

Franck-Hertzův pokus

Martin Schafer, Gymnázium Lesní čtvrť, Zlín enoras@tiscali.cz

Tomáš Melichar, SPŠ Příbram D-ler@seznam.cz

Jiří Horčíčka, Gymnázium Jeseník, chorchix@seznam.cz

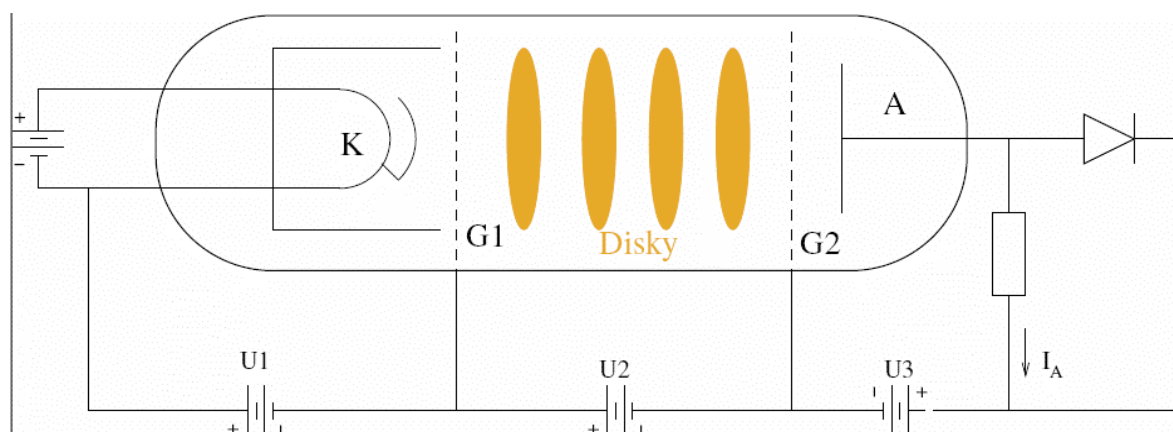
Abstrakt

Naším cílem bylo Potvrzení Bohrova předpokladu kvantování energie Cíl našeho projektu spočíval v experimentálním ověření kvantování energie v souladu s Bohrovým modelem atomu z roku 1913,čehož jsme dosáhly provedením Franck-Hertzova pokusu, které by měly být v souladu se spektroskopickými metodami

1 Úvod.

James Franck a Gustav L. Hertz, prokázali,že elektron, který je pohlčen atomem, musí mít určité minimální množství energie, aby mohl vyzářit světelné kvantum odpovídající energie. Franck a Hertz dále ukázali obecnou platnost Planckova vztahu. Tento pokus je realizován následujícím způsobem: Atomy nebo molekuly víceméně zředěného plynu jsou ostřelovány pomalými elektrony: přitom se pozoruje rozložení rychlostí elektronů před srážkou a po ní. Jde-li o pružnou srážku, tak rozdělení rychlostí se srážkou nemění. A z tohoto pokusu vyplývá, že ověřil kvantování energetických hladin atomu.

- Schéma přístroje:



2 Uspořádání Franck-Hertzova pokusu (apatura)

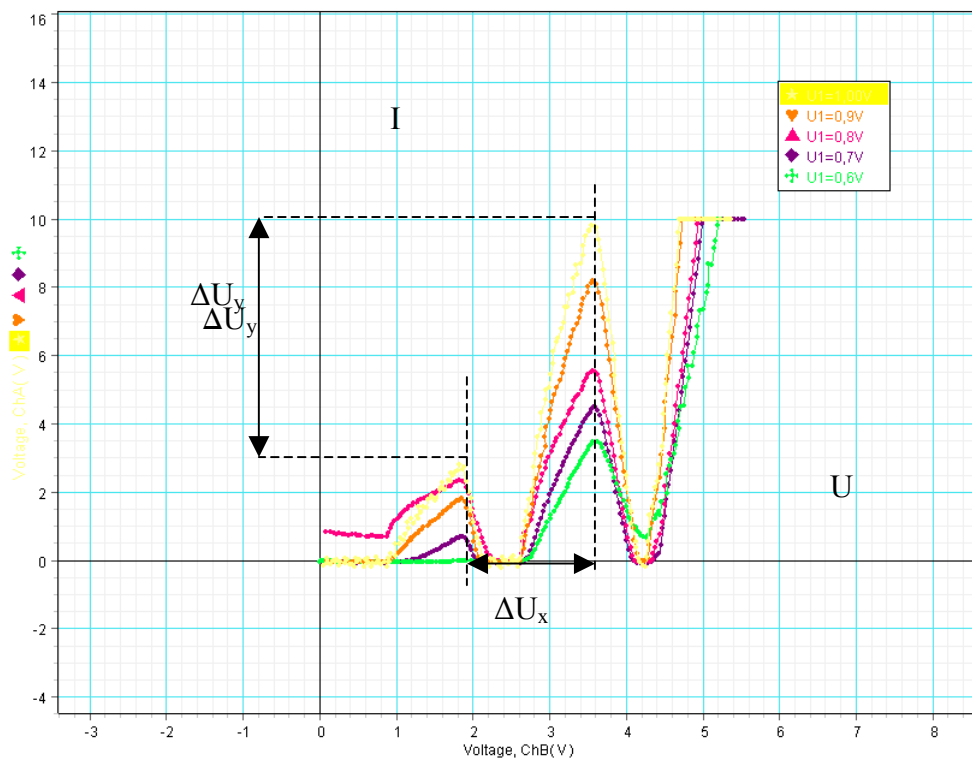
- Triodu T plnili Franck a Hertz parami různých prvků. Ze žhavené katody K vystupují elektrony a jsou unášeny elektrickým polem ke kladně nabitě mřížce M. Potenciálový rozdíl mezi katodou a mřížkou označme symbolem V . Na své cestě se elektrony srážejí s atomy par vyplňujících vnitřní prostor triody, přičemž tyto srážky mohou být jak pružné, tak i nepružné. Slabé brzdicí napětí mezi mřížkou a anodou dále způsobí, že jen elektrony s jistou minimální kinetickou energií dopadnou na anodu a přispějí k proudu tekoucímu galvanometrem A. Elektrony s menší kinetickou energií ke katodě nedospějí a jsou odvedeny mřížkovou větví
- Uspořádání a princip pokusu jsou prakticky totožné jako při pokusu s rtutí. Liší se pouze obsah trubice – NEON. Tuto variantu jsme proskoumali i prakticky.
 - Neon se samozřejmě nemusí zahřívat jako je tomu při pokusu s rtutí a zároveň poskytuje větší rozsah urychlovacího napětí (až 80V), a tak jsme si pokus oproti svým předchůdcům ulehčili. Vyšší rozsah urychlovacího napětí je dán vysokou stabilitou neonových atomů (plně obsazené hladiny 1s, 2s, 2p) a následovně vyšší ionizační energii (21,51 eV).
 - Mezi mřížkami jsme pozorovali nejprve jeden zářící kotouč, který se se vzrůstajícím napětím posouval směrem ke katodě. Jakmile se dostal přesně doprostřed mezi mřížky, začal se vytvářet další disk (elektrony začínají předávat energii dvěma atomům). Nakonec jsme dostali tři kotouče, což odpovídá počtu minim křivky závislosti anodového proudu na urychlovacím napětí, kterou jsme zaznamenávali na osciloskopu. Maxima nastala při celých násobcích přibližně 18 V. Elektrony urychlené tímto napětím měli tedy energii 18 eV. Jelikož je Neon vysoce stabilní, měl by tedy okamžitě vyzářit kvantum elektromagnetického záření o vlnové délce $\lambda = hc/E$. Dosadíme-li do vztahu dostaneme vlnovou délku ultrafialového záření. Během experimentu jsme ale pozorovali jasně červené záření odpovídající intenzivním čarám ve spektru Neonu (téměř celého spektra). Rozdíl byl způsoben tím, že Neon přešel do jiného energetického stavu než měl před srážkou, což koresponduje s Planckovo vztahem, který je dán takto.:

$$h\nu = E_m - E_n$$

- Což vlastně znamená že rozdíl jednotlivých energetických stavů je roven součinu Planckovy konstanty a frekvence dané elektromagnetické vlny.

3.Zpracování výsledků

- výsledkem měření bylo vyhotovení grafu, který nám vykazuje závislost mezi napětím a proudem, tzv. **Volt-Ampérovou charakteristiku**. Přičemž proud byl vložen na ose y a napětí v ose x. Z této závislosti vyčteme jisté kritické potenciály, které odpovídají okamžiku nepružné srážky, ke které dojde v momentě kdy urychlíme elektron napětím na minimální hodnotu v průměru 18 eV. Tato hodnota je totiž energie potřebná na přechod atomu Neonu na jinou energetickou hladinu. Důvod poklesu proudu je ten, že po srážce která se odehrává za mřížkou, nemá elektron dostatečnou energii k tomu aby doletěl k Anodě, a proto je posléze uzemněn. viz obrázek na straně 1. ΔU pak je rovna energii potřebné ke skoku Atomu Neonu na jinou energetickou hladinu (viz tabulka č.1).



- (tabulka č.1) odtud jsme vynesli do tabulky excitační energii, která je právě rovna ΔU_x

č. měření	U_1	ΔU_x	ΔU_y
1	1	17.29	63.02
2	0.9	17.64	31.69
3	0.8	17.17	37.33
4	0.7	17.29	34.16
5	0.6	17.29	34.16
průměr		17.336	33.93

- Pokud vstupní napětí mnohonásobně zvýšíme, až 30 krát, začneme pozorovat na detektoru zápornou výchylku proudu, která je dána právě ionizací. Tedy při srážce urychleného elektronu s atomem Neonu, při které elektron doslova vytrhne jiný elektron z obalu a stává se z něj iont, který se v detektoru objeví jako částice s obrácenou polaritou. Tento proud se nazývá jako Ionizační proud. Jeho hodnoty kterých nabýval v závislosti na napětí viz tabulka 2

Ionizační napětí			
číslo měření	1.ionizace	2.ionizace	3.ionizace
1	20.8	38.97	57.4
2	20.7	38.7	56.9
3	19.9	38.93	60.8
4	19.29	37.76	56.9
5	20.53	38.81	58.7
6	19.92	37.02	55
průměr	20.19	38.37	57.62

- (tabulka č.2) napětí, při kterých docházelo k nárůstu ionizačního proudu

Rozdíl energetických hladin v eV (2.e-1.e)	Rozdíl energetických hladin v eV (3.e-2.e)
18,17	18,43
18,00	18,20
19,03	21,87
18,47	19,14
18,28	19,89
17,10	17,98
Průměr	18,71
Odchylka	1,07

- (tabulka č.3) ionizační potenciál

5 Shrnutí

Franckův-Hertzův pokus nám dává důkaz o diskretním energetickém spektru atomů. Excitační potenciál atomu ^{20}Ne je $17,34 \pm 0,18 \text{ eV}$, který byl změřen jako rozdíl mezi energetickými hladinami - hodnota ΔU_x z tabulky č.1. Ionizační potenciál téhož atomu je $18,71 \pm 1,07 \text{ eV}$ – viz tabulka č.3. Tabulková hodnota excitačního potenciálu leží mezi $18,3$ a $19,5 \text{ eV}$ a z těchto hladin potom přehází na hladiny mezi $16,57$ a $16,79 \text{ eV}$, což pozorujeme jako spektrální čáry ve viditelném spektru. 1. ionizační potenciál je dle tabulky $21,6 \text{ eV}$.

Poděkování

Tímto chci poděkovat odborné konzultaci a kolegům se skvělou spoluprací

Reference:

- [1] ŠPOLSKIJ, E. V.: *Atomová fyzika I* Technicko-vědecké vydavatelství 1952, s. 258-26
- [2] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/FrHzL.html>
- [3] http://www.aldebaran.cz/famous/people/Franck_J.htm
- [4] http://www.aldebaran.cz/famous/people/Hertz_G_L.html