

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktiku 3

Zpracoval: Radek Žemlička**Naměřeno:** 12. března 2009**Obor:** F **Ročník:** II **Semestr:** IV**Testováno:****Úloha č. 2: Studium termoelektronové emise**

$$T = 21,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$p = 865 \text{ hPa}$$

$$\varphi = 69 \text{ }^{\circ}$$

1. Měření výstupní práce w wolframu pomocí Richardsonovy přímky**1.1. Teorie a způsob měření**

Jev, kdy vázané elektrony emitují díky tomu, že jim energie potřebná pro uvolnění byla dodána ve formě tepla, nazýváme fotoemisí. Kromě zdroje elektronového svazku nám tento jev také poskytuje informace o silách, kterými jsou elektrony uvnitř látky vázány. Minimální energii, kterou elektrony z povrchu dostatečně vyžhaveného kovu potřebují k překonání vazeb mezi elektronem a kovem nazýváme výstupní práce w . Množství elektronů, kterou katoda takto uvolní za jednotku času, se nazývá nasycený emisní proud I_{nas} . Následující, tzv. Richardsonova-Dushmanova, rovnice vyjadřuje jeho závislost na teplotě T kovu, ze kterého je katoda vyrobena a na výstupní práci w .

$$I_{nas} = B \cdot T^2 \cdot \exp\left(\frac{-w}{kT}\right) \quad (1)$$

Kde B je konstanta zahrnující mimo jiné plochu katody a termoemisní konstantu A , k je Boltzmannova konstanta. Tuto rovnici můžeme využít pro měření výstupní práce w a to tak, že ji převedeme na rovnici Richardsonovy přímky. Rovnici upravíme a zlogaritmujeme.

$$\ln\left(\frac{I_{nas}}{T^2}\right) = \ln B - \frac{w}{kT} \quad (2)$$

Označíme $y = \ln\left(\frac{I_{nas}}{T^2}\right)$ a $x = 1/T$. Tak dostaneme v přímku v nových proměnných

$$y = (-w/k) \cdot x + \ln B \quad (3)$$

Při měření bylo nutné pracovat v nasycené oblasti anodového proudu. Byl nastaven největší žhavicí proud, s jakým se pracovalo, a bylo zvětšováno anodové napětí, dokud nebylo dosaženo oblasti nasyceného proudu. Poté byla proměřena závislost anodového proudu I_{nas} na žhavicím proudu I_f .

Z hodnot U_f a I_f lze zjistit odpor R_t vlákna katody, pro který navíc platí závislost na teplotě

$$\frac{U_f}{I_f} = R_t = \frac{\rho d}{S}(1 + \alpha t) \quad (4)$$

kde $\rho = 4.89 \cdot 10^{-8} \Omega m$ je měrný odpor wolframu, $\alpha = 4.83 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ je teplotní součinitel odporu, $d = 0.015 m$ je délka vlákna, $S = \pi r^2$ je průřez vlákna ($r = 5 \cdot 10^{-5} m$) a t je teplota ve stupních celsia.

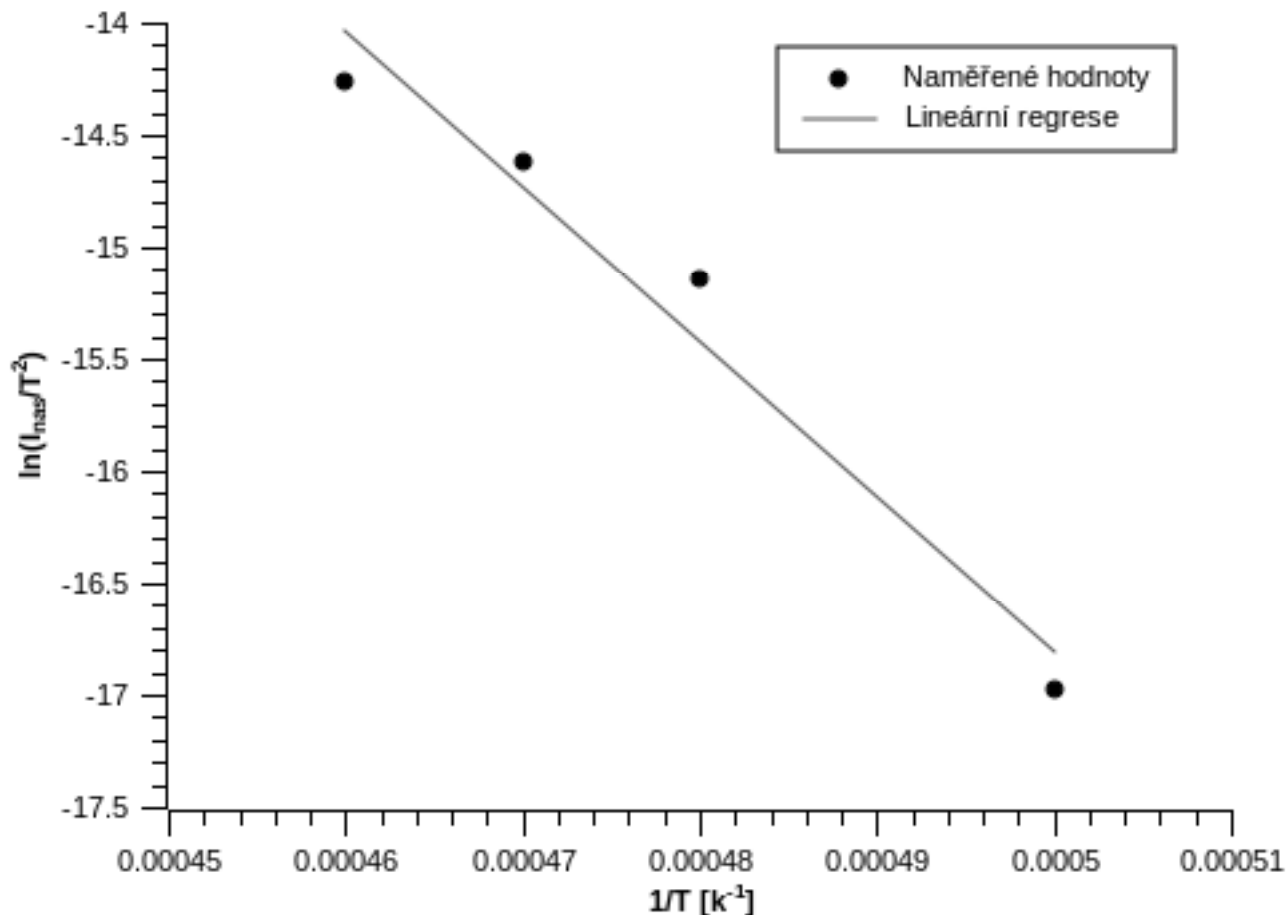
Pro teplotu katody T platí vztah

$$T = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{U_f S}{I_f \rho d} - 1 \right) \quad (5)$$

1.2. Měření

Měření a jim odpovídající výsledky shrnuje následující tabulka a graf. $U_{nas} = 30.7V$

$U_f[U]$	$I_f[U]$	$I_{nas}[mA]$	$I_{nas}[\mu A]$	$T[K]$	$x = 1/T[K^{-1}]$	$y = \ln(I_{nas}/T^2)$
1,176	1,242	143	2,96	2150,76	0,00046	-14,26
1,149	1,229	98	2,03	2124,44	0,00047	-14,62
1,109	1,207	56	1,16	2089,00	0,00048	-15,14
0,999	1,148	8	0,17	1982,00	0,00050	-16,98



Pomocí programu Scidavis (fork programu Qtiplot, který je open source alternativou programu Origin) byla numericky vypočítána směrnice Richardsonovy přímky. Její hodnota je -69000 ± 9000 . Tedy výstupní práce $w = (5,9 \pm 0,7)eV$

2. Schotkyho efekt

2.1. Teorie

Přítomnost silného elektrického pole u povrchu katody má za následek snížení výstupní práce katody a také nemulovou pravděpodobnost, že elektron přejde do vakua tunelováním skrz potenciálový val. Snížení výstupní práce lze vyjádřit pomocí vztahu

$$w_p = \sqrt{\frac{e^3 E}{4\pi\epsilon_0}} \quad (6)$$

Pro její výpočet je třeba zjistit intenzitu elektrického pole v okolí katody. Intenzita E elektrického pole u povrchu válcové katody o poloměru r s válcovou anodou o poloměru R je dána vztahem

$$E = U_a \frac{1}{r \ln(R/r)} \quad (7)$$

Dosazením $U_a = 150V$ a $R = 7 \cdot 10^{-4}m, r = 5 \cdot 10^{-5}m$ do vztahu 7 byla vypočítána intenzita elektrického pole v okolí katody $E = 1.136 \cdot 10^6 VM^{-1} =$

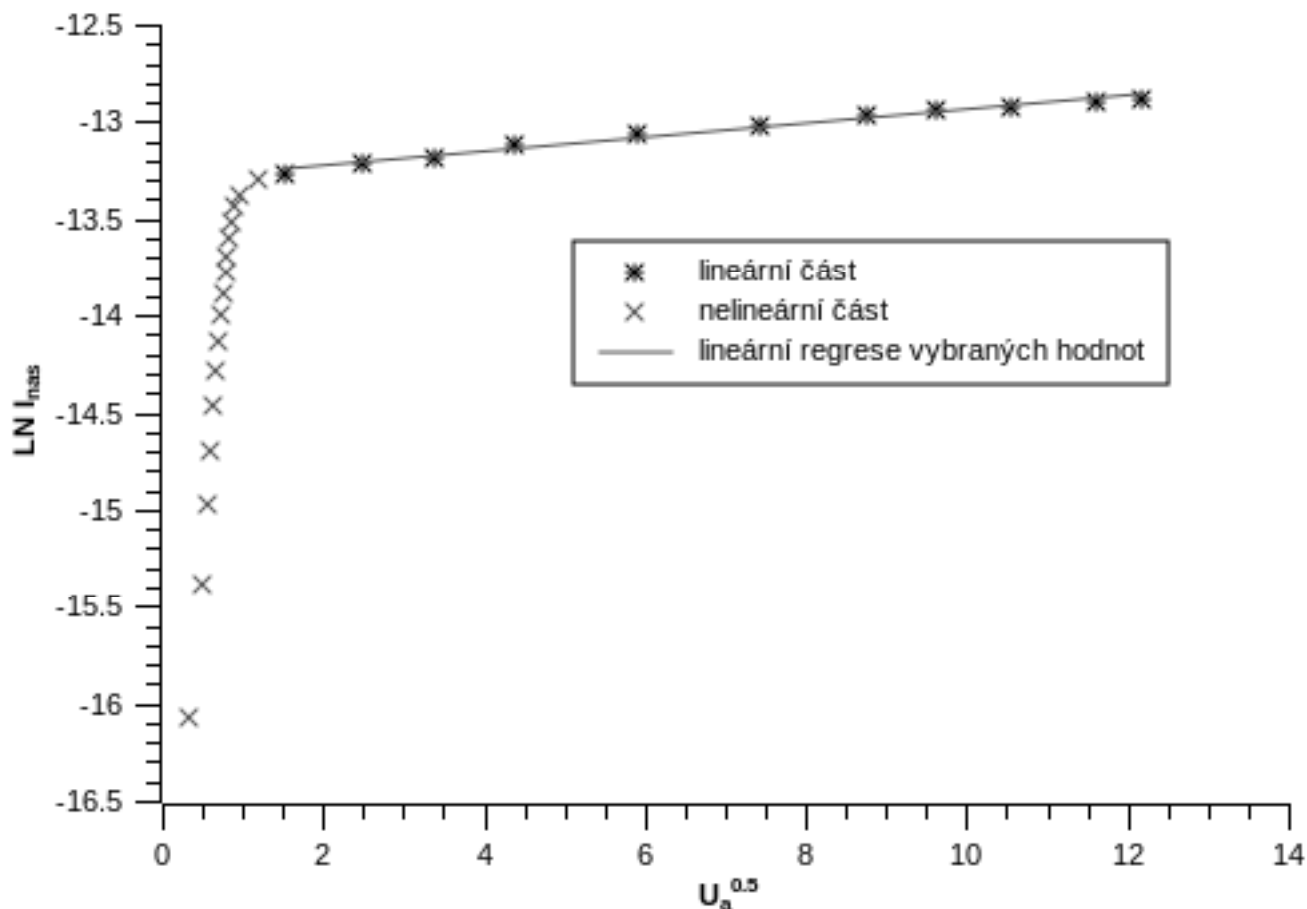
Dosazením do vztahu 6 bylo vypočítáno $w_p = 0,040eV$

2.2. Měření Schotkyho efektu

Žhavicí proud $I_f = 1,230A$. Naměřené hodnoty shrnuje následující tabulka

$U_a[V]$	$I_a[mm]$	$I_a[\mu A]$	$\sqrt{U_a}$	$\ln I_a$
148	123	2,55	12,17	-12,88
135	121	2,51	11,62	-12,90
111	118	2,44	10,54	-12,92
92,5	116	2,40	9,62	-12,94
76,8	112	2,32	8,76	-12,97
55	107	2,22	7,42	-13,02
35	102	2,11	5,92	-13,07
19,2	97	2,01	4,38	-13,12
11,5	90	1,86	3,39	-13,19
6,24	88	1,82	2,50	-13,22
2,28	83	1,72	1,51	-13,27
1,45	81	1,68	1,20	-13,30
0,95	75	1,55	0,97	-13,38
0,83	70	1,45	0,91	-13,44
0,76	65	1,35	0,87	-13,52
0,71	60	1,24	0,84	-13,60
0,65	55	1,14	0,81	-13,69
0,62	50	1,04	0,79	-13,78
0,57	45	0,93	0,75	-13,89
0,53	40	0,83	0,73	-14,00
0,51	35	0,72	0,71	-14,14
0,46	30	0,62	0,68	-14,29
0,41	25	0,52	0,64	-14,47
0,38	20	0,41	0,61	-14,70
0,31	15	0,31	0,56	-14,98
0,24	10	0,21	0,49	-15,39
0,11	5	0,10	0,33	-16,08

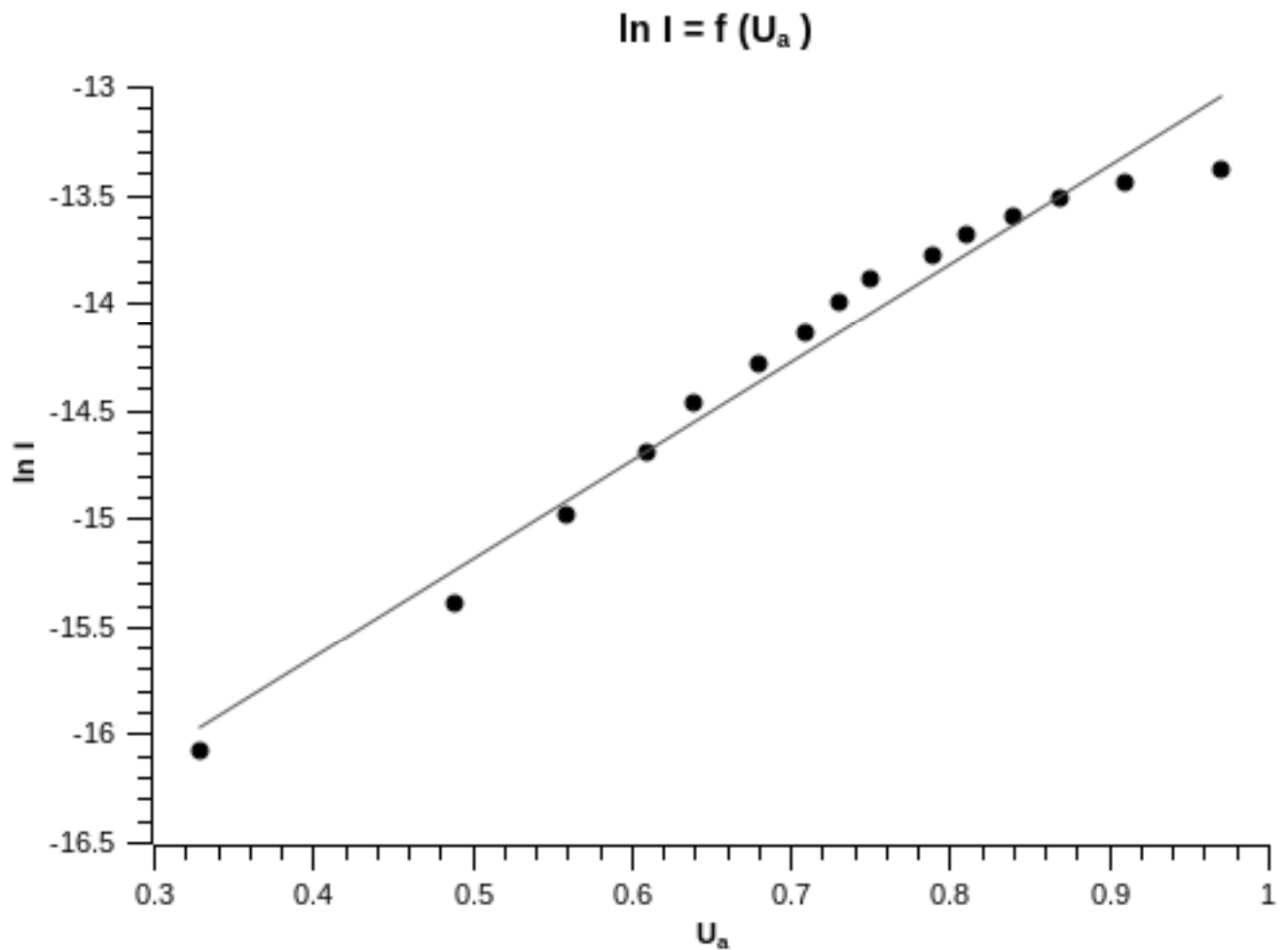
V následujícím grafu je vynesena závislost $\ln I = f(U_a)$. Přírůstku proudu v grafu odpovídá horní část křivky.



Rovnice přímky lineární regrese vybraných hodnot je $y = 0,026x - 13.238$ z čehož plyne, že přírůstek proudu vzniklý díky přítomnosti elektrického pole činí $\Delta I_{nas} = 1,372 \mu A$

3. Určení teploty elektronů

Pro hodnotu žhavicího proudu byla proměřena závislost anodového proudu na anodovém napětí. Teplotu emitovaných elektronů byla určena ze směrnice závislosti. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce pro Schottkyho efekt.



Směrnice přímky lineární regrese je $4,5 \pm 0,2$

Z ní plyne teplota elektronů, jejíž hodnota činí $(T_e = 2160 \pm 11)K$

4. Závěr

Dle zadání byla měřena a určena výstupní práce wolframu pomocí Richardsonovy přímky, proměřeny vlastnosti Schootkyho efektu, určení - intenzita elektrického pole v okolí katody a přírůstek proudu vzniklý díky přítomnosti elektrického pole a nakonec určena teplota elektronů. Měření výstupní práce bylo provedeno i pomocí detektorů s výstupem do počítače kde byla naměřená data okamžitě zpracována. Výsledky tohoto měření jsou přiloženy. V průběhu měření se obvod jevil jako nestabilní pravděpodobně v důsledku poškozených vodičů, nebo špatných kontaktů. Proto bylo měření provedeno několikrát, aby byla nakonec vybrána ta nejrelevantnější. Přesto může být daný problém příčinou větších odchylek a chyb měření.