0,01
150	196	190	255	3	0,97	0,01

ším rozlišením, pracovat s co nejčistším ethanolem a v prostředí se stabilní teplotou. Také by bylo vhodné použít destilovanou vodu namísto té kouhotkové pro maximální omezení dalších možných příměsí.

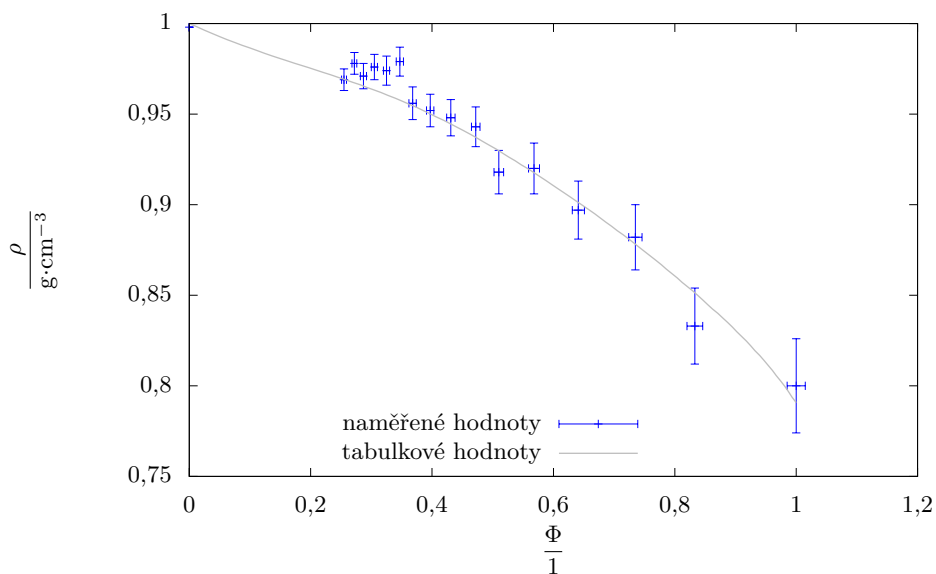
*Josef Trojan*

josef.trojan@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.



Obr. 2: Naměřená závislost hustoty roztoku lithu ve vodě na objemové koncentraci proložená tabulkovými hodnotami.