

University of South Bohemia

Faculty of Science



Praktika IV

Frank-Hertzův experiment

Datum: 18.10.2023
Jmeno: Martin Skok
Obor: Fyzika
Hodnoceni:

1 Úkoly

1.1

Proměřit voltampérovou charakteristiku Franck-Hertzovy trubice (triody) plněné rtuťovými parami a určit energii přechodu v atomu rtuti.

1.2

Proměřit voltampérovou charakteristiku Franck-Hertzovy trubice (tetrody) plněné neonem a určit energii přechodu v atomu neonu.

1.3

Přepočíst zjištěné hodnoty energií $\Delta E[eV]$ na vlnčet $\nu[cm^{-1}]$ a po porovnání se spektroskopickými tabulkami určit atomové orbitály účastníci se naměřených energetických přechodů v atomech rtuti a neonu.

2 Pomůcky

Franck-Hertzova trubice plněná rtuťovými parami, Franck-Hertzova trubice plněná neonem, napájecí zdroj, zařízení 3BNETlog, počítač s aplikací 3BNETlog a propojovací vodiče.

3 Teorie

V roce 1914 provedli James Franck a Gustav Hertz experiment, který prokázal existenci excitovaných stavů v atomech rtuti, čímž pomohl potvrdit kvantovou teorii, která předpovídala, že elektrony zabírají pouze jednotlivé, kvantované energetické stavy. Elektrony byly urychlovány napětím směrem ke kladně nabitě mřížce ve skleněném obalu naplněném rtuťovými parami.

$$E_K = e \cdot U[J] \quad (1)$$

Za mřížkou byla sběrná deska udržovaná na malém záporném napětí vzhledem k mřížce. Hodnoty urychlovacího napětí, kde proud klesl, udávaly míru energie nutné k přinucení elektronu do excitovaného stavu. Tato energie je

$$E_{excit} = \frac{h \cdot c}{\lambda}[J] \quad (2)$$

Kde h je plankova konstanta, c je rychlost světla a λ je vlnová délka světla

Vlnové číslo je jenom obrácená hodnota vlnové délky

$$\nu = \frac{1}{\lambda} = \frac{E_{excit}}{h \cdot c}[m^{-1}] \text{ endequation}$$

4 Postup měření

4.1 Trubice s rtuťí

Nejdříve bylo zkontrolováno zapojení obvodu. Lampa se zahřála na 210°C . Byl zapnut počítač a bylo do něj připojeno zařízení 3BNETlog. V počítači se otevřel program 3BNETlab. V softwaru se nastavily potřebné parametry. Nastavil jsem žhavicí napětí na $6,5\text{V}$ a postupně jsem zvedal urychlovací napětí na 20V . Na osciloskopu se objevily dvě křivky: modrá (urychlovací napětí) a červená (proud na anodě). Urychlovací napětí jsem zvyšoval až na hodnotu 80V . Všechna data jsem potom exportoval.

4.2 Trubice s neonem

Zapojil jsem neonovou trubici podle návodu. Zapojil jsem jí do počítače a zapnul zase stejný software. Nastavil jsem parametry podle návodu. Nastavil jsem řídicí napětí na 9V a urychlující napětí na 80V . Zvyšoval jsem žhavicí napětí, dokud se neobjevil oranžový plamen v trubici. Na osciloskopu se objevili dvě křivky jako posledně. Zvyšoval jsem zpomalující napětí, dokud nebyla křivka téměř rovná. Potom jsem opět upravil parametry tak, aby bylo na křivce dobře rozeznat extrema. Data jsem exportoval.

5 Vypracovaná data

5.1 Grafy

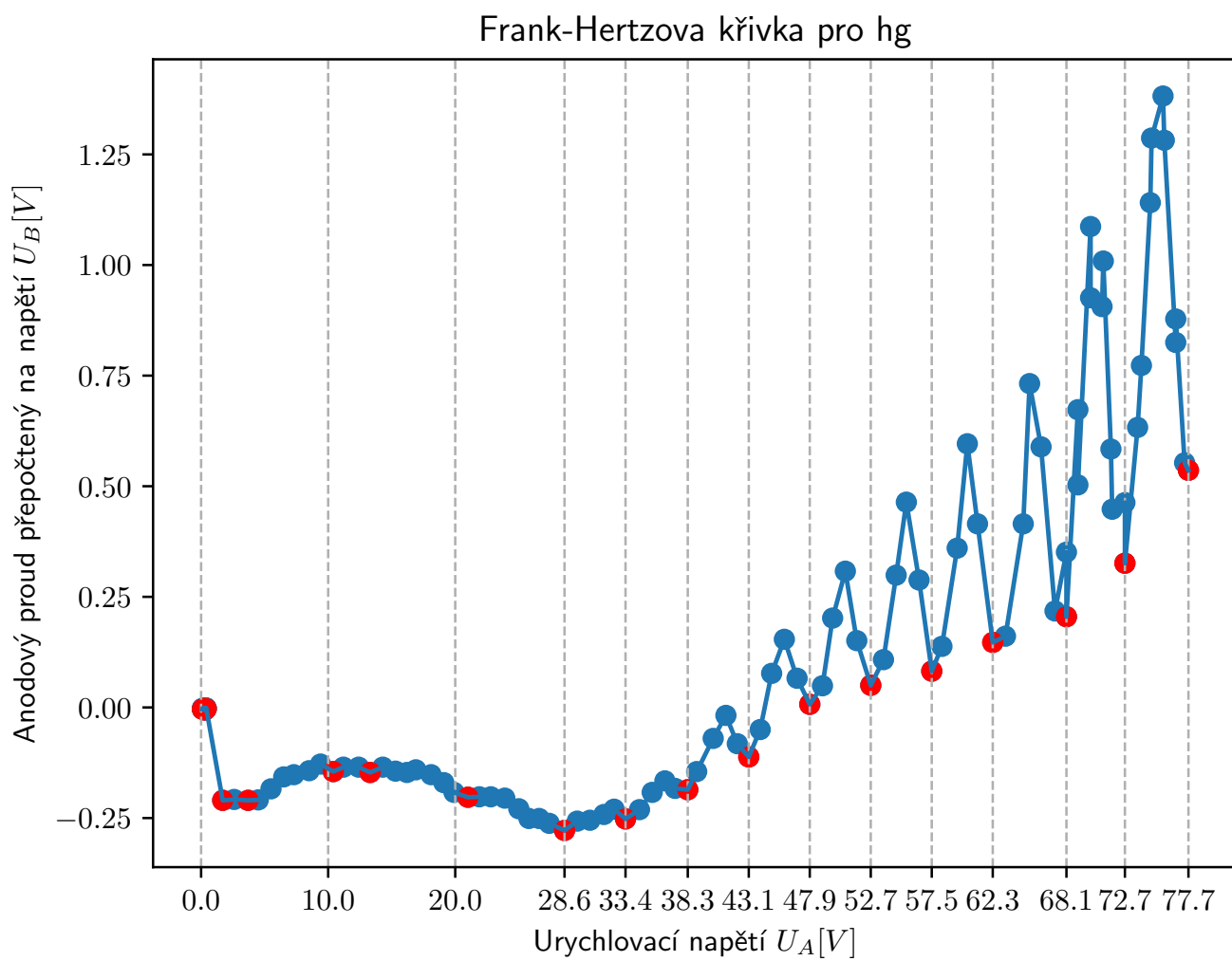


Figure 1: Frank-Hertzova křivka pro rtuť

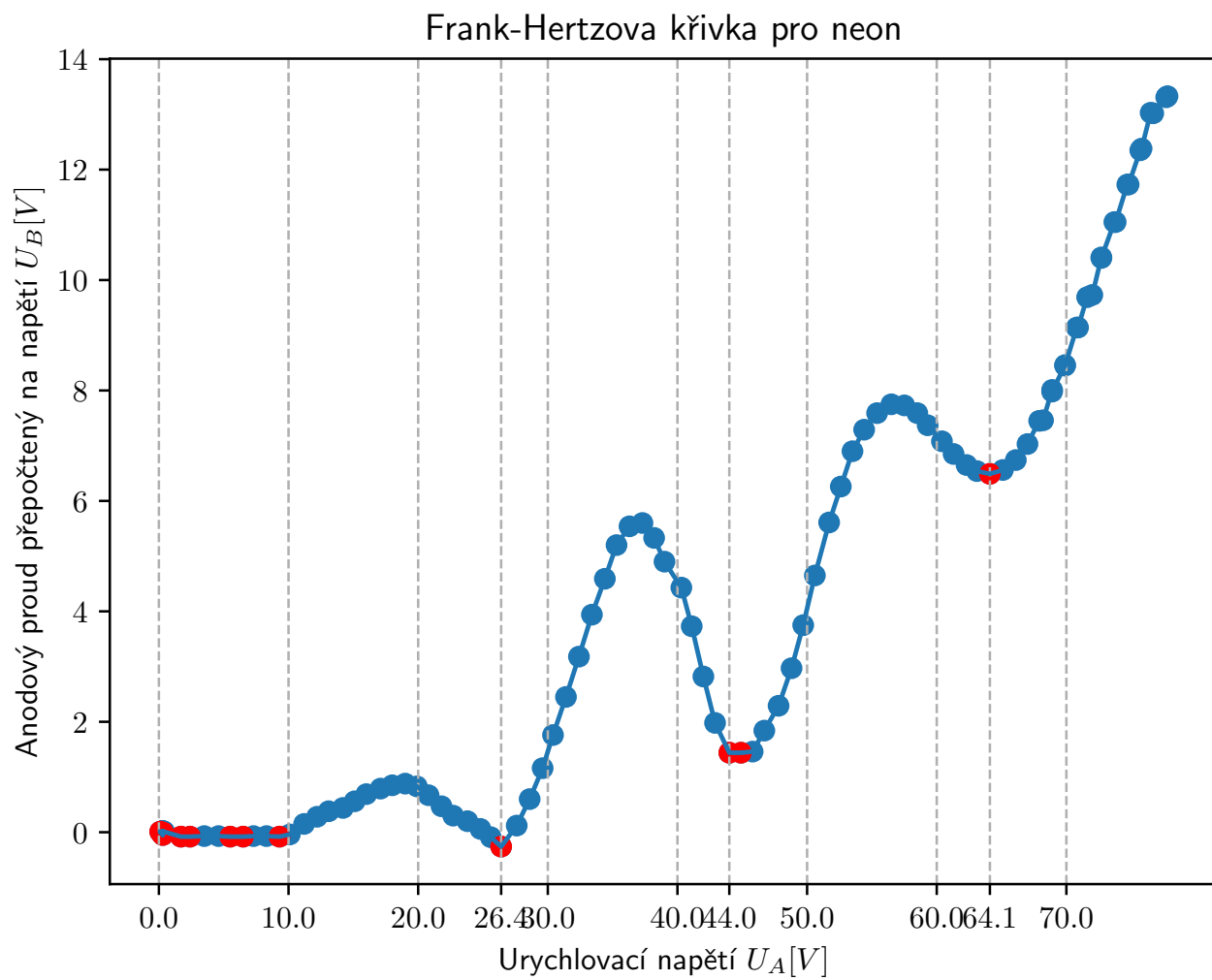


Figure 2: Frank-Hertzova křivka pro neon

5.2 Tabulky

Tabulka 1: rtuť

index minim	Urychlovací napětí U_a [V]	ΔU_a [V]
0	28.6	0.0
1	33.4	4.8
2	38.3	4.9
3	43.1	4.8
4	47.9	4.8
5	52.7	4.8
6	57.5	4.8
7	62.3	4.8
8	68.1	5.8
9	72.7	4.6
10	77.7	5.0

$$\overline{\Delta U_{Hg}} = 4.91$$

$$\sigma_{\Delta U_{Hg}} = 0.1037$$

Tabulka 2: neon

index minim	Urychlovací napětí $U_a[V]$	$\Delta U_a[V]$
0	26.4	0.0
1	44.0	17.6
2	64.1	20.1

$$\overline{\Delta U_{Ne}} = 18.85$$

$$\sigma_{\Delta U_{Ne}} = 1.25$$

Chybu jsem počítal podle vzorce

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\bar{U} - U)^2}{n(n-1)}}$$

Po přenásobení těchto hodnot elementárním nábojem mi vyjde energie, kterou elektrony

ztrácejí při srážkách mezi atomy.

$$E_{hg} = e \cdot \Delta U_{Hg} = 7,86 \cdot 10^{-19} [J]$$

$$E_{ne} = e \cdot \Delta U_{Ne} = 3.02 \cdot 10^{-18} [J]$$

Tyto hodnoty pak můžu převést na elektronvolty tak, že hodnoty vydělím nábojem e

$$E_{hg} = \frac{e \cdot \Delta U_{hg}}{e} = \Delta U_{Hg} = 4.91 eV$$

Podobně pro neon

$$E_{ne} = 18.85 eV$$

Tyto hodnoty jsem pak přepočtl na vlnčet pomocí vzorce

$$\nu = \frac{E}{hc} [m^{-1}]$$

Po dosazení do vzorce mi vyšlo

$$\nu_{Hg} = 3,96 \cdot 10^6$$

$$\nu_{Ne} = 15.2 \cdot 10^6$$

Chybu vlnočtu jsem počítal jako

$$\delta_{Hg} = \sqrt{\left(\frac{\partial\left(\frac{e \cdot E_{Hg}}{c \cdot h}\right)}{\partial(h \cdot c)} \cdot \sigma_{E_{Hg}}\right)^2}$$

$$\delta_{Hg} = \sqrt{\left(\frac{c \cdot E_{Hg} + c \cdot h}{h^2 c^2} \sigma_{E_{Hg}}\right)^2}$$

Kde $\sigma_{E_{Hg}}$ jsem počítal jako

$$\sigma_{E_{Hg}} = \sqrt{\left(\frac{e \cdot \overline{\Delta U_{Hg}}}{\overline{\Delta U_{Hg}}} \cdot \sigma_{\Delta E_{Hg}}\right)^2}$$

Ano, je tam rozdíl mezi $\sigma_{\Delta E_{Hg}}$ a $\sigma_{E_{Hg}}$

$$\delta_{Hg} = 1.974 \cdot 10^{-5}$$

Podobně chyba u neonu mi vyšla

$$\delta_{Ne} = 9.128 \cdot 10^{-4}$$

6 Diskuse

Úkolem bylo změřit voltampérovou charakteristiku Frank-Hertzovy trubice plněné rtuťí a potom ještě jednu s neonem. Když porovnám moje naměřené hodnoty s tabulkovými: Excitační energie pro rtuť mi vyšla $4.91eV$, podle tabulek je tato energie $4.9eV$. Excitační energie pro neon mi vyšla $18.85eV$, podle tabulek je tato energie $18.5eV$.

7 Závěr

7.1 Rozdíly urychlovacího napětí rtuťi a neonu

$$\overline{\Delta U_{Hg}} = (4.91 \pm 0.1037)V$$

$$\overline{\Delta U_{Ne}} = (18.85 \pm 1.245)V$$

7.2 Excitační energie rtuťi a neonu

$$E_{Hg} = 7,86 \cdot 10^{-19}J$$

$$E_{Ne} = 3.02 \cdot 10^{-18}J$$

7.3 Vlnočty rtuťi a neonu

$$\nu_{Hg} = 3.96 \cdot 10^6 \pm 19.73 \cdot 10^{-4}m^{-1}$$

$$\nu_{Ne} = 15.2 \cdot 10^6 \pm 9.12 \cdot 10^{-4}m^{-1}$$

8 Literature

8.1

<https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/kvanta/sommerfelduv-model-atomu/franck-hertzuv-experiment>

8.2

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/FrHz.html>