

## Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

### PRAKTIKUM III

Úloha č.: 17

Název: Meranie absorpcie svetla

Vypracoval: Viktor Babjak.....stud. sk. F 11 ..... dne: 25. 04. 2006

Odevzdal dne: .....

#### Hodnocení:

Připomínky:

- nesplněná úloha 2 a čístočne 4
- chýba teoretická časť ku splneniu úlohy 2
- na splnenie úlohy 4 bolo treba uviesť vzorec a jeho výpočet pre chybu nepriameho merania  $\kappa$  meraním hodnoty  $\vartheta$
- na porovnanie meraných vzoriek by bolo vhodné grafy a až 4 zlúčiť do jedného grafu.“

kapitola referátu	možný počet bodů	udělený počet bodů
Teoretická část	0 - 3	2
Výsledky měření	0 - 10	7
Diskuse výsledků	0 - 4	3
Závěr	0 - 2	2
Seznam použité literatury	0 - 1	1
<b>Celkem</b>	max. 20	<b>15</b>

Posuzoval:.....

dne:.....

## Pracovné úlohy:

1. Zmerajte absorpčné spektrum priložených vzoriek sklenených filtrov. Diskutujte percento maximálnej priepustnosti a spektrálnu šírku priepustnej oblasti.
2. Zmerajte index lomu vybraného filtra a odhadnite, akou časťou prispieva k celkovej optickej hustote filtra na rôznych vlnových dĺžkach jeho odrazivosť  $R$ .
3. Overte platnosť Beerovho zákona pre rôzne hrúbky priloženého pevného materiálu.
4. Preveďte odhad chyby transmitancie a určite chybu nepriameho merania absorpčného koeficientu.

## Teoretická časť:

Na popis strát svetla pri jeho prechode látkou sa zavádza tzv. transmitancia (priepustnosť)  $J$ : je to pomer svetelného toku, ktorý látkou prešiel  $\Phi_t$  ku svetelnému toku, ktorý na látku dopadá  $\Phi_0$ , vid' [1]

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

Časť svetla sa pritom stráca odrazom na povrchu látky. Ak tieto straty v (1) neuvažujeme a uvažujeme iba straty pri vlastnom prechode objemom látky, nazývame túto veličinu vnútorná transmitancia  $J_i$ .  $(1 - J_i)$  nazývame pohltivosť (absorptancia).

Lambertov – Beerov zákon popisuje závislosť priepustnosti na hrúbke  $l$  absorbujúcej látky, vid' [1]

$$J = e^{-\kappa_n l}, \quad (2)$$

kde  $\kappa_n$  je prirodzený absorpčný koeficient (niekedy sa nazýva aj koeficient absorpcie, resp. absorpčná konštanta).

Absorpčný koeficient všeobecne závisí na vlnovej dĺžke svetla a fyzikálnom stave vyšetrovanej látky (na tlaku, teplote a pod.).

Záporne vzatý dekadický logaritmus transmitancie nazývame absorbanciou  $A$

$$A = -\log J_i = \kappa_n l = \log e \cdot \kappa_n l. \quad (3)$$

## Výsledky meraní:

### *Absorpčné spektrum sklenených filtrov*

V rozsahu od 400 – 700 nm (t.j. vo viditeľnej oblasti) pre štyri priložené vzorky som zmeral absorpčné spektrum. Ako merací krok som zvolil 20 nm, pričom chybu nastavenia vlnovej dĺžky odhadujem na 1 nm.

Svetelný tok  $\Phi$  (a tým aj priepustnosť  $J$ ) som meral pomocou mikroampérmetra s triedou presnosti 2.

Pri uzavretom výstupe svetla z monochromátora som nastavil zosilňovač tak, aby na stupnici mikroampérmetra bola 0. Nastavenie 0 som overil resp. poopravil pred každým meraním. Pri otvorenom výstupe svetla (bez vloženého skleneného filtra) som pre každú nastavenú vlnovú dĺžku nastavil zosilňovač tak, aby na stupnici mikroampérmetra bola hodnota 100, t.j. aby som mohol priamo odčítať transmitanciu (priepustnosť) v percentách.

Namerané hodnoty sú uvedené v *tabuľke 1*. Namerané absorpčné spektra sú zobrazené v *grafoch 1 – 4*.

Chybu merania priepustnosti  $J$  som určil podľa, vid' [2]

$$s_J = \frac{pR}{\sqrt{3}} 10^{-2} \approx 1\%, \quad (4)$$

kde  $p = 2$  je trieda presnosti mikroampérmetra a  $R$  je použitý rozsah.

### *Lambert – Beerov zákon*

Pre tri zvolené vlnové dĺžky som zmeral závislosť priepustnosti  $J$  na hrúbke absorbujúcej látky  $l$  (t.j. na počte doštičiek zo zeleného skla).

Hrúbku jednej doštičky  $l_0$  som určil ako

$$l_0 = (1,00 \pm 0,01) \text{ mm}.$$

Na nastavenie referenčnej hodnoty 100 na stupnici mikroampérmetra som použil doštičky z číreho skla.

Namerané hodnoty sú uvedené v *tabuľke 2* a sú zobrazené v *grafe 5*. Nameranými hodnotami som preložil krivku  $y = e^{-Ax}$  zodpovedajúcu teoretickej závislosti (2), a tak som určil hodnotu absorpčného koeficientu pre danú vlnovú dĺžku:

- $I = 450 \text{ nm}$  :  $k_{n,450} = (1492 \pm 24) \text{ m}^{-1}$
- $I = 500 \text{ nm}$  :  $k_{n,500} = (188,3 \pm 7,3) \text{ m}^{-1}$
- $I = 700 \text{ nm}$  :  $k_{n,700} = (575 \pm 31) \text{ m}^{-1}$

Podľa (3) som z nameranej transmitancie  $J$  vypočítal absorbanciu  $A$  (relatívna chyba určenia  $A$  je 1 %). Závislosť absorbancie  $A$  na hrúbke absorbujúcej vrstvy  $l$  je zobrazená v *grafe 6*.

### Diskusia:

Absorpčné spektrum jednotlivých filtrov som meral vo viditeľnej oblasti, t.j. pre vlnové dĺžky v rozsahu  $400 \text{ nm} - 700 \text{ nm}$  s meracím krokom  $20 \text{ nm}$ . Namerané absorpčné spektrá rôznofarebných vzoriek majú predpokladaný tvar:

- filter zo zeleného skla má maximálnu priepustnosť v oblasti vlnových dĺžok asi  $530 \text{ nm}$ .
- filter zo žltého skla má vysokú priepustnosť (asi 94 %) vo väčšine meraného rozsahu.
- filter z červeného skla do oblasti asi  $600 \text{ nm}$  neprepúšťa takmer žiadne svetlo, kým v oblasti  $600 \text{ nm} - 700 \text{ nm}$  má vysokú priepustnosť (asi 95 %)

Pre modrý, žltý a červený filter sa celá priepustná oblasť nezmestila do meraného rozsahu, a preto nemôžem určiť, aká je spektrálna šírka priepustnej oblasti.

Spektrálnu šírku priepustnej oblasti pre zelený filter som určil ako rozsah vlnových dĺžok pri priepustnosti, ktorá je rovná polovici maximálnej priepustnosti, t.j. spektrálnu šírku som určil ako  $120 \text{ nm}$ .

Maximálna priepustnosť je asi 90 %. Meraná vnútorná priepustnosť je o niečo vyššia, pretože som nekompensoval straty spôsobené odrazom od filtrov, t.j. odrazivosť znižuje priepustnosť asi o 5 – 10 %.

Pre tri zvolené vlnové dĺžky ( $450 \text{ nm}$ ,  $500 \text{ nm}$ ,  $700 \text{ nm}$ ) som určil závislosť priepustnosti na hrúbke absorbujúcej vrstvy, vid' *graf 5*. Z *grafu 5* vyplýva, že priepustnosť exponenciálne klesá s hrúbkou vrstvy.

Absorpčný koeficient všeobecne závisí na vlnovej dĺžke svetla a na fyzikálnom stave vyšetrovanej látky, vid' [1].

V *grafe 6* je zobrazená závislosť absorbancie na hrúbke vrstvy. Nameranými bodmi som pomocou programu *Origin* preložil priamky. Podľa teoretického predpokladu (3) sa potvrdila lineárna závislosť medzi  $A$  a  $l$ , t.j. tým sa potvrdila platnosť Lambert – Beerovho zákona. Priamky lineárnych regresii sa pretínajú približne v počiatku, čo takisto zodpovedá teoretickým predpokladom. Pre presnejšie overenie by bolo potrebné zmerať túto závislosť pre viacero vlnových dĺžok.

Možným zdrojom chýb pri meraní transmitancie mohlo byť znečistenie povrchu jednotlivých filtrov. Pred každým meraním som overil nastavenie 0 resp. 100 na stupnici mikroampérmetra; tým by sa malo zlepšiť určenie transmitancie.

Hodnotu absorpčného koeficientu som určil z merania transmitancie  $J$  (konkrétnu hodnotu som získal z regresie pomocou programu *Origin*). Relatívna chyba určenia  $\kappa_n$  je 1,6 % – 5,6 %. Na túto chybu má vplyv presnosť merania transmitancie a takisto to, že teoretickú závislosť (2) som prekladal iba 5 bodmi (5 rôznych hrúbok absorbujúcej vrstvy).

## Záver:

Premeral som absorpčné spektrum štyroch sklenených filtrov; namerané hodnoty sú v *tabuľke 1* a v *grafoch 1 – 4*.

Pre tri zvolené vlnové dĺžky som overil platnosť Lambert – Beerovho zákona; namerané hodnoty sú v *tabuľke 2* a v *grafoch 5 – 6*. Z nameraných závislostí som určil hodnotu absorpčného koeficientu  $\kappa_n$ .

## Literatúra:

[1] Ivan Pelant a kol.; Fyzikální praktikum III, Praha, 2001

[2] English, J.; Zpracování výsledků fyzikálních měření, Praha, 1999

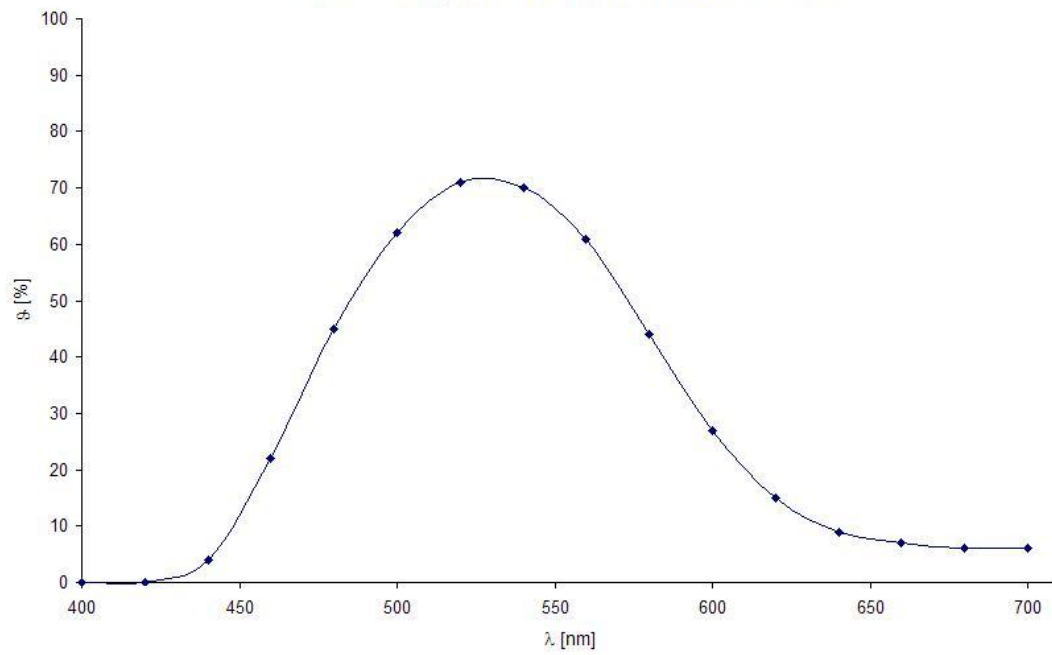
*Tabuľka 1 – Namerané hodnoty priepustnosti J pre štyri sklenené filtre*

$\lambda$ [nm]	zelený filter	modrý filter	žltý filter	červený filter
	J [%]	J [%]	J [%]	J [%]
400	0	91	3	0
420	0	90	5	0
440	4	87	13	0
460	22	84	37	0
480	45	76	69	0
500	62	62	86	0
520	71	47	92	0
540	70	43	95	0
560	61	50	94	0
580	44	32	94	1
600	27	24	94	6
620	15	26	94	74
640	9	23	94	91
660	7	30	95	94
680	6	54	95	95
700	6	76	95	95

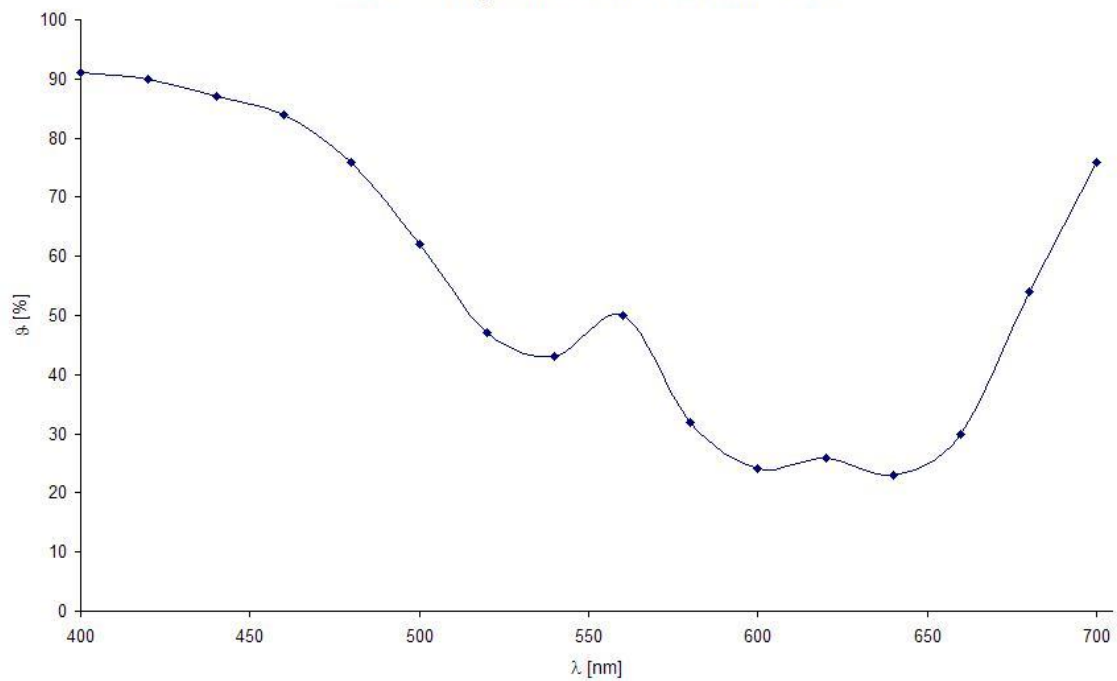
*Tabuľka 2 – Nameraná priepustnosť J v závislosti na hrúbke absorbujúcej látky l*

$\lambda$ [nm]	počet doštičiek				
	1	2	3	4	5
450	23	4	1	0	0
500	86	71	58	46	36
700	61	33	15	7	3

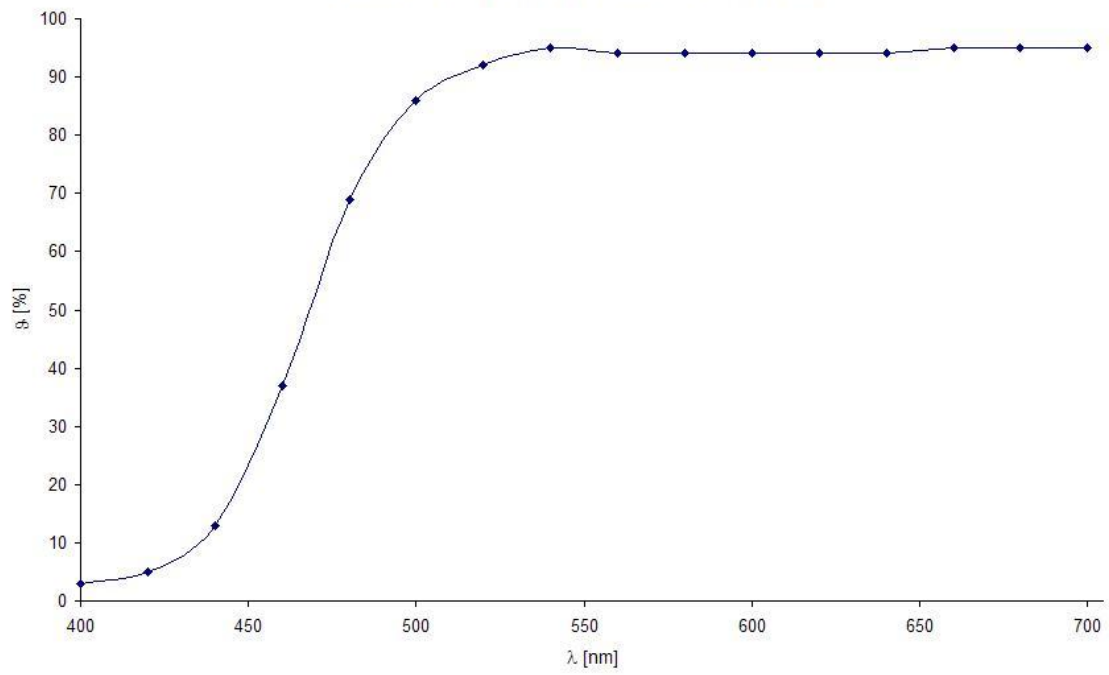
Graf 1 - Priepustnosť filtra zo zeleného skla



Graf 2 - Priepustnosť filtra z modrého skla



Graf 3 - Priepustnosť filtra zo žltého skla



Graf 4 - Priepustnosť filtra z červeného skla

