

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 3

Zpracoval: Jan Beran

Naměřeno: 4. března 2018

Obor: UF

Skupina: F4210/04

Testováno:

Úloha . 2: Studium termoelektronové emise

1. Úkoly

- Změřte výstupní práci ω wolframu pomocí Richardsonovy – Dushmanovy přímky.
- Odhadněte pro použitou diodu intenzitu elektrického pole u povrchu katody.
- Změřte závislost $I_{\text{nas}} = f(U_a)$ pro $U_a < 500$ V, zpracujte ji do souřadnic $\ln I_{\text{nas}} = \sqrt{U_a}$ a určete přírůstek proudu díky přítomnosti elektrického pole pro $U_a = 500$ V. Porovnejte experimentálně získanou hodnotu s hodnotou určenou dle vztahu (6).
- Pro dvě hodnoty žhavicího proudu I_f změřte oblast náběhového proudu I a vyneste do grafu. Zpracujte rovněž v souřadnicích $\ln I = f(U_a)$ a z přímkové části v náběhové oblasti určete teplotu elektronů.

2. Teorie

Termoemise je jev, při kterém se elektrony uvolňují z kovů díky energii ve formě tepla. Aby se elektrony uvolnily, tak musí být dodaná energie vyšší než tzv. výstupní práce w , která je potřebná, k překonání přitažlivých sil mezi elektronem a kovem.

Teplotu kovového vlákna jsem schopni určit z odporu vlákna ze vztahu

$$R_t = \frac{U_f}{I_f} = \rho \frac{d}{S} (1 + \alpha t), \quad (1)$$

kde t je teplota vlákna (ve $^{\circ}\text{C}$), $\rho = 4,98 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ je měrný odpor vlákna, $\alpha = 4,83 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ je teplotní součinitel odporu, I_f je žhavicí proud, U_f je napětí na katodě a $d/S = 7,76 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$ je poměr délky vlákna průřezu vlákna. Vyjádřením teploty z tohoto vztahu dostáváme

$$T = \frac{R_t}{\rho K \alpha} - \frac{1}{\alpha} - 273,15 \quad (2)$$

Povrch žhaveného kovu opouštějí jen elektrony, jejichž energie je větší než výstupní práce w . Tyto elektrony dopadají na anodu a tvoří tzv. nasycený emisní proud. Jeho závislost na termodynamické teplotě T katody je dána vztahem

$$I_{\text{nas}} = B T^2 e^{-\frac{w}{kT}}, \quad (3)$$

kde B je konstanta pro danou katodu a k je Boltzmanova konstanta. Po zlogaritmování a označení $y = \ln I_{\text{nas}}/T^2$ a $x = 1/T$ dostaneme rovnici pro tzv. Richardsonovu-Dushmanovu přímku jako

$$y = -\frac{w}{k} x + \ln B, \quad (4)$$

z jejíž směrnice lze určit výstupní práci daného kovu.

Přítomnost silného elektrického pole u povrchu katody má za následek snížení výstupní práce, tzv. Schottkyho efekt. Velikost toho pole můžeme přibližně odhadnout pomocí vztahu

$$E = U_a \frac{L-D}{D} \cdot \frac{1}{r \ln\left(\frac{R}{r}\right)} \quad (5)$$

Tento odhad počítá s předpokladem, že elektrické pole u povrchu katody je stejné jako pole válcového kondenzátoru.

Vztah pro teoretickou hodnoty nasyceného proudu je

$$\ln I'_{\text{nas}} = \ln I_{\text{nas}} + \sqrt{\frac{e^3}{4\pi\epsilon_0 k^2 T^2}} \times \sqrt{E} \quad (6)$$

kde I_{nas} je nasycený emisní proud bez přítomnosti elektrického pole, I'_{nas} je nasycený emisní proud s přítomností pole, ϵ_0 je permitivita vakua.

Náběhovou částí anodového proudu rozumíme tu část závislosti I_a na U_a , kdy je anodové napětí záporné, ale ne tak velké, aby žádný emitovaný elektron nepřešel z katody na anodu, a která má exponenciální tvar. Tuto část pak můžeme popsat vztahem

$$I = I_0 \exp\left(\frac{eU_a}{kT_e}\right), \quad (7)$$

kde T_e je teplota emitovaných elektronů, kterou odsud můžeme určit ze směrnice zlogaritmované závislosti

$$\ln I = \ln I_0 + \frac{e}{kT_e} U_a \quad (8)$$

Tabulka 1: Tabulka parametrů a konstant.

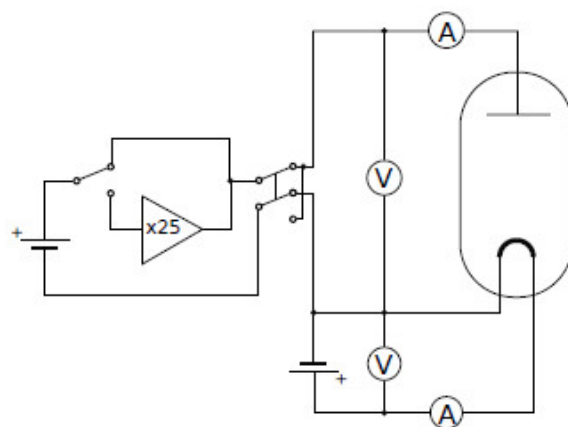
Parametr	Hodnota	Poznámka
ρ	$4,89 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}^{-1}$	pro 0°C
α	$4,83 \cdot 10^{-3} \text{ K}$	
r	0,045 mm	
$K = \frac{d}{s}$	$7,76 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$	
R	17 mm	
D	15 mm	
L	25 mm	
ϵ_0	$8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$	
k	$8,6173303 \cdot 10^{-5} \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1}$	
k	$1,38065 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	

3. Naměřené hodnoty a zpracování měření

Zapojil jsem obvod podle schématu na obrázku 1. S tímto zapojením budu měřit v celé úloze.

3.1. Výstupní práce wolframu w

Při konstantním anodovém napětí $U_a = 19,95 \text{ V}$ jsem proměřil hodnoty napětí na katodě U_f , žhavicího proudu I_f a nasyceného proudu I_{nas} . Tyto hodnoty jsou v tabulce 2. Vypočetl jsem termodynamickou



Obrázek 1: Elektrické schéma zapojení pro studium termoemise.

teplotu podle vztahu (2) její převrácenou hodnotu a přirozený logaritmus nasyceného proudu podělený kvadrátem termodynamické teploty. Tyto vypočtené hodnoty jsou v tabulce 2. Ze závislosti I_{nas}/T^2 na $1/T$ jsem sestrojil Richarsonovu–Dushmanovu přímku a z podělení směrnice, která vyšla

$$A = (-531,4 \pm 5,8) \cdot 10^2$$

boltzmanovou konstantou jsem dostal výstupní práci jako

$$w = (4,58 \pm 0,05) \text{ eV} \quad (9)$$

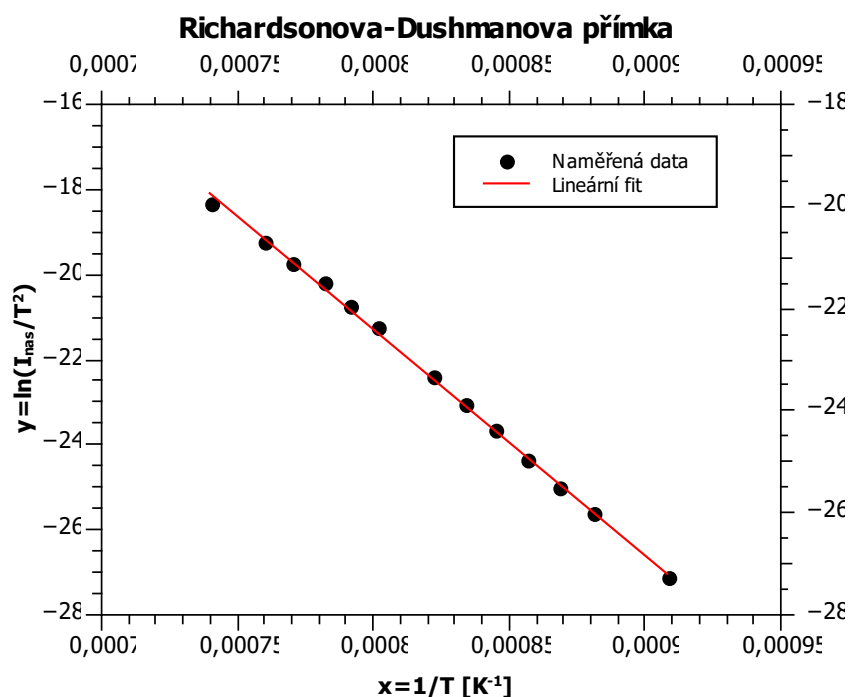
Tabulka 2: Naměřené a vypočtené hodnoty pro zjištění výstupní práce.

U_f [V]	I_f [A]	U_a [V]	I_a [μ A]	T [K]	$1/T$ [K]	I_{nas}/T^2
4,569316	1,904144	19,95	20,39391	1351,7	0,000739791	-18,31080360
4,208573	1,803921	19,95	7,76400	1316,0	0,000759866	-19,22299532
4,033407	1,753894	19,95	4,69012	1298,2	0,000770317	-19,69971361
3,857286	1,703708	19,95	2,78180	1279,1	0,000781814	-20,19244564
3,697985	1,653861	19,95	1,62086	1264,0	0,000791120	-20,70892157
3,537667	1,603654	19,95	0,92579	1248,0	0,000801297	-21,24341993
3,229773	1,503325	19,95	0,27806	1217,1	0,000821608	-22,39616942
3,074445	1,453255	19,95	0,14558	1199,5	0,000833667	-23,01415935
2,928373	1,403232	19,95	0,07613	1184,2	0,000844485	-23,63663422
2,781434	1,353159	19,95	0,03679	1167,4	0,000856641	-24,33532724
2,639355	1,302945	19,95	0,01846	1151,4	0,000868531	-24,99734843
2,501034	1,252890	19,95	0,01004	1135,6	0,000880607	-25,57852774
2,226809	1,152589	19,95	0,00202	1101,2	0,000908115	-27,11917319

3.2. Odhad intenzity elektrického pole povrchu katody

Pro odhad intenzity elektrického pole jsem použil vztah (5) a dosadil hodnoty z tabulky 1 a pro napětí použil hodnotu $U_a = 500$ V. Dostal jsem hodnotu pro elektrické pole

$$E = 1248235 \text{ Vm}^{-1}.$$



Obrázek 2: Graf Richardsonovy–Dushmanovy přímky pro měření výstupní práce.

3.3. Schottkyho efekt

Měření Schottkyho efektu, tj. snížení výstupní práce wolframu jsem měřil s konstantní teplotou vlákna. Tedy s konstantními veličinami U_f a I_f . Protože počítač měřil i hodnoty U_f a I_f , které samozřejmě nebyli zcela konstantní, ale lišili se až na třetím desetinném místě, tak jsem pro výpočet použil střední hodnotu těchto hodnot. Pro předpokládaný proud $I_f = 1,8 \text{ A}$ jsem dostal

$$U_f = 4,171047083 \text{ V}$$

$$I_f = 1,804137208 \text{ A}$$

Termodynamickou teplotu jsem spočítal pomocí vztahu 2. Vyšla mi hodnota

$$T = 1304,73 \text{ K}$$

Protože pro přírůstek proudu platí

$$\Delta I_{\text{nas}} = I'_{\text{nas}} - I_{\text{nas}} \quad (10)$$

a dále platí, že

$$\ln I'_{\text{nas}} = \sqrt{U_a} \cdot q + \ln I_{\text{nas}}, \quad (11)$$

kde směrnicí q jsem schopen zjistit z grafu a z toho jsem schopen zjistit přírůstek proudu. Po dosazení $U_a = 500 \text{ V}$ zjistím přírůstek proudu ΔI_{nas} . Dostal jsem tedy

$$I_{\text{nas}} \doteq 9,022 \mu\text{A}$$

$$I'_{\text{nas}} \doteq 11,444 \mu\text{A}$$

$$\Delta I_{\text{nas}} \doteq 2,423 \mu\text{A}$$

Stejný postup jsem zopakoval pro proud $I_f = 1,9$ A. Graf je obrázku Dostal jsem hodnoty

$$U_f = 4,53756369 \text{ V}$$

$$I_f = 1,90437831 \text{ A}$$

$$T = 1342,64 \text{ K}$$

$$I_{\text{nas}} \doteq 23,46 \mu\text{A}$$

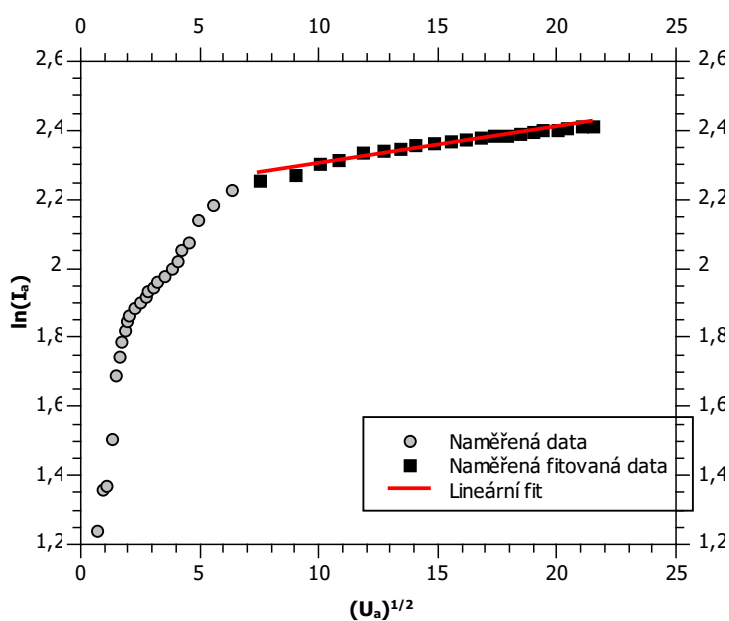
$$I'_{\text{nas}} \doteq 29,748 \mu\text{A}$$

$$\Delta I_{\text{nas}} \doteq 6,402 \mu\text{A}$$

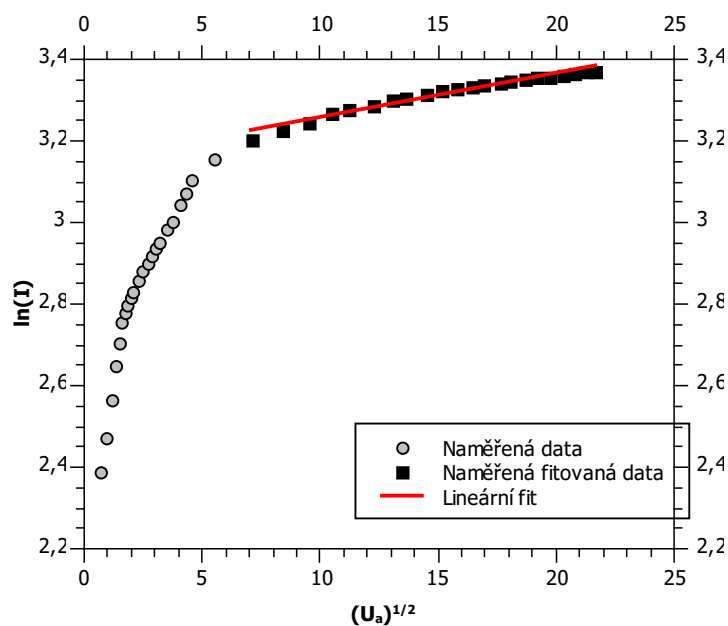
Teoretické hodnoty pro proudy $I_f = 1,8$ A a $I_f = 1,9$ A jsem spočítal podle rovnice (6). Vyšli mi hodnoty

$$\Delta_{\text{teo},18} I_{\text{nas}} \doteq 4,131 \mu\text{A}$$

$$\Delta_{\text{teo},19} I_{\text{nas}} \doteq 10,331 \mu\text{A}$$



Obrázek 3: Závislost logaritmu proudu na odmocnině anodového napětí při proměřování Schottkyho efektu pro žhavicí proud $I_f = 1,8$ A.



Obrázek 4: Závislost logaritmu proudu na odmocnině anodového napětí při proměřování Schottkyho efektu pro žhavicí proud $I_f = 1,9$ A.

3.4. Určení teploty elektronů

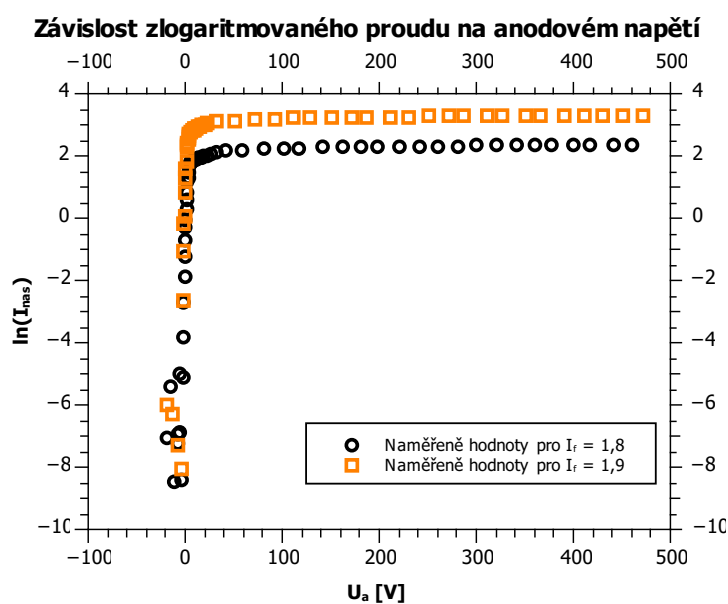
Pro žhavicí napětí a žhavicí proudy, stejné jako v minulém měření, tedy pro

$$U_f = 4,171047083 \text{ V}$$

$$I_{f18} = 1,804137208 \text{ A}$$

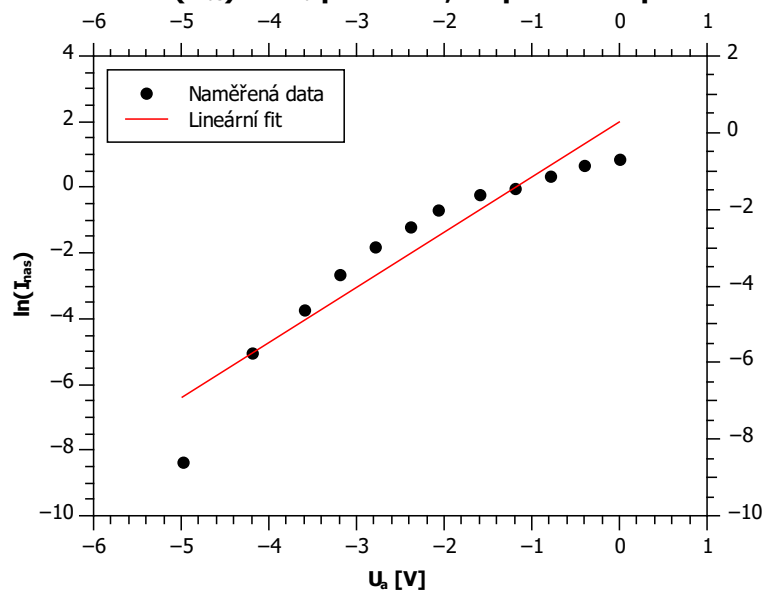
$$I_{f19} = 1,90437831 \text{ A}$$

Vynesl jsem závislost zlogaritmovaného nasyceného proudu na anodovém napětí do grafu na obrázku 5 jak pro žhavicí proud 1,8 A, tak pro žhavicí proud 1,9 A. Vybral jsem data, která odpovídají náběhové oblasti a ty jsem proložil přímkou, jak je vidět na grafech z obrázků 6 a 7.



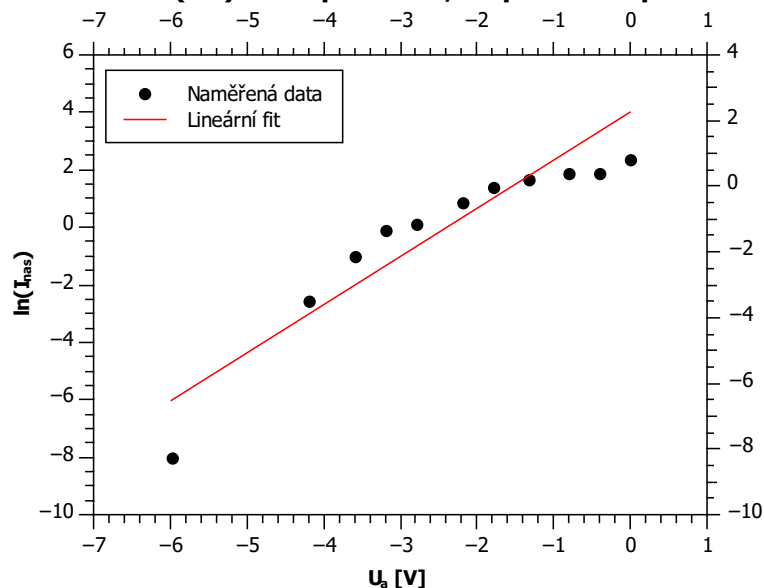
Obrázek 5: Závislost zlogaritmovaného proudu na anodovém napětí pro žhavicí proud 1,8 A a 1,9 A.

Závislost $\ln(I_{nas})$ na U_a pro $I_f = 1,8$ V proložená přímkou



Obrázek 6: Proložená závislost zlogaritmovaného anodového proudu na anodovém napětí v náběhové oblasti proložená přímkou. pro žhavicí proud 1,8 A.

Závislost $\ln(I_{nas})$ na U_a pro $I_f = 1,9$ V proložená přímkou



Obrázek 7: Proložená závislost zlogaritmovaného anodového proudu na anodovém napětí v náběhové oblasti proložená přímkou. pro žhavicí proud 1,9 A.

Směrnice jednotlivých přímk mi vyšli

$$A_{18} \doteq 1,680 \text{ V}^{-1}$$

$$A_{19} \doteq 1,677 \text{ V}^{-1}.$$

Teploty elektronů jsem spočetl z rovnice (8) jako

$$T_{18} \doteq 6905 \text{ K}$$

$$T_{19} \doteq 6919 \text{ K}.$$

4. Závěr

V první části jsem měřil výstupní práci wolframového vlákna, která mi vyšla $w = (4,58 \pm 0,05) \text{ eV}$, což je velmi blízké tabulkové hodnotě 4,5 eV.

Ve druhé části jsem měřil velikost rozdílu emisního proudu při Schottkyho efektu a teplotu emitovaných elektronů.

Při měření Schottkyho efektu jsem naměřil rozdíl proudů pro $I_f = 1,8 \text{ A}$ jako $\Delta I_{\text{nas}} = 2,423 \mu\text{A}$ a pro $I_f = 1,9 \text{ A}$ jsem dostal hodnotu $\Delta I_{\text{nas}} = 6,402 \mu\text{A}$. Teoretické hodnoty mi vyšli $\Delta_{\text{teo},18} I_{\text{nas}} = 4,131 \mu\text{A}$ a $\Delta_{\text{teo},19} I_{\text{nas}} = 10,331 \mu\text{A}$. Jak je vidět, tak teoretická hodnota vychází téměř dvojnásobná oproti mnou naměřených hodnot. To může být způsobeno například tím, že v teoretické hodnotě se počítá s elektrickou intenzitou u povrchu katody, která je pouze aproximativní.

Teploty elektronů mi vyšli $T_{18} = 6905 \text{ K}$ a $T_{19} = 6919 \text{ K}$. Při srovnání s teplotou vlákna mi vyšla teplota elektronů více jak čtyřnásobná.

5. Dodatek

Tabulka 3: Naměřené a vypočtené hodnoty pro Schottkyho efekt a pro výpočet teploty elektronů pro žhavicí proud $I_f = 1,8$ A.

U_f [V]	I_f [A]	U_a [V]	I_{nas} [μ A]	$\ln I_{nas}$	$\sqrt{U_a}$
4,172489	1,804072	-19,950	0,000921212	-6,989820128	Nedef
4,171968	1,804235	-18,950	-0,001927320	Nedef	Nedef
4,171714	1,804062	-17,950	-0,000620326	Nedef	Nedef
4,171656	1,804210	-17,156	0,004704558	-5,359223444	Nedef
4,171336	1,804122	-15,960	-0,001064486	Nedef	Nedef
4,171329	1,804122	-14,960	-0,000749558	Nedef	Nedef
4,171117	1,804175	-13,960	-0,001522035	Nedef	Nedef
4,171031	1,804132	-12,968	0,000223069	-8,408029216	Nedef
4,170968	1,804111	-11,970	-0,001572731	Nedef	Nedef
4,170950	1,804161	-10,970	-0,001526237	Nedef	Nedef
4,170947	1,804150	-9,970	0,000750751	-7,194436287	Nedef
4,170971	1,804171	-8,976	0,001046242	-6,862550535	Nedef
4,170825	1,804154	-7,980	0,007151222	-4,940471959	Nedef
4,170950	1,804093	-7,180	0,001074867	-6,835557909	Nedef
4,170902	1,804168	-6,180	-0,000789218	Nedef	Nedef
4,171006	1,804143	-4,988	0,000239090	-8,338669977	Nedef
4,171003	1,804200	-4,190	0,006390564	-5,052932689	Nedef
4,171062	1,804143	-3,590	0,023660114	-3,743964611	Nedef
4,171058	1,804147	-3,190	0,071316931	-2,640621516	Nedef
4,171076	1,804122	-2,790	0,162608473	-1,816409974	Nedef
4,171041	1,804136	-2,392	0,304090436	-1,190430135	Nedef
4,171103	1,804157	-2,074	0,512589272	-0,668280394	Nedef
4,171155	1,804189	-1,595	0,797680732	-0,226046847	Nedef
4,171190	1,804192	-1,196	0,981217790	-0,018960836	Nedef
4,171093	1,804125	-0,798	1,427699170	0,356064176	Nedef
4,171041	1,804058	-0,403	1,960338960	0,673117397	Nedef
4,171020	1,804238	-0,002	2,401517530	0,876100842	Nedef
4,171052	1,804101	0,399	3,462521810	1,241997170	0,631664468
4,171013	1,804161	0,798	3,910141300	1,363573511	0,893084542
4,171082	1,804189	1,116	3,950530610	1,373849902	1,056503668
4,171096	1,804161	1,515	4,520279620	1,508573855	1,230934604
4,171065	1,804129	1,993	5,428400700	1,691644560	1,411736519
4,171204	1,804122	2,392	5,729152670	1,745567644	1,546609194
4,171163	1,804189	2,710	5,987183440	1,789621091	1,64632925
4,171256	1,804125	3,189	6,191549610	1,823185396	1,785777142
4,171280	1,804125	3,588	6,372811250	1,852040699	1,894201679
4,171284	1,804157	3,906	6,455433730	1,864922215	1,976461485
4,171322	1,804072	4,988	6,614373570	1,889245095	2,233383084
4,171343	1,804150	5,980	6,737995790	1,907762520	2,445403852
4,171308	1,804125	6,980	6,850231220	1,924282406	2,641968963
4,171284	1,804136	7,780	6,935618720	1,936670267	2,789265136
4,171204	1,804164	8,980	7,025477450	1,949543177	2,996664813
4,171148	1,804154	9,970	7,118420320	1,962685836	3,157530681
4,171117	1,804129	11,970	7,266326400	1,983250854	3,459768778
4,170964	1,804104	13,960	7,422453950	2,004509724	3,736308338
4,170940	1,804136	15,960	7,576631260	2,025068676	3,994996871
4,170954	1,804118	17,554	7,828761410	2,057804312	4,189749396
4,170944	1,804065	19,950	7,992793160	2,078540281	4,466542287
4,170954	1,804182	24,048	8,532178820	2,143844759	4,903876018
4,170950	1,804115	30,052	8,928153000	2,189209543	5,481970449
4,170919	1,804115	40,000	9,299241600	2,229932848	6,32455532
4,170947	1,804154	55,920	9,572156200	2,258858488	7,477967638
4,170982	1,804147	79,800	9,705007980	2,272642039	8,933084574
4,171023	1,804111	99,800	10,056613100	2,308230438	9,989994995
4,170892	1,804136	115,720	10,142406600	2,316725307	10,75732309
4,170892	1,804139	139,600	10,349142800	2,336903695	11,81524439
4,171003	1,804129	159,580	10,428939300	2,344584567	12,63249777
4,170971	1,804175	179,500	10,509311100	2,352261636	13,39776101
4,170937	1,804168	195,420	10,583620600	2,359307580	13,97927037
4,170892	1,804161	219,300	10,650093000	2,365568625	14,80878118
4,170839	1,804217	239,200	10,710078800	2,371185242	15,46609194
4,170825	1,804086	259,200	10,768024000	2,376581002	16,09968944
4,170784	1,804210	279,100	10,825752900	2,381927823	16,70628624
4,170867	1,804104	299,000	10,876931200	2,386644143	17,29161647
4,170885	1,804076	318,900	10,925272800	2,391078711	17,85777142
4,170760	1,804132	338,800	10,973106100	2,395447379	18,40652058
4,170610	1,804090	358,800	11,013966400	2,399164140	18,94201679
4,170506	1,804076	374,700	11,057425400	2,403102184	19,35716921
4,170426	1,804111	399,000	11,097612200	2,406729968	19,97498436
4,170440	1,804065	415,000	11,138584900	2,410415198	20,37154879
4,170465	1,804058	439,000	11,172554300	2,413460262	20,95232684
4,170597	1,804122	459,000	11,208206300	2,416646215	21,42428529

Tabulka 4: Naměřené a vypočtené hodnoty pro Schottkyho efekt a pro výpočet teploty elektronů pro žhavicí proud $I_f = 1,9$ A.

U_f [V]	I_f [A]	U_a [V]	I_{nas} [μ A]	$\ln I_{nas}$	$\sqrt{(U_a)}$
4,547166	1,904274	-19,95	0,002587781	-5,956954624	Nedef
4,547093	1,904229	-14,96	0,001916694	-6,257153666	Nedef
4,545617	1,904299	-9,97	0,000704257	-7,258366729	Nedef
4,543468	1,904324	-5,986	0,000326029	-8,028524165	Nedef
4,542353	1,904356	-4,19	0,076007757	-2,576919879	Nedef
4,542398	1,904349	-3,59	0,364033119	-1,010510429	Nedef
4,542329	1,904444	-3,19	0,896196703	-0,109595356	Nedef
4,542249	1,904359	-2,79	1,14709682	0,137234246	Nedef
4,541895	1,90438	-2,193	2,41092781	0,880011657	Nedef
4,54168	1,904366	-1,7944	3,98264853	1,381947058	Nedef
4,541554	1,90437	-1,3158	5,30706309	1,669038592	Nedef
4,541437	1,904317	-0,798	6,68476929	1,899831698	Nedef
4,541266	1,90437	-0,3992	6,68353742	1,899647401	Nedef
4,540975	1,904391	-0,0048	10,3452877	2,336531121	Nedef
4,540957	1,904423	0,399	10,9165454	2,390279565	0,631664468
4,540766	1,904345	0,7972	11,8683054	2,473871435	0,892860571
4,540204	1,904391	1,196	13,0031618	2,565192543	1,093617849
4,539259	1,904359	1,595	14,1786343	2,651736205	1,262933094
4,539114	1,904395	1,993	14,9740396	2,706318008	1,411736519
4,538798	1,904349	2,3122	15,7926279	2,759543243	1,52059199
4,538523	1,904437	2,79	16,1585368	2,782448504	1,670329309
4,538135	1,904352	3,189	16,4431952	2,799911726	1,785777142
4,538117	1,904405	3,588	16,7239073	2,816839271	1,894201679
4,53793	1,904405	3,9064	16,9540366	2,830505953	1,976461485
4,537436	1,904508	4,988	17,4807698	2,861101408	2,233383084
4,53769	1,904363	5,98	17,8842363	2,883919671	2,445403852
4,537506	1,904391	6,98	18,2470585	2,904003889	2,641968963
4,537381	1,904384	7,98	18,5884572	2,922540807	2,824889378
4,53728	1,904331	8,98	18,8866984	2,938457886	2,996664813
4,536954	1,904356	9,972	19,2048449	2,955162586	3,157847368
4,53645	1,904462	11,97	19,8242753	2,986907212	3,459768778
4,536034	1,904469	13,562	20,189031	3,005139437	3,682662081
4,536065	1,904384	15,96	21,0333375	3,046108679	3,994996871
4,535787	1,904366	17,956	21,6661034	3,075748984	4,237452065
4,535714	1,90444	19,95	22,3732894	3,10786781	4,466542287
4,535489	1,90437	30,02	23,5280426	3,158193012	5,479051013
4,535586	1,904377	49,9	24,6020427	3,202829476	7,063993205
4,535079	1,904384	69,8	25,2847905	3,230203049	8,35463943
4,535051	1,904412	89,8	25,7051914	3,246692972	9,476286192
4,53476	1,904377	109,7	26,2505342	3,267686339	10,47377678
4,534513	1,904419	125,62	26,5269356	3,278160655	11,20803283
4,533975	1,904331	149,5	26,8550361	3,290453368	12,22701926
4,533999	1,904469	169,5	27,1308759	3,300672411	13,01921657
4,533586	1,904377	185,42	27,3604986	3,309100316	13,61690126
4,53361	1,904331	209,3	27,5683576	3,316668651	14,46720429
4,53353	1,904391	229,2	27,7573038	3,323499006	15,13935269
4,533478	1,904377	249,2	27,9219662	3,329413698	15,78606981
4,533526	1,904402	269,1	28,0698647	3,33469657	16,40426774
4,533641	1,904405	285,02	28,2045527	3,339483408	16,88253535
4,533787	1,904366	308,9	28,3378578	3,344198642	17,5755512
4,533801	1,904363	324,82	28,4644273	3,348655143	18,02276338
4,533877	1,904391	348,7	28,5776076	3,35262346	18,67351065
4,533756	1,904384	364,7	28,6891693	3,356519675	19,0971202
4,533492	1,904352	388,6	28,7932786	3,360141978	19,71293991
4,533346	1,904359	409	28,8860998	3,363360504	20,22374842
4,533186	1,904395	429	28,9857581	3,366804609	20,71231518
4,533013	1,90438	449	29,0809181	3,370082224	21,1896201
4,533033	1,904387	469	29,1671085	3,373041653	21,65640783