

# Franck-Hertzův pokus

O. Honzl<sup>1</sup>, J. Křivánek<sup>2</sup>, P. Kupilík<sup>3</sup>, J. Seifrt<sup>1</sup>, J. Zůda<sup>4</sup>  
Supervizor: V. Pospíšil<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Podbořany, <sup>2</sup>Gymnázium Vídeňská Brno, <sup>3</sup>VOŠ a SPŠE Plzeň, <sup>4</sup>Gymnázium tř. Kpt. Jaroše Brno, <sup>5</sup>Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

## Abstrakt:

Franck-Hertzův pokus, jenž provedli pánové J. Franck a G. L. Hertz v letech 1912 až 1914, se stal jedním ze základních důkazů kvantové teorie. Roku 1925 za něj obdrželi Nobelovu cenu. Cílem našeho miniprojektu na Fyzikálním týdnu byla realizace pokusu a jeho teoretické vysvětlení.

## 1 Úvod

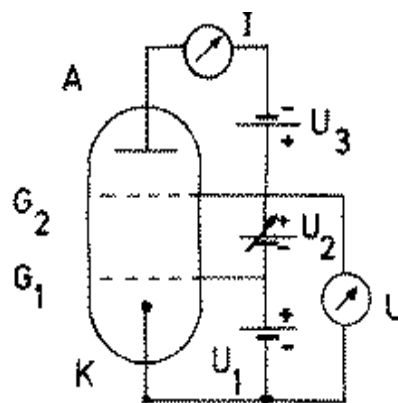
Na začátku dvacátého století se začaly formulovat první modely atomu předpokládající jeho složení z elektricky nabitých částí. Postupně se praktickými pokusy dokázala existence záporně nabitého obalu a kladně nabitého jádra (E. Rutherford). Další z teoretických návrhů, reagující na zjištění, že atomy vyzařují pouze diskrétní množství záření byl Bohrovův model atomu, jenž položil základy kvantové fyziky. Právě Franck-Hertzův pokus dokázal kvantování energie do přesně určených množství, čímž potvrdil platnost některých základních Bohrových postulátů.

## 2 Realizace

### Aparatura

Aparatura (viz obr. 1) s níž provedli J. Franck a G. L. Hertz svůj pokus a s níž jsme i my pouze s menšími obměnami provedli náš miniprojekt se skládá z následujících částí:

- *Trubice naplněná plynem* (rtuťovými parami v případě J. Francka a G. L. Hertze, v našem pokusu inertním plynem neonem)
- *Žhavicí katoda (K)* - žhavená napětím  $U_1 = 3,5\text{V}$ , díky tomu z ní vyletují volné elektrony
- *Mřížky ( $G_1$  a  $G_2$ )* – urychlují volné elektrony napětím  $U_2$  (nastavujeme je od 0 do 80V)
- *Anoda (A)* – Mezi anodou a mřížkou  $G_2$  je tzv. závěrné napětí ( $U_3$ ) o hodnotě 9V, které zpomaluje elektrony na ni dopadající a tvořící proud  $I$ , který měříme a zaznamenáváme



Obr. 1

## Fyzikální podstata

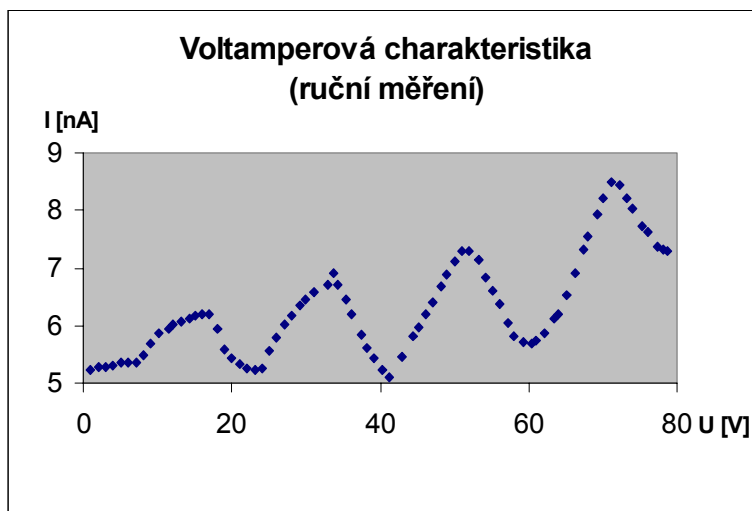
Necháme-li urychlený elektron srazit se s nějakým atomem (např. Hg nebo Ne) mohou nastat dva odlišné typy srážek – pružná a nepružná. Pokud je energie elektronů menší než je kvantum potřebné k excitaci (u Hg je to 4,89 eV, u Ne je to kolem 18 eV) dochází pouze k výměně kinetické energie a srážka je pružná. Jakmile však mají urychlené elektrony dostatečnou energii potřebnou pro zvýšení energetického stavu atomu, s nímž se srazí, dojde k nepružné srážce. Elektron odevzdá atomu určité kvantum energie, která se spotřebuje na excitaci elektronového obalu. Počet elektronů, které překonají závěrné napětí a doletí k anodě (viz. aparatura) se tím značně zmenší, což zaznamenáme prudkým poklesem proudu.

Při dalším zvětšování napětí  $U_2$  roste počet elektronů, které dosáhnou anody – tím hodnota proudu opět narůstá, až při dvojnásobku napětí potřebného k urychlení volných elektronů na rychlost umožňující jim excitovat atomy Ne (zhruba 36V), dojde k dalšímu poklesu proudu. Tento jev je způsoben tím, že elektron postupně excituje dva atomy Ne. Takto můžeme zaznamenat libovolný počet poklesů proudů, pokud dodáme potřebné napětí o hodnotě celočíselného násobku popsaného „kritického napětí“.

Vzniklé atomy s vyšším energetickým stavem jsou nestabilní a po asi  $10^{-18}$ s přecházejí jejich excitované elektrony do původních energetických hladin, což je doprovázeno vyzářením fotonů o vlnové délce odpovídající červenému světlu.

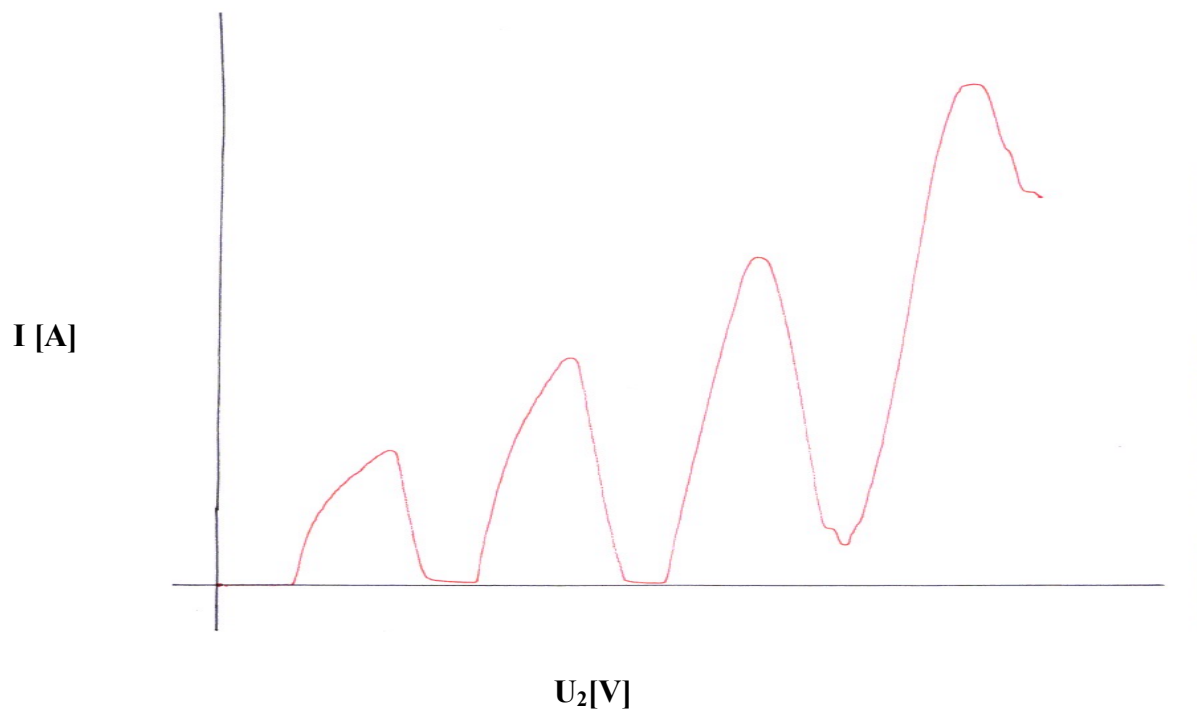
## 3 Výsledky měření

Naměřené hodnoty proudu  $I$  závisí na velikosti napětí  $U_2$ . Můžeme tedy tyto hodnoty nanést do grafu a sestavit tak voltampérovou charakteristiku:



Z Grafu vidíme, že hodnota proudu  $I$  se zvětšuje s rostoucím napětím  $U_2$  až do hodnoty, kdy začne docházet k excitaci atomů neonu. Prudké poklesy naměřeného proudu se v grafu pravidelně opakují po dosažení „kritických“ hodnot napětí  $U_2$  – tj. celočíselných násobků napětí potřebného pro dosažení excitační energie.

Kromě ručního zaznamenávání hodnot do grafu můžeme použitou aparaturu připojit k xy-zapisovači. Voltampérová charakteristika má pak následující průběh:



Poznámka: u výše uvedeného grafu nelze hodnoty na osách přesně popsat, nicméně jednotlivá minima lze stanovit na ose x v celočíselných násobcích přibližně 18V.

## Poděkování

Děkujeme všem organizátorům Fyzikálního týdne FJFI ČVUT, za laskavé propůjčení měřících přístrojů a vstřícnou pomoc při realizaci miniprojektu.

## Reference:

- [1] MATĚJKA K. *Vybrané analytické metody pro životní prostředí* ČVUT
- [2] ŠTOLL I. *Fyzika mikrosvěta* Prometheus 1995 69-71
- [3] NAVE C.R. *Franck Hertz experiment* <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/FrHzL.html>.
- [4] BEISER A., *Úvod do moderní fyziky*