

PARCIJALNI MOLARNI VOLUMENI

Zadatak

Odrediti parcijalne molarne volumene u sustavu etanol(1) – voda(2) pri temperaturi od 25 °C na temelju izmjerenih gustoća otopina.

Eksperimentalne podatke aproksimirati polinomnom funkcijom izvedenom iz Redlich-Kisterova modela. Izračunati ekscesne volumene zadanih otopina i parcijalne molarne volumene obiju komponenata na temelju parametara polinomne jednadžbe.

Grafički prikazati:

- eksperimentalno određene gustoće u ovisnosti o sastavu otopine, $\rho = f(x_2)$;
- eksperimentalno određene i na temelju modela izračunate molarne volumene u ovisnosti o sastavu otopine, $v = f(x_2)$;
- eksperimentalno određene i na temelju modela izračunate ekscesne volumene u ovisnosti o sastavu otopine, $v^{ex} = f(x_2)$;
- na temelju modela izračunate parcijalne molarne volumene obiju komponenata u ovisnosti o sastavu otopine, $v_1 = f(x_2)$ i $v_2 = f(x_2)$.

Eksperimentalni dio

Na našim laboratorijskim vježbama određujemo parcijalne molarne volumene u sustavu etanol(1) – voda(2) na temelju mjerenja gustoća niza otopina različitih sastava. Gustoće se određuju piknometrijskom metodom uz primjenu vode kao usporedbene kapljevine.

Postupak eksperimenta podijelila sam u nekoliko koraka radi lakšeg razumijevanja.

1) Komponente

komponenta	proizvođač	čistoća	gustoća (kg L ⁻¹)	M (g mol ⁻¹)	CAS broj
etanol apsolutni	Gram-mol	p.a.	0,790	46,07	64-17-5
voda Millipore	FKIT		0,997048	18,0153	-

Prije započinjanja svakog eksperimenta, moramo se upoznati s kakvim kemikalijama ćemo raditi i prema tome ćemo odrediti postupak rukovanja s njima. Tu se misli na:

- štetnost kemikalije (oznake opasnosti i oznake o mjerama predostrožnosti) prema kojoj se biraju odgovarajuća zaštitna sredstva (kuta, rukavice, obuća, zaštitne naočale, maska, digestor itd.)
- oznake o mjerama prve pomoći koje daju upute o postupanju u slučaju nezgode
- utjecaj na okoliš o kojem ovisi zbrinjavanje korištene kemikalije nakon eksperimenta.

Sve takve detaljne informacije o nekoj kemikaliji sadržane su u sigurnosno-tehničkom listu (STL), za primjer dajem STL etanola:

<https://www.sigmaaldrich.com/MSDS/MSDS/DisplayMSDSPage.do?country=HR&language=hr&productNumber=493511&brand=SIAL&PageToGoToURL=https%3A%2F%2Fwww.sigmaaldrich.com%2Fcatalog%2Fsearch%3Fterm%3DEthanol%26interface%3DAII%26N%3D0%26mode%3Dpartialmax%26lang%3Den%26region%3DHR%26focus%3Dproduct>



Prve informacije o štetnosti kemikalije daju nam piktogrami opasnosti koji se nalaze na poledini boce.

Za etanol:



Voda Millipore dobivena je iz uređaja Millipore. Voda iz slavine pročišćava se prvo od čestica i slobodnog klora prolaskom kroz paket za predobradbu Progard®, nakon čega se na principu reverzno-osmotske membrane i modula elektrodeionizacije smanjuje razina organskih i mineralnih onečišćenja.



2) Priprema dvokomponentnih otopina etanol(1) – voda(2)

Svaki student priprema jednu otopinu zadanog sastava, stoga na samom početku vježbe dobije od asistenta sastav koji će pripremiti, npr. $w(\text{EtOH})=0,96$, $w(\text{H}_2\text{O})=0,04$. Kako je riječ o kapljevitim komponentama, potrebno je preračunati zadane masene udjele u volumen, V/mL, prema formuli:

$$V = \frac{w \cdot m_{ot}}{\rho}$$

Vidi se iz formule da je potreban podatak o gustoći komponente; za etanol se očitava gustoća s boce, a za vodu se uzima vrijednost gustoće pri sobnoj temperaturi. Proračun se radi na bazi 40 g otopine.

Kada su izračunati potrebni volumeni etanola i vode, otopina se priprema u Erlenmeyerovoj tikvici od 50 mL dodavanjem izračunatih volumena iz bireta:

- Izvažuje se prazna Erlenmeyer tikvica na analitičkoj vagi.

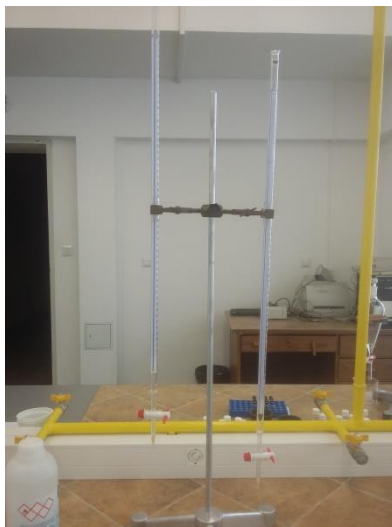


Analitička vaga Radwag AS 220.R2 s preciznošću ± 0.0001

Vagu je prije upotrebe potrebno postaviti u horizontalni položaj što se postiže postavljanjem balončića u centar kruga. Kalibracija vage je automatska: preciznost vage i točnost mjerenja osigurani su automatskom internom prilagodbom, koja uzima u obzir promjene temperature i protoka vremena.



- Iz birete se dodaje izračunat volumen vode (prvo se dodaje manje hlapljiva komponenta, $T_v=100,0 \text{ }^\circ\text{C}$), pa se tikvica ponovno izvažuje.



- Iz birete se dodaje izračunat volumen etanola (lakše hlapljiva komponenta, $T_v=78,4 \text{ }^\circ\text{C}$), pa se tikvica ponovno izvažuje.

U radni list bilježe se sljedeći podaci:

otopina	Masa prazne tikvice/g	Masa tikvice s vodom/g	Masa tikvice s vodom i etanolom/g
1	59,5074	61,1202	99,5266
2			
...			

Iz razlika izmjerenih masa dobiju se stvarne mase etanola i vode iz kojih se kasnije u postupku proračuna računa stvarni sastav pripremljene otopine.

3) *Određivanje gustoće referentne otopine piknometrom*



Piknometar – staklena laboratorijska posuda s ubrušenim grlom i ubrušenim staklenim čepom. Na lijevoj slici prikazan je piknometar s kapilarnim čepom. Kad se višak kapljevine izlije kroz kapilaru čepa, volumen kapljevine u piknometru približno je jednak volumenu piknometra. Na desnoj slici prikazan je + piknometar s oznakom. Volumen kapljevine u piknometru približno je jednak volumenu piknometra kad je donji rub meniskusa tekućine u razini s oznakom na vratu piknometra. U vježbi koristimo piknometar s oznakom.



Po definiciji, gustoća je jednaka omjeru mase i volumena. Volumen piknometra je poznat (kalibrirano posuđe, 25 mL), masa otopine u piknometru odredi se vaganjem te se lako može izračunati gustoća. Međutim, takvo *direktno* određivanje gustoće može se primijeniti samo pri temperaturi pri kojoj je piknometar baždaren. S obzirom na to da je piknometar baždaren pri temperaturi 20 °C, piknometrijsko mjerenje gustoće otopine pri bilo kojoj drugoj temperaturi dat će pogrešku u rezultatu uzrokovanu promjenom volumena piknometra zbog rada materijala (stakla). Stoga se piknometrijsko određivanje gustoće otopina svodi na *indirektno* određivanje tj. na usporedbu prema nekoj kapljevini poznate gustoće pri mjernoj temperaturi. Pogodna usporedbena kapljevina je ona čije su vrijednosti gustoća poznate u odgovarajućem rasponu temperatura. Takvi podaci obično su dostupni u literaturi ili u bazama podataka. Voda zadovoljava taj kriterij.

Eksperimentalno se prvo određuje gustoća usporedbene kapljevine, u našoj vježbi – vode. Postupak je sljedeći:

- Odredi se masa praznog piknometra na analitičkoj vagi.



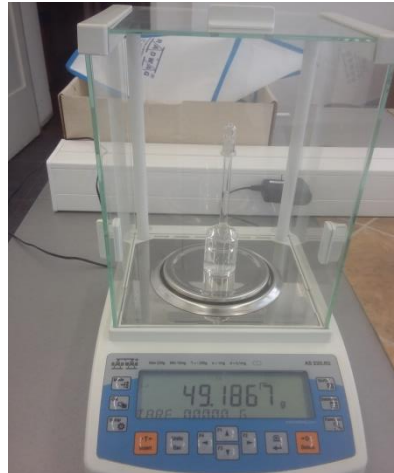
- Pycnometar se pažljivo napuni vodom pomoću šprice s dugačkom iglom, u razini malo ispod oznake na grlu pycnometra, pazeći da ne nastaju mjehurići.



- Pycnometar se začepi čepom i termostatira 20 min pri temperaturi 25 °C.



- Nakon termostatiranja razina vode u pycnometru podesi se do oznake na grlu pycnometra, koji se zatim ponovo važe na analitičkoj vagi.



- Termostatiranje je potrebno provoditi kako bi se ostvarili uvjeti zadane radne temperature. Termostatiranje se provodi u termostatu prikazanom na slici. Termostat ima kontaktni termometar na kojem je namještena temperatura termostatiranja ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Kontrolnog termometra za provjeru stvarne temperature nema, jer je na isti termostat spojen refraktometar koji se koristi u drugoj vježbi Ravnoteža para-kapljevina. Stoga stvarnu temperaturu pratimo na digitalnom termometru refraktometra koji prikazuje temperaturu vode iz termostata koja cirkulira kroz prizmu refraktometra. Cirkulacija vode odvija se pomoću električne pumpe.



- Piknometar se zatim isprazni i osuši u sušioniku pri $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ za sljedeće mjerenje. Ulogu sušionika dobila je kuhinjska pećnica Beko. 😊



4) Određivanje gustoće zadane otopine etanol(1) – voda(2) piknometrom

Postupak piknometrijskog određivanja gustoće otopine sličan je određivanju gustoće vode:

- Punjenje piknometra pripremljenom otopinom etanola i vode zadanog sastava pomoću šprice uz izbjegavanje mjehurića.
- Termostatiranje piknometra 20 minuta pri temperaturi 25 °C.
- Dopunjavanje otopinom do oznake te vaganje termostatiranog piknometra.
- Pražnjenje piknometra i sušenje.

U radni list bilježe se sljedeći podaci:

otopina	Masa praznog piknometra/g	Masa piknometra s vodom/g	Masa piknometra s otopinom/g
1	19,4511	44,6873	39,6935
2			
...			

Iz razlika izmjerenih masa dobiju se stvarne mase vode, $m_{\text{H}_2\text{O}}$ i otopine etanol(1) – voda(2), m_m iz kojih se izračunava gustoća pripremljene otopine, ρ_m :

$$\rho_m = \frac{m_m - m_0}{m_{\text{H}_2\text{O}} - m_0} \times \rho_{\text{H}_2\text{O}}.$$

m_0 označava masu praznog piknometra, a $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ je gustoća vode pri radnoj temperaturi.

5) Proračun

Daljnja obrada eksperimentalno dobivenih rezultata provodi se prema uputama u zbirci Laboratorijske vježbe – radni materijal.