

Franck-Hertzův experiment

L. Augustovičová, Gymnázium Jírovcova, santpaulia@seznam.cz

L. Bandas, Gymnázium Podbořany, bandaslukas@seznam.cz

J. Havlík, Gymnázium Znojmo, jan@havlik.cz

T. Žák, Gymnázium Prostějov, ceremis@centrum.cz

Abstrakt

Potvrzení Bohrova předpokladu kvantování energie bylo počátkem 20. století pro fyziky tvrdým oříškem. Cíl našeho projektu spočíval v experimentálním ověření kvantování energie v souladu s Bohrovým modelem atomu z roku 1913. Nespektroskopicky toho lze dosáhnout provedením Franck-Hertzova pokusu. Naše výsledky by měly korespondovat s předpokládanými hodnotami již v minulosti provedeného experimentu.

1 Úvod

V roce 1911 Ernest Rutherford na základě experimentů s ostřelováním zlaté folie α částicemi objevil kladně nabitě jádro a nebylo obtížné vytvořit planetární model atomu. Podle klasické fyziky by měl elektron, obíhající kolem jádra, vlivem dostředivého zrychlení po určité době vyzářit veškerou svoji energii v podobě spojitého spektra elektromagnetického vlnění. Jeho „trajektorie“ by tak měla charakter spirály. (De Broglie svou dualistickou teorii vytvořil až o 10 let později, tudíž mohl Rutherford elektronu přisuzovat pouze korpuskulární charakter.)

Tomu neodpovídaly poznatky o čárovém charakteru spekter a stabilitě atomu. Teorii pro kvantování energie vytvořil až dánský fyzik Niels Bohr a experimentálně ji ověřili J.Franck a G.Hertz v letech 1913-1914.

Životopisy

Německý fyzik **Gustav Ludwig Hertz** (1887-1975) se stal profesorem na univerzitě v Halle (1925) a na Technische Hochschule v Berlíně (1928). V roce 1932 vymyslel metodu separování izotopů neonu. V letech 1945 až 1954 byl zapojený do výzkumů v Sovětském svazu. Po návratu do východního Německa v roce 1954 se stal profesorem na fyzikálním ústavu v Lipsku, jehož byl do roku 1961 také ředitelem.



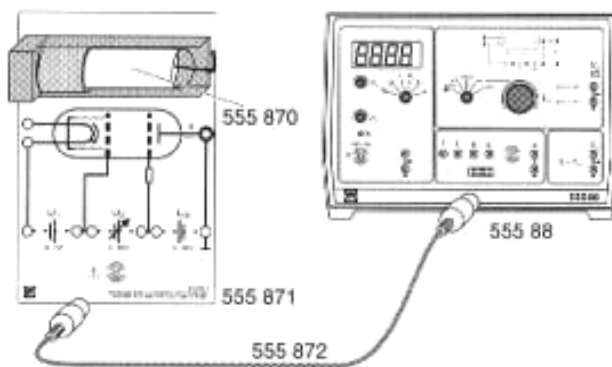
Americký fyzik německého původu **James Franck** (1882-1964) studoval na universitách v Heidelbergu a v Berlíně, kde v roce 1906 získal doktorát. Spolu s Hertzem pracovali na objevech, za které dostali Nobelovu



cenu. Vědci sledovali přeměny energie při srážkách atomů rtuti s elektrony, kterými tyto atomy ostřelovali. Franck byl jmenován profesorem fyziky na univerzitě v Göttingenu v roce 1920. Franck dále zkoumal fotochemii a atomovou fyziku včetně stanovení spektra energie uvolněné při disociaci molekul.

V roce 1925 obdrželi Franck a Hertz Nobelovu cenu za experiment, kterým potvrdili kvantovou teorii a dokázali platnost Bohrova modelu atomu.

2 Základní uspořádání a teorie experimentu



Tělo aparatury je tvořeno tetrodou plněnou neonem. Žhavená katoda emituje elektrony, které jsou urychlovány elektrickým polem ke kladně nabitě mřížce. Narážejí na atomy neonu, jejichž hmotnost je mnohonásobně větší a proto pružnou srážkou neztratí prakticky žádnou energii. Až do doby, kdy kinetická energie elektronů, ovlivněná rozdílem potenciálů elektrického pole mezi elektrodami, nedosáhne mezní

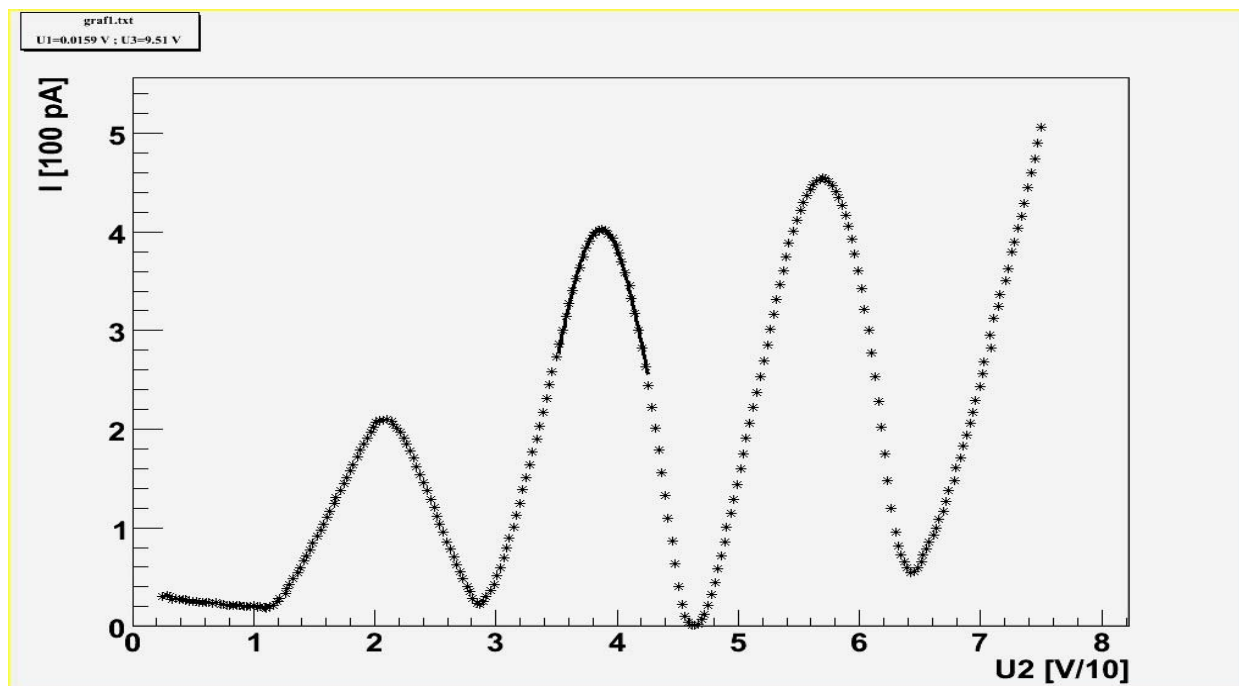
hodnoty. Od tohoto okamžiku nastanou srážky nepružné, to znamená, že elektron ztratí svou energii a předá ji atomu, který tak přejde do stavu s vyšší energetickou hladinou. Takto zpomalený elektron nemá již dostatek energie, aby překonal brzdný potenciál a dostal se až k anodě, což se projeví poklesem proudu, viz graf.

Hodnota energie potřebné k excitaci atomu do prvního excitovaného stavu se pro různé prvky liší. Pro neon přibližně 18,5 eV, pro rtuť 4,9 eV. Původní experimenty byly provedeny s parami rtuti. Její použití má však několik nevýhod. Elektrodu je nutné zahřát na teplotu přibližně 200°C pro vytvoření dostatečné koncentrace jejich par v elektronce. Dalším negativem je, že emise fotonů není pozorovatelná ve viditelné části spektra.

Pokud jsou elektrony urychleny dostatečným napětím, může během jejich letu dojít i k několika srážkám. Počet srážek v závislosti na napětí je patrný na periodické křivce voltampérové charakteristiky. Klasická fyzika by v rozporu s výsledky experimentu očekávala lineární průběh křivky. Bohrova předpověď s naměřenými daty plně koresponduje. Potvrdila se tím její správnost.



3 Výsledky



Voltampérová charakteristika

Nejmenší napětí potřebné k excitaci	1. excitace (V)	2. excitace (V)	3. excitace (V)
1. měření	20.824	38.675	56.778
2. měření	20.785	38.645	56.780
3. měření	20.785	38.700	56.800

Rozdíl energetických hladin v eV (2.e-1.e)	Rozdíl energetických hladin v eV (3.e-2.e)
17.851	18.103
17.860	18.135
17.915	18.100
Průměr	17.994
Odchylka	0.121

Nejmenší napětí nutné pro excitaci atomu do nejbližšího vyššího stavu je zachyceno v tabulce. Tyto hodnoty, nazývané „rezonanční potenciál“, jsou na x-ové souřadnici voltampérové charakteristiky patrné jako lokální maxima křivky. Neostrý pokles proudu je vysvětlen rozdílnou rychlostí emitovaných elektronů.

4 Shrnutí

Námi naměřené hodnoty odpovídají jak teorii, tak výsledkům již dříve provedených experimentů. Společně s měřením prvních excitačních energií byla změřena a vyhodnocena i energie ionizační. Nepřesnosti v naměřených hodnotách jsou dány malou citlivostí měřících přístrojů a vlivem dalších nepříznivých jevů. (viz problematika práce s operačním systémem Windows 98)

Poděkování

Děkujeme za finanční podporu, konzultace, přednášky a ochotu profesorů a asistentů za jimi věnovaný čas a úsilí.

Reference:

- [1] ŠPOLSKIJ, E. V.: *Atomová fyzika* Technicko-vědecké vydavatelství 1952, s. 258-264
- [2] ŠTOLL, I. *Fyzika mikrosvěta pro gymnázia* Prometheus Praha 2002, s. 69-75
- [3] HAKEN, H. – WOLF, H. C.: *The Physics of Atoms and Quanta* Springer 1994, s. 111-114
<http://fyzport.fjfi.cvut.cz/>
http://www.aldebaran.cz/famous/people/Franck_J.html
http://www.aldebaran.cz/famous/people/Hertz_G_L.html