



Jméno: **Michal Červeňák** Kolega: Ondřej Glac
Kruh: **Útorok** Číslo skup.: 1
Měřeno: **28.3.2017** Zpracování: 7 h Klasifikace:

1 Pracovní úkol

1. DU: Z Planckova vyzařovacího zákona odvoďte Stefan-Boltzmannův zákon a určete tvar konstanty σ pomocí c , k a \hbar .
2. Ocejchujte referenční žárovku pomocí měření odporu. Diskutujte, zda α v rovnici (9)[1] je konstanta. Výsledky zpracujte graficky. Ověřte správnost výsledků pomocí závislosti výkonu na čtvrté mocnině teploty. Pomocí fitu určete konstantu β .
3. Ověřte Stefan-Boltzmannův zákon (7)[1], výsledky vynesete do grafu a určete konstantu e .
4. Zjistěte teplotu žárovky připojené k neznámému zdroji (alespoň 6 měření) pomocí závislosti transmise na vlnové délce. Graficky zpracujte a teplotu získejte pomocí aritmetického průměru z fitů závislosti intenzity na vlnové délce $I = I(\lambda)$.

2 Teória

Ohmov zákon nám vyjadruje závislosť napätia U na prúde I pomocou odporu R

$$U = RI. \quad (1)$$

Výkon resp. príkon P spočítame ako súčin napätia U a prúdu I

$$P = UI. \quad (2)$$

Podľa Stefan-Boltzmannovho zákona poznáme vzťah medzi teplotou T a I , vyžarovaným výkonom,

$$I = \varepsilon \sigma T^4, \quad (3)$$

kde $\sigma = 5.76 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ a ε je emisivita povrchu telesa, túto môžeme prespísať pre výkon P a dostávame

$$P = \beta T^4,$$

kde β je konštanta.

Pre meraní pomerov transmise využijeme vzťah

$$I = \frac{2hc}{\lambda^2 \left(\exp\left(\frac{hc}{kT\lambda}\right) - 1 \right)} \frac{T_M}{T_R}, \quad (4)$$

kde T_M je merená a T_R referenčná transmisia, λ je vlnová dĺžka, T je teplota, h je Planckova konštanta, k je Boltzmanova konštanta, c je rýchlosť svetla.

2.0.1 Spracovanie chýb merania

Označme $\langle t \rangle$ aritmetický priemer nameraných hodnôt t_i , a Δt hodnotu $\langle t \rangle - t$, pričom

$$\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (5)$$

a chybu aritmetického priemeru

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \langle t \rangle)^2}{n(n-1)}}, \quad (6)$$

pričom n je počet meraní.

3 Pomôcky

Pulfrichův fotometr, zdroj napětí 0–30 V, wolframová vlákna (dvě světelné žárovky), multimetr, ohmmetr, zdroj referenčního napětí.

4 Postup merania

Pomocou multimetrov bola v rozsahu od 0 do 50 W určená VoltAmpérová charakteristika žiarovky.

Opotom bola žiarovka 3-krát menej a 3-krát viac rozžiarená ako referenčná žiarovka a pomocou fotometru sa namerali pomery transmisy.

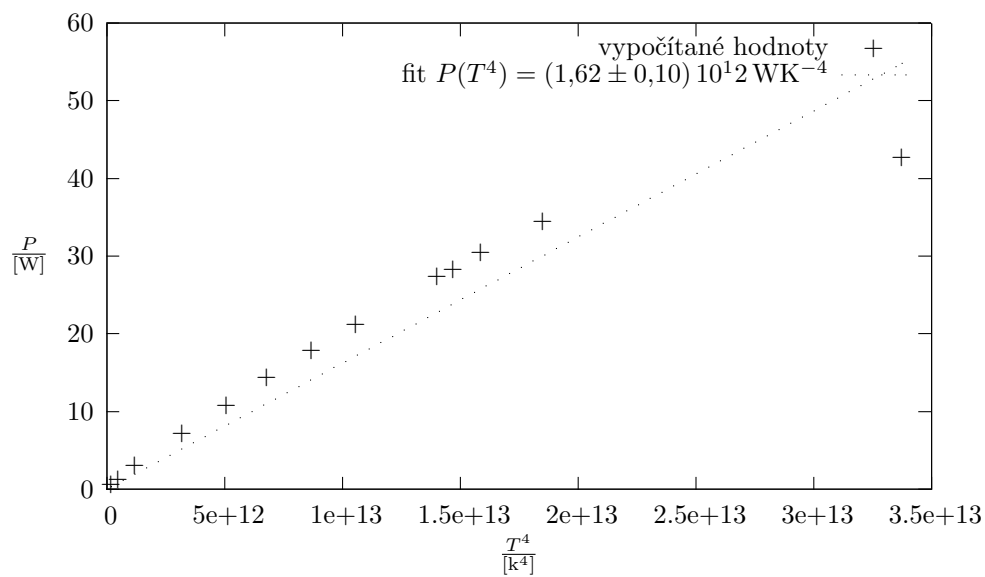
5 Výsledky merania

V tabuľke Tab. 1 sú namerané hodnoty napätia U a prúdu I .

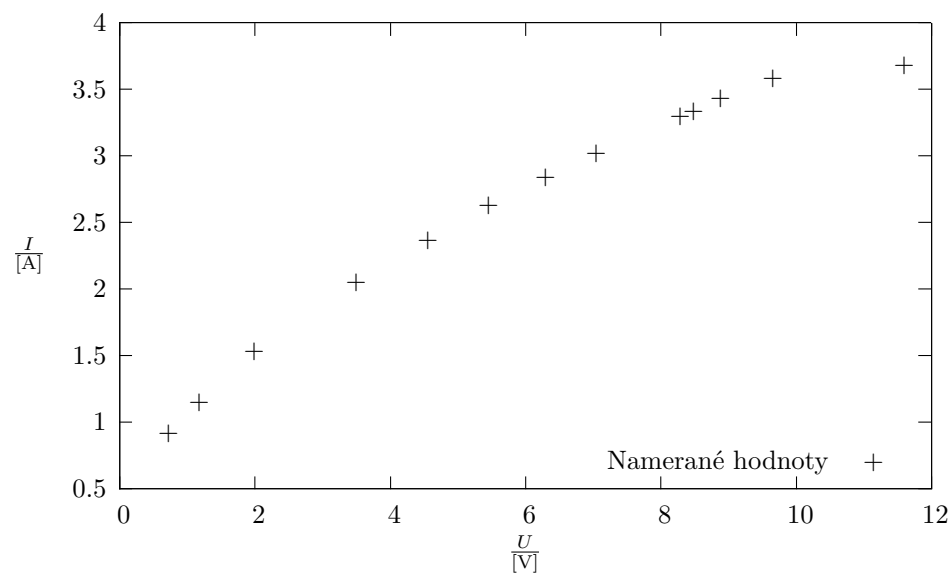
Závislosť napätia na prúde bola vynesená do grafu Obr. 2.

Závislosť výkonu P na teplote bola vynesená do grafu obr. 1, z fitu bola určená hodnota $\beta = (1,62 \pm 0,10) 10^{12} \text{ WK}^{-1}$.

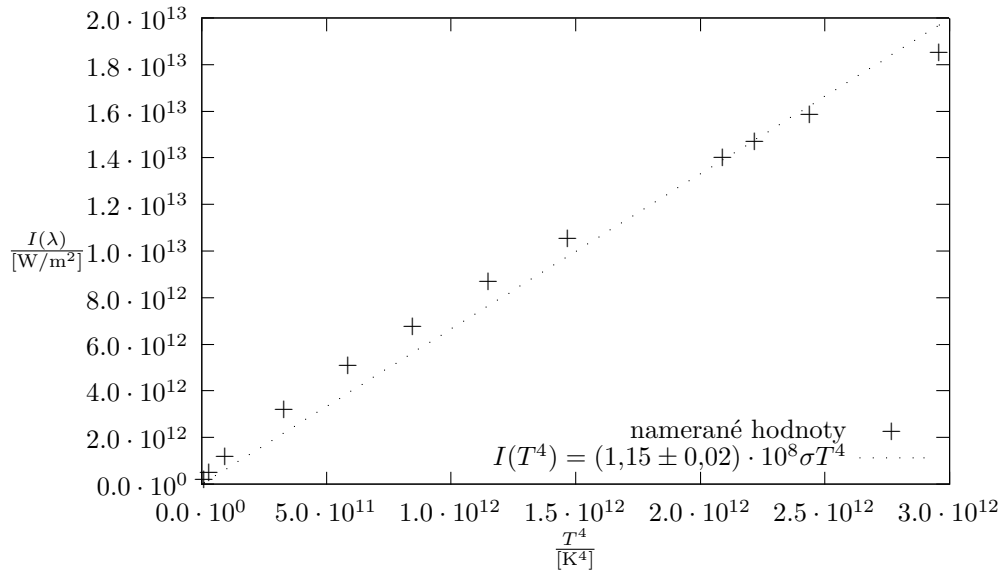
Závislosť intenzity I na teplote bola vynesená do grafu Obr 3, z fitu bola tentokrát určená $\varepsilon = (1,15 \pm 0,02) 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-2}$



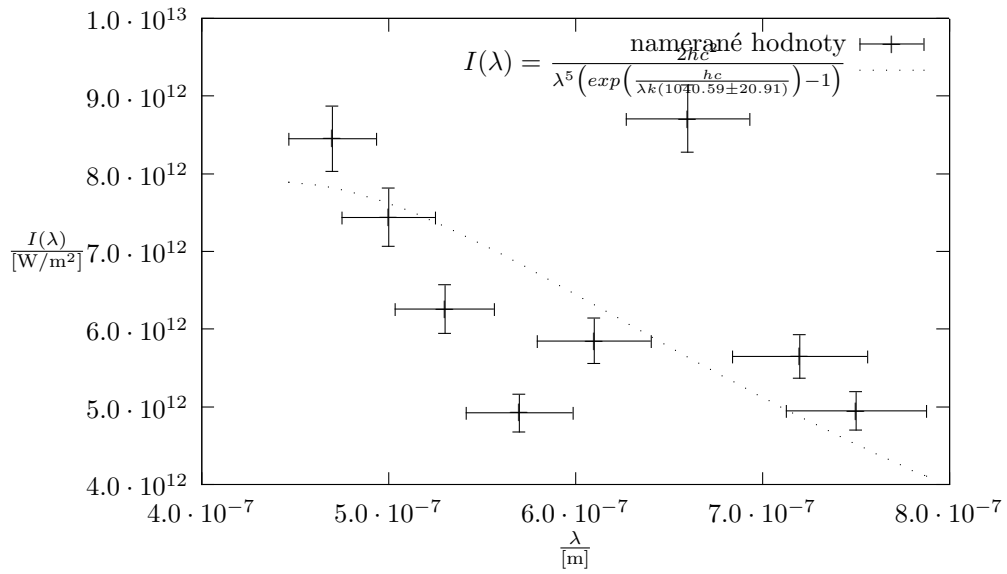
Obr. 1: Závislosť výkonu P na 4-tej mocnine teploty T preložená funkcou $P(T^4) = (1,62 \pm 0,10) 10^{12} T^4$.



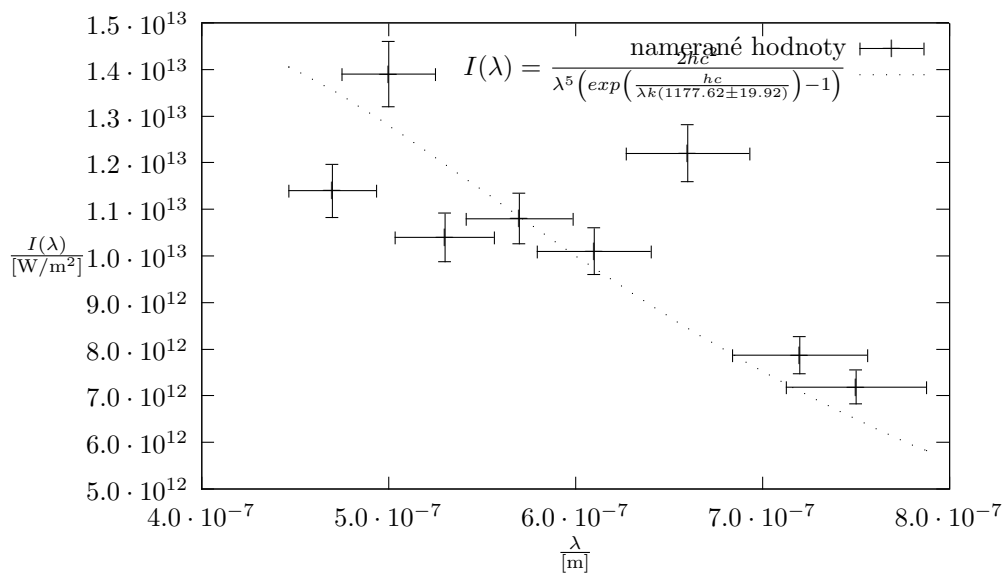
Obr. 2: Voltampérová charakteristika žiarovky, kde U je napätie a I prúd.



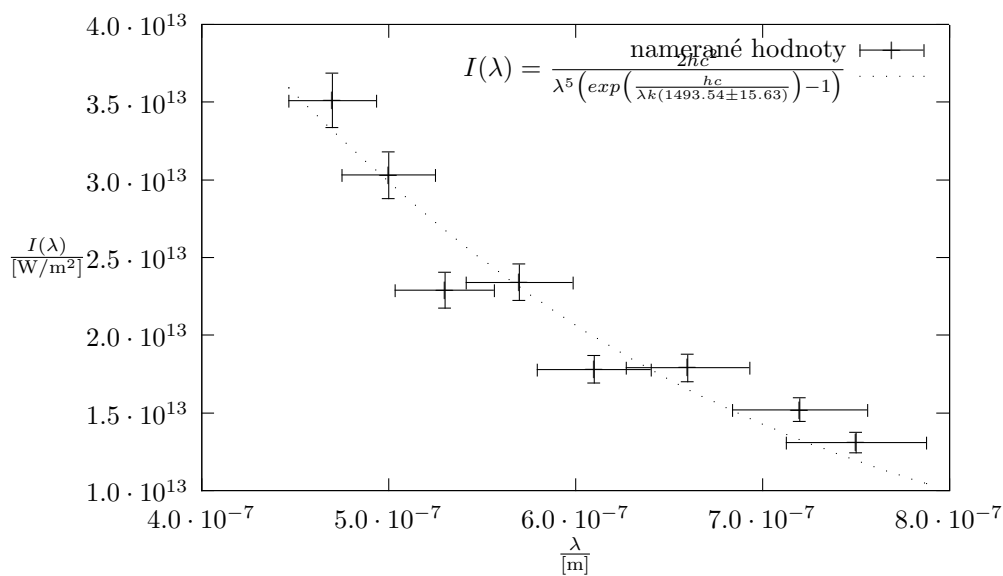
Obr. 3: Závislost intenzity I na teplotě T preložená závislostou $I(T^4) = (1,15 \pm 0,02) 10^{-8} \sigma T^4$.



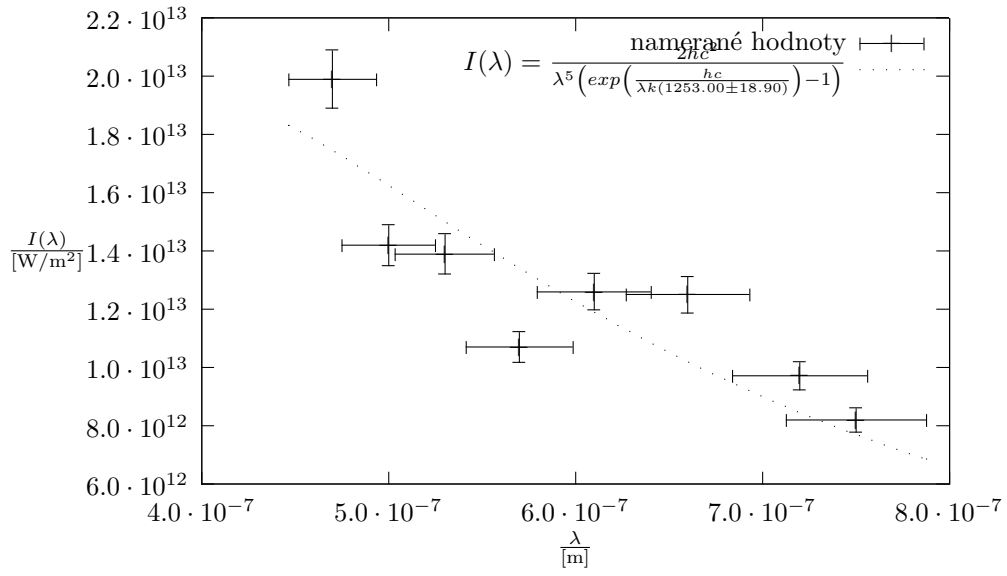
Obr. 4: Závislost intenzity I na vlnovej dĺžke λ preložená $I(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda k(1040.59 \pm 20.91)}\right) - 1 \right)}$.



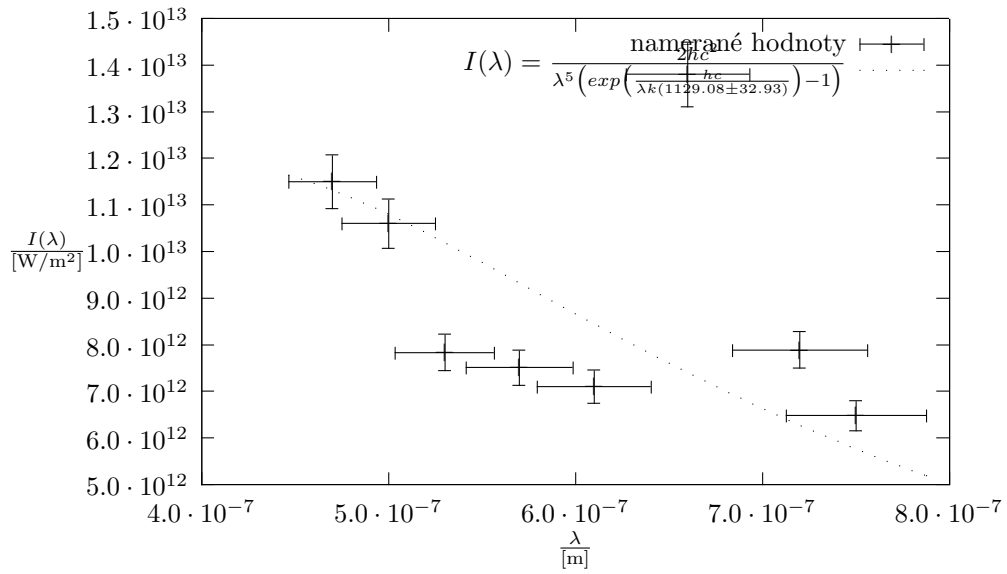
Obr. 5: Závislosť intenzity I na vlnovej dĺžke λ preložená $I(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda k(1177.62 \pm 19.92)}\right) - 1 \right)}$.



Obr. 6: Závislosť intenzity I na vlnovej dĺžke λ preložená $I(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda k(1493.54 \pm 15.63)}\right) - 1 \right)}$.



Obr. 7: Závislosť intenzity I na vlnovej dĺžke λ preložená $I(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda k(1253.00 \pm 18.90)}\right) - 1 \right)}$.



Obr. 8: Závislosť intenzity I na vlnovej dĺžke λ preložená $I(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda k(1129.08 \pm 32.93)}\right) - 1 \right)}$.

$\frac{U}{[V]}$	$\frac{I}{[A]}$	$\frac{R}{[\Omega]}$	$\frac{P}{[W]}$	$\frac{T}{[K]}$	$\frac{\lambda}{[\mu m]}$	$\frac{I_{\alpha}}{[W/m^2]}$
$11,60 \pm 0,05$	$3,68 \pm 0,05$	$3,15 \pm 0,01$	$42,7 \pm 0,1$	2410 ± 12	$1,20 \pm 0,50$	$(6,27 \pm 0,05) \cdot 10^{12}$
$9,66 \pm 0,05$	$3,58 \pm 0,05$	$2,70 \pm 0,01$	$34,6 \pm 0,1$	2074 ± 12	$1,40 \pm 0,50$	$(2,96 \pm 0,05) \cdot 10^{12}$
$8,49 \pm 0,05$	$3,33 \pm 0,05$	$2,54 \pm 0,01$	$28,3 \pm 0,1$	1958 ± 12	$1,48 \pm 0,50$	$(2,22 \pm 0,05) \cdot 10^{12}$
$4,56 \pm 0,05$	$2,36 \pm 0,05$	$1,93 \pm 0,01$	$10,8 \pm 0,1$	1501 ± 12	$1,93 \pm 0,50$	$(5,89 \pm 0,05) \cdot 10^{11}$
$3,50 \pm 0,05$	$2,05 \pm 0,05$	$1,71 \pm 0,01$	$7,2 \pm 0,1$	1337 ± 12	$2,17 \pm 0,50$	$(3,31 \pm 0,05) \cdot 10^{11}$
$2,00 \pm 0,05$	$1,52 \pm 0,05$	$1,31 \pm 0,01$	$3,1 \pm 0,1$	1042 ± 12	$2,78 \pm 0,50$	$(9,51 \pm 0,05) \cdot 10^{10}$
$1,18 \pm 0,05$	$1,15 \pm 0,05$	$1,03 \pm 0,01$	$1,3 \pm 0,1$	833 ± 12	$3,47 \pm 0,50$	$(3,11 \pm 0,05) \cdot 10^{10}$
$0,73 \pm 0,05$	$0,91 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,01$	$0,7 \pm 0,1$	666 ± 12	$4,35 \pm 0,50$	$(1,02 \pm 0,05) \cdot 10^{10}$
$5,46 \pm 0,05$	$2,62 \pm 0,05$	$2,08 \pm 0,01$	$14,3 \pm 0,1$	1614 ± 12	$1,79 \pm 0,50$	$(8,46 \pm 0,05) \cdot 10^{11}$
$6,30 \pm 0,05$	$2,84 \pm 0,05$	$2,22 \pm 0,01$	$17,9 \pm 0,1$	1717 ± 12	$1,69 \pm 0,50$	$(1,15 \pm 0,05) \cdot 10^{12}$
$7,05 \pm 0,05$	$3,02 \pm 0,05$	$2,33 \pm 0,01$	$21,3 \pm 0,1$	1802 ± 12	$1,61 \pm 0,50$	$(1,47 \pm 0,05) \cdot 10^{12}$
$8,29 \pm 0,05$	$3,30 \pm 0,05$	$2,51 \pm 0,01$	$27,4 \pm 0,1$	1934 ± 12	$1,50 \pm 0,50$	$(2,09 \pm 0,05) \cdot 10^{12}$
$8,89 \pm 0,05$	$3,42 \pm 0,05$	$2,59 \pm 0,01$	$30,4 \pm 0,1$	1995 ± 12	$1,45 \pm 0,50$	$(2,44 \pm 0,05) \cdot 10^{12}$

Tab. 1: Namerané hodnoty napätia U a prúdu I a z nich vypočítané podľa vzťahu 1 odpor R , podľa vzťahu 2 Výkon P , podľa vzťahu (11), (12)[1], teplota T (11), (12) [1] a podľa vzťahu 4 intenzita I_{α} .

6 Diskusia

V prvej časti merania pri meraní VA charakteristiky, sme nedošli na maximálne napätie čo umožňovala žiarovka a jej výkon sme držali pod hladinou $P_{max} = 50 \text{ W}$. Z tohoto dôvodu nám vychádza teplota oproti predpokladu o kusok nižšia.

V druhej časti úlohy sme porovnávali intenzity cez fotometer, toto sa ukázalo ako najväčší problém. Pri niektorých farbách neboli schopné naše oči rozpoznať kedy presne nastane rovnosť intenzít a teda je hlavne pri clonke 9 a 10 hodnota veľmi nepresná. Preto je v tabuľkách použité značenie iné značenie chýb. Obecné nám však teplota vyšlo vždy menšia ko teplota spočítaná.

7 Záver

Namerali sme voltaméprvu charakteristiku žiarovky vid' Obr. 2, a overerili Stephan-Boltzmanov vyžarovací zákon, vid' Obr. 1 a Obr. 3

Následne sme namerali transmissiu žiarovky na jej vlnovej dĺžke a z nej určili teplotu vlákna vid' Tab 2

Reference

- [1] Měření teploty wolframového vlákna [cit. 27.03.2017]Dostupné po prihlásení z Kurz: Fyzikální praktikum II:https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/3964/mod_resource/content/19/wolfram170321.pdf

$\frac{U}{[V]}$	$\frac{I}{[A]}$	$\frac{R}{[\Omega]}$	$\frac{T_s}{[K]}$	$\frac{T_f}{[K]}$	graf	tabuľka hodnôt
4,59	2,38	1,93	1502,5	$1040,59 \pm 20,91$	Obr. 4	Tab. 3
4,76	2,44	1,95	1519,0	$1177,62 \pm 19,92$	Obr. 5	Tab. 4
5,65	2,67	2,12	1641,4	$1493,54 \pm 15,63$	Obr. 6	Tab. 5
8,10	3,25	2,49	1919,5	$1253,00 \pm 18,90$	Obr. 7	Tab. 6
9,75	3,60	2,71	2081,2	$1129,08 \pm 32,93$	Obr. 8	Tab. 7
7,19	3,04	2,37	1828,8	$1357,27 \pm 28,47$	Obr. 9	Tab. 8

Tab. 2: Namerané hodnoty napätia U a prúdu I a T_s teplota vypočítaná podľa vzťahu (11), (12) [1] a teplota T_f zistená z fitu a referencie na grafy a tabuľky pre dané merania.

clonka ID	$\frac{bubon_R}{[-]}$	$\frac{bubon_M}{[-]}$	$\frac{\lambda}{[10^{-6}\text{m}]}$	$\frac{I}{[W/m^2]}$
3	$25,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,47	$(8,45 \pm 0,16) \cdot 10^{12}$
4	$24,5 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,50	$(7,44 \pm 0,14) \cdot 10^{12}$
5	$23,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,53	$(6,26 \pm 0,12) \cdot 10^{12}$
6	$21,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,57	$(4,92 \pm 0,08) \cdot 10^{12}$
7	$29,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,61	$(5,85 \pm 0,11) \cdot 10^{12}$
8	$52,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,66	$(8,71 \pm 0,17) \cdot 10^{12}$
9	$42,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,72	$(5,65 \pm 0,11) \cdot 10^{12}$
10	$41,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,75	$(4,95 \pm 0,09) \cdot 10^{12}$

Tab. 3: Namerané hodnoty napätia otvorenia bubonov a z nich vypočítané podľa vzťahu 4 intenzita I , a z typu clonky určená vlnová dĺžka λ , viď [1].

clonka ID	$\frac{bubon_R}{[-]}$	$\frac{bubon_M}{[-]}$	$\frac{\lambda}{[10^{-6}\text{m}]}$	$\frac{I}{[W/m^2]}$
3	$32,5 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,47	$(1,14 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
4	$44,3 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,50	$(1,39 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
5	$37,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,53	$(1,04 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
6	$44,5 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,57	$(1,08 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
7	$48,5 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,61	$(1,01 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
8	$71,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,66	$(1,22 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
9	$57,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,72	$(7,87 \pm 0,15) \cdot 10^{12}$
10	$58,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,75	$(7,19 \pm 0,15) \cdot 10^{12}$

Tab. 4: Namerané hodnoty napätia otvorenia bubonov a z nich vypočítané podľa vzťahu 4 intenzita I , a z typu clonky určená vlnová dĺžka λ , viď [1].

clonka ID	$\frac{bubon_R}{[-]}$	$\frac{bubon_M}{[-]}$	$\frac{\lambda}{[10^{-6}\text{m}]}$	$\frac{I}{[\text{W}/\text{m}^2]}$
3	$78,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,47	$(3,51 \pm 0,07) \cdot 10^{13}$
4	$76,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,50	$(3,03 \pm 0,06) \cdot 10^{13}$
5	$65,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,53	$(2,29 \pm 0,04) \cdot 10^{13}$
6	$78,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,57	$(2,34 \pm 0,04) \cdot 10^{13}$
7	$70,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,61	$(1,78 \pm 0,04) \cdot 10^{13}$
8	$86,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,66	$(1,79 \pm 0,04) \cdot 10^{13}$
9	$92,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,72	$(1,52 \pm 0,03) \cdot 10^{13}$
10	$89,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	100	0,75	$(1,31 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$

Tab. 5: Namerané hodnoty napätia otvorenia bubonov a z nich vypočítané podľa vzťahu 4 intenzita I , a z typu clonky určená vlnová dĺžka λ , viď [1].

clonka ID	$\frac{bubon_R}{[-]}$	$\frac{bubon_M}{[-]}$	$\frac{\lambda}{[10^{-6}\text{m}]}$	$\frac{I}{[\text{W}/\text{m}^2]}$
3	100	$28,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,47	$(1,99 \pm 0,04) \cdot 10^{13}$
4	100	$23,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,50	$(1,42 \pm 0,03) \cdot 10^{13}$
5	100	$26,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,53	$(1,39 \pm 0,03) \cdot 10^{13}$
6	100	$24,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,57	$(1,07 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
7	100	$34,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,61	$(1,26 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
8	100	$42,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,66	$(1,25 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
9	100	$42,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,72	$(9,72 \pm 0,19) \cdot 10^{12}$
10	100	$40,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,75	$(8,20 \pm 0,16) \cdot 10^{12}$

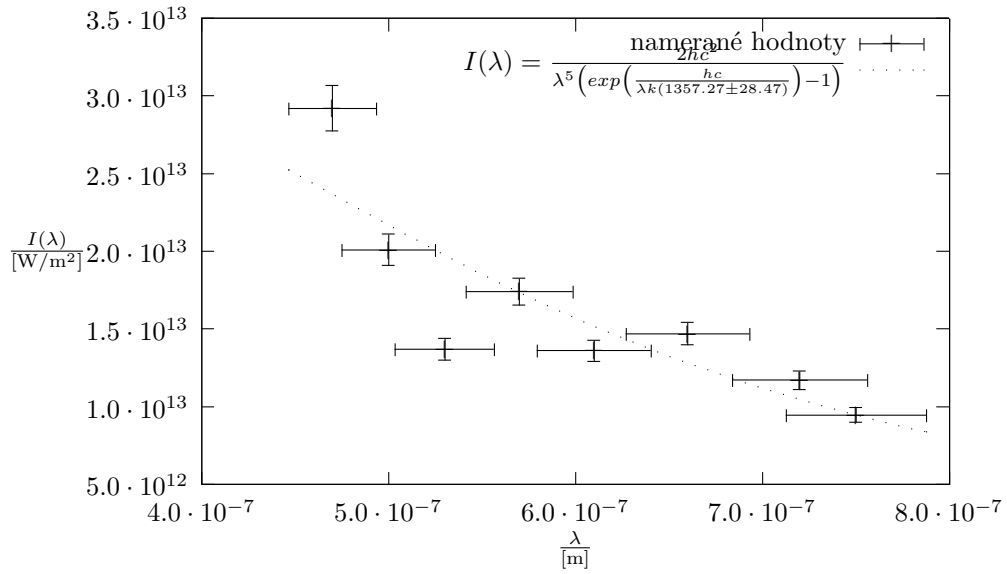
Tab. 6: Namerané hodnoty napätia otvorenia bubonov a z nich vypočítané podľa vzťahu 4 intenzita I , a z typu clonky určená vlnová dĺžka λ , viď [1].

clonka ID	$\frac{bubon_R}{[-]}$	$\frac{bubon_M}{[-]}$	$\frac{\lambda}{[10^{-6}\text{m}]}$	$\frac{I}{[\text{W}/\text{m}^2]}$
3	100	$13,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,47	$(1,15 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
4	100	$14,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,50	$(1,06 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
5	100	$12,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,53	$(7,83 \pm 0,15) \cdot 10^{12}$
6	100	$14,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,57	$(7,51 \pm 0,15) \cdot 10^{12}$
7	100	$16,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,61	$(7,10 \pm 0,14) \cdot 10^{12}$
8	100	$39,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,66	$(1,38 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
9	100	$29,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,72	$(7,89 \pm 0,15) \cdot 10^{12}$
10	100	$27,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,75	$(6,48 \pm 0,12) \cdot 10^{12}$

Tab. 7: Namerané hodnoty napätia otvorenia bubonov a z nich vypočítané podľa vzťahu 4 intenzita I , a z typu clonky určená vlnová dĺžka λ , viď [1].

clonka ID	$\frac{bubon_R}{[-]}$	$\frac{bubon_M}{[-]}$	$\frac{\lambda}{[10^{-6}\text{m}]}$	$\frac{I}{[\text{W}/\text{m}^2]}$
3	100	$47,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,47	$(2,92 \pm 0,06) \cdot 10^{13}$
4	100	$37,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,50	$(2,01 \pm 0,04) \cdot 10^{13}$
5	100	$29,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,53	$(1,37 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
6	100	$44,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,57	$(1,74 \pm 0,03) \cdot 10^{13}$
7	100	$41,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,61	$(1,36 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
8	100	$55,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,66	$(1,47 \pm 0,03) \cdot 10^{13}$
9	100	$56,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,72	$(1,17 \pm 0,02) \cdot 10^{13}$
10	100	$51,0 \pm 0,5\text{mer.} \pm 5,0\text{met.}$	0,75	$(9,47 \pm 0,18) \cdot 10^{12}$

Tab. 8: Namerané hodnoty napätia otvorenia bubonov a z nich vypočítané podľa vzťahu 4 intenzita I , a z typu clonky určená vlnová dĺžka λ , viď [1].



Obr. 9: Závislosť intenzity I na vlnovej dĺžke λ preložená $I(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda k(1357.27 \pm 28.47)}\right) - 1 \right)}$.