

2 – Studium termoelektronové emise

Úkoly

1. Změřte výstupní práci w wolframu pomocí Richard-Dushmanovy přímky.
2. Vypočítejte pro použitou diodu intenzitu elektrického pole u povrchu katody.
3. Změřte závislost $I_{nas} = f(U_A)$ pro $U_A < 150V$, vynesete ji do douřadnic $\ln(I_{nas}) = \sqrt{U_A}$ a určete přírůstek proudu díky přítomnosti elektrického pole pro $U_A = 150V$. Porovnejte experimentálně získanou hodnotu s hodnotou určenou dle níže uvedeného vztahu.
4. Pro jednu hodnotu náběhového proudu I_f změřte oblast náběhového proudu I a vynesete do grafu. Zpracujte rovněž na souřadnicích $\ln(I) = f(U_A)$ a z přímkové části v náběhové oblasti určete teplotu elektronů.

1. úkol

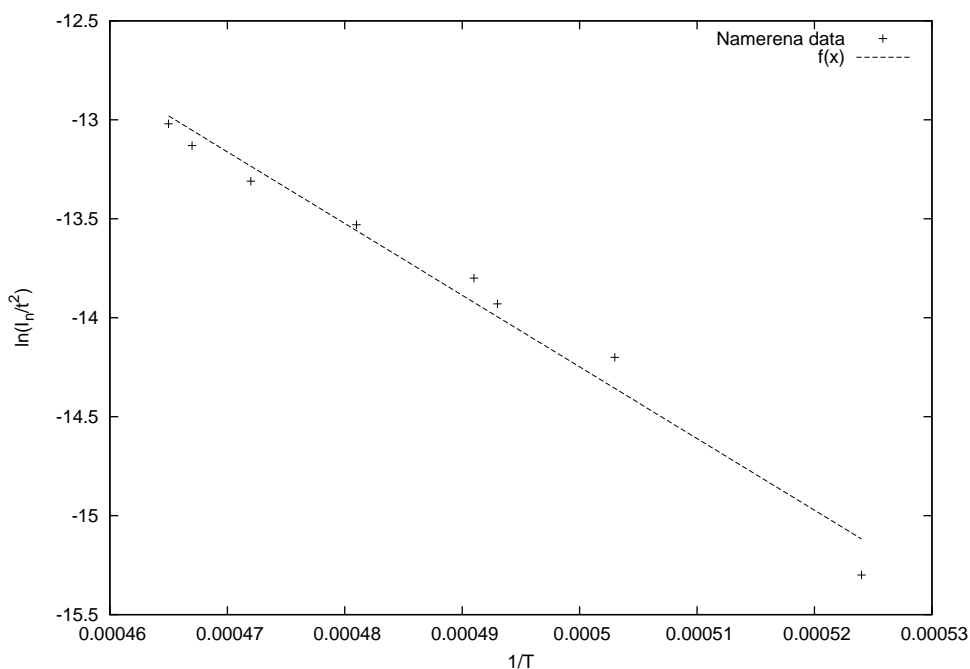
Abych prověřila Richard-Dushmanův vztah, měřila jsem závislost žhavicího proudu I_{nas} na teplotě. Ve skutečnosti nebyla explicitně měřena teplota, ale použil se její výpočet pomocí odporu a znalosti parametrů měřící aparatury. Katoda byla z drátku o délce $d = 15mm$ a poloměru průřezu $r = 0.05mm$. Poloměr anody byl $R = 0.7mm$. Dále jsem užila konstanty charakterizující materiál, měrný odpor pro wolfram je $\rho_w = 4.89 \cdot 10^{-8} \Omega m^{-1}$, teplotní součinitel je $\alpha_w = 4.83 \cdot 10^{-3} K^{-1}$. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce a vyneseny do níže uvedeného grafu. Pro směrnici přímky zde platí:

$$\ln(I_n) = -\frac{w}{kT} + \ln B \quad (1)$$

Po proložení grafu přímkou jsem zjistila koeficienty A a B odpovídající vztahu $y = A \cdot x + C$.

Tabulka 1: Měření výstupní práce

$U_z[V]$	$I_z[A]$	$I_n[\mu A]$	$T[K]$
1.16	1.232	2.21	2152.38
1.15	1.228	1.99	2141.13
1.13	1.221	1.66	2116.73
1.10	1.212	1.32	2077.11
1.07	1.202	1.01	2038.54
1.06	1.198	0.89	2026.63
1.03	1.187	0.68	1988.80
0.95	1.143	0.23	1907.73



Obrázek 1: Vynesení Richard-Dushmanova vztahu

Po výsledném vyjádření výstupní práce ze směrnice jsem došla k výsledku $w = (3.12 \pm 0.11)\text{eV}$ a $\ln B = 3.8 \pm 1, 1$.

2. úkol

Ze vztahů uvedených ve skriptech je možné odpovít následující vzorec pro intenzitu elektrického pole na povrchu katody. Odvození vzorce se opírá o Shottkyho efekt, který je podrobněji vysvětlen ve skriptech k tomuto praktiku.

$$E = U_A \frac{1}{r \cdot \ln \frac{R}{r}} \quad (2)$$

Po dosazení příslušných hodnot jsem intenzitu spočetla jakožto $E = (1083 \pm 5)\text{kVm}^{-1}$. Žhavicí proud byl $I_k = 1.233\mu\text{A}$, čemuž odpovídá teplota 2152K . Z následujících vztahů pak lze zjistit úbytek práce a tedy i úbytek výstupní práce.

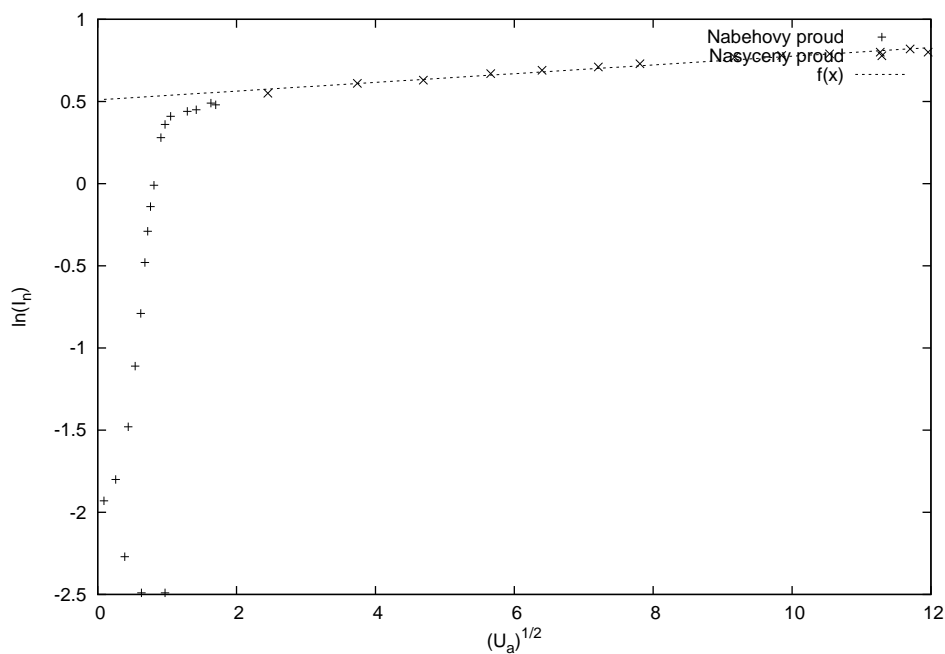
$$w_p = \sqrt{\frac{e^3 \cdot E}{4\pi\epsilon_0}} \quad (3)$$

$$\Delta I_n = BT^2 e^{\frac{w_p}{kT}} \cdot (e^{\frac{w_p}{kT}} - 1) \quad (4)$$

Výsledek je $\Delta I_n = (3.1 \pm 0.7)\mu\text{A}$.

3. úkol

Teoretický výsledek z minulého úkolu jsem se snažila získat i experimentálně. Experimentální data jsem vynesla do následujícího grafu.

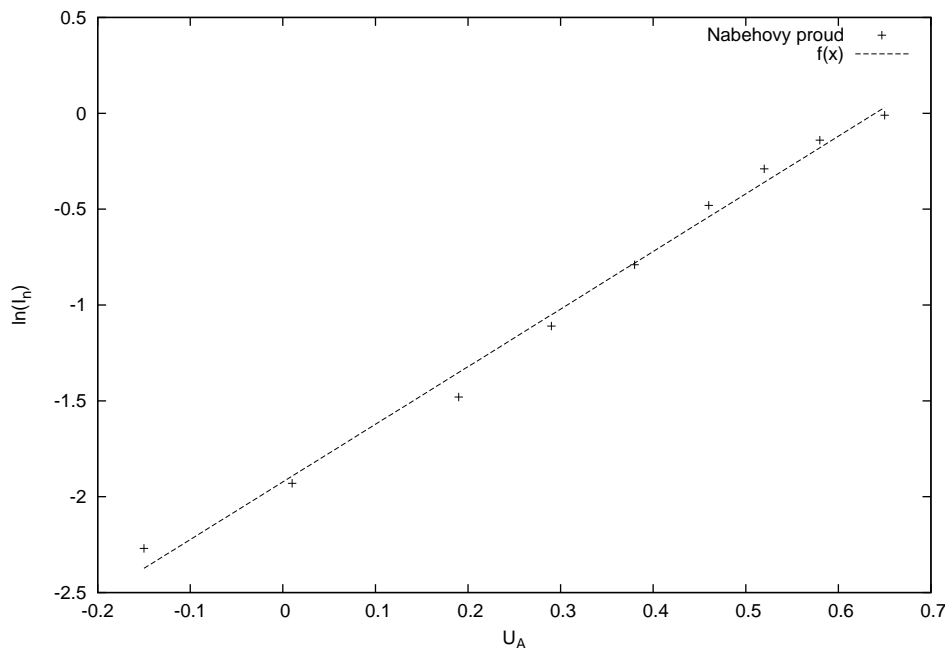


Obrázek 2: Graf závislosti $\ln(I_{nas}) = \sqrt{U_A}$

Výsledný úbytek proudu jsem odečetla z grafu, $\Delta I_n = (6.1 \pm 0.8) \mu A$. Jak je vidět, experimentální a teoretická hodnota spolu příliš dobře nekorrespondují.

4. úkol

V poslední části praktika jsem zjišťovala teplotu elektronů. Součástí úlohy bylo opět zpracování do grafu, který byl uveden již výše. V této části úlohu jsem se však věnovala náběhové části tohoto grafu. Její lineární část jsem proložila přímkou, jejíž parametry jsem pak použila k dalším výpočtům. Z parametrů přímky jsem pak zjistila teplotu elektronů, která odpovídá hodnotě $(1950 \pm 30)K$.



Obrázek 3: Graf závislosti $\ln(I_{nas}) = f(U_A)$ v náběhové oblasti

Nakonec jsem využila vztahu

$$w_p = (A\sqrt{U_A} - B)kT \quad (5)$$

Pomocí tohoto vztahu a údajů z programu gnuplot jsem spočetla $w_p = (0,035 \pm 0,006)eV$. Graf s logaritmickou závislostí je uveden výše, tudíž ho zde neuvádím.

Závěr

V prvním úkolu jsem zjišťovala výstupní práci pomocí Richard-Duchsmanovy křivky. Výsledek je $w = (3.12 \pm 0.11)eV$. Pomocí počítače mi vyšla hodnota o málo nižší, konkrétně $2.9eV$. Tyto dvě hodnoty si dle mého názoru odpovídají velmi dobře.

Druhá část úkolu se sestávala z výpočtu intenzity elektrického pole, tu jsem určila jako $E = (1083 \pm 5)kVm^{-1}$. Bohužel nemám žádný tabulkový údaj se kterým by se tato hodnota dala srovnat, tudíž nemohu posoudit její korektnost.

Dále jsem měla zjistit přírůstek proudu, a to jak teoreticky, tak prakticky. Teoretická hodnota je $\Delta I_n = (3.1 \pm 0.7)\mu A$, experimentální je $\Delta I_n = (6.1 \pm 0.8)\mu A$. Hodnoty spolu příliš nekorrespondují, což dávám za vinu hlavně tomu, že jak jsem pozorovala měřící zařízení, zjistila jsem, že ještě než jsem si stačila hodnotu zapsat, nějak se změnila.

V posledním úkolu jsem určovala teplotu elektronů. Ta mi vyšla $(1950 \pm 30)K$, úbytek výstupní práce pak byl $w_p = (0,035 \pm 0,006)eV$.

Tabulky hodnotTabulka 2: Tabulka pro Richard-Duchsmana, pozn. $I_{nas} = I_a \cdot 20.7 \cdot 10^{-9}$

$U_z[V]$	$I_z[A]$	$I_a[mm]$	$T[K]$
1,160	1,232	107,00	2152,38
1,150	1,228	96,000	2141,13
1,130	1,221	80,000	2116,73
1,100	1,212	64,000	2077,11
1,070	1,202	49,000	2038,54
1,060	1,198	43,000	2026,63
1,030	1,187	33,000	1988,8
0,990	1,660	20,000	1387,56
0,950	1,143	11,000	1907,73

Tabulka 3: Hodnoty pro úlohy 1-3

$U_A[V]$	$I_a[mm]$
143	108
137	110
127	108
111	106
97	105
84	104
61	100
52	98
41	96
32	94
22	91
14	89
6	84
2,88	78
2,65	79
2,01	76
1,67	75
1,1	73
0,94	69
0,83	64
0,65	48
0,58	42
0,52	36
0,46	30
0,38	22
0,29	16
0,19	11
0,07	8
0,01	7
0,15	5
0,4	4
0,94	4