

Fizikalna kemija

Poročilo

Vaja: Hitrost raztapljanja soli

Simon Bukovšek

Datum vaje: 26. april 2024

1 Naloga

Cilj naloge je s pomočjo meritev prevodnosti raztopine sadre ob različnih časih izračunati konstanto hitrosti raztapljanja sadre (k').

2 Osnove

Pri tej vaji raziskujemo raztapljanja sadre (CaSO_4) v vodi. Za raztapljanje velja difuzijski (Fickov) zakon:

$$j = \frac{1}{S} \frac{dn}{dt} = -D \frac{dc}{dx},$$

kjer je S površina kristala, n in c množina ter koncentracija difundirajoče snovi, D pa difuzijska konstanta. Predpostavimo, da je gradient koncentracije sadre v okolici kristala konstanten in neničelen samo na zelo tankem območju debeline δ okoli kristala: $dc/dx = (c - c_0)/\delta$, kjer je c koncentracija sadre tik ob kristalu in hkrati ravnotežna končna koncentracija v celotni raztopini, c_0 pa trenutna koncentracija v raztopini. Ob upoštevanju zveze $dc = dn/V$, dobimo

$$\frac{dc}{dt} = \frac{DS}{\delta V} (c_0 - c) = k(c_0 - c).$$

S k smo označili konstanto hitrosti raztapljanja, ki ob predpostavkah ostaja enaka skozi celoten proces raztapljanja. Rešitev diferencialne enačbe je

$$\ln \frac{c_0}{c_0 - c} = kt.$$

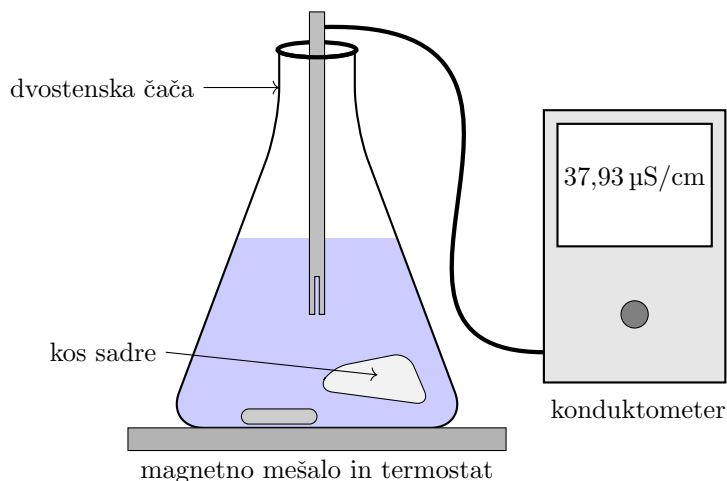
Koncentracijo merimo s pomočjo električne prevodnosti κ raztopine. Prevodnost čiste vode je toliko manjša od prevodnosti raztopine, da jo lahko zanemarimo. Velja $\kappa = \Lambda(c) \cdot c$, pri čemer je molska prevodnost Λ

tudi odvisna od koncentracije:

$$\Lambda = \Lambda^\infty - A\sqrt{c} + Bc.$$

Rešitev $c(\kappa)$ je sicer analitično rešljiva, vendar tako nepraktična, da se za iskanje rešitve raje poslužimo numeričnih metod.

3 Aparatura



4 Meritve in analiza podatkov

Po navodilih smo izmerili električno prevodnost κ raztopine sadre ob različnih časih po menjavi vode. Meritve so v prvih dveh stolpcih Tabele 1. Ob tem veljajo še sledeči podatki:

- $c_0 = 0,0151 \text{ mol/L}$,
- $\Lambda^\infty = 1,4083 \text{ dm}^2 \text{ S/mol}$,
- $A = 9,962 \text{ dm}^{7/2} \text{ S/mol}^{3/2}$,
- $B = 37,74 \text{ dm}^5 \text{ S/mol}^2$,
- $\kappa_k = c_0 / (\Lambda^\infty - A\sqrt{c_0} + Bc_0) = 1139 \text{ μS/cm}$.

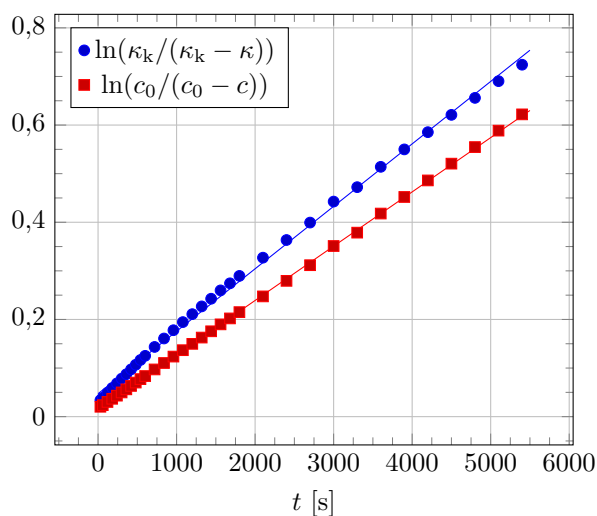
Temperatura termostata je bila $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. Pri izračunu koncentracije smo se polotili naslednjega postopka: prvi približek je bil izračunan po formuli $c_1 = \kappa / \lambda^\infty$. Vsak naslednji približek pa po formuli:

$$c_{n+1} = \frac{\kappa}{\Lambda^\infty - A\sqrt{c_n} + Bc_n}.$$

Po šestih ponovitvah iteracije se vrednosti niso več bistveno spreminjale, zato smo za točne vrednosti vzeli vrednosti po šesti iteraciji (peti stolpec v Tabeli 1). Najpočasneje so konvergirale večje koncentracije.

t [s] (± 5 s)	κ [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	$\ln(\kappa_k/(\kappa_k - \kappa))$	c_1 [mol/L]	c_6 [mol/L]	$\ln(c_0/(c_0 - c_6))$
30	37,93	0,0339	0,000 269	0,000 304	0,0204
60	43,59	0,0390	0,000 310	0,000 353	0,0237
120	54,59	0,0491	0,000 388	0,000 450	0,0302
180	65,21	0,0590	0,000 463	0,000 545	0,0368
240	75,36	0,0685	0,000 535	0,000 638	0,0432
300	85,58	0,0781	0,000 608	0,000 734	0,0498
360	95,17	0,0873	0,000 676	0,000 825	0,0562
420	105,50	0,0972	0,000 749	0,000 925	0,0632
480	115,38	0,1068	0,000 819	0,001 023	0,0701
540	125,36	0,1166	0,000 890	0,001 122	0,0772
600	134,00	0,1252	0,000 952	0,001 210	0,0835
720	152,20	0,1434	0,001 081	0,001 398	0,0972
840	169,20	0,1608	0,001 201	0,001 578	0,1104
960	185,60	0,1779	0,001 318	0,001 756	0,1236
1080	201,40	0,1946	0,001 430	0,001 930	0,1368
1200	216,60	0,2109	0,001 538	0,002 101	0,1498
1320	231,20	0,2269	0,001 642	0,002 268	0,1627
1440	245,40	0,2426	0,001 743	0,002 433	0,1757
1560	260,60	0,2598	0,001 850	0,002 612	0,1899
1680	273,30	0,2744	0,001 941	0,002 764	0,2021
1800	286,40	0,2896	0,002 034	0,002 922	0,2151
2100	317,80	0,3271	0,002 257	0,003 310	0,2474
2400	347,10	0,3635	0,002 465	0,003 681	0,2795
2700	375,00	0,3993	0,002 663	0,004 043	0,3116
3000	407,30	0,4425	0,002 892	0,004 471	0,3511
3300	428,70	0,4722	0,003 044	0,004 760	0,3786
3600	457,80	0,5141	0,003 251	0,005 158	0,4179
3900	481,80	0,5499	0,003 421	0,005 491	0,4520
4200	504,70	0,5854	0,003 584	0,005 813	0,4861
4500	526,90	0,6210	0,003 741	0,006 128	0,5206
4800	547,90	0,6559	0,003 891	0,006 429	0,5547
5100	567,90	0,6903	0,004 033	0,006 718	0,5886
5400	586,90	0,7242	0,004 167	0,006 993	0,6220

Tabela 1: Meritve prevodnosti raztopine sadre ob različnih časih in preračuni uporabljenih količin.

Graf odvisnosti $\ln(\kappa_k/(\kappa_k - \kappa))$ in $\ln(c_0/(c_0 - c))$ od časa

Izračunane vrednosti $\ln(\kappa_k/(\kappa_k - \kappa))$ in $\ln(c_0/(c_0 - c))$ sta prikazane na zgornjem grafu. Oba trenda sta pri velikih koncentracija približno linearna, pri majhnih koncentracijah pa se modri odkloni navzdol. Za oba grafa smo poiskalni najboljše prilegajoče se premice in dobili naslednja rezultata:

brez iteracije: $k' = (1,29 \pm 0,10) \cdot 10^{-4}/\text{s}$,

z iteracijo: $k' = (1,12 \pm 0,03) \cdot 10^{-4}/\text{s}$.