

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

## Praktikum III

Úloha č. 11

Název: Stáčení polarizační roviny

Pracoval: Jiří Kratochvíl stud.sk.: 11 dne: 10.3.2011

Odevzdal dne: 16. 3. 2011

|                           | možný počet bodů | udělený počet bodů |
|---------------------------|------------------|--------------------|
| Práce při měření          | 0 - 5            | 5                  |
| Teoretická část           | 0 - 1            | 1                  |
| Výsledky měření           | 0 - 8            | 4                  |
| Diskuse výsledků          | 0 - 4            | 4                  |
| Závěr                     | 0 - 1            | 1                  |
| Seznam použité literatury | 0 - 1            | 0                  |
| <b>Celkem</b>             | max. 20          | 15                 |

Posuzoval: PRCHA

dne: 6. 4. 2011

### úkol:

1.

Změřte závislost stočení polarizační roviny na koncentraci vodního roztoku glukózy v rozmezí 0 – 500 g/l.

Pro jednu zvolenou koncentraci proveďte 5 měření úhlu stočení polarizační roviny. Jednu vámi vybranou nenulovou koncentraci glukózy naměřte třikrát a změřte úhel stočení polarizační roviny. Vyneste do grafu závislost úhlu stočení polarizační roviny lineárně polarizovaného světla na koncentraci. Do grafu vyneste také odhad chyby úhlu stočení polarizační roviny a koncentrace. Pro každou koncentraci vypočítejte měrnou stáčívost. Získané hodnoty měrné stáčívosti statisticky zpracujte, tj. vypočítejte střední hodnotu a její standardní odchylku.

2.

Změřte Verdetovu konstantu benzenu.

Vyneste do grafu závislost úhlu stočení polarizační roviny lineárně polarizovaného světla na magnetické indukci. Pro každou hodnotu magnetické indukce vypočítejte Verdetovu konstantu. Z těchto dat vypočítejte střední hodnotu Verdetovy konstanty a její standardní odchylku.

## 1. Teorie

Některé látky stáčí rovinu polarizace světla. Můžeme to pozorovat u mnoha organických sloučenin v našem případě použijeme glukózu. Pro úhel stočení polarizační  $\alpha$  roviny platí vztah

$$\alpha = \rho c d \quad (1)$$

,kde  $\rho$  je měrná stáčívost látky,  $c$  je koncentrace a  $d$  je optická dráha tj. délka květy.

Některé látky stáčí rovinu polarizace až po vložení do magnetického pole. Pro úhel stočení  $\alpha$  máme vztah

$$\alpha = V B d \quad (2)$$

,kde  $V$  je Verdetova konstanta a  $B$  je magnetické pole uvnitř látky.

Jako zdroj magnetického pole použijeme solenoid, pro jehož magnetické pole platí vztah

$$B(a) = \frac{\mu_0 N I}{2l(r_2 - r_1)} \left[ \left( \frac{l}{2} + a \right) \ln \frac{r_2 + \sqrt{r_2^2 + \left( \frac{l}{2} + a \right)^2}}{r_1 + \sqrt{r_1^2 + \left( \frac{l}{2} + a \right)^2}} + \left( \frac{l}{2} - a \right) \ln \frac{r_2 + \sqrt{r_2^2 + \left( \frac{l}{2} - a \right)^2}}{r_1 + \sqrt{r_1^2 + \left( \frac{l}{2} - a \right)^2}} \right] \quad (3)$$

×kde  $l$  je délka solenoidu,  $a$  vzdálenost od středu,  $N$  počet závitů,  $\mu_0$  permeabilita vakua  $I$  proud,  $r_1$   $r_2$  – vnitřní a vnější poloměr cívky.

Jelikož vztah (2) je lineární stačí za  $B$  dosadit střední hodnotu magnetické indukce

$$B = \frac{1}{d} \int_{-d/2}^{d/2} B(a) da \quad (4)$$

Ze vztahů (3) a (4) vidíme že v našem případě je magnetická indukce přímo úměrná procházenému proudu

$$B = C I \quad (5)$$

↑ UDKUJTE ČERPAK TEORII?  
ČUMB' ODKAZ NA LI TEORII

[1]

## 2. Měření

Chyby jsou počítány dle standardní teorie chyb popsané v [2]

LITERATURA SEČISLOVE VĚSTUPNA  
PODLE PŘÍPADŮ VŠKTY (PRŮMĚR) VĚSTUPNA

### 2.1 Roztok glukosy

Jako zdroj světla byla použita sodíková výbojka cca na 590nm. - TO KRVIŤ ZAPĚ - 23.10.2014  
 Namíchali jsme roztok glukózy v destilované vodě v koncentracích uvedených v **tab. č.1.** a naměřili jsme pomocí polostínové metody následující hodnoty stočení polarizační roviny. Zapsáno také v **tab.č.1.** Provedli jsme 5 měření pro každou koncentraci a pro koncentraci 200g.l<sup>-1</sup> jsme měření provedli 3x. Přesnost stupnice na polarimetru odhaduji na 0,1°.  $\alpha$  s pruhem značí průměrnou hodnotu. PŘESNOST - 589,3nm

**Tabulka č.1: Měření stočení polarizace**

| c [g.l <sup>-1</sup> ] | $\alpha$ [°] | $\alpha$ [°] | $\alpha$ [°] | $\alpha$ [°] | $\alpha$ [°] | $\bar{\alpha}$ [°] | $\sigma(\bar{\alpha})$ [°] |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|----------------------------|
| 0                      | -1,0         | -1,0         | -1,0         | -1,1         | -0,9         | -1                 | 0,1                        |
| 100                    | 12,8         | 12,0         | 12,2         | 12,1         | 12,5         | 12,3               | 0,7                        |
| 200                    | 26,6         | 27,0         | 27,1         | 26,2         | 27,5         | 26,9               | 1,0                        |
| 200                    | 25,8         | 26,1         | 26,1         | 26,0         | 25,9         | 26,0               | 0,3                        |
| 200                    | 27,5         | 27,7         | 27,0         | 27,8         | 27,5         | 27,5               | 0,6                        |
| 300                    | 42,8         | 42,8         | 42,3         | 42,0         | 42,0         | 42,4               | 0,8                        |
| 400                    | 60,3         | 59,8         | 60,0         | 60,2         | 59,3         | 59,9               | 0,8                        |
| 500                    | 80,5         | 81,9         | 81,5         | 81,4         | 81,2         | 81,3               | 1,0                        |

Přes.  
Jste  
Křivka  
Cp  
Srovn.  
- Hm  
Jste  
Lži  
Ze se  
Sni  
MA  
Jste  
-20.

Z trojitého měření roztoku o koncentraci 200g na litr jsme zjistili odchylku koncentrace roztoku  $\sigma(c) = 9 \text{ g.l}^{-1}$ .

Nyní vypočítáme měrnou stáčivost dle vzorce (1), délka kyvety byla  $d = (10 \pm 0,1) \text{ cm}$ . Dále jsme korigovali nulu.

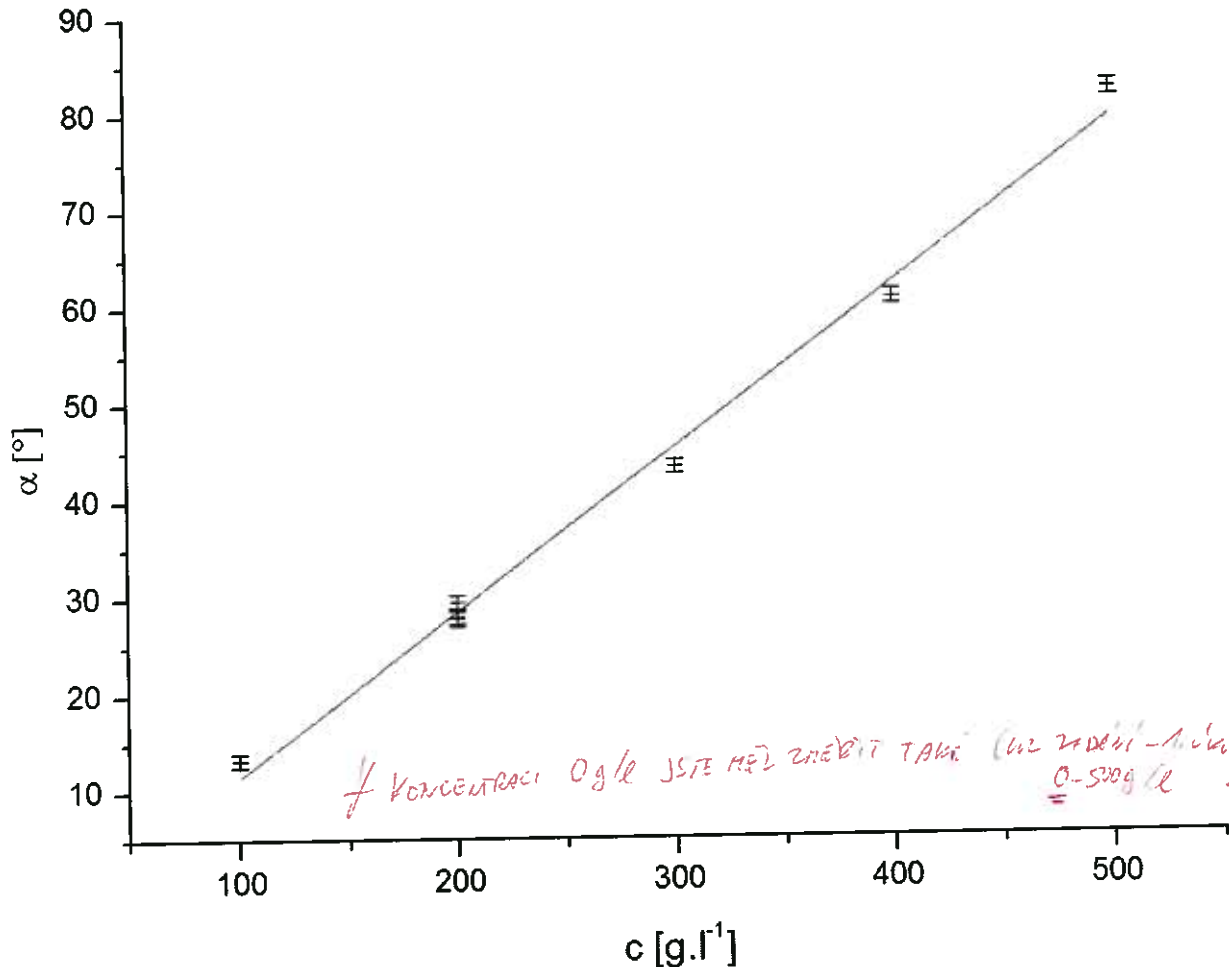
**Tabulka č.2: Měrná stáčivost**

| c [g.l <sup>-1</sup> ] | $\sigma(c)$ [g.l <sup>-1</sup> ] | $\bar{\alpha}$ [°] | $\sigma(\bar{\alpha})$ [°] | $\rho$ [°.dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> ] | $\sigma(\rho)$ [°.dm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> ] |
|------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------|---|---|
| 100                    | 9                                | 13,3               | 0,69                       | 1,33  | 0,14  |
| 200                    | 9                                | 27,9               | 0,77                       | 1,40  | 0,07  |
| 200                    | 9                                | 27,0               | 0,63                       | 1,35  | 0,07  |
| 200                    | 9                                | 29,5               | 0,68                       | 1,48  | 0,07  |
| 300                    | 9                                | 43,4               | 0,72                       | 1,45  | 0,05  |
| 400                    | 9                                | 60,9               | 0,72                       | 1,52  | 0,04  |
| 500                    | 9                                | 82,3               | 0,78                       | 1,65  | 0,03  |

ODPAVAM SITI HODNOTY POUK  
ODCHYLKY NA RISENÍ POUK DESI  
A ST, TOJE CĚ DOSTI ZA  
REK  
DD  
20-11

Váženým průměrem nám vyšla hodnota měrné stáčivosti  $\rho = (1,48 \pm 0,07) \text{ °.dm}^2\text{g}^{-1}$ .

**Graf č.1: Závislost stočení polarizace na koncentraci**



## 2.2 Benzen v magnetickém poli

Náš solenoid měl parametry  
Počet závitů  $N = (3045 \pm 1)$  závitů  
Délka  $l = (250 \pm 1)$  mm  
Vnitřní poloměr  $r_1 = (30 \pm 1)$  mm  
Vnější poloměr  $r_2 = (56 \pm 1)$  mm  
Kyveta s benzenem měla délku  $d = (200 \pm 1)$  mm

Z těchto parametrů určíme dle vztahů (3) (4) a (5) konstantu  $C = (13,7 \pm 0,7) \text{ mT} \cdot \text{A}^{-1}$ .  
Přesnost stupnice na polarimetru odhaduji na  $0,1^\circ$ . Změřené úhly stočení polarizace v závislosti na proudu jsou zapsány v *tabulce č.3*. Přesnost ampérmetru byla  $0,5 + 1$  dílek.  $\alpha^-$  [°] značí rotaci proti směru hodinových ručiček a záporný proud a  $\alpha^+$  [°] po směru a kladný proud.  $\alpha$  s pruhem pak průměrnou hodnotu.

**Tabulka č.3: Změna polarizace v závislosti na proudu.**

| I [A] | $\alpha^-$ [°] | $\alpha^-$ [°] | $\alpha^-$ [°] | $\bar{\alpha}^-$ [°] | $\sigma(\bar{\alpha}^-)$ [°] | $\alpha^+$ [°] | $\alpha^+$ [°] | $\alpha^+$ [°] | $\bar{\alpha}^+$ [°] | $\sigma(\bar{\alpha}^+)$ [°] |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|------------------------------|
| 0     | 14,8           | 14,8           | 14,8           | 14,8                 | 0,1                          | 14,8           | 14,8           | 14,8           | 14,8                 | 0,1                          |
| 0,3   | 15,4           | 15,3           | 15,3           | 15,3                 | 0,1                          | 14,5           | 14,6           | 14,5           | 14,5                 | 0,1                          |
| 0,6   | 15,8           | 15,9           | 15,8           | 15,8                 | 0,1                          | 14,3           | 14,2           | 14,2           | 14,3                 | 0,2                          |
| 0,9   | 16,3           | 16,4           | 16,3           | 16,3                 | 0,1                          | 14             | 13,9           | 13,9           | 13,9                 | 0,1                          |
| 1,2   | 17,1           | 17             | 17,2           | 17,1                 | 0,2                          | 13,5           | 13,6           | 13,5           | 13,5                 | 0,1                          |
| 1,5   | 17,5           | 17,4           | 17,6           | 17,5                 | 0,2                          | 12,8           | 12,8           | 13             | 12,9                 | 0,2                          |
| 2     | 17,8           | 17,9           | 18,1           | 17,9                 | 0,2                          | 12,1           | 12,4           | 12,1           | 12,2                 | 0,2                          |
| 2,5   | 18,2           | 18,5           | 18,6           | 18,4                 | 0,2                          | 11,8           | 11,8           | 11,9           | 11,8                 | 0,1                          |
| 3     | 19,1           | 19,1           | 19,2           | 19,1                 | 0,1                          | 11             | 11,5           | 11,6           | 11,4                 | 0,3                          |

V tabulce č.4 jsou spočítány hodnoty magnetické indukce dle vztahu (5) a Verdetovy konstanty pro každý naměřený proud. Jiné značení stejné jako v předchozí tabulce.

**Tabulka č.4: Verdetova konstanta**

| I [A] | $\sigma I$ [A] | B [mT] | $\sigma B$ [mT] | $\bar{\alpha}^-$ [°] | $\sigma(\bar{\alpha}^-)$ [°] | V [°/T.m] | $\sigma V$ [°/T.m] | $\bar{\alpha}^+$ [°] | $\sigma(\bar{\alpha}^+)$ [°] | V [°/T.m] | $\sigma V$ [°/T.m] |
|-------|----------------|--------|-----------------|----------------------|------------------------------|-----------|--------------------|----------------------|------------------------------|-----------|--------------------|
| 0,3   | 0,01           | 4,11   | 0,25            | 0,5                  | 0,1                          | 608,27    | 127,19             | -0,3                 | 0,1                          | 364,96    | 123,68             |
| 0,6   | 0,01           | 8,22   | 0,44            | 1                    | 0,1                          | 608,27    | 69,06              | -0,5                 | 0,2                          | 304,14    | 122,75             |
| 0,9   | 0,01           | 12,33  | 0,64            | 1,5                  | 0,1                          | 608,27    | 51,54              | -0,9                 | 0,1                          | 364,96    | 44,82              |
| 1,2   | 0,02           | 16,44  | 0,88            | 2,3                  | 0,2                          | 699,51    | 71,51              | -1,3                 | 0,1                          | 395,38    | 37,1               |
| 1,5   | 0,05           | 20,55  | 1,25            | 2,7                  | 0,2                          | 656,93    | 63,04              | -1,9                 | 0,2                          | 462,29    | 56,24              |
| 2     | 0,05           | 27,4   | 1,56            | 3,1                  | 0,2                          | 565,69    | 48,66              | -2,6                 | 0,2                          | 474,45    | 45,39              |
| 2,5   | 0,06           | 34,25  | 1,93            | 3,6                  | 0,2                          | 525,55    | 41,62              | -3                   | 0,1                          | 437,96    | 28,71              |
| 3     | 0,06           | 41,1   | 2,26            | 4,3                  | 0,1                          | 523,11    | 31,17              | -3,4                 | 0,3                          | 413,63    | 42,98              |

Střední hodnota Verdetovy konstanty nám vyšla z váženého průměru

$$V = (495 \pm 48)^\circ \cdot T^{-1} \cdot m^{-1}$$

## Diskuse

Měrná  $\delta$  stáčitost udávaná v tabulkách je  $(0,527 \pm 0,001)^\circ \cdot dm^2 g^{-1}$ , což je téměř 3x méně než mnou naměřené hodnoty, pro toto nás napadá jediné vysvětlení, měli jsme špatně namíchán původní roztok glukózy, ještě než jsme začali ředit. Ten byl předpřipravený, takže jsme toto nemohli nějak ovlivnit.

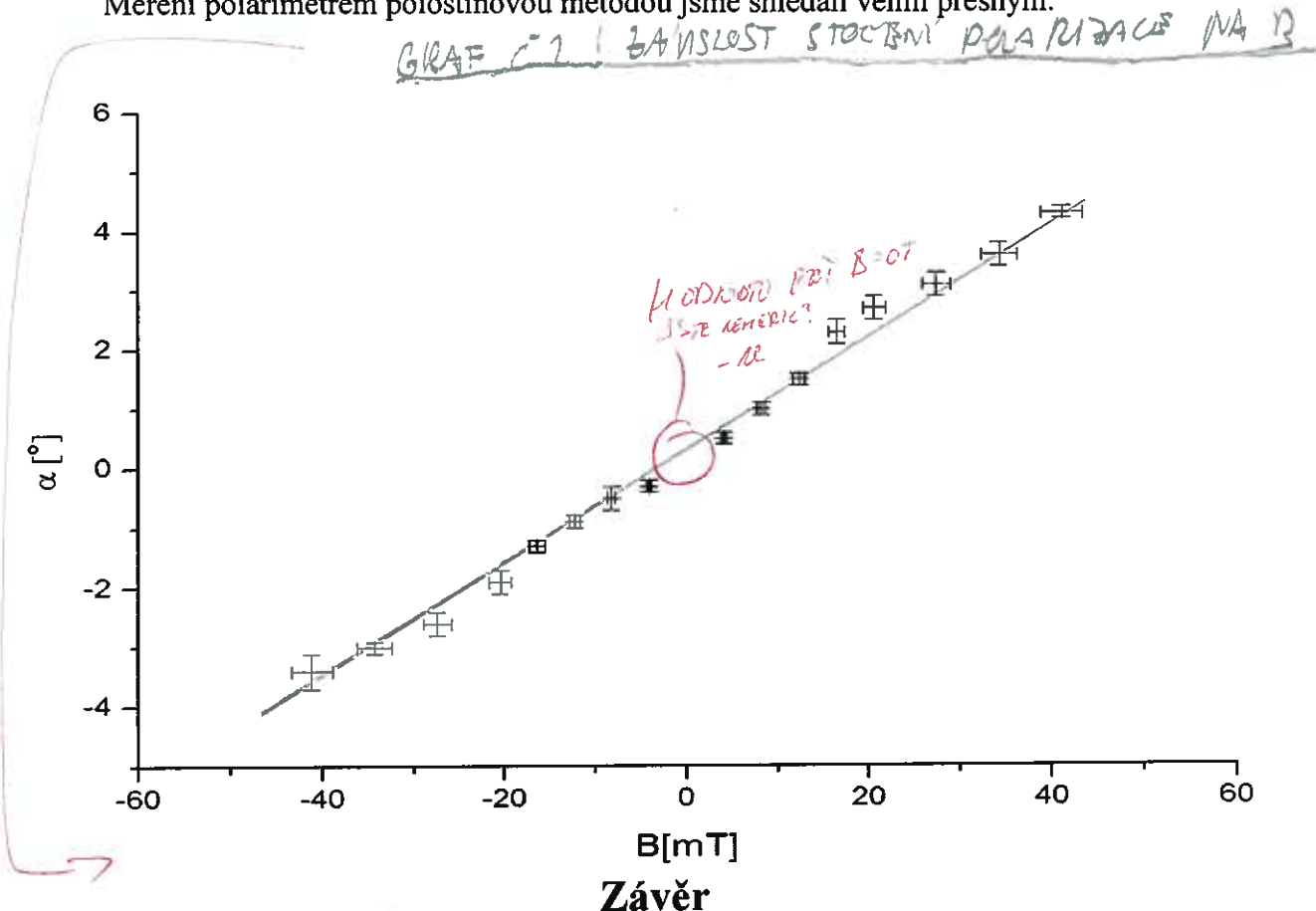
Nám vyšla hodnota měrné stáčitosti glukózy  $\rho = (1,48 \pm 0,07)^\circ \cdot dm^2 g^{-1}$ . Pokud budu tuto hodnotu počítat lineární regresí dostaneme nekompatibilní výsledek  $\rho = (1,70 \pm 0,07)^\circ \cdot dm^2 g^{-1}$ . Tato nekompatibilnost je zřejmě způsobená špatným naměřením chyby koncentrace roztoku, kterou jsme odhadli pod 3%, takto nízká chyba byla způsobená shodou náhod. Z grafu vidíme, že závislost je lineární.

Z měření benzenu v magnetickém poli se potvrdil lineární vztah (1). Pokud porovnáme Verdetovu konstantu získanou z váženého aritmetického průměru  $V = (495 \pm 48)^\circ \cdot T^{-1} \cdot m^{-1}$  a lineární regrese  $V = (491 \pm 32)^\circ \cdot T^{-1} \cdot m^{-1}$  dostaneme stejný výsledek. Z grafu můžeme říci, že vztah pro Verdetovu konstantu se chová lineárně.

-CHYBA  
NAŠI SM  
VÝSLEdek  
NA 1, 2  
MĚŘENÍ  
NA 2  
PŘÍKRE  
CÍFRA  
MĚŘENÍ  
JE SPĚ. K  
MĚŘENÍ  
ZADANÉ HODN.  
NAŠI VÝSLEdek  
DĚS NĚJAKO  
JE, CHYBA  
-16

Při měření Verdetovy konstanty jsme se dopustili systematické chyby u měření úhlové nuly, jelikož jsou hodnoty posunuté o 0,25A v kladných vs záporných hodnotách. Z tohoto důvodu považujeme za správný výsledek ten, který jsme dostali z lineární regrese, jelikož při tomto postupu nezáleží na tom, kde leží nula. Jelikož byl stejný počet měření v kladných a záporných hodnotách, i průměrovaná hodnota nám vyšla stejně.

Měření polarimetrem polostínovou metodou jsme sledali velmi přesným.



Závislost stočení polarizační roviny na koncentraci glukózy ve světle sodíkové výbojky cca 590nm spolu s měrnou stáčivostí jsou zapsány v **tabulce č.2** a bez měrné stáčivosti vyneseny v **grafu č.1**. Střední hodnota měrné stáčivosti glukózy nám vyšla  $\rho = (1,48 \pm 0,07)^\circ \cdot \text{dm}^2 \text{ g}^{-1}$  glukóza je pravotočivá.

Výsledky pro Verdetovu konstantu, také pro sodíkovou výbojku pro benzen jsou zapsané v **tabulce č.4** a vynesené v **grafu č.2**. Střední hodnota Verdetovy konstanty nám vyšla  $V = (491 \pm 32)^\circ \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

### Literatura

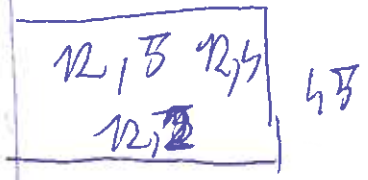
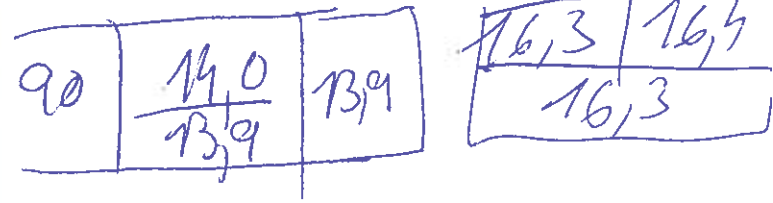
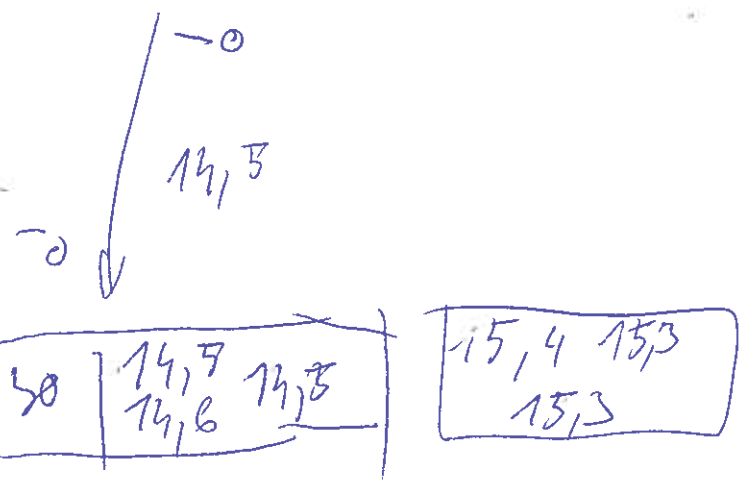
[1] <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>, Studijní texty k Fyzikálnímu praktiku III

[2] Brož, J. a kol., **Základy fyzikálních měření I**, SPN, Praha 1983

[1] [2] KURDE  
KURDE  
KURDE  
-12.

AMPERMETER 93

| WAND | 0            | OPAD         |
|------|--------------|--------------|
| 0    | 14,8         | mod = 1,2A   |
| 40   | 15,8         |              |
| 20   | 15,2         |              |
| 60   | 15,8<br>15,9 | 14,3<br>14,2 |
| 80   | 16,2         |              |
| 100  | 16,3         |              |
| 120  | 17,1<br>17,0 | 13,5<br>13,5 |
| 30   | 17,6<br>17,5 | mod = 6A     |
| 40   | 18,3         |              |
| 50   | 18,9         |              |
| 60   | 19,5         |              |



± 0,2

Kodul dani  
9.5.2014  
5 hodů?

|     |   |   |      |      |
|-----|---|---|------|------|
|     | G | V | (ml) | (ml) |
| 100 | 1 | 4 | 2    | 8    |
| 200 | 2 | 3 | 4    | 6    |
| 300 | 3 | 2 | 6    | 4    |
| 400 | 4 | 1 | 8    | 2    |

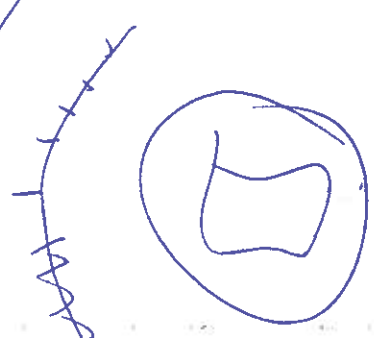
100 x 3

W

|     |                  |                 |      |                |      |
|-----|------------------|-----------------|------|----------------|------|
| c   |                  |                 |      |                |      |
| 0   | <del>-1,00</del> | -1,4            | -1,0 | <del>1,1</del> | -0,9 |
| 100 | <del>12,8</del>  | 12,0            | 12,2 | 12,1           | 12,5 |
| 200 | <del>26,6</del>  | 27,0            | 27,1 | 26,2           | 27,5 |
| 300 | <del>42,8</del>  | 42,8            | 42,3 | 42             | 42   |
| 400 | <del>60,8</del>  | 59,8            | 60,0 | 60,2           | 59,8 |
| 500 | 80,5             | 81,9            | 81,5 | 81,4           | 81,2 |
| 200 | 23,8             | 26,1            | 26,1 | 26,0           | 23,9 |
| 208 | <del>23,8</del>  | <del>27,7</del> | 27,0 | 27,8           | 27,5 |



-6,20



DELTA KUNSTAN 10cm

|    |                     |                        |
|----|---------------------|------------------------|
| d  | +                   | -                      |
| 80 | 19,1<br>19,1   19,2 | <del>11,5</del>   11,8 |
| 50 | 18,2<br>18,3   18,6 | 11,8   <del>11,9</del> |
| 40 | 17,8   17,7<br>18,7 | 12,1   12,4<br>12,1    |

6A... mod

|    |             |             |
|----|-------------|-------------|
|    | +           | -           |
| 30 | 13,2   13,3 | 12,9        |
|    | 17,3        | 13,1   13,2 |