

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 3

Zpracoval: Teodor Duraković

Naměřeno: 11. března 2024

Obor: F

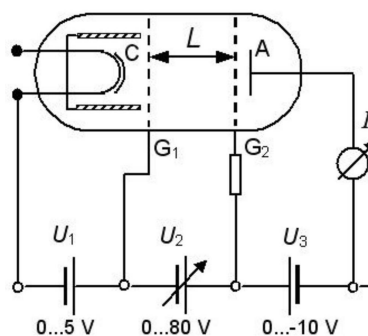
Skupina: Út 14:00

Testováno:

Úloha č. 5: Franck-Hertzův experiment

1. Zadání

1. Sledujte vliv nastavení experimentu na chování proudu procházejícího trubicí.
2. Změřte závislost anodového proudu na urychlujícím napětí a určete energii nejnižší excitační hladiny atomů vzácného plynu v trubicí.
3. Naměřte spektrum vyzařované z trubice Franck-Hertzova experimentu a určete, jaký plyn v trubicí září.



Obrázek 1: Schéma zapojení

2. Teorie

Franck-Hertzův experiment dokazuje existenci kvantových energiových hladin elektronů; při srážce elektronu s atomem může část kinetické energie být atomem pohlcena, čímž elektron atomu přechází do vyššího energiového stavu. Excitovaný atom se následně vrací do základního stavu za současné emise fotonů. Pro úspěšnou excitaci atomu musí být vzájemná energie částic vyšší, než nejnižší excitační energie atomu.

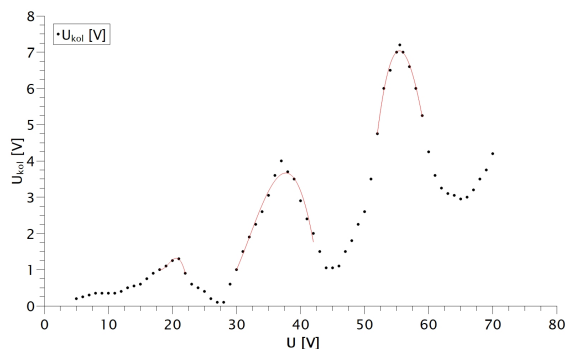
Při uspořádání experimentu dle obr. 1 jsou atomy bombardovány elektrony, jejichž kinetickou energii lze modulovat urychlujícím napětím U_2 , napětím U_1 experiment stabilizujeme. Před kolektorem se nachází mřížka a mezi těmito dvěma elementy je udržováno záporné napětí U_3 , které elektrony přibrzdí. Kolektorový proud s urychlujícím napětím roste pouze v určitém intervalu, poté dochází k jeho poklesu - elektrony totiž získají kinetickou energii rovnou excitační energii elektronových stavů atomu, dochází k excitačním srážkám a zbylá kinetická energie elektronů již není dostatečná ku překonání potenciálové bariéry mezi mřížkou a kolektorem.

3. Měření

Před samotným měřením je třeba nalézt optimální hodnoty stabilizačního napětí U_1 a brzdného napětí U_3 . Hledáme nastavení s co největšími rozdíly mezi lokálními maximy a minimy měřeného kolektorového napětí, aby bylo možné co nejlépe při analýze dat samotná maxima určit. Potenciálovou bariéru se snažíme udělat co největší, mj. i proto, že se při měření kolektorového napětí chceme pohybovat v rámci rozsahu měřícího přístroje. Příliš nízké brzdné napětí zároveň nedokáže efektivně zpomalit elektrony, které byly součástí nepružných srážek. Pro stabilizační napětí U_1 postupně napětí zvyšujeme a sledujeme získaná data. Jako optimální vyhodnocujeme hodnoty

$$U_1 = 2.1 \text{ V} \quad U_3 = 9.1 \text{ V}.$$

Závislost měřeného kolektorového napětí na urychlujícím při těchto hodnotách lze pozorovat na obrázku 2.



Obrázek 2: Závislost kolektorového napětí na urychlujícím napětí

Z měření získáváme maxima při napětí:

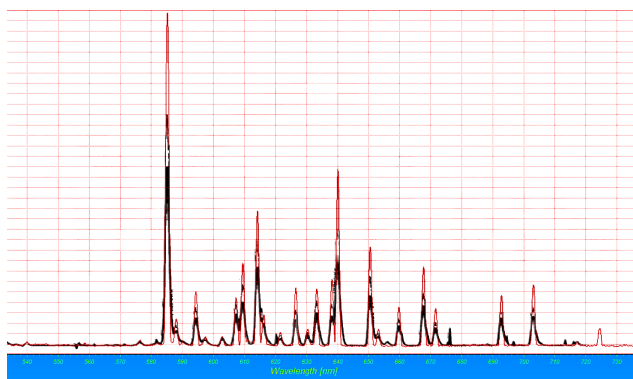
$$U_{max} = 20.61 \pm 0.01, 37.70 \pm 0.01, 55.44 \pm 0.01 \text{ V}$$

Z čehož získáváme hodnotu excitační energie:

$$E = 19.313 \pm 0.004 \text{ eV}, \quad (1)$$

což je blízké excitační energii helia a neonu.

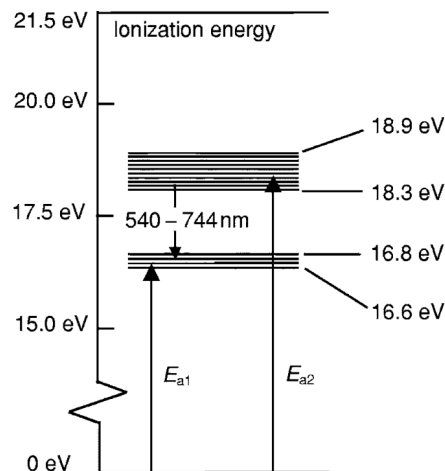
Zároveň při spektrální analýze získáváme naprosto jasné emisní spektrum neonu, jak lze pozorovat na obrázku 3.



Obrázek 3: naměřené emisní spektrum (červená) a spektrum neonu^[1] (černá)

V trubici je tedy jistě neon, excitační energie však neodpovídá nejnížší energii pro neon, ta je totiž 16.6 eV^[2]. Tuto odchylku lze vysvětlit tím, že není realizován pouze nejnížší excitovaný stav,

ale i stavy vyšší, jejichž energie se od prvního stavu liší o jednotky eV (obr. 5^[1]).



Obrázek 4: naměřené emisní spektrum

4. Závěr

Podařilo se nám naměřit a zpracovat data pro určení excitační energie, spektrografickou analýzou se podařilo utvrdit, že plynem v trubici je neon. Následně jsme excitační energie s vysvětlením, že není realizována pouze nejnížší e. hladina, neonu přiřadili.

5. Zdroje

1. Usachev, A & Zobnin, A & Shonenkov, A & Lipaev, A & Molotkov, V & Petrov, Oleg & Fortov, Valdimir & Pustynnik, M. & Fink, M & Thoma, M & Thomas, Hubertus & Padalka, G. (2018). Influence of dust particles on the neon spectral line intensities at the uniform positive column of dc discharge at the space apparatus "Plasma Kristall-4". Journal of Physics: Conference Series. 946.
2. Rapior, Gerald & Sengstock, Klaus & Baev, Valery. New features of the Franck-Hertz experiment. Am. J. Phys. 74, 423 American Association of Physics Teachers (AAPT), 2006.