

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM III

Úloha č. XVII

Název: **Měření absorpce světla**

Pracoval: **Jan Polásek**

stud. skup. **11**

dne **26.3.2009**

Odevzdal dne:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 – 5	
Teoretická část	0 – 1	
Výsledky měření	0 – 8	
Diskuse výsledků	0 – 4	
Závěr	0 – 1	
Seznam použité literatury	0 – 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval: dne

1 Pracovní úkol

1. Změřte absorpční spektrum roztoků kalmagitu s koncentracemi c_0 , $\frac{c_0}{2}$, $\frac{c_0}{4}$ při $pH = 10$ v celém oboru viditelného světla. Zpracujte graficky. Pro tři vybrané vlnové délky zkontrolujte platnost Beerova zákona. Zpracujte graficky.
2. Měření z bodu 1. pro koncentraci $\frac{c_0}{2}$ doplňte proměřením dvou roztoků kalmagitu téže koncentrace, které navíc obsahují $5 \cdot 10^{-5}$ mol/l a $25 \cdot 10^{-5}$ mol/l síranu hořečnatého $MgSO_4$. Získaná tři spektra zpracujte graficky, určete isobestické body.
3. Proměřte systém kalmagit + $MgSO_4$ metodou spojitě variace při třech vhodně vybraných vlnových délkách. Výchozí koncentrace je pro kalmagit c_0 , pro $MgSO_4$ $5 \cdot 10^{-5}$ mol/l. Určete koncentraci c_0 a disociační konstantu komplexu.
4. Změřte absorpční spektrum přiložených vzorků skleněných filtrů. Diskutujte procento maximální propustnosti a spektrální šířku propouštěné oblasti.
5. Změřte index lomu vybraného filtru a odhadněte, jakou částí přispívá k celkové optické hustotě filtru na různých vlnových délkách jeho odrazivost R .
6. Ověřte platnost Beerova zákona pro různé tloušťky přiloženého pevného materiálu.
7. Proveďte odhad chyby transmitance a určete chybu nepřímého měření absorpčního koeficientu.

Z úkolů 1 a 6 vyberte jeden.

Z úkolů 2, 3 a 4 vyberte jeden, k úkolu 4 náleží úkol 5.

2 Teoretická část

K popisu ztrát světla při jeho průchodu látkou se zavádí tzv. transmitance θ definovaná jako

$$\theta = \frac{\Phi_t}{\Phi_0} \quad (1)$$

kde Φ_t je světelný tok prošlý látkou a Φ_0 je světelný tok na látku dopadající. Část světla se ztratí odrazem od povrchu látky. Pokud tuto část zanedbáme, dostáváme tzv. vnitřní transmitanci θ_i . Prochází-li monochromatické světlo vrstvou homogenní absorbující látky, klesá vnitřní transmitance s tloušťkou vrstvy l podle Lambertova zákona

$$\theta_i = 10^{\kappa l} = e^{\kappa_n l} \quad (2)$$

kde l je délka měřeného vzorku a κ (resp. κ_n) je dekadický (resp. přirozený) absorpční koeficient. Veličinu zvanou absorbance A pak zavádíme vztahem

$$A = \kappa l = \log e \cdot \kappa_n l \quad (3)$$

Pro roztok o nízké koncentraci platí:

$$A = l \sum_{i=1}^N \varepsilon_i c_i \quad (4)$$

Pro reakce typu $A + B \leftrightarrow AB$ v roztoku platí zákon působení hmot

$$\frac{[A][B]}{[AB]} = K \quad (5)$$

kde hranaté závorky značí látkovou koncentraci a K je rovnovážná disociační konstanta komplexu AB. Ponecháme-li celkovou koncentraci složky A (volné i v komplexu) $c_A = [A] + [AB]$ konstantní a měníme-li koncentraci B, pak s přibývajícím [B] se mění rovnováha komplexu od složky A směrem ke složce AB. Absorpční křivka se tedy podle (4) mění spojitě od spektra látky A do spektra komplexu AB. Pro určitou vlnovou délku λ_i mají molární absorpční koeficienty látek A, AB stejnou hodnotu. Zde bude absorbance stejná pro všechny poměry A:AB, takže se zde všechny křivky protínají v jednom bodě, který se nazývá isobestickým bodem.

3 Výsledky měření

Nejdříve bylo třeba namíchat roztoky 1 - 5 podle tabulky 1, která byla přiložena k úloze. Pufr (nebo také ústočný roztok) byl přidáván kvůli zachování hodnoty Ph. Vlastní měření probíhalo na spektrofotometru SPEKTOL (schéma jeho konstrukce je k nalezení v [2], str. 238, obr. 6.4 - 1). Transmitance byla změřena u všech pěti roztoků pro vlnové délky v rozmezí 400 nm - 700 nm. Pro každou vlnovou délku bylo třeba na stupnici nastavit nulovou a stoprocentní hodnotu. Pro nastavení nulové hodnoty byla vložena neprůhledná překážka, pro nastavení stoprocentní byla vložena destilovaná voda. Chybu měření na tomto přístroji odhaduji na $\pm 1\%$. Výsledky tohoto měření jsou zaneseny do tabulky 2. V grafu 1 jsou znázorněny absorpční spektra roztoků č. 1, 2 a 3.

Pro prověření Beerova zákona jsem pro vlnové délky $\lambda_1 = 420$ nm, $\lambda_2 = 500$ nm a $\lambda_3 = 660$ nm podle (3) spočítal absorbanci roztoků 1, 2 a 3. Výsledky jsou zaneseny do tabulky 3 a graficky znázorněny v grafu 2. Pro jednotlivé vlnové délky jsou hodnoty proloženy přímkou procházející nulou, jak předpokládá vztah (4) Chyby jsou určeny pomocí zákona přenosu chyb nepřímého měření popsaného např. v [3].

Graf 3 znázorňuje absorpční spektra roztoků č. 2, 4 a 5. Z tohoto grafu se dá určit izobestický bod

$$\lambda_i = (560 \pm 10)\text{nm}$$

4 Diskuse

Chyba měření transmitance byla odhadnuta podle kolísání ručičky přístroje. To bylo způsobeno pravděpodobně nestálou intenzitou zdrojového paprsku. Mohly se také projevit nepřesnosti v koncentracích roztoků. Z grafu 1 je patrné, že roztoky s nižší koncentrací vykazují vyšší transmitanci. Tvar spekter je daný zabarvením roztoků.

Jak je vidět v grafu 2, Beerův zákon je dobře ověřen až na jedinou hodnotu (vln. délka 440 nm, koncentrace $c_0/4$). To mohlo být způsobeno nesprávným měřením v tomto konkrétním bodě, například díky chybnému zasunutí vzorku.

Chyba určení izobestického bodu je dána krokem měření vlnových délek. Jak je patrné z grafu 3, mohl by se další izobestický bod nalézat v $\lambda = (410 \pm 10)$ nm. Abychom toto mohli tvrdit s větší jistotou, bylo by třeba přesnějšího měření.

5 Závěr

- Proměřil jsem absorpční spektrum roztoků kalmagitu s koncentracemi c_0 , $\frac{c_0}{2}$, $\frac{c_0}{4}$ při $pH = 10$ v celém oboru viditelného světla, výsledek vynesl do tabulky 2 a graficky znázornil v grafu 1. Pomocí hodnot z tabulky 2 znázorněných v grafu 2 jsem ověřil platnost Beerova zákona
- Měření z bodu 1. pro koncentraci $\frac{c_0}{2}$ jsem doplnil proměřením dvou roztoků kalmagitu téže koncentrace, které navíc obsahují $5 \cdot 10^{-5}$ mol/l a $25 \cdot 10^{-5}$ mol/l síranu hořečnatého $MgSO_4$, výsledky zanesl do tabulky 2 a graficky znázornil v grafu 3. Určil jsem izobestický bod

$$\lambda_i = (560 \pm 10)\text{nm}$$

6 Literatura

- [1] <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>, studijní text a pokyny k měření k úloze 17
- [2] I. Pelant a kolektiv, Fyzikální praktikum III. optika, MATFYZPRESS 2005
- [3] J. Englich, Zpracování výsledků fyzikálních měření, web, Praha, 2000

Tabulka 1: Složení použitých roztoku

	1	2	3	4	5
	c_0	$c_0/2$	$c_0/4$	$c_0/2 + C(\text{MgSO}_4)$	$c_0/2 + 5C(\text{MgSO}_4)$
kalgamit [ml]	5	2,5	1,25	2,5	2,5
MgSO ₄ [ml]	0	0	0	1	5
pufr [ml]	1	1	1	1	1
dest. voda [ml]	4	6,5	7,75	5,5	1,5

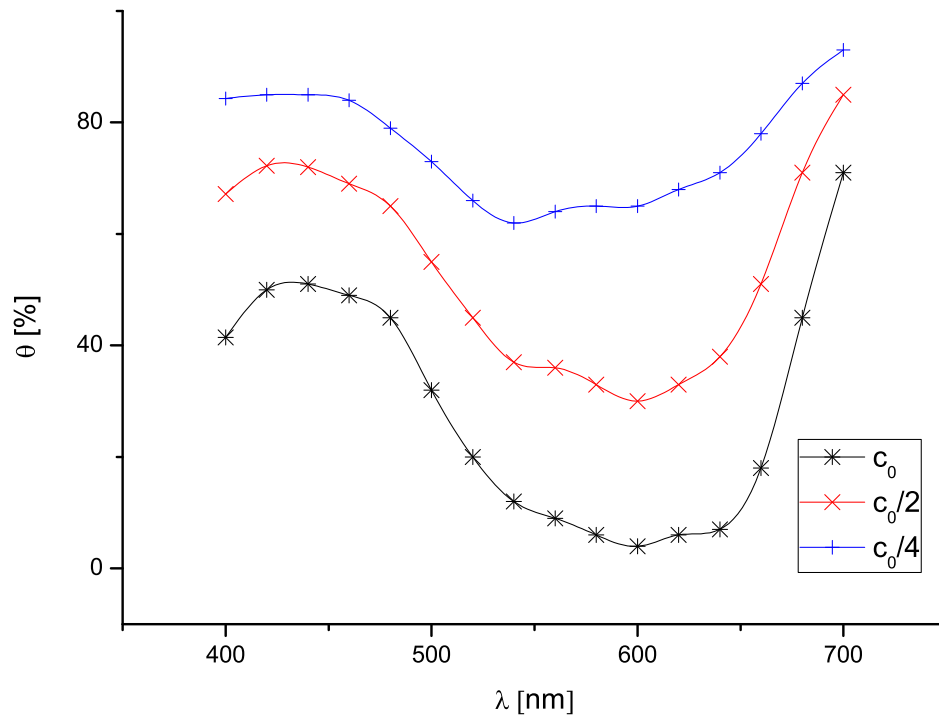
Tabulka 2: Naměřená transmittance pro různé roztoky při různých vlnových délkách

λ [nm]	1	2	3	4	5
400	29	47	59	49	50
420	45	65	83	63	63
440	51	72	85	65	64
460	49	69	84	58	56
480	45	65	79	48	45
500	32	55	73	33	29
520	20	45	66	25	21
540	12	37	62	24	21
560	9	36	64	37	36
580	6	33	65	54	59
600	4	30	65	66	72
620	6	33	68	74	83
640	7	38	71	77	92
660	18	51	78	82	94
680	45	71	87	90	96
700	71	85	93	94	96

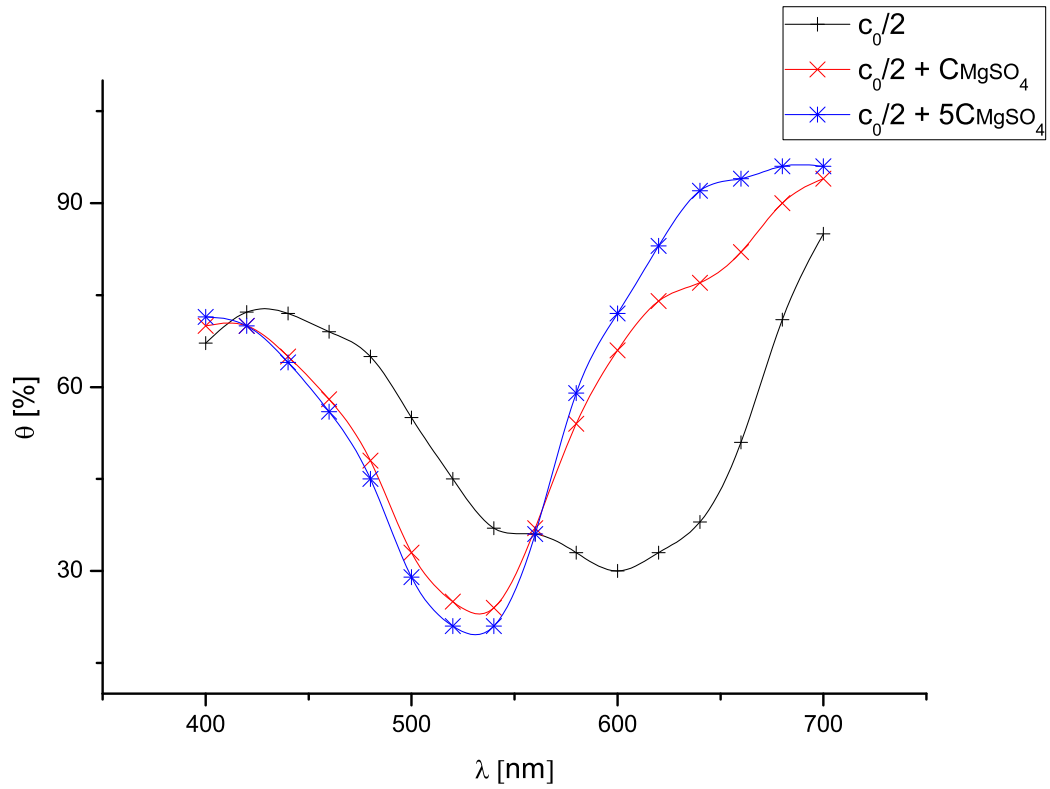
Tabulka 3: Absorbance pro různé roztoky při různých vlnových délkách

	420	500	660
c_0	$0,301 \pm 0,008$	$0,52 \pm 0,01$	$0,70 \pm 0,02$
$c_0/2$	$0,141 \pm 0,006$	$0,260 \pm 0,008$	$0,353 \pm 0,009$
$c_0/4$	$0,035 \pm 0,004$	$0,137 \pm 0,006$	$0,169 \pm 0,006$

Graf 1: Absorpční spektra roztoků 1, 2 a 3



Graf 2: Ověření Beerova zákona



Graf 3: Absorpční spektra roztoků 1, 4 a 5

