

# FYZIKÁLNE PRAKTIKUM

**Spracoval:** Vladimír Domček

**Namerané:** 10.10.2012

**Obor:** Astrofyzika    **Ročník:** II    **Semester:** III

**Testované:**

## Úloha č. 4: Pohyblivosť častíc

$$T = 22,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p = 983 \text{ hPa}$$

$$\varphi = 34 \%$$

### 1. Zadanie

- Určte odporovú kapacitu elektrolytickej cely.
- Zmerajte teplotnú závislosť pohyblivosti iónov v elektrolyte.
- Teplotná závislosť pohyblivosti voľných elektrónov v kove.

### 2. Teória

Pohyblivosť iónov v roztoku je daná vzťahom:

$$\mu = \frac{v}{E} \quad (1)$$

kde  $E$  je intenzita elektrického poľa a  $v$  rýchlosť pohybu iónov. Rýchlosť pohybu kladných a záporných iónov je rôzna, keď sa ale obmedzíme len na prípad úplne disociovaného roztoku, kde sú pohyblivosti kladných i záporných iónov rovnaké, dostaneme výraz:

$$\mu = \frac{\sigma}{2n_0q} \quad (2)$$

kde  $\sigma$  je vodivosť roztoku. Výraz v menovateli je náboj v objemovej jednotke, ktorý môžeme vyjadriť pomocou Faradayovho náboja  $F$  a molarity  $c_m$ :

$$\mu = \frac{\sigma}{2Fc_m} \quad (3)$$

Pre odpor elektrolytu platí vzťah:

$$R_x = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{S} \quad (4)$$

kde  $S$  je plocha elektród a  $L$  je vzdialenosť medzi elektródami. Pretože prúdové čiary neprechádzajú presne rovnobežne medzi elektródami, ale zakrivujú sa, je nutné hodnotu  $\frac{L}{S}$  stanoviť experimentálne. Ak naplníme mernú nádobku rovnakým objemom rôznych roztokov budú odpory v jednotlivých prípadoch dané vzťahom:

$$A = \frac{L}{S} \quad (5)$$

čo je tzv. odporová kapacita nádoby. Pre daný objem elektrolytu s určitou konfiguráciou elektród je  $A$  konštantou nádoby. Túto konštantu môžeme stanoviť tak, že stanovíme odpor elektrolytu známej vodivosti, v našom prípade sádrovca a zo vzťahu (6) parameter  $A$  vypočítame.

$$R_x = \frac{A}{\sigma} \quad (6)$$

T [°C]	$\sigma[\Omega^{-1}m^{-1}]$
15	0,1734
16	0,1782
17	0,1831
18	0,1880
19	0,1928
20	0,1976
21	0,2024

Tab.1 Merná vodivosť nasýteného roztoku sádrovca

## 2.1. Pohyblivosť iónov v roztoku KCL

Meranie teplotnej závislosti odporu roztoku KCL pre zjednodušenie robíme pomocou automatického RLCG mostu. Na rozdiel od sériovej kombinácie R a C, ktorá je použitá v predošlom mostíku, predpokladá automatický most paralelnú kombináciu. Preto musíme odčítaný odpor previesť pomocou vzťahu:

$$R_s = \frac{R_p}{1 + \omega^2 C_p^2 R_p^2} \quad (7)$$

## 2.2. Teplotná závislosť pohyblivosti voľných elektrónov v kove

V kovoch sú nositeľmi náboja voľné elektróny. Odpor drôtu dĺžky L a s prierezom S vyjadruje rovnako vzťah (4). Podobne ako v elektrolyte definujeme pohyblivosť nositeľov náboja:

$$\mu = \frac{\sigma}{e_0 n} \quad (8)$$

kde  $e_0$  je náboj elektrónu a  $n$  je koncentrácia voľných elektrónov. Na odvodenie teplotnej závislosti použijeme vzťah:

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (9)$$

popisujúci lineárnu závislosť odporu od teploty. V kombinácii so vzťahmi (4)(8) odvodíme vzťahy pre výpočet merného odporu (10) a pohyblivosti(11).

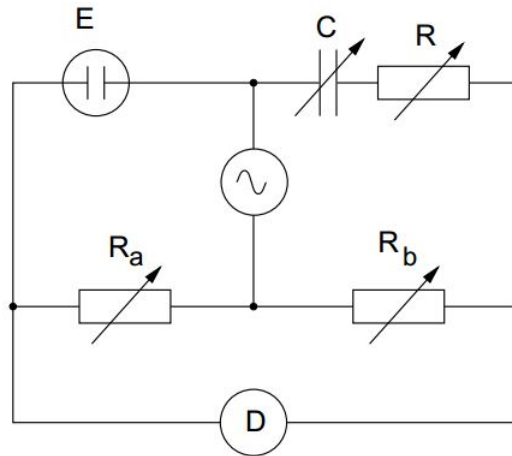
$$\rho = \frac{S}{L} R_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (10)$$

$$\mu = \frac{L}{e_0 n S R_0[1 + \alpha(T - T_0)]} \quad (11)$$

## 3. Postup

### 3.1. Teplotná závislosť pohyblivosti iónov

- Zmeriame odporovú kapacitu elektrolytickej cely pomocou roztoku sádrovca pomocou zapojenia na Obr.1
- Zapojíme obvod s RLCG mostom a zmeriame teplotnú závislosť elektrolytickej vodivosti roztoku KCl. Hodnoty merané RLCG mostom prepočítame podľa vzťahu (7)
- Stanovíme pohyblivosť iónov. Zostrojíme grafy teplotných závislostí elektrickej vodivosti a pohyblivosti a porovnáme s hodnotami tabelovanými



Obr.1 Schéma zapojenia obvodu

### 3.2. Teplotná závislosť pohyblivosti voľných elektrónov v kove

- Zmeriame odpor medeného drôtu pri izbovej teplote
- Potom použijeme ohriatu kvapalinu z predchádzajúcej časti, ponoríme do nej medený drôt a zmeriame teplotnú závislosť jeho odporu pri chladnutí kvapaliny
- Zo známych rozmerov drôtu vypočítame teplotnú závislosť merného odporu a pohyblivosti voľných elektrónov medi

## 4. Meranie

### 4.1. Odporová kapacita-roztok sádrovca

T [°C]	R [Ω]	A [m <sup>-1</sup> ]
15	1880	325,992
16	1860	331,452
17	1830	335,073
18	1810	340,28
19	1800	347,04
20	1770	349,752
21	1740	352,176

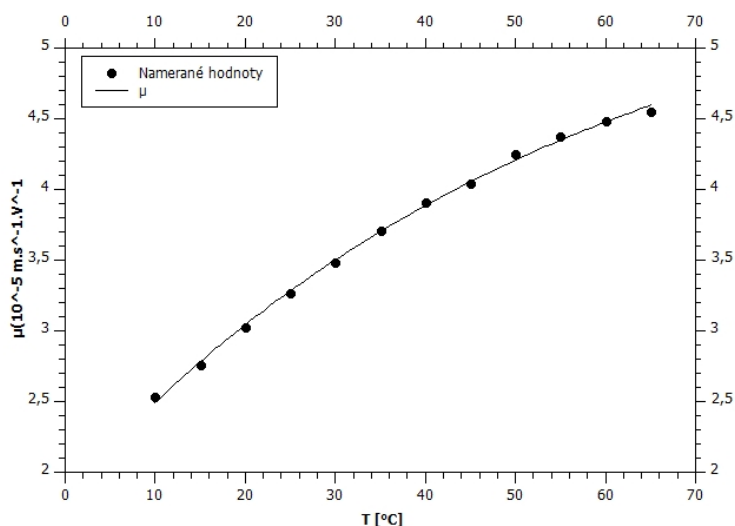
Tab.2 Odporová kapacita elektrolytickej cely pomocou roztoku sádrovca

$$\bar{A} = (340 \pm 4) \text{ m}^{-1}$$

## 4.2. Pohyblivosť iónov v roztoku KCL

T [°C]	R <sub>p</sub> [Ω]	C <sub>p</sub> [μF]	R <sub>s</sub> [Ω]	σ [Ω <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> ]	μ [10 <sup>-5</sup> ms <sup>-1</sup> V <sup>-1</sup> ]
10	349	0,1577	347,9	0,977	2,532
15	320,4	0,1788	319,4	1,065	2,759
20	292,6	0,2050	291,6	1,166	3,022
25	271	0,2303	269,9	1,259	3,263
30	253,7	0,2552	252,6	1,346	3,487
35	238,6	0,2811	237,5	1,431	3,709
40	226,3	0,3069	225,2	1,510	3,911
45	219	0,3351	217,8	1,561	4,044
50	208,4	0,3628	207,2	1,641	4,251
55	202,7	0,3880	201,5	1,688	4,373
60	198,5	0,5128	196,5	1,731	4,484
65	195	0,4412	193,6	1,756	4,551
70	197,7	0,4761	196	1,735	4,496

Tab.3 Teplotná závislosť elektrolytickej vodivosti roztoku KCL



Obr.2 Teplotná závislosť pohyblivosti iónov elektrolyte

$$\mu(T) = 5,9 - 4e^{-\frac{T}{56}}$$

## 4.3. Teplotná závislosť pohyblivosti voľných elektrónov v kove

T [°C]	R [Ω]	σ [Ω <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> ]	ρ [μΩcm]	μ [Ω <sup>-1</sup> m <sup>2</sup> C <sup>-1</sup> ]
30	57	516414,87	1,94	0,00379
35	68	432877,17	2,31	0,00318
40	67	439338,02	2,28	0,00323
45	67,3	437379,61	2,29	0,00321
50	65	452856,12	2,21	0,00333
55	64,8	454253,82	2,20	0,00336
60	68	432877,17	2,31	0,00318
65	68,5	429717,48	2,33	0,00316
70	68,6	429091,07	2,33	0,00315
75	69,3	424756,82	2,35	0,00312

Tab.4 Meranie počas zahrievania kvapaliny, T v intervale (30,50)°C bez miešania roztoku

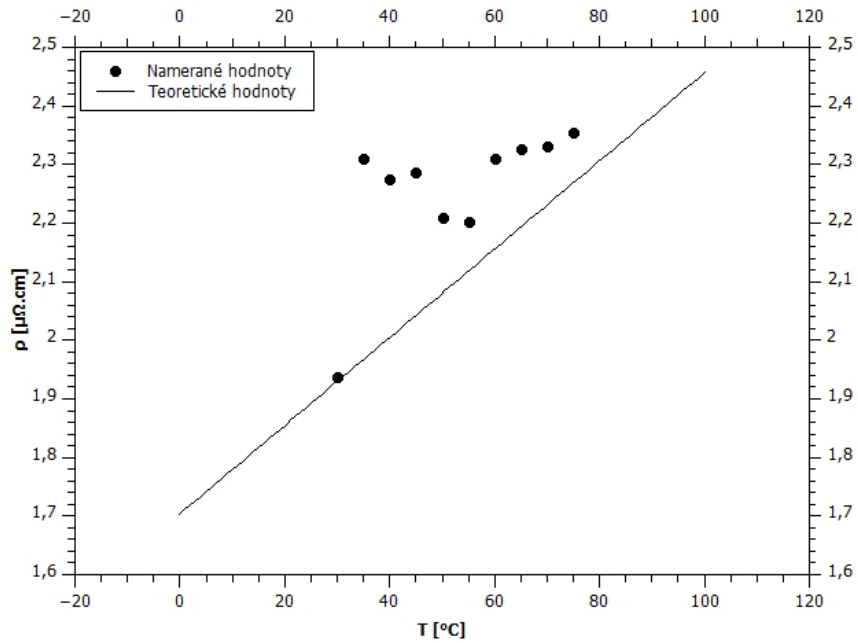
Dĺžka drôtu:  $L=29\text{ m}$

Plocha prierezu drôtu:  $S = 9,852 \cdot 10^{-9}\text{ m}^2$ ,

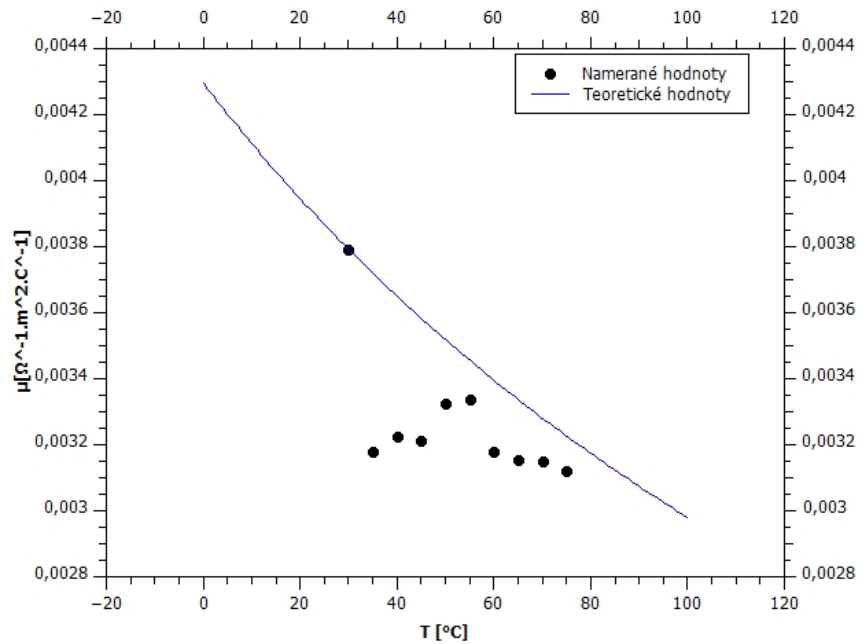
Koncentrácia voľných elektrónov v medi:  $n = 8,5 \cdot 10^{28}\text{ m}^3$

Elementárny elektrický náboj:  $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$

Koeficient úmernosti:  $\alpha = 0,0039\text{ K}^{-1}$



Obr.3 Tepelná závislosť merného odporu



Obr.4 Tepelná závislosť pohyblivosti voľných elektrónov

## 5. Záver

V prvej časti úlohy sme merali odporovú kapacitu elektrolytickej cely pomocou roztoku sádrovca. Hodnota nám nevyšla konštantná, no pre naše účely sme použili spriemerovanú hodnotu meraní:  $\bar{A} = (340 \pm 4) \text{ m}^{-1}$ . Po získaní odporovej kapacity sme zapojili obvod s RLCG mostom a namerali sme potrebné hodnoty odporu a kapacity. Nameraný odpor sme následne previedli pomocou vzťahu (7) a dopočítali sme pohyblivosť iónov v roztoku KCl. Následne sme vyniesli vypočítané hodnoty do grafu v qtiplote a získali sme funkciu, ktorá približne kopíruje naše namerané hodnoty:  $\mu(T) = 5,9 - 4e^{-\frac{T}{56}}$

V druhej časti úlohy sme mali vypočítať teplotnú závislosť merného odporu a pohyblivosti voľných elektrónov medi. Z dôvodu nehody po ktorej sa nám ohriaty roztok KCl nedal použiť, sme vyskúšali iný prístup k úlohe. Pokúšali sme sa meranie robiť počas zohrievania roztoku KCl. V tomto alternatívnom postupe sme sa stretli s hneď niekoľkými problémami. Kvapalina sa len veľmi problematicky miešala a tak bolo v rôznych častiach kadičky dosť odlišná teplota. Taktiež sa nám nedarilo merať teplotu drôtu, ale len teplotu kvapaliny. I keď si môžeme pri posledných 4 meraniach všimnúť trend približovania sa k teoretickým hodnotám, výsledky sú už od pohľadu nepresné a dokazujú to aj priložené grafy na Obr.3 a 4.