

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE		KATEDRA FYZIKY	
<b>LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY</b>			
Jméno <b>Ajio666</b>		Datum měření <b>21.10.2011</b>	
Stud. rok <b>2</b>	Ročník <b>2011/2012</b>	Datum odevzdání <b>11.11.2011</b>	
Stud. skupina	Lab. skupina	Klasifikace	
Čís. úlohy	Název úlohy		
<b>9</b>	<b>Franckův-Hertzův pokus a stanovení excitační energie atomu rtuti</b>		

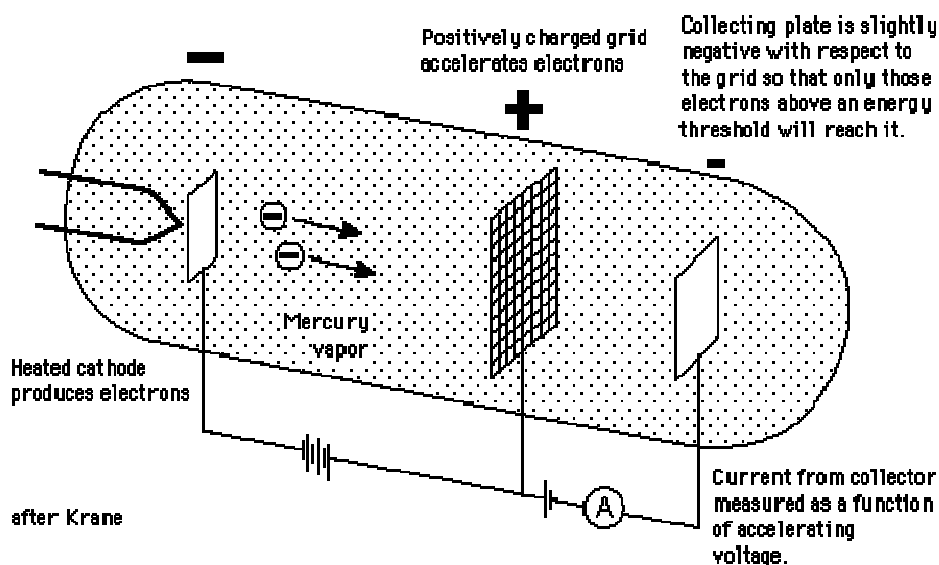
## Pomůcky a použité přístroje

- zdroj proměnného urychlovacího napětí
- voltmetr Mastech MY-64
- nanoampérmetr TP 1,5
- regulátor topení
- elektronka

## Úkol měření

Proměřit závislost anodového proudu  $I_A$  na napětí  $U_G$  speciální elektronky ve Franckově-Herzově pokusu. Měření se provádí ve speciální pícce, při teplotě od 160 do 250 °C. Výsledky se poté graficky znázorní. A také se vypočte excitační energie atomu rtuti, které byly ostřelovány urychlenými elektrony, a vlnová délka emitovaného světla.

Přibližné znázornění aparatury:



## Naměřené hodnoty – Tabulky

180 °C										
U <sub>g</sub> [V]	4,72	5,87	6,40	8,40	9,00	10,90	12,00	13,00	14,00	15,80
I <sub>a</sub> [nA]	0,10	<b>0,95</b>	0,60	<b>0,04</b>	0,40	<b>6,50</b>	0,65	<b>0,10</b>	1,80	<b>23,00</b>

220 °C			
U <sub>g</sub> [V]	I <sub>a</sub> [nA]	U <sub>g</sub> [V]	I <sub>a</sub> [nA]
5,70	0,04	15,15	0,80
6,80	<b>0,09</b>	15,70	<b>1,50</b>
7,70	0,06	16,60	0,50
9,10	<b>0,03</b>	18,20	<b>0,04</b>
10,00	0,16	19,30	0,20
10,60	0,30	20,00	0,90
11,20	<b>0,45</b>	20,80	<b>1,80</b>
12,00	0,20	21,30	1,00
13,00	0,10	22,20	0,20
13,50	<b>0,04</b>	23,50	<b>0,06</b>
14,30	0,15		

250 °C			
U <sub>g</sub> [V]	I <sub>a</sub> [nA]	U <sub>g</sub> [V]	I <sub>a</sub> [nA]
10,90	0,04	25,50	0,25
12,80	<b>0,08</b>	26,50	<b>0,45</b>
14,60	<b>0,04</b>	27,50	0,25
16,00	0,06	29,20	<b>0,07</b>
17,70	<b>0,14</b>	29,90	0,25
19,00	0,06	30,90	<b>0,80</b>
20,30	<b>0,04</b>	32,60	0,24
21,60	0,16	33,70	<b>0,09</b>
22,50	<b>0,18</b>	34,60	0,55
23,35	0,12	35,80	<b>1,80</b>
24,40	<b>0,06</b>		

Tučně vyznačené hodnoty odpovídají minimům a maximům.

## Výpočty

Pro zjištění excitační energie atomů jsme využili metodu postupných měření, viz postup v kapitole 7.1 v [2]. Přičemž námi naměřené rozdíly (přírůstky) napětí  $\Delta x$  přímo odpovídají hodnotám energie  $E$ . Poté jsme ze získané energie dopočetli i požadovanou vlnovou délku emitovaného světla dle vztahu:

$$\lambda = \frac{c \cdot h}{E}$$

kde  $c$  je rychlost světla,  $h$  Planckova konstanta a  $E$  již získaná excitační energie. Zde použité jednotky pro energii a Planckovu konstantu:  $eV \cdot s$  a  $eV$ .

Názorné řešení pro teplotu 220 °C:

Excitační energie v jednotkách  $eV$  a  $J$ .

$$E = \frac{1}{k^2} \left( \sum_{i=k+1}^N x_i - \sum_{i=i}^k x_i \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{18,2 - 9,1}{2} + \frac{23,5 - 13,5}{2} \right) = 4,78 \text{ eV}$$

Odhad rozptylu přírůstku napětí  $\Delta x$  (který odpovídá energii  $E$ ).

$$\begin{aligned} s^2 &= \frac{1}{k^2(k-1)} \sum_{i=1}^k (x_{k+i} - x_i - k\overline{\Delta x})^2 = \\ &= \frac{\left(\frac{18,2 - 9,1}{2} - 4,78\right)^2 + \left(\frac{23,5 - 13,5}{2} - 4,78\right)^2}{2 - 1} = 0,10 \end{aligned}$$

Odhad směrodatné odchylky.

$$\bar{s} = \frac{s}{\sqrt{k}} = \sqrt{\frac{0,10}{2}} = 0,22$$

Vlnová délka emitovaného světla a nejistota.

$$\lambda = \frac{c \cdot h}{E} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 4,13566733 \cdot 10^{-15}}{4,755} \cdot 10^9 = 260,93 \text{ nm}$$

$$\vartheta_\lambda = \frac{\bar{s}}{E} \lambda = \frac{0,22}{4,67} 260,93 = 12$$

A nakonec vše s nejistotami.

$$E = (4,76 \pm 0,22) \text{ eV} \rightarrow E = (7,62 \pm 0,35) \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = (261 \pm 12) \text{ nm}$$

Pro teplotu 250 °C:

$$E = 4,55 \text{ eV}$$

$$s^2 = 0,2 \quad \bar{s} = 0,1$$

$$\lambda = 272,68 \text{ nm} \quad \vartheta_\lambda = 6$$

$$E = (4,55 \pm 0,10) \text{ eV} \rightarrow E = (7,29 \cdot 10^{-19} \pm 0,16 \cdot 10^{-19}) \text{ J}$$

$$\lambda = (273 \pm 6) \text{ nm}$$

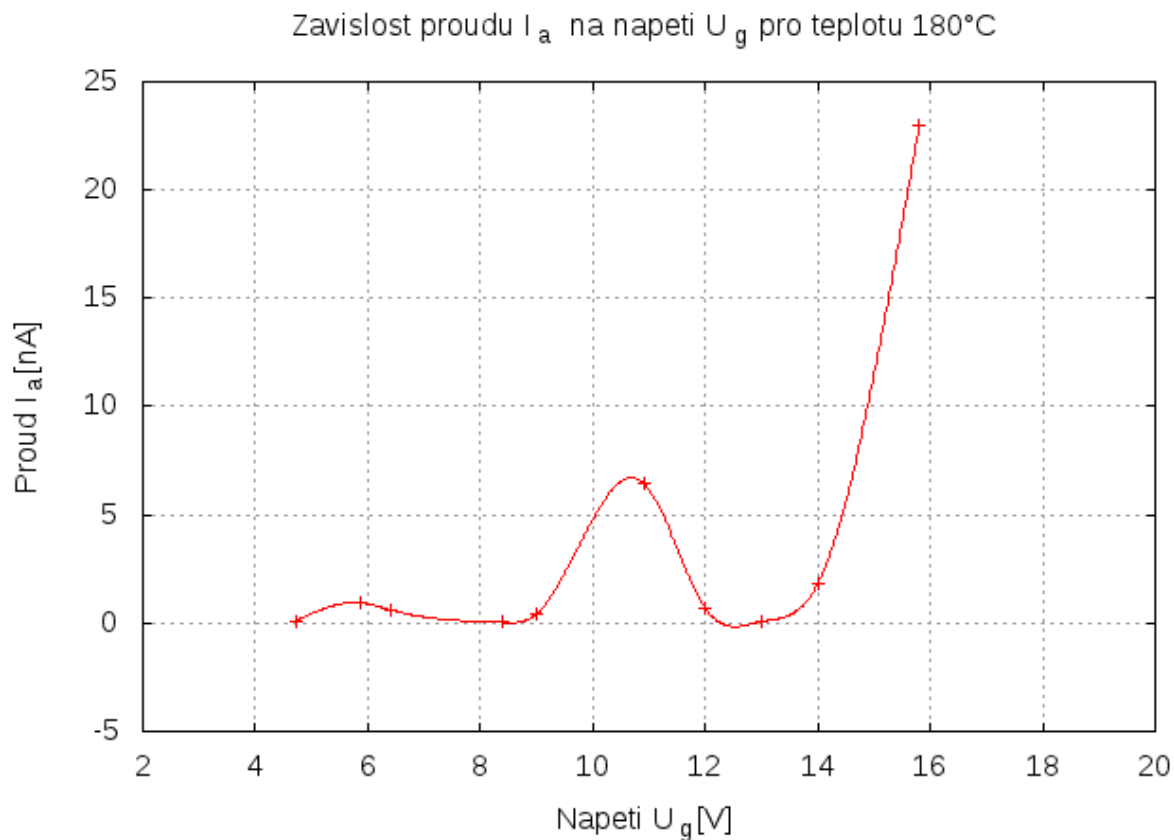
Pro teplotu 180 °C:

$$E = 4,6 \text{ eV} \rightarrow E = 7,369 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

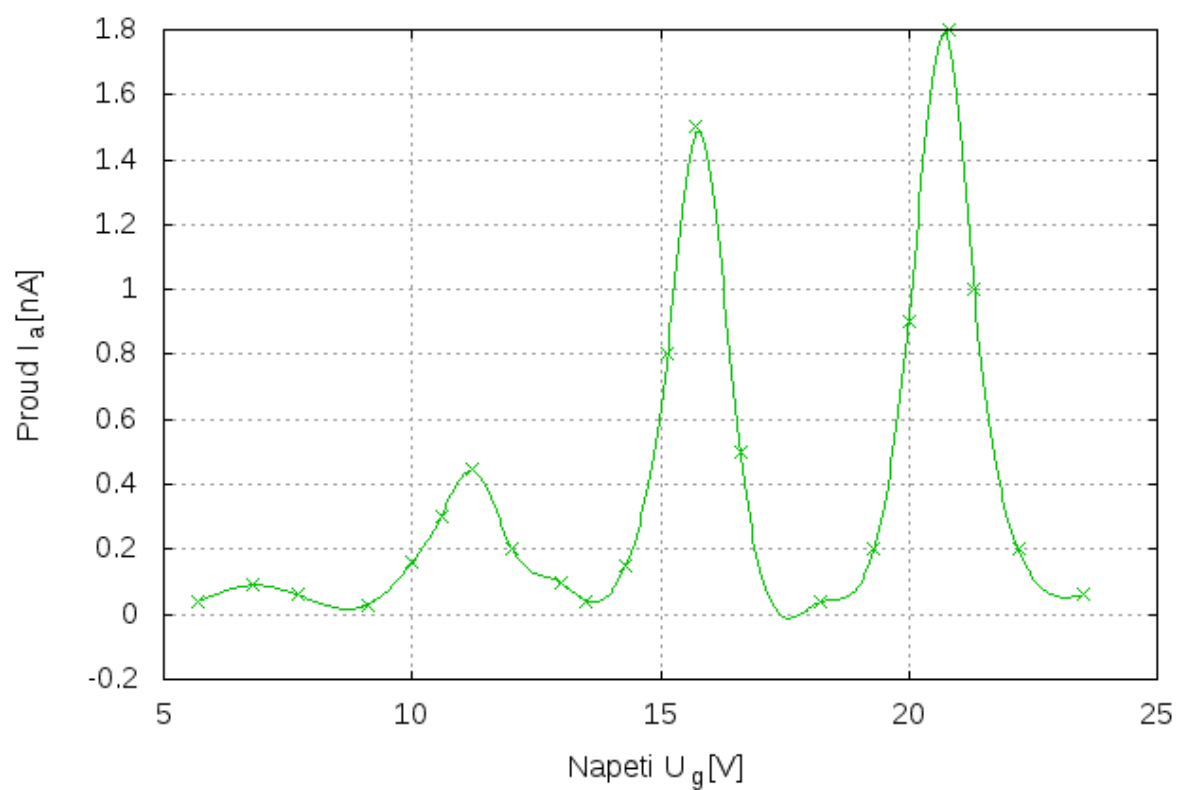
$$\lambda = 270 \text{ nm}$$

(Vzhledem k nedostatku hodnot, určování nepřesností postrádá smysl.)

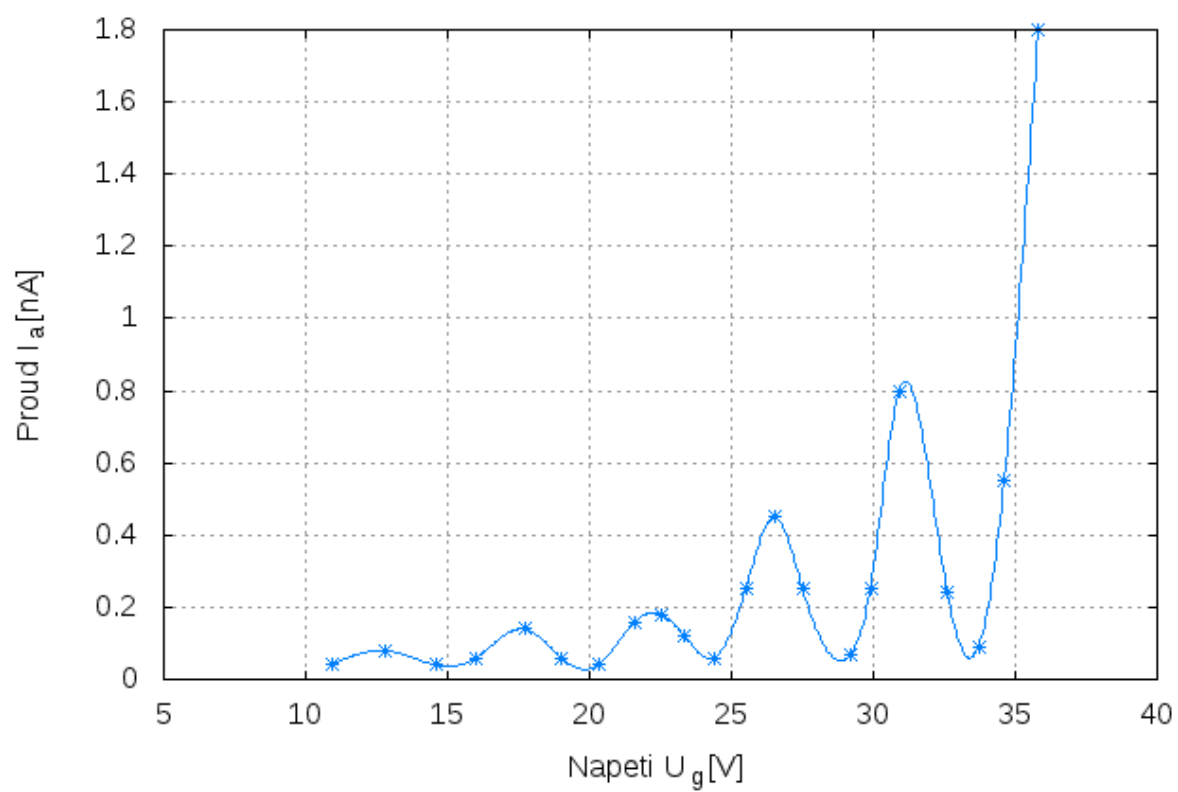
## Naměřené hodnoty - Grafy



Zavislost proudu  $I_a$  na napeti  $U_g$  pro teplotu 220°C



Zavislost proudu  $I_a$  na napeti  $U_g$  pro teplotu 250°C



## Závěr:

Při Franckově-Herzově pokusu jsme zjišťovali pro teploty 180, 220 a 250 °C excitační energii atomů rtuti, které jsme ve speciální pice pro tento pokus určené, ostřelovali elektrony s různou rychlostí.

Pro nejnižší teplotu jsme mnoho hodnot závislosti proudu a napětí nezískaly, kvůli brzkému zažehnutí výboje mezi anodou a katodou. Další, vyšší teploty už byli o poznání optimálnější. Výsledné hodnoty  $E = 4,6 \text{ eV}$ ,  $E = (4,76 \pm 0,22) \text{ eV}$  a  $E = (4,55 \pm 0,10) \text{ eV}$  (vzestupně dle teploty) se poněkud liší od tabulkové hodnoty 4,9 eV. Podobně tak na energiích závislé vlnové délky emitovaného světla  $\lambda = 270 \text{ nm}$ ,  $\lambda = (261 \pm 12) \text{ nm}$ ,  $\lambda = (273 \pm 6) \text{ nm}$  (vzestupně dle teploty). Kde tabulková hodnota je  $\lambda = 253,6 \text{ nm}$ . Odchylka od tabulkových hodnot pro obě požadované veličiny je tedy skoro 6%.

Dokonalé přiblížení k tabulkám daným hodnotám je samozřejmě při podobných experimentech velmi obtížné, a zatíženo řadou nepřesností. Zde hrál určitě velkou roli analogový ampérmetr s maximálním rozsahem pouhých 100 nA, z kterého nebylo lehké přesně odčítat kvůli nutnosti častého přepínání rozsahu. A také při minimech měřeného proudu se hodnoty dostávali skoro k nule a tedy na samotnou hranici možností ampérmetru.

## Použitá literatura

- 1) Laboratorní cvičení z Fyziky I a II na serveru HERODES, <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/>
- 2) Zpracování fyzikálních měření - Studijní text pro fyzikální praktikum, Červenka M., katedra fyziky FEL-ČVUT