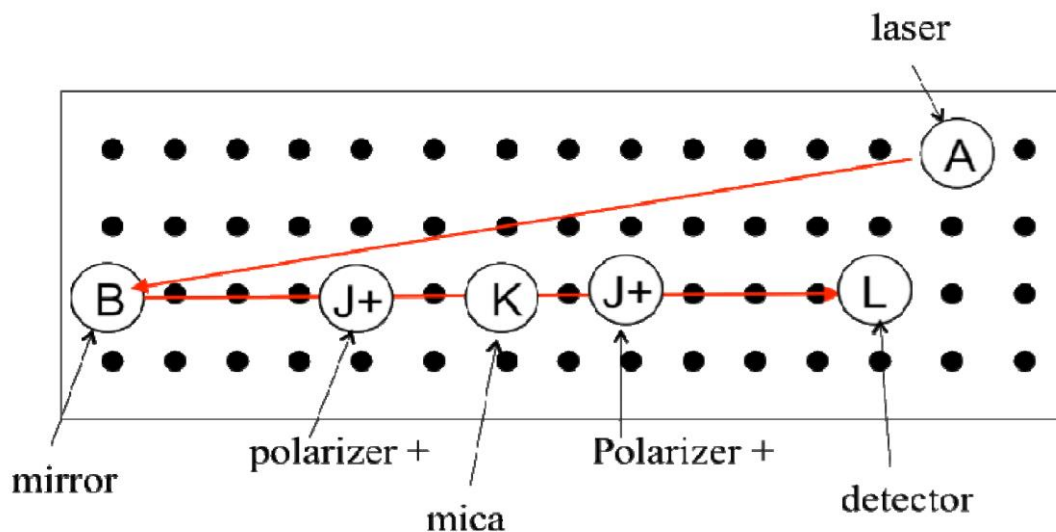


ŘEŠENÍ

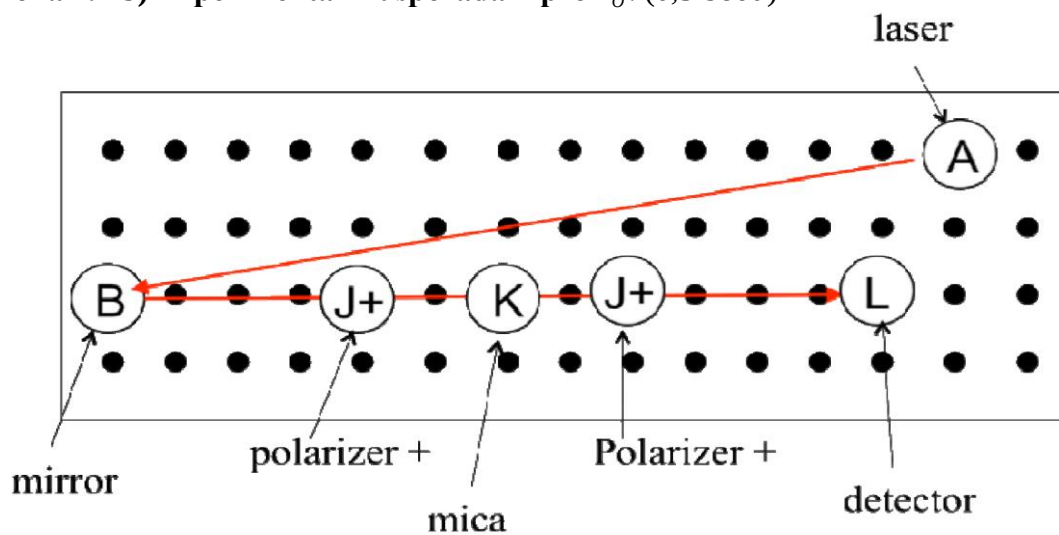
EXPERIMENTÁLNÍ ÚLOHA 2

DVOJLOM VE SLÍDĚ

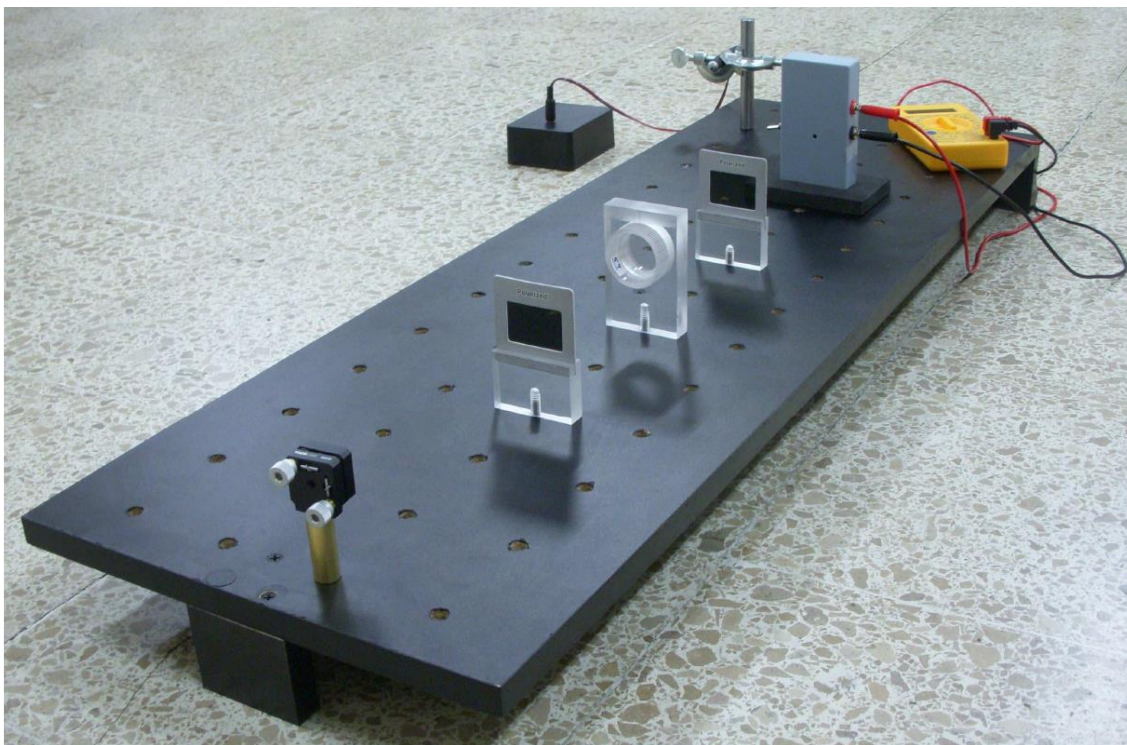
Úloha 2.1 a) Experimentální uspořádání pro I_p . (0,5 bodu)



Úloha 2.1 b) Experimentální uspořádání pro I_o . (0,5 bodu)



2.1		1,0
-----	--	-----



Experimentální složení pro měření dvojlomnosti slídy

Úloha 2.2 Kalibrace stupnice pro nastavení úhlu

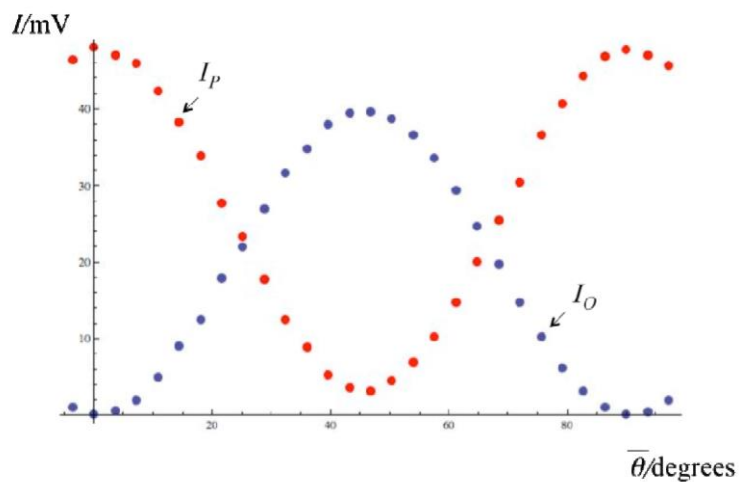
2.2	Úhel mezi dvěma následujícími černými čárkami je $\theta_{\text{int}} = 3,6^\circ$, protože jsme napočítali 100 čárek	0,25
-----	---	------

Úloha 2.3 Měření I_p a I_o . Použij dodatečné listy, pokud je to třeba.

TABULKA I (3 body)

$\bar{\theta}$ (stupně)	$(I_p \pm 1) \cdot 10^{-3} \text{ V}$	$(I_o \pm 1) \cdot 10^{-3} \text{ V}$
3,6	46,4	1,1
0	48,1	0,2
3,6	47,0	0,6
7,2	46,0	2,0
10,8	42,3	4,9
14,4	38,2	9,0

18,0	33,9	12,5
21,6	27,7	17,9
25,2	23,4	22,0
28,8	17,8	27,0
32,4	12,5	31,7
36,0	8,8	34,8
39,6	5,2	38,0
43,2	3,6	39,4
46,8	3,2	39,6
50,4	4,5	38,7
54,0	6,9	36,6
57,6	10,3	33,6
61,2	14,7	29,4
64,8	20,1	24,7
68,4	25,4	19,7
72,0	30,5	14,7
75,6	36,6	10,2
79,2	40,7	6,1
82,8	44,3	3,2
86,4	46,9	1,0
90,0	47,8	0,2
93,6	47,0	0,4
97,2	45,7	2,0



Rovnoběžná I_p a kolmá I_o intenzita jako funkce úhlu.

GRAF NENÍ VYŽADOVÁN!

Úloha 2.4 Nalezení skutečné nuly úhlu θ

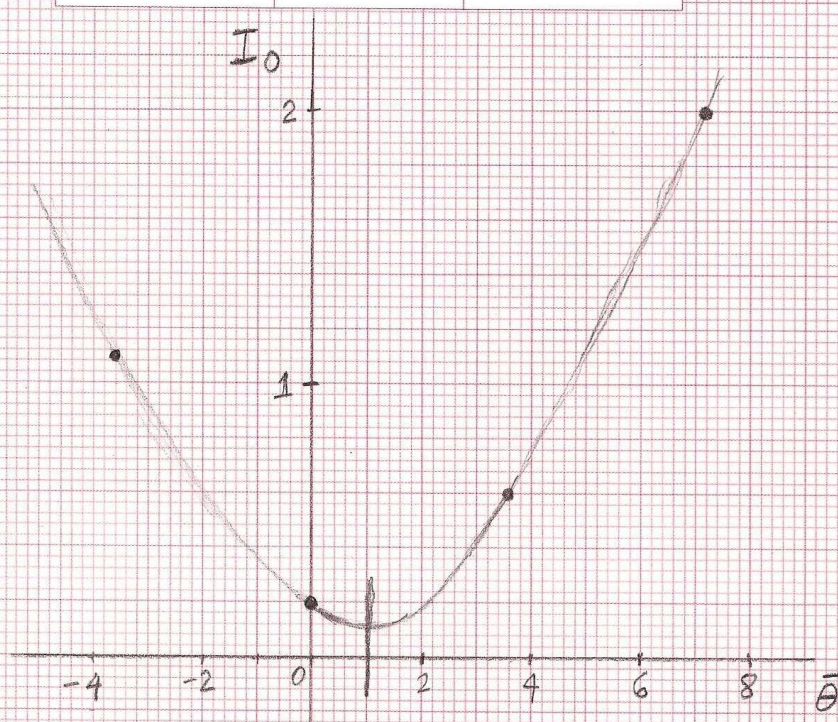
2.4	a) <i>Grafická analýza</i> Hodnota pro posun je $\delta\bar{\theta} = -1^\circ$. Musí být ale přiložen grafický papír s analýzou. b) <i>Numerická analýza</i> Z tabulky I vybereme první tři body $\bar{\theta}$ a $I_o(\bar{\theta})$ (intenzity jsou v milivoltech) $(x_1, y_1) = (-3,6; 1,1)$, $(x_2, y_2) = (0; 0,2)$, $(x_3, y_3) = (3,6; 0,6)$. Tyto tři body proložíme parabolou $y = ax^2 + bx + c$, což vede na soustavu tří lineárních rovnic s řešením $a = 0,050$; $b = -0,069$; $c = 0,2$. Minimum této paraboly je v bodě $b = -\frac{b}{2a} \approx 0,7^\circ$. Tedy $\delta\bar{\theta} = -0,7^\circ$.	1,0
-----	---	-----

W

Student code

Page No.

Total No. of pages



$\bar{\theta}_{\min} \approx 1.0$ degrees

4 points

$\bar{\theta}$	(I_0/mV)
-3.6	1.1
0.0	0.2
3.6	0.6
7.2	2.0

Úloha 2.5 Volba vhodných proměnných

2.5	Rovnice (2.4) pro kolmou intenzitu je $\bar{I}_O(\theta) = \frac{1}{2}(1 - \cos \Delta\phi) \sin^2(2\theta)$ Lineární závislost $y = mx + b$ tak získáme např. volbou $y = \bar{I}_O(\theta)$, $x = \sin^2(2\theta)$ a $m = \frac{1}{2}(1 - \cos \Delta\phi)$, odkud lze získat fázový posun. Pozn.: Toto není jediný způsob, jak zjistit fázový rozdíl.	0,5
-----	---	-----

Úloha 2.6 Analýza dat a fázový posun

2.6	Naše volba je $y = \bar{I}_O(\theta)$, $x = \sin^2(2\theta)$. Jelikož pro $\theta: 0 \rightarrow \frac{\pi}{4}$, $x: 0 \rightarrow 1$, použijeme pouze 12 dvojic datových bodů k pokrytí této oblasti, jak plyne z tabulky II. x můžeme ponechat bez určení chyby. Chybu v y vypočteme $\Delta \bar{I}_O = \sqrt{\left(\frac{\partial \bar{I}_O}{\partial I_O}\right)^2 \Delta I_O^2 + \left(\frac{\partial \bar{I}_O}{\partial I_P}\right)^2 \Delta I_P^2}$ a dostaneme $\Delta \bar{I}_O = \frac{\sqrt{I_O^2 + I_P^2}}{(I_O + I_P)^2} \Delta I_O \approx 0,018, \text{ přibližně stejně pro všechny hodnoty.}$	1,0
-----	---	-----

TABULKA II

θ (stupně)	$x = \sin^2(2\theta)$	$y = \bar{I}_O(\theta) \pm 0,018$
2,9	0,010	0,013
6,5	0,051	0,042
10,1	0,119	0,104
13,7	0,212	0,191
17,3	0,322	0,269
20,9	0,444	0,392
24,5	0,569	0,484
28,1	0,690	0,603
31,7	0,799	0,717
35,3	0,890	0,798
38,9	0,955	0,880
42,5	0,992	0,916

2.6	Aplikujeme nyní metodu nejmenších čtverců pro závislost proměnné y na x z tabulky II. Směrnice a absolutní člen jsou: $m \pm \Delta m = 0,913 \pm 0,012$ $b \pm \Delta b = -0,010 \pm 0,008$ Rovnice pro metodu nejmenších čtverců jsou $m = \frac{N \sum_{n=1}^N x_n y_n - \sum_{n=1}^N x_n \sum_{n'=1}^N y_{n'}}{\Delta}, \quad b = \frac{\sum_{n=1}^N x_n^2 \sum_{n'=1}^N y_{n'} - \sum_{n=1}^N x_n \sum_{n'=1}^N x_{n'} y_{n'}}{\Delta},$ kde $\Delta = N \sum_{n=1}^N x_n^2 - \left(\sum_{n=1}^N x_n \right)^2$ a N značí počet měření. Chyby měření se počítají ze vztahů $(\Delta m)^2 = N \frac{\sigma^2}{\Delta}, \quad (\Delta b)^2 = \frac{\sigma^2}{\Delta} \sum_{n=1}^N x_n^2, \quad \text{kde}$ $\sigma^2 = \frac{1}{N-2} \sum_{n=1}^N (y_n - b - m x_n)^2.$ Zde $N = 12$.	1,75
-----	--	------

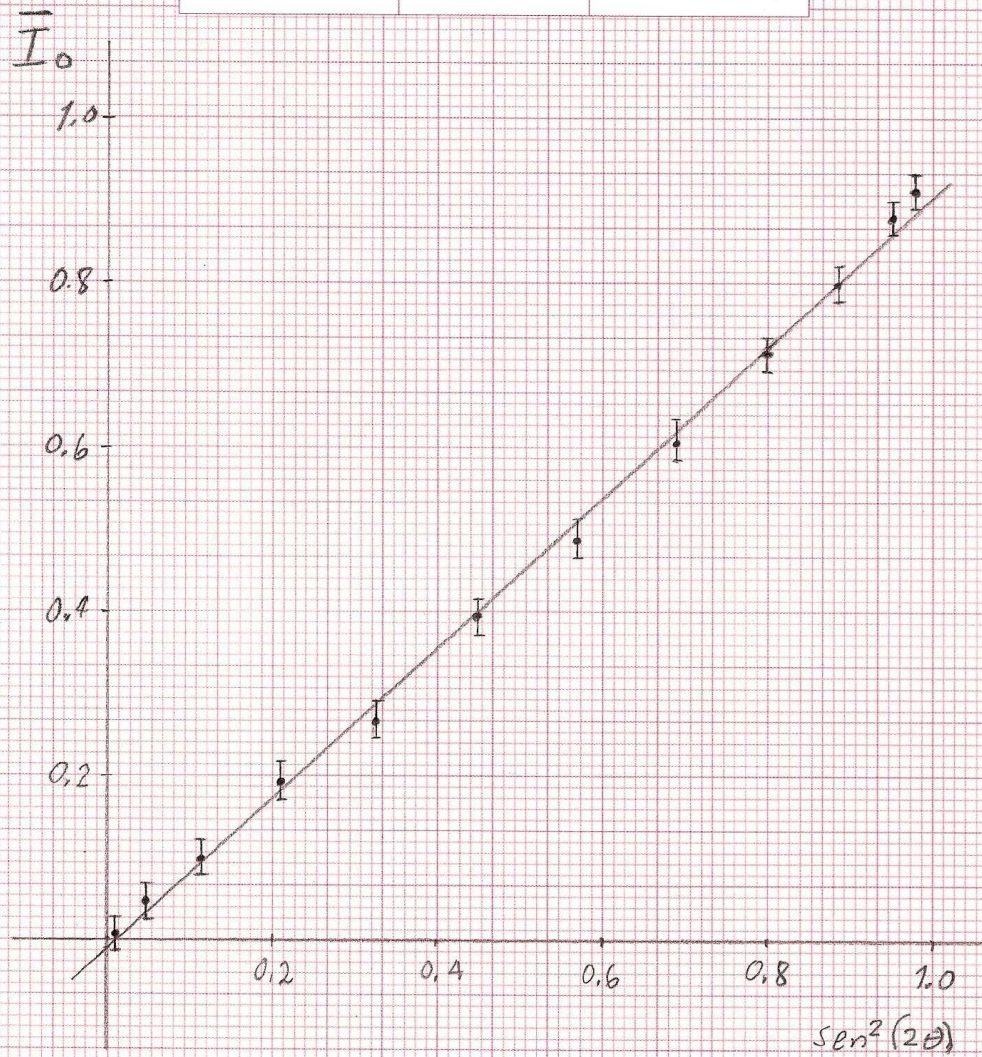
W

PINK40th International Physics Olympiad
Merida, Yucatan, Mexico, July 2009

Student code

Page No.

Total No. of pages

fit $y = mx + b$

$$m = 0.913 \pm 0.012$$

$$b = -0.010 \pm 0.008$$

2.6	Ze směrnice $m = \frac{1}{2}(1 - \cos \Delta\phi)$ vypočítáme $\Delta\phi = 2,54$. $\Delta m = \left \frac{\partial m}{\partial \Delta\phi} \right \Delta(\Delta\phi) = \frac{1}{2} \sin(\Delta\phi) \Delta(\Delta\phi)$, tedy $\Delta(\Delta\phi) = \frac{2\Delta m}{\sin \Delta\phi} = 0,04$. $\Delta\phi = 2,54 \pm 0,04$.	0,5
-----	---	-----

Úloha 2.7 Výpočet dvojlomnosti $|n_1 - n_2|$.

2.7	Napiš šířku slídné destičky, kterou jsi používal, $L = (100 \pm 1) \cdot 10^{-6} \text{m}$ Napiš vlnovou délku, kterou jsi používal, $\lambda = (663 \pm 25) \cdot 10^{-9} \text{ m}$ (z úlohy 1). Vypočti dvojlomnost $n_1 - n_2 = (3.94 \pm 0.16) \cdot 10^{-3}$ Napiš vztahy, které jsi používal při výpočtu chyby dvojlomnosti Jelikož $L > 82$ mikrometrů, použijeme $2\pi - \Delta\phi = \frac{2\pi L}{\lambda} n_1 - n_2$. Chyba vypočteme $\Delta n_1 - n_2$ $= \sqrt{\left(\frac{\partial n_1 - n_2 }{\partial\lambda}\right)^2 \Delta\lambda^2 + \left(\frac{\partial n_1 - n_2 }{\partial L}\right)^2 \Delta L^2 + \left(\frac{\partial n_1 - n_2 }{\partial\Delta\phi}\right)^2 \Delta(\Delta\phi)^2}$ $= \sqrt{\left(\frac{ n_1 - n_2 }{\lambda}\right)^2 \Delta\lambda^2 + \left(\frac{ n_1 - n_2 }{L}\right)^2 \Delta L^2 + \left(\frac{\lambda}{2\pi L}\right)^2 \Delta(\Delta\phi)^2}.$	1,0
-----	---	-----