

Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

## Fyzikální praktikum ...



Úloha č. ....

Název úlohy: .....

Jméno: ..... Obor: FOF FAF FMUZV

Datum měření: .....

Datum odevzdání: .....

Připomínky opravujícího:

	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	
<b>Celkem</b>	max. 20	

Posuzoval:.....

dne: .....

## Pracovní úkoly

1. Seřídíte goniometr.
2. Změřte lámavý úhel skleněného hranolu a proměřte indexy lomu čar spektra rtuťové výbojky.
3. Změřte lámavý úhel kyvety a proměřte pro přiloženou kapalinu indexy lomu čar spektra rtuťové výbojky.
4. Naměřené hodnoty zpracujte graficky do disperzních křivek. Vypočtěte střední disperzi, relativní disperzi a Abbeovo číslo pro změřené materiály.
5. Odvoďte výraz pro chybu nepřímého měření indexu lomu. Spočtěte její velikost a diskutujte, kolik desetinných míst indexu lomu tato metoda zaručuje.

## Teoretická část

Lámavý úhel  $\varphi$  určíme tak, že změříme úhel mezi normálami obou přilehlých stěn. Jestliže tento úhel označíme  $\phi$ , pak platí

$$\varphi + \phi = 180^\circ. \quad (1)$$

Pokud je minimální deviace paprsku  $\delta$  (viz. [1]), pak pro index lomu  $n$  platí

$$n = \frac{\sin((\delta + \varphi)/2)}{\sin(\varphi/2)}. \quad (2)$$

Úhel  $\delta$  určíme tak, že provedeme měření v obou směrech. Pokud jsou údaje na goniometru v jednom směru  $\alpha_1$  a v druhém  $\alpha_2$ , platí

$$\delta = \frac{|\alpha_1 - \alpha_2|}{2}$$

Podle [1] definujeme střední disperzi

$$\Delta = n_F - n_C, \quad (3)$$

relativní disperzi

$$\delta = \frac{\Delta}{n_D - 1} \quad (4)$$

a Abbeovo číslo

$$\gamma = \frac{1}{\delta}, \quad (5)$$

kde  $n_F$ ,  $n_D$  a  $n_C$  jsou indexy lomu odpovídající spektrálním čarám s vlnovými délkami  $\lambda_F = 486,1 \text{ nm}$ ,  $\lambda_D = 589,3 \text{ nm}$  a  $\lambda_C = 656,3 \text{ nm}$ .

Pokud předpokládáme normálně rozdělenou chybu veličin  $\delta$  a  $\varphi$  se standardní odchylkou  $\sigma_\delta$  resp.  $\sigma_\varphi$ , která je malá, pak pro standardní odchylku indexu lomu  $\sigma_n$  platí

$$\sigma_n = \sqrt{\left(\frac{\partial n}{\partial \delta}\right)^2 \sigma_\delta^2 + \left(\frac{\partial n}{\partial \varphi}\right)^2 \sigma_\varphi^2} = \frac{1}{2 \sin(\varphi/2)} \sqrt{\left(\frac{\sin(\delta/2)}{\sin(\varphi/2)}\right)^2 \sigma_\delta^2 + \left(\cos\left(\frac{\delta + \varphi}{2}\right)\right)^2 \sigma_\varphi^2} \quad (6)$$

## Výsledky měření

Úspěšně jsme seřídili goniometr. Používali jsme hranol č. 3 a lámavý úhel byl v rohu č. 2. Používali jsme tekutinu č. 4.

Změřili jsme úhel normál obou přilehlých stěn pro hranol i kyvetu. Pro hranol byly údaje na goniometru  $123^\circ 0' 0''$  resp.  $243^\circ 9' 38''$ , pro kyvetu  $107^\circ 6' 24''$  resp.  $226^\circ 41' 30''$ . Podle (1) určíme lámavý úhel hranolu  $\varphi_h$  a kyvety  $\varphi_k$

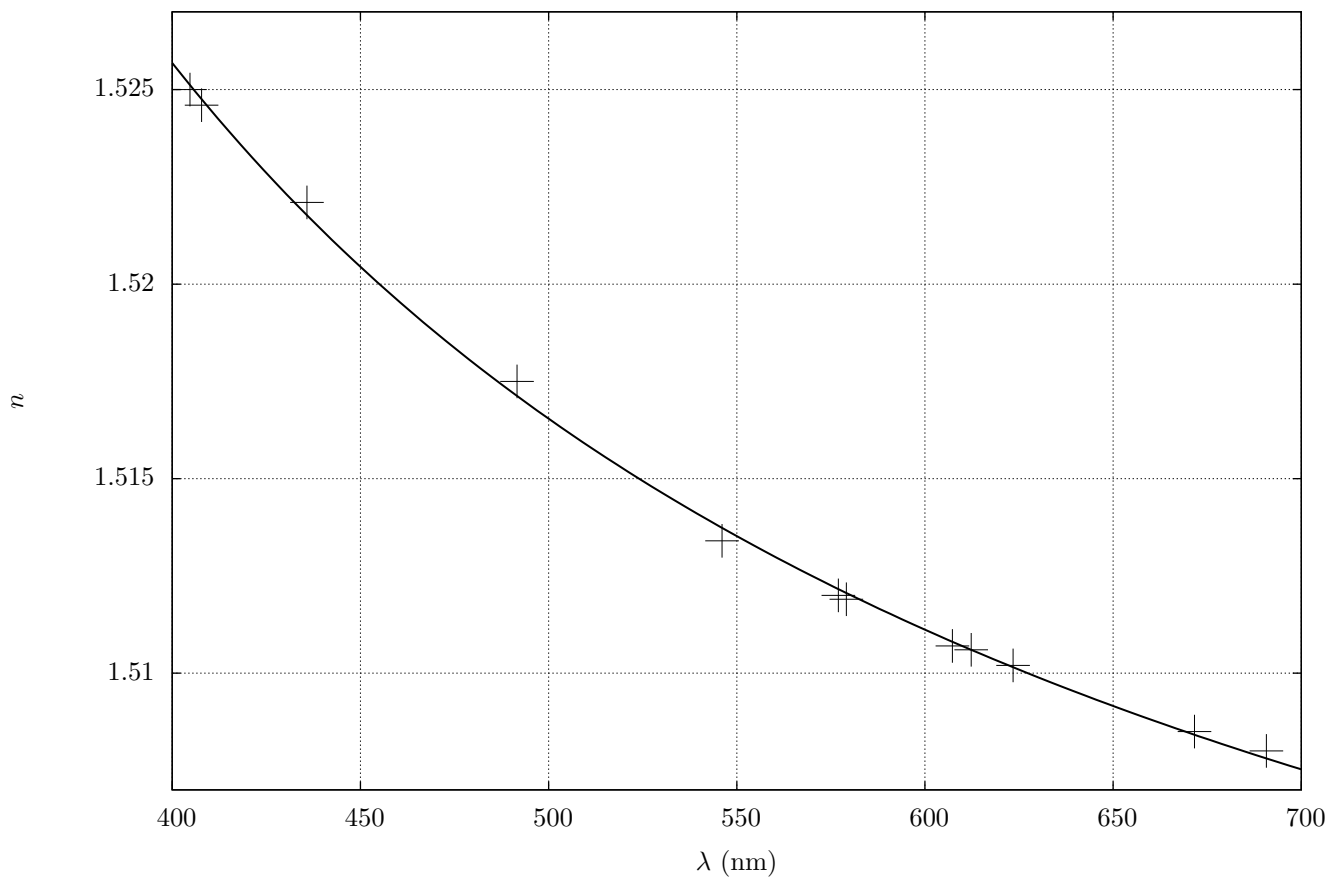
$$\varphi_h = 59^\circ 50' 22'' \quad \varphi_k = 60^\circ 24' 54''$$

Změřili jsme indexy lomu čar spektra rtuťové výbojky v skleněném hranolu a kyvetě s tekutinou. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 1 a grafech 1 a 2.

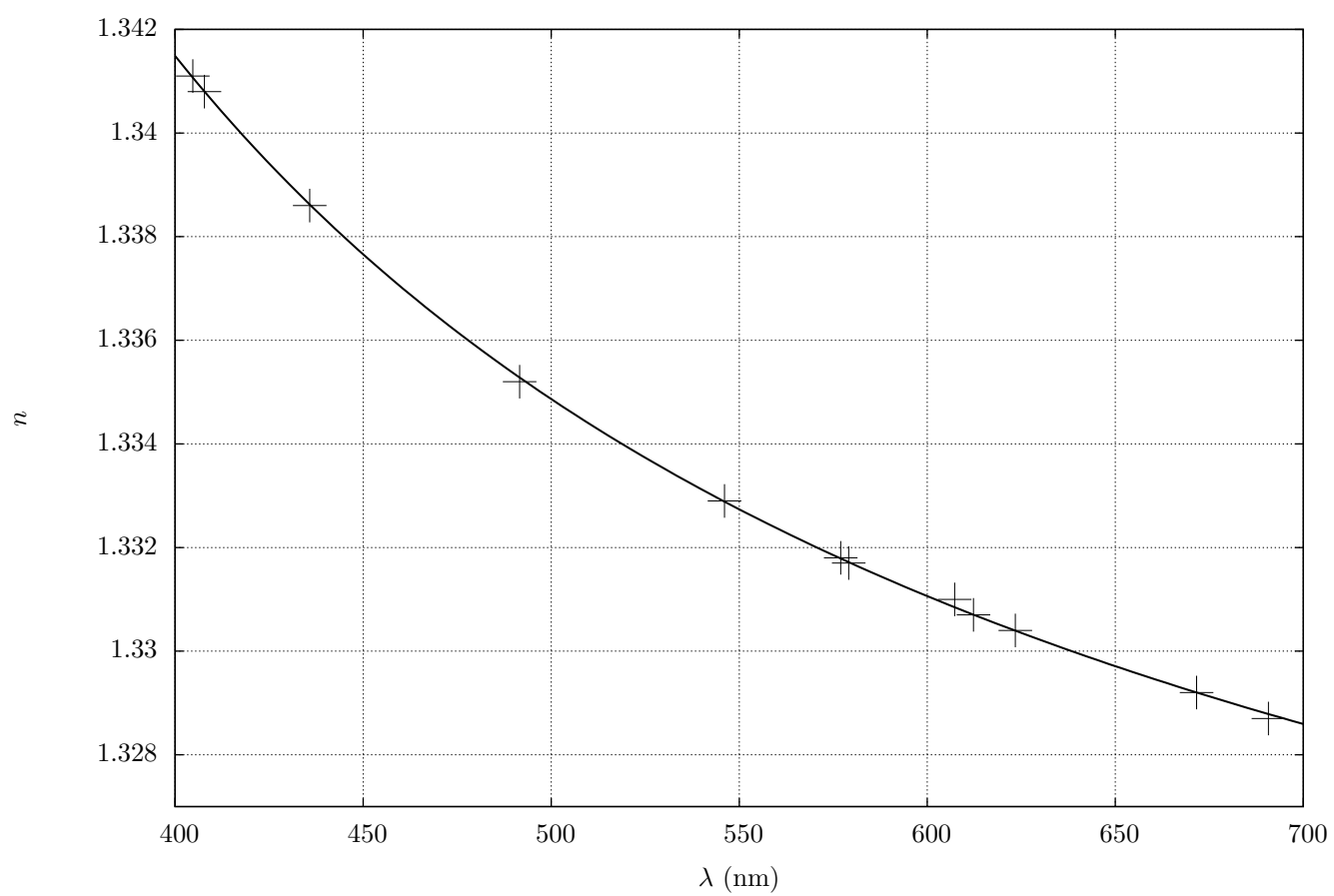
Měření jsme provedli víckrát a podle výsledků odhadujeme standardní chybu  $\sigma_\delta = \sigma_\varphi = 0^\circ 0' 30''$ . Standardní odchylka indexu lomu vychází podle (6) pro všechny hodnoty  $\sigma_n = 0,0001$ . Tato metoda zaručuje 3 číslice za desetinnou čárkou (4 platné číslice).

$\lambda$ (nm)	skleněný hranol			kyveta s tekutinou		
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$n$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$n$
404,7	203°44'14"	124°7'10"	1,5250	187°56'36"	139°41'28"	1,3411
407,8	203°41'48"	124°9'48"	1,5246	187°55'20"	139°42'16"	1,3408
435,8	203°32'18"	124°26'36"	1,5221	187°44'40"	139°52'36"	1,3386
491,6	203°8'8"	124°52'0"	1,5175	187°29'24"	140°8'10"	1,3352
546,1	202°41'58"	125°10'0"	1,5134	187°18'22"	140°18'38"	1,3329
577,0	202°34'12"	125°17'10"	1,5120	187°13'20"	140°23'40"	1,3318
579,1	202°33'42"	125°17'50"	1,5119	187°13'12"	140°24'6"	1,3317
607,3	202°27'22"	125°23'40"	1,5107	187°10'0"	140°27'42"	1,3310
612,3	202°26'26"	125°24'26"	1,5106	187°8'34"	140°28'42"	1,3307
623,4	202°24'24"	125°26'52"	1,5102	187°7'16"	140°30'0"	1,3304
671,6	202°15'48"	125°35'24"	1,5085	187°1'30"	140°35'30"	1,3292
690,7	202°13'10"	125°38'2"	1,5080	186°59'34"	140°37'48"	1,3287

Tabulka 1: Indexy lomu spektrálních čar rtuťové výbojky



Graf 1: Disperzní křivka skleněného hranolu



Graf 2: Disperzní křivka kapaliny v kyvetě

Spočetli jsme střední disperzi, relativní disperzi a Abbeovo číslo pro hranol (s indexem  $h$ ) a kapalinu (s indexem  $k$ )

$$\begin{array}{llll} \Delta_h & = & 0,0100(1) & \delta_h & = & 0,019(1) & \gamma_h & = & 51(2) \\ \Delta_k & = & 0,0070(1) & \delta_k & = & 0,021(1) & \gamma_k & = & 47(2) \end{array} \quad (7)$$

## Diskuze

V grafech 1 a 2 jsme závislost fitovali funkcí tvaru [1]

$$n(\lambda) = n_0 + \frac{a}{\lambda + \lambda_0}.$$

Pro hranol jsme použili parametry

$$n_0 = 1,49 \quad a = 10,4 \text{ nm}^{-1} \quad \lambda_0 = -108 \text{ nm}$$

pro kapalinu pak

$$n_0 = 1,32 \quad a = 6,6 \text{ nm}^{-1} \quad \lambda_0 = -130 \text{ nm}.$$

Podle grafu tato funkce závislost dobře aproximuje.

Nejsme si vědomi žádné systematické chyby, které bychom se dopustili. Systematická chyba způsobená nepřesným odečítáním ze stupnice goniometru působila při měření ve druhém směru opačně, takže se vyrušila.

Měření považujeme za velice přesné a hodnotami indexů lomů jsme si skutečně jisti na tři číslice za desetinnou čárkou.

Při výpočtu střední disperze, relativní disperze a Abbeova čísla se odečítají blízké hodnoty, což má za následek vysokou relativní chybu. Díky přesnosti měření indexu lomu je však i tato chyba rozumná.

## Závěr

Změřili jsme indexy lomu čar spektra rtuťové výbojky ve skleněném hranolu a přiložené kapalině. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 1.

Závislost indexu lomu na vlnové délce pro oba materiály jsme vynesli do grafů 1 a 2.

Pro oba materiály jsme spočetli střední disperzi, relativní disperzi a Abbeovo číslo, viz (7) výše.

## Seznam použité literatury

1. *Základní fyzikální praktikum* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupný z WWW: <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/start>.