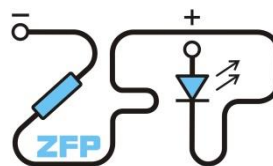


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum III



Úloha č. 19

Název úlohy: Měření indexu lomu Jaminovým interferometrem

Jméno: Ondřej Skácel

Obor: FOF

Datum měření: 24.2.2016

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	
Celkem	max. 20	

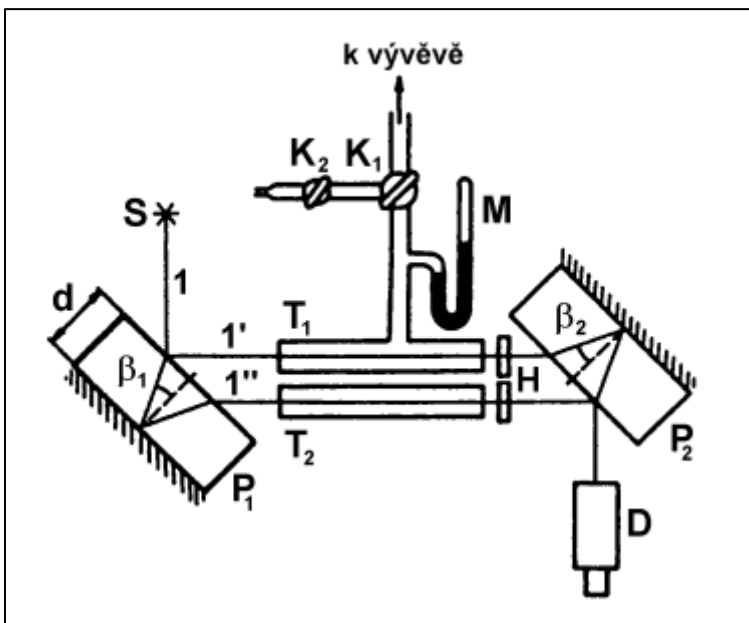
Posuzoval:.....

dne:

Pracovní úkoly

1. Změřte závislost indexu lomu vzduchu na tlaku $n(p)$.
2. Závislost $n(p)$ zpracujte graficky. Vyneste také závislost vlnové délky sodíkové čáry na indexu lomu vzduchu $\lambda(n)$. Proveďte lineární regresi závislosti $n(p)$, stanovte chybu parametrů získaných lineární regresi.
3. Porovnáním tabelovaného $n_{15,p0}$ a změřeného $n_{t,p0}$ stanovte teplotu laboratoře (včetně chyby).

Teoretická část



Obr. 1 – Jaminův interferometr – převzato z [1]

Jaminův interferometr jsou dvě planparalelní desky P_1 a P_2 o stejné tloušťce d vyrobené ze skla o indexu lomu N (viz obr. 1). Z geometrie uspořádání je zjevné, že dráhový rozdíl paprsků $1'$ a $1''$ při vstupu do dalekohledu D je [1]

$$\Delta = 2Nd(\cos(\beta_1) - \cos(\beta_2)) \quad (1)$$

Pro paralelní desky je nulový.

Dráhový rozdíl lze měnit nastavováním směrů desek P_1 a P_2 , nebo za pomoci kompenzátoru H .

Pro měření indexu lomu se do drah paprsků vloží dvě stejné kyvety T_1 a T_2 o délce l . Kyvetu T_1 lze evakuovat vývěvou a následným vpouštěním vzduchu napouštěcím kohoutem K_2 lze zvyšovat tlak vzduchu v ní.

Pro změnu dráhového rozdílu platí

$$\delta = l(N_2 - N_1) \quad (2)$$

kde N_1 a N_2 jsou indexy lomu vzduchu odpovídající tlakům vzduchu v kyvetě T_1 před, respektive po změně tlaku. Změnu dráhového rozdílu lze určit z počtu k interferenčních proužků prošlých nitkovým křížem dalekohledu D zaostřeným na nekonečno jako

$$\delta = k\lambda \quad (3)$$

kde λ je vlnová délka zdroje (v našem případě sodíkové výbojky). Pokud známe N_1 , lze tudíž N_2 určit jako

$$N_2 = N_1 + \frac{k\lambda}{l} \quad (4)$$

V našem případě lze jako známý index lomu N_1 vzít vzhledem k velmi dobrému vakuu, jehož lze vývěvou dosáhnout, jako 1.

Lze předpokládat, že index lomu by měl růst lineárně s tlakem, tj.

$$N = 1 + \alpha p \quad (5)$$

kde α je konstanta.

Závislost indexu lomu na teplotě a tlaku je podle tabulek dána jako

$$N - 1 = (N_{15,p_0} - 1) \frac{(1 + 15\gamma)p}{(1 + \gamma t) p_0} \quad (6)$$

kde $\gamma = 3,670 \cdot 10^{-3}$ je koeficient teplotní roztažnosti vzduchu, $p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$ je atmosferický tlak, $N_{15,p_0} = 1.0002772$ a t je teplota ve stupních. Teplota pak lze vyjádřit jako

$$t = \frac{1}{\gamma} \left((N_{15,p_0} - 1) \frac{(1 + 15\gamma)}{\alpha p_0} - 1 \right) \quad (7)$$

Měření probíhá tak, že se nejdříve kyveta evakuuje a poté se do ní postupně vpouští vzduch. Při tom se měří tlak vzduchu v kyvetě a po každých desíti prošlých interferenčních proužcích nitkovým křížem dalekohledu se zaznamená jeho hodnota .

Výsledky měření

Měření probíhalo za teploty $(24,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ a tlaku $(996 \pm 1)\text{hPa}$.

Všechny chyby jsou vztaženy na pravděpodobnost 1σ .

Chyba měření tlaku je $u_p = 1\text{hPa}$.

Délka kyvety $l = 50\text{cm}$.

Vlnová délka sodíkové výbojky $\lambda = (589,3 \pm 0,3)\text{nm}$.

Naměřené hodnoty

Byla provedena tři měření (evakuování a postupná vypouštění). Index lomu byl určen podle rovnice **(4)**.

Tabulka 1 – naměřené hodnoty tlaku v závislosti na počtu prošlých proužků

k	$p_1[\text{kPa}]$	$p_2[\text{kPa}]$	$p_3[\text{kPa}]$	N	k	$p_1[\text{kPa}]$	$p_2[\text{kPa}]$	$p_3[\text{kPa}]$	N
0	15	6	4	1,000000	110	529	502	501	1,000130
10	75	52	50	1,000012	120	573	546	546	1,000141
20	120	97	96	1,000024	130	617	591	590	1,000153
30	166	142	141	1,000035	140	663	636	636	1,000165
40	211	187	185	1,000047	150	708	681	680	1,000177
50	256	231	231	1,000059	160	751	725	725	1,000189
60	301	277	276	1,000071	170	798	772	769	1,000200
70	344	322	320	1,000083	180	842	814	815	1,000212
80	390	367	366	1,000094	190	888	859	859	1,000224
90	440	412	410	1,000106	200	930	904	905	1,000236
100	484	458	456	1,000118	210	976	950	949	1,000248

Konstanta α byla pro jednotlivá měření určena lineární regresí, systematická část chyby měření byla určena jako **[2]**

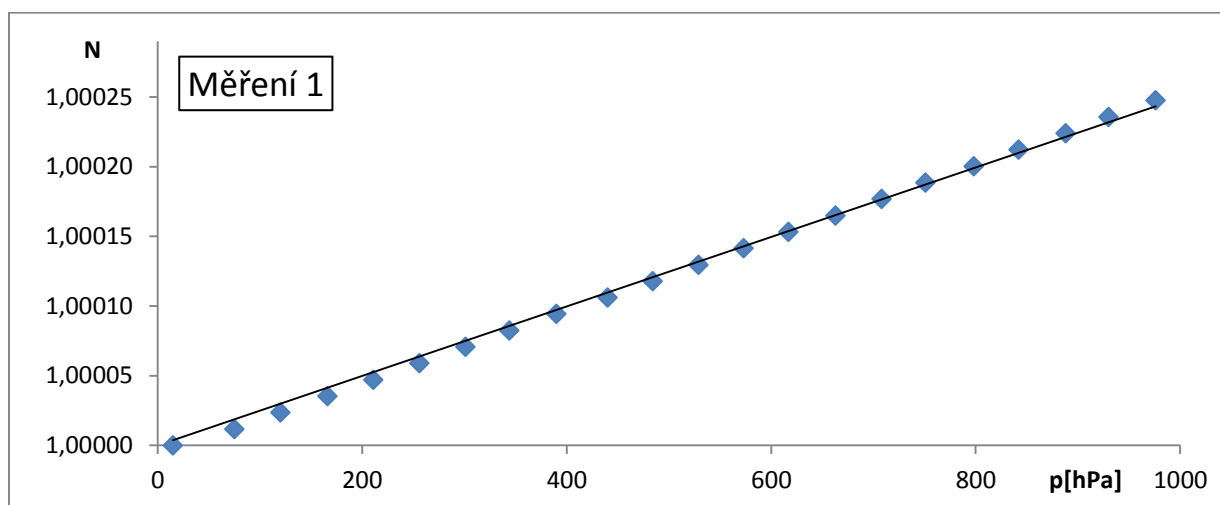
$$u_\alpha = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i \left(\frac{N_i - 1}{p^2} u_p \right)^2}$$

	$\alpha[10^{-7}\text{hPa}^{-1}]$
měření 1	$2,60 \pm 0,01$
měření 2	$2,63 \pm 0,01$
měření 3	$2,62 \pm 0,01$

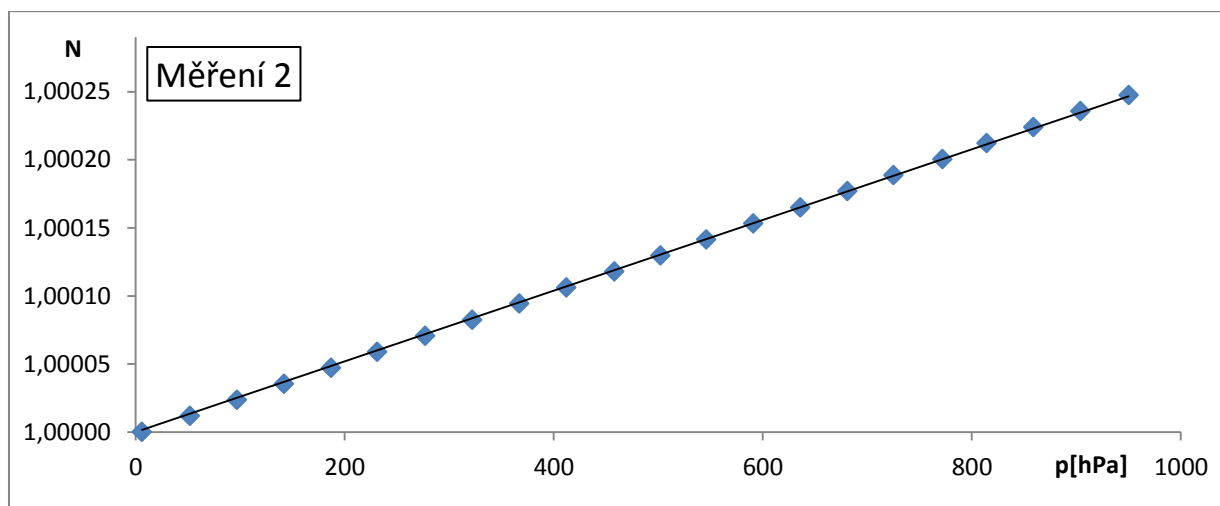
Teplota byla určena podle rovnice **(7)**, její relativní chyba je stejná jako relativní chyba konstanty α .

$$t = (27,7 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

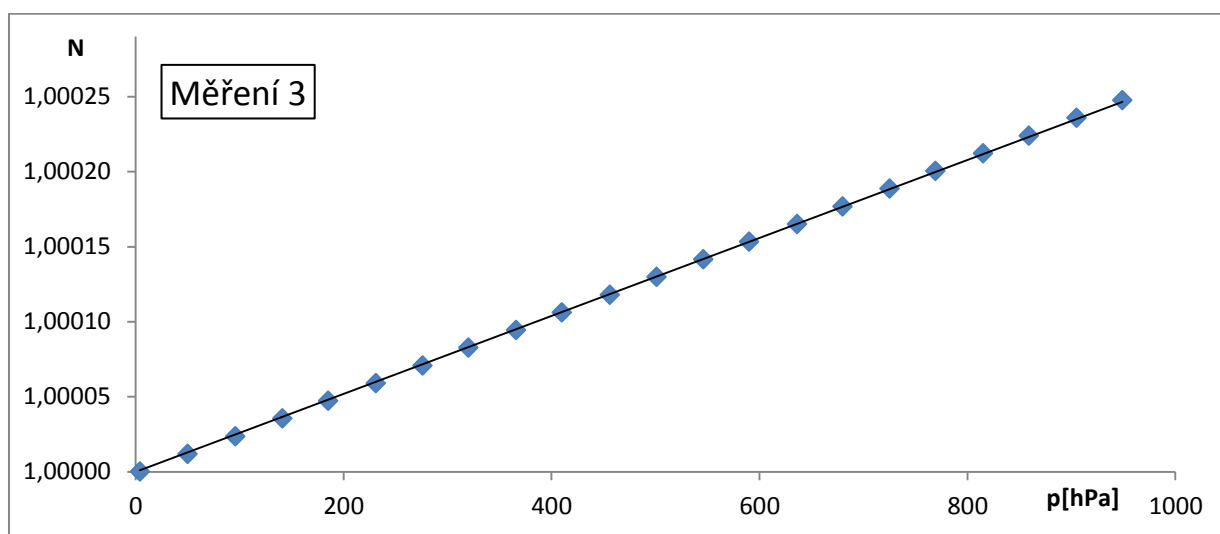
Grafy



Graf 1 – Naměřené hodnoty pro 1. měření proložené lineárním fitem podle rovnice (5)



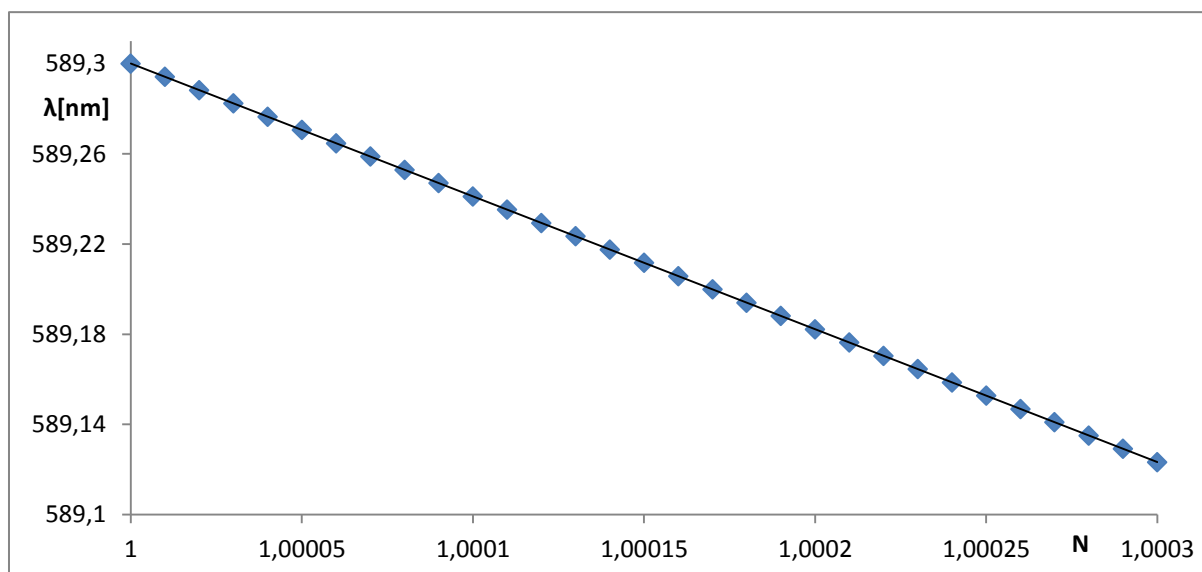
Graf 2 – Naměřené hodnoty pro 2. měření proložené lineárním fitem podle rovnice (5)



Graf 3 – Naměřené hodnoty pro 3. měření proložené lineárním fitem podle rovnice (5)

Vlnová délka sodíkové výbojky klesá s indexem lomu vzduchu podle

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{N}$$



Graf 4 – Závislost vlnové délky sodíkové výbojky na indexu lomu světla proložená lineárním fitem

Diskuze výsledků

Index lomu vzduchu závisí na tlaku podle očekávání přibližně lineárně. Výsledné konstanty α z jednotlivých měření si navzájem neodpovídají v rámci uvedených experimentálních chyb. To je pravděpodobně způsobeno špatným odečtem prvních 10 proužků u prvního měření, což se dá odhadnout porovnáním hodnot u prvního měření s hodnotami u dalších dvou (viz tabulka 1). Teplota určená podle rovnice (7) neodpovídá teplotě z teploměru v místnosti ($24,0 \pm 0,5$)°C, což nemusí být nutně chyba, protože zatímco teploměr visel na zdi, kyveta byla poblíž lampy.

Závěr

Závislost indexu lomu vzduchu na tlaku (v hPa) je dána jako

$$N = 1 + (2,62 \pm 0,01)10^{-7}p$$

Závislost vlnové délky sodíkové čáry byla vynesena na grafu 4.

Teplota kyvety byla

$$t = (27,7 \pm 0,1)^\circ\text{C}$$

Použitá literatura

[1] studijní text dostupný na

http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/pokyny/mereni_319.pdf

[2] Jiří English: Úvod do praktické fyziky I, Matfyzpress, Praha 2006