

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

## PRAKTIKUM III

Úloha č.: 17

Název: Měření absorpce světla v roztocích

Vypracoval: Vít MAREK stud. sk. F12 dne .....

Odevzdal dne: ..... vráceno: .....

Odevzdal dne: ..... vráceno: .....

Odevzdal dne: .....

Posuzoval: ..... dne ..... výsledek klasifikace .....

Připomínky:

### Pracovní úkol:

1. Změřte absorpční spektrum roztoků kalmagitu s koncentracemi  $c_0, c_0/2, c_0/4$  při  $pH=10$  celém oboru viditelného světla. Pro tři vybrané vlnové délky zkontrolujte platnost Beerova zákona. Zpracujte graficky.
2. Měření z *bodu 1.* pro koncentraci  $c_0/2$  doplňte proměřením dvou roztoků kalmagitu téže koncentrace, které navíc obsahují  $5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$  a  $25 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$  síranu hořečnatého. Získaná spektra zpracujte graficky, určete isobestické body.

### Teorie:

Při průchodu světla látkou dochází ke ztrátám. K popisu těchto ztrát zavádíme tzv. transmitanci (propustnost), definovanou:

$$\vartheta = \Phi_t / \Phi_0 \quad (1) \text{ kde } \vartheta \text{ je transmitance, } \Phi_t \text{ je látkou prošlý světelný tok, } \Phi_0 \text{ dopadající světelný tok}$$

Prochází-li monochromatické světlo vrstvou homogenní absorbující látky, klesá vnitřní transmitance s tloušťkou vrstvy  $l$  podle Lambertova zákona:

$$\vartheta_i = 10^{-\kappa l} \quad (2) \text{ kde } \vartheta_i \text{ je vnitřní transmitance, } l \text{ tloušťka vrstvy látky, } \kappa \text{ absorpční koeficient (dekadický)}$$

a tedy

$$A = -\log \vartheta_i = \kappa l \quad (3) \text{ kde } A \text{ je absorbance}$$

Pro roztoky (se zanedbatelnou absorpcí rozpouštědla) můžeme vztah (2) přepsat na

$$\vartheta_i = 10^{-\varepsilon c l} \quad (4) \text{ kde } \varepsilon \text{ je molární absorpční koeficient, } c \text{ koncentrace látky}$$

což je tzv. Lambert-Beerův zákon. Je-li v roztoku více neovlivňujících se absorpčních center, získá se absorbance roztoku sečtením příspěvků od jednotlivých druhů center:

$$A = \kappa l = l \sum_{i=1}^N \varepsilon_i c_i \quad (5)$$

Isobestický bod je bod, ve kterém mají látky při stejné vlnové délce stejnou hodnotu molárního absorpčního koeficientu. Podrobněji viz [1] str.115-121.

### Výsledky měření:

Nejdříve jsem do kádínek namíchal 5 roztoků podle *tabulky 1*.

Tabulka 1 - Složení roztoků

ROZTOK č.	1	2	3	4	5
	$C_0$	$C_0/2$	$C_0/4$	$C_0/2$ + $5 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$	$C_0/2$ + $25 \times 10^{-5} \text{ MgSO}_4$
kalmagit	5	2,5	1,25	2,5	2,5
$\text{MgSO}_4$ (zás.) $5 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$	0	0	0	1	5
pufr	1	1	1	1	1
destilovaná voda	4	6,5	7,75	5,5	1,5

Pak jsem roztoky nalil do kyvet. Tyto kyvety jsem vkládal do spektrofotometru. Pro každou vlnovou délku jsem ampérmetr seřídil (0 pro uzavřený výstup světla, 100 pro kyvetu s čistým rozpouštědlem). Změřil jsem pro každou vlnovou délku transmitanci v procentech všech kyvet s roztoky. Měření jsem prováděl po 20 nm. Výsledky jsou zapsány v *tabulce 2*. Měření pro vlnovou délku 380 nm jsem vynechal, protože spektrofotometr nešel pro tuto vlnovou délku světla seřídít. Třída přesnosti měřidla byla 2. Chybu přesnosti určení vlnové délky jsem odhadl na 1 nm.

Absorpční koeficienty (dekadické) jsem určil podle vztahu (3). Tloušťka vnitřní části kyvety je  $l = 1\text{ cm}$  (chybu zanedbám). Výsledky jsou uvedeny v *tabulce 2*. Závislosti absorpčních koeficientů pro roztoky 1, 2 a 3 na vlnové délce jsou zakresleny v *grafu 1* (zpracováno v Originu). Závislosti absorpčních koeficientů roztoků 2, 4 a 5 jsou zakresleny v *grafu 2*. Z tohoto grafu jsem určil i isobestické body.

Tabulka 2 – naměřené hodnoty, absorpční koeficienty

Měření	Roztok:	1	2	3	4	5	1		2		3		4		5	
	[nm]	transmittance [%]					absorpční koeficient [m <sup>-1</sup> ]									
1	400	35	60	77	63	64	46	2	23	1	11	1	20	1	19	1
2	420	41	65	81	62	62	39	2	19	1	9	1	21	1	21	1
3	440	43	67	82	58	57	37	2	17	1	9	1	24	2	25	2
4	460	42	67	82	50	47	38	2	17	1	9	1	30	2	33	2
5	480	39	65	80	40	36	41	2	19	1	10	1	40	2	44	2
6	500	29	56	74	26	22	54	3	25	2	13	1	59	3	66	4
7	520	17	44	67	19	17	77	5	36	2	17	1	72	5	77	5
8	540	10	34	59	17	15	100	9	47	3	23	1	77	5	82	6
9	560	7	28	55	28	27	120	10	55	3	26	2	56	3	57	3
10	580	4	23	52	47	51	140	20	65	4	29	2	33	2	29	2
11	600	3	19	48	61	74	150	30	72	5	32	2	21	1	13	1
12	620	4	20	49	70	83	150	30	70	4	31	2	16	1	8	1
13	640	5	24	52	74	89	140	20	63	4	28	2	13	1	5	1
14	660	11	35	63	80	93	96	8	46	2	20	1	10	1	3	1
15	680	32	58	78	88	95	49	3	24	1	11	1	6	1	2	1
16	700	63	80	90	95	99	20	1	10	1	5	1	2	1	1	1

kde  $\lambda$  je vlnová délka světla (chybu jsem odhadl na 1 nm),  $T$  je transmittance (chyba je 2%),  $\kappa$  je absorpční koeficient,  $\epsilon_r$  jeho chyba

Sledované roztoky (2, 4, 5) mají isobestické body pro vlnové délky:

$$\lambda_1 = (412 \pm 5) \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = (560 \pm 5) \text{ nm}$$

Hodnoty jsem odečetl z grafu, chyby jsem odhadl.

Platnost Beerova zákona ověřím například pro vlnové délky 460, 560, 660 nm. Ze vztahů (3) a (4) plyne, že absorbance  $A$  je přímo úměrná koncentraci roztoku. Ze vztahu (3) jsem určil absorbanci pro jednotlivé vlnové délky a koncentrace. Výsledky jsou zapsány v *tabulce 3*:

Tabulka 3

c	460		560		660	
	A	$\epsilon_r A$	A	$\epsilon_r A$	A	$\epsilon_r A$
1 c	0,38	0,02	1,2	0,1	0,96	0,08
0,5 c	0,17	0,01	0,55	0,03	0,46	0,02
0,25 c	0,09	0,01	0,26	0,02	0,20	0,01

kde  $c$  je koncentrace kalmagitu,  $\lambda$  vlnová délka světla,  $A$  absorbance,  $\epsilon_r A$  její chyba

Tyto hodnoty jsem vynesl do *grafu 3* a proložil přímkou. Z grafu je opravdu vidět lineární závislost absorbance na koncentraci roztoku.

### Diskuse:

Získané výsledky souhlasí s teorií.

### Závěr:

1. Platnost Beerova zákona byla ověřena (viz *graf 3*). Absorpční spektrum roztoků kalmagitu s koncentracemi  $c_0, c_0/2, c_0/4$  při  $pH=10$  je zakresleno v *grafu 1*.
2. Spektrum roztoku kalmagitu a jeho roztoků obsahujících přídavek  $MgSO_4$  je znázorněno v *grafu 2*. Isobestické body jsou při vlnových délkách světla:

$$\lambda_1 = (412 \pm 5) \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = (560 \pm 5) \text{ nm}$$

**Použitá literatura:**

- [1] Fyzikální praktikum III. Optika, *I. Pelant, J. Fiala, J. Pospíšil, J. Fährnich* Praha 1993