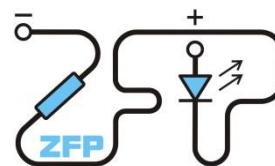


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum III



Úloha č. 4

Název úlohy:

Jméno: Katarína Križanová

Obor: FOF

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	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:

I. Pracovní úloha

1. Změřením osvětlení luxmetrem okalibrujte žárovku č. 1 (stanovte její svítivost). Do grafu vyneste závislost převrácené hodnoty druhé odmocniny z osvětlení na vzdálenosti luxmetru od žárovky. Z této závislosti určete svítivost a polohu zdroje světla vůči jeho držáku. V dalším grafu vyneste závislost osvětlení na převrácené hodnotě kvadrátu vzdálenosti luxmetru od žárovky a závislost osvětlení na převrácené hodnotě kvadrátu korigované vzdálenosti luxmetru od žárovky. Tvary závislostí diskutujte.
2. Lummerovým - Brodhunovým fotometrem proměřte fotometrický diagram žárovky č. 2 v horizontální rovině nebo ve vertikální rovině. Jako normál použijte žárovku č. 1 okalibrovanou v bodě 1. Naměřené výsledky zpracujte graficky ve fotometrickém diagramu, vyznačte chyby nepřímého měření.
3. Pomocí luxmetru proměřte fotometrický diagram žárovky č. 2 v rovině neměřené v bodě 2. Výsledky zpracujte ve fotometrickém diagramu, vyznačte chyby nepřímého měření.
4. Pomocí luxmetru změřte směrovou závislost svítivosti plošného zdroje světla a ověřte platnost Lambertova zákona. Výsledky zpracujte do grafu v kartézských souřadnicích a také do fotometrického diagramu. Stanovte jas zdroje s relativní chybou výsledku.

II. Teoretická část

Je viacero spôsobov, ako možno zmerať svietivosť J svetelného zdroja. Za prvé možno použiť objektívne metódy. Ďalšou možnosťou sú subjektívne metódy.

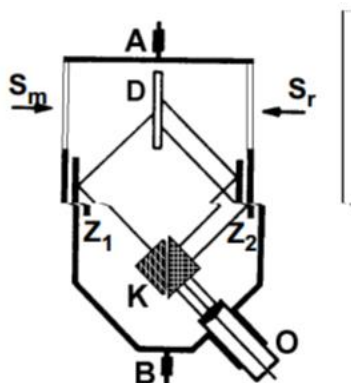
Príkladom *objektívnej metódy* je využitie luxmetru, čo je prístroj premieňajúci dopadajúci svetelný tok na fotodiodu na elektrický prúd. Takýmto spôsobom možno namerať osvetlenie E v luxoch. Platí vzťah [1]

$$J = Er^2, \quad (1)$$

pričom r^2 je kvadrát vzdialenosti zdroja žiarenia od luxmetru.

Naproti tomu existujú ešte spomínané *subjektívne metódy*. Tie sú založené na porovnávaní zdroja so známou známou a neznámou svietivosťou pri zmene minimálne jednej zo vzdialeností zdrojov od tienitka. Na takýto typ merania slúži napríklad Lummerov-Brodhunov fotometer. Porovnáva sa okom, čo znamená, že meranie je subjektívne. V prípade, že nastavíme vzdialenosť a medzi normálom, t.j. zdrojom so známou svietivosťou J , a fotometrom a vzdialenosť b medzi fotometrom a meraným objektom, tak platí nasledujúci vzťah pre svietivosť meraného zdroja J' :

$$J' = \frac{b^2}{a^2} J. \quad (2)$$



Obrázok 1: Lummerov-Brodhunov fotometer, prevzané z [1]

Pre svietivosť plošných zdrojov platí [1] nasledujúci vzťah, ktorý nazývame Lambertov

$$J = J_0 \cos \theta. \quad (3)$$

Jas plošného zdroja môžeme vyjadriť pomocou vzťahu

$$B = \frac{J}{S \cos \theta}, \quad (4)$$

pričom S je plocha zdroja. Jas v tomto prípade nezávisí na smere a platí pre neho vzťah

$$B = \frac{J_0}{S}. \quad (5)$$

Fotometrický diagram nazývame závislosť svietivosti zdroja na smere [1].

III. Výsledky merania

3.1 Chyby a niektoré hodnoty dôležité pre meranie

Ak neuvádzam inak, je dopočítana chyba na základe vzťahu [2]

$$\sigma_{f(x_i)} = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right)^2}. \quad (6)$$

Použité žiarovky:

Žiarovka 1: 220 V

Žiarovka 2: LED. 25W

Plošný zdroj plocha: $S = 9,1 \text{ cm}^2$

3.2 Kalibrácia žiarovky 1

Najprv som potrebovala okalibrovať žiarovku číslo 1. Pomocou luxametru som merala osvetlenie E , ktoré sa menilo spolu so zmenou vzdialenosti žiarovky od luxametru r . Stupnica, z ktorej som odčítala vzdialenosť mala najmenší dielik 0,1 cm a chybu vzhľadom na možné mierne natočenie žiarovky či luxametru odhadujem na 0,1 cm. Chybu určenia osvetlenia odhadujem na $(1\%+19) \text{ lx}$ pre každú hodnotu osvetlenia. V tabuľke T1 sú namerané hodnoty. Pri nanášaní závislosti E na r do grafu a jej fitovaní vzťahom (1), som zistila, že je graf „posunutý“ a preto som poupravila vzťah na

$$J = E(r - r_0)^2. \quad (7)$$

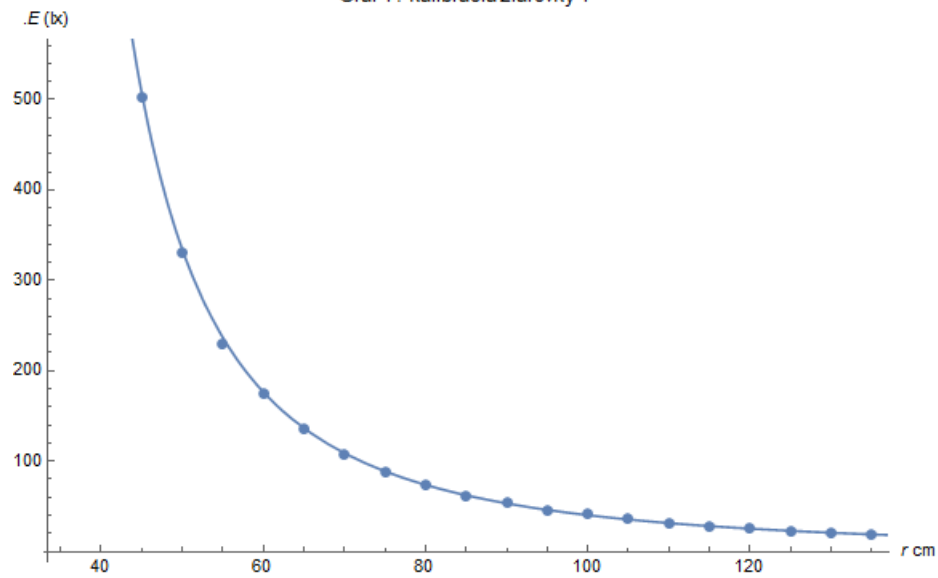
Hodnota J mi potom vyšla regresiou cez funkciu NonlinearModelFit v programe Wolfram Mathematica ako $J = (23,5 \pm 2,3) \text{ cd}$, pričom do chyby som započítala štatistickú chybu zistenú v programe Wolfram Mathematica i chybu luxmetru, pre ktorý mám odhad chyby.

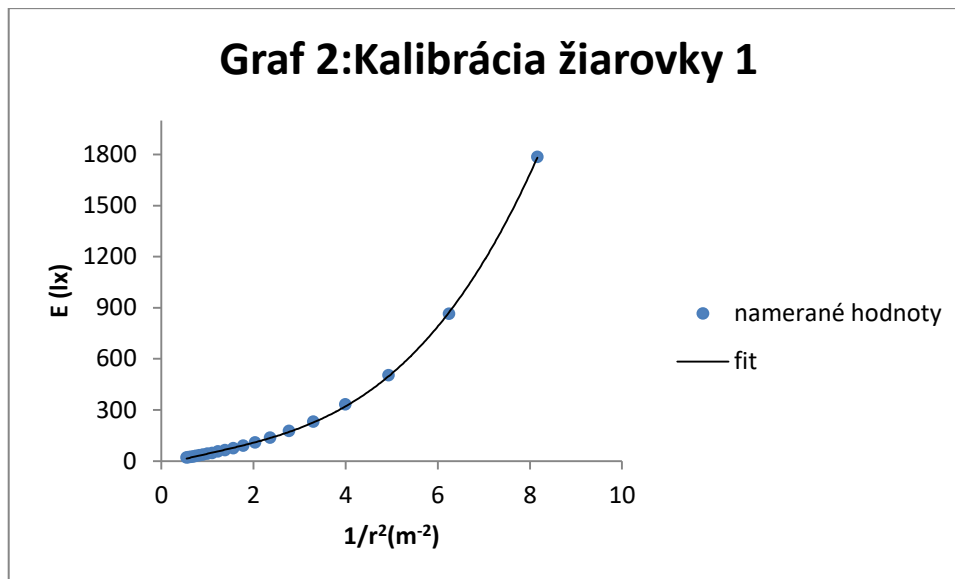
V grafe 2 je vykreslená závislosť E na $\frac{1}{r^2}$.

T1: Žiarovka 1, závislosť osvetlenia na vzdialenosti (kalibrácia)

r (cm)	E (lx)
35	1785
40	863
45	502
50	331
55	230
60	174
65	136
70	108
75	88
80	74
85	62
90	54
95	46
100	41
105	36
110	32
115	28
120	25
125	23
130	21
135	19

Graf 1 : kalibrácia žiarovky 1





3.3 Fotometrické diagramy pre žiarovku

Lummerovým - Brodhunovým fotometrom som premerala fotometrický diagram žiarovky 2. Meranie sa prevádzalo tak, že porovnávam osvetlenie známej okalibrovanj žiarovky 1 (S_r) s osvetlením žiarovky 2 (S_m) a mením vzdialenosti zdrojov od fotometru. Toto meranie je subjektívne, keďže sa prevádza porovnanie okom.

V tabuľke T2a T3 sú namerané hodnoty, experiment som prevádzala v horizontálnom smere.

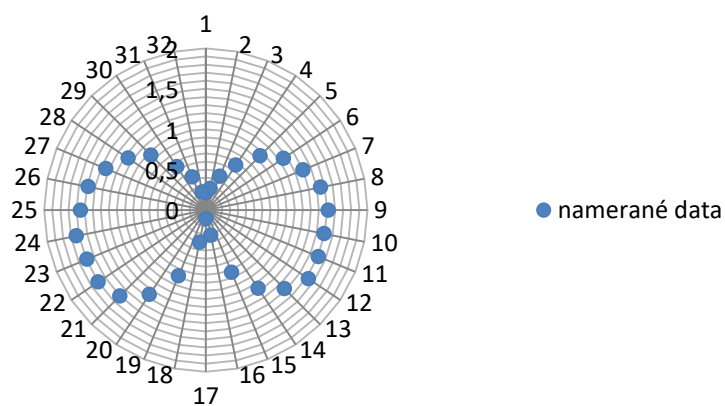
V grafoch 3 a 4 sú vynesené fotometrické diagramy pre horizontálny smer- veľkosť vzdialenosti bodu od počiatku, ktorý ztotožňujem so zdrojom udáva svietivosť zdroja v príslušnom smere.

Následne som previedla meranie žiarovky 2 vo vertikálnom smere za pomoci luxamtru, postupne som menila vzdialenosť žiarovky 2 od tohto prístroja, hodnoty namerané v experimente sa nachádzajú v tabuľke T4. V grafe 5 je znázornený fotometrický diagram vo vertikálnom smere pre žiarovku 2.

T2: Žiarovka 2, horizontálny smer, natočenie na zdroj Sr

θ (°)	r_2 (cm)	r_1 (cm)
0	33,7	72,3
10	36,4	69,6
20	42,6	63,4
30	47,7	58,3
40	52,3	53,7
50	54,9	51,1
60	56,5	49,5
70	57,9	48,1
80	58,5	47,5
90	58,3	47,7
100	58,4	47,6
110	58,6	47,4
120	57,2	48,8
130	55,0	51,0
140	50,6	55,4
150	38,2	67,8
210	30,9	95,1
220	49,0	77,0
230	61,0	65,0
240	66,6	59,4
250	69,4	56,6
260	70,4	55,6
270	70,3	55,7
280	70,7	55,3
290	69,9	56,1
300	69,2	56,8
310	67,6	58,4
320	65,3	60,7
330	62,4	63,6
340	56,1	69,9
350	50,4	75,6
360	40,8	85,2

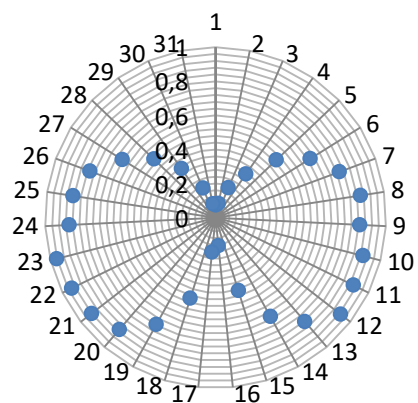
Graf 3: Fotometrický diagram Sr



T3: Žiarovka 2, horizontálny smer, natočenie na zdroj Sm

θ (°)	r_2 (cm)	r_1 (cm)
0	83,4	22,6
10	82,2	23,8
20	73,8	32,2
30	68,0	38,0
40	62,3	43,7
50	58,6	47,4
60	56,4	49,6
70	55,0	51,0
80	55,2	50,8
90	54,5	51,5
100	54,4	51,6
110	54,0	52,0
120	55,9	50,1
130	58,4	47,6
140	63,5	42,5
150	75,3	30,7
220	73,0	33,0
230	62,2	43,8
240	57,4	48,6
250	54,9	51,1
260	54,1	51,9
270	53,8	52,2
280	53,5	52,5
290	55,0	51,0
300	55,2	50,8
310	56,2	49,8
320	58,8	47,2
330	62,1	43,9
340	66,6	39,4
350	73,9	32,1
360	82,3	23,7

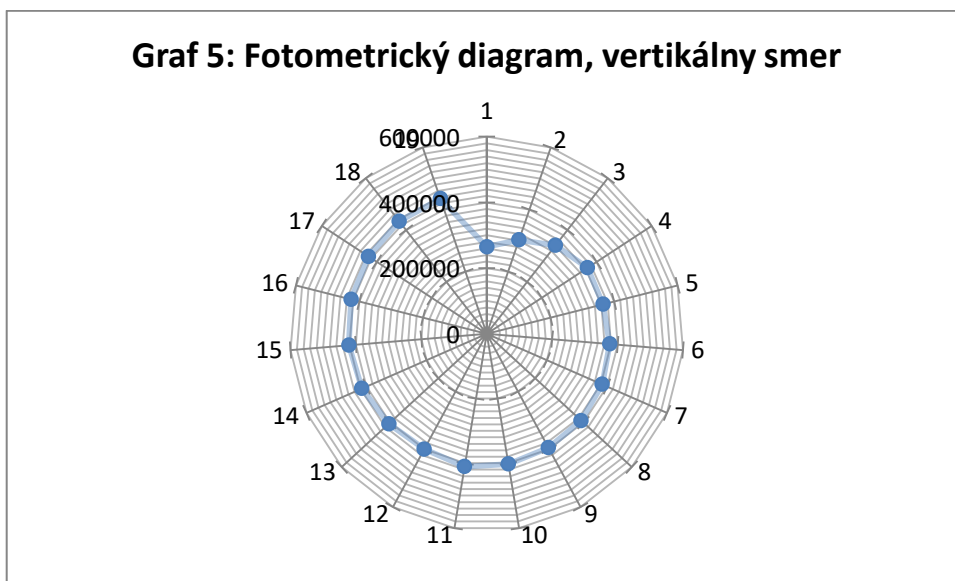
Graf 4: Fotometrický diagram Sm



T4: Žiarovka 2, meranie za pomoci luxamtru

E (lx)	r ₂ (cm)
1838	12
1343	15
852	20
587	25
406	30
307	35
240	40
193	45
158	50
133	55
114	60
94,6	65
82,7	70
73,9	75
65,9	80
59,0	85
53,1	90
48,1	95
43,5	100

Graf 5: Fotometrický diagram, vertikálny smer

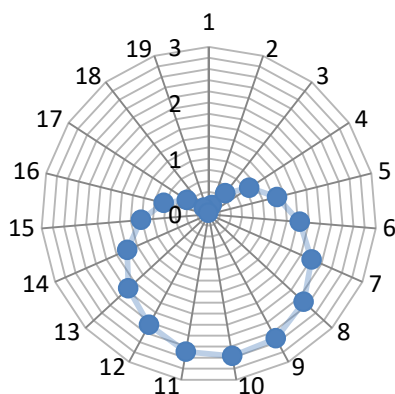


3.4 Fotometrické diagramy pre plošný zdroj

Namerané hodnoty za pomoci luxamtru sú v tabuľke T4. Vzďialenosť plošného zdroja od luxamtru bola $r = 23 \text{ cm}$. Postupne som natáčala zdroj o uhol θ , namerané hodnoty za pomoci luxamtru sú v tabuľke T4. V grafe 6 je znázornený fotometrický diagram plošného zdroja.

Dopočítala za pomoci vzťahov (1), (4) a (5) hodnotu jasú, tá je $B = (2825 \pm 46) \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$

Graf 6: Fotometrický diagram plošného zdroja



IV. Diskusia výsledkov

Všetky merania mohli byť ovplyvnené tým, že som s najväčšou pravdepodobnosťou nastavila nepresne prístroje na optickej lište. Žiarovky mohli byť mierne naklonené

V prvej úlohe pri meraní závislosti osvetlenia na vzdialenosti od žiarovky som predpokladala, že ide o bodový zdroj, čo však nie je pravda a ide iba o priblíženie. Preto sú presnejšie hodnoty, ktoré som namerala ďalej od zdroja. V grafe 1 som musela spraviť korekciu fitu, nestačilo preložiť namerané hodnoty podľa vzorca (1), trebalo ho pozmeniť na tvar (7).

V druhej časti úlohy som pretáčala fotometer a vtedy sa mierne zmenila vzdialenosť. Najväčšou chybou v tejto časti merania však bolo určite subjektívne určovanie svietivosti, keďže som okom musela porovnať na tienitku odstieny bielej, čo bolo v niektorých polohách veľmi obtiažne a nebola som si istá, kedy je to presne vyvážené.

Pri poslednej časti merania sa používal plošný zdroj. Ten však nebol ideálne plošný, tak isto ako neboli v prvej časti úlohy žiarovky naozaj bodovými zdrojmi svetla, a v skutočnosti je zložitejšie rozmiestnený v priestore a teda vzdialenosť od zdroja nie je práve najexaktnejšie definovaným pojmom.

V. Záver

Zistená hodnota svietivosti žiarovky 1 je ako $J = (23,5 \pm 2,3) \text{ cd}$.

V grafoch 3-6 sú znázornené fotometrické diagramy žiarovky 2 v horizontálnom i vertikálnom smere a taktiež plošného zdroja.

Zistený jas plošného zdroja je $B = (2825 \pm 46) \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$.

VI. Zoznam použitej literatúry

[1] Študijný text dostupný z webových stránok Základní fyzikální praktikum:
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/media/zadani/pokyny/mereni_304.pdf

[2] English J.: Zpracování výsledku fyzikálních měření, 1999,
<http://physics.mff.cuni.cz/to.en/vyuka/zfp>