

Dualismus vln a částic

Michal Farník, Petr Morávek, Jan Píro, Martin Valko, Marek
Wojtowicz

Gymnázium Vysoké Mýto, Gymnázium Christtiána Dopplera Praha, Gymnázium Christtiána
Dopplera Praha, SPSE Olomouc, Gymnázium Chomutov Mostecká 3000
michal.21@seznam.cz, eurea@seznam.cz, jpiro93@gmail.com, participle9@gmail.com,
maloyfr3@gmail.com

Abstrakt:

Naším úkolem je prozkoumat vlnově-částicové vlastnosti hmotných částic. Vycházíme z de Broglieho předpokladu, který říká, že hmotné částice se mohou chovat jako vlny. K našemu důkazu využijeme vlnových vlastností elektronů, jejich difrakce a interference po průchodu grafitem.

Úvod

V roce 1924 de Broglie navrhl, že pokud se světlo (vlna) chová také jako částice, mohou se některé částice naopak chovat jako vlny. Definoval vztah pro výpočet vlnové délky v závislosti na hybnosti částice. Jeho hypotéza byla následně roku 1927 dokázána C. Davissonem a L. Germerem při difrakci elektronů na krystalové struktuře Niklu. V našem experimentu budeme znovu ověřovat de Broglieho hypotézu a využijeme práci P. Debaye a P. Scherrera, kteří určovali mřížkovou konstantu krystalů pomocí difrakce rentgenového záření.

Experiment

Vycházíme z de Broglieho vztahu závislosti vlnové délky jakékoli hmotné částice na její hybnosti:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (1)$$

kde λ je vlnová délka, h je Planckova konstanta ($h = 6,22 * 10^{-34} Js$) a p je hybnost částice.

Hybnost vyjádříme z energetické rovnice elektronu:

$$E_{elektronu} = eU = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} \quad (2)$$

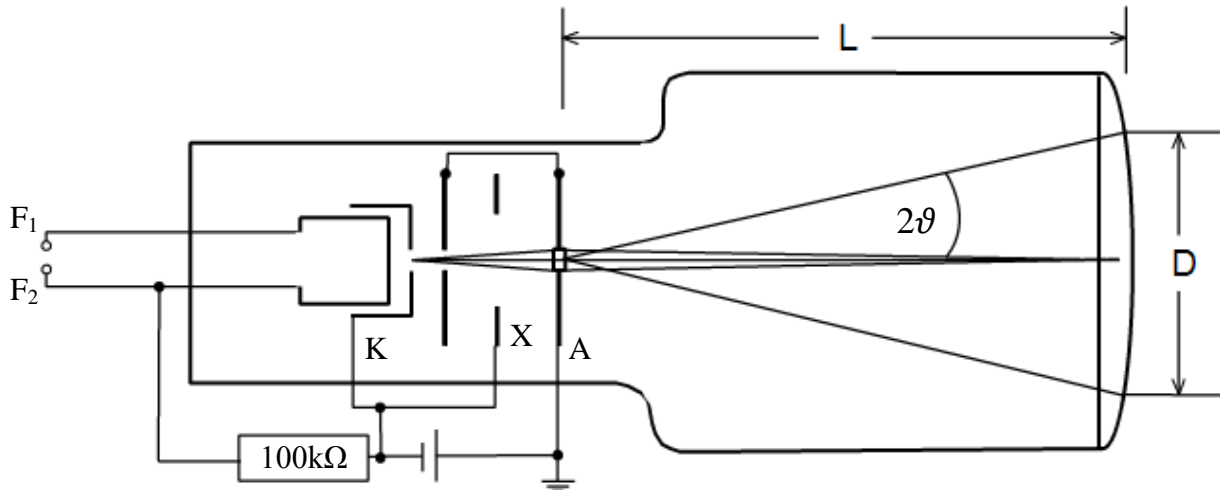
kde e je elementární náboj elektronu ($e = 1,6021 * 10^{-19}$), U je napětí urychlující elektron, m je hmotnost částice ($m = 9,1091 * 10^{-31}$), $\frac{1}{2}mv^2$ je vzorec pro výpočet kinetické energie a $\frac{p^2}{2m}$ je dosažení potřebné hybnosti. Následně si vyjádříme hybnost:

$$p = \sqrt{2eUm} \quad (3)$$

Po následném dosazení do vztahu (1) získáme rovnici pro výpočet vlnové délky elektronu:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2eUm}} \quad (4)$$

K našemu experimentu jsme využili elektronovou difrakční lampu (obr. 1).



Obr. 1 Schématický náčrt zobrazující difrakční úhel

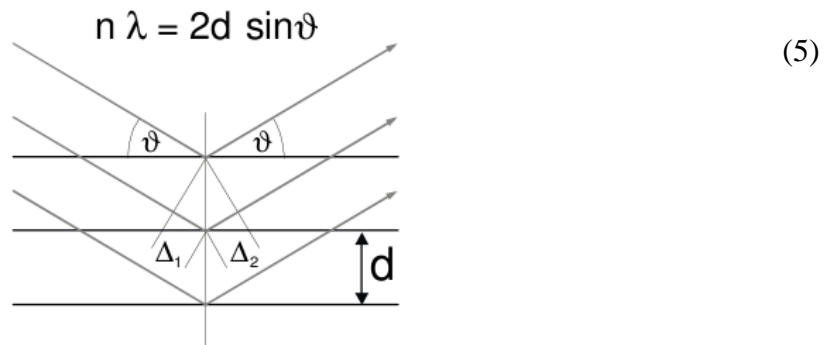
F_1, F_2 – zapojení žhavicí katody

K – Katoda

X – fokusovací elektroda

A – anoda s polykrystalickým grafitem

Při experimentu se na katodě emitují elektrony, které prochází soustavou urychlovacích a fokusovacích elektrod. Nakonec dopadají na několik vrstev grafitu, kde se odráží pod úhlem ϑ , přičemž tento úhel musí splňovat Braggovu podmínku.



Obr. 2 Braggova podmínka

Následně dopadají na fluorescenční stínítko kde vytvářející 2 zřetelné soustředné kruhy, jsou 2, protože grafit má 2 mřížkové konstanty. Pomocí Braggova vztahu a dříve odvozených vztahů vyjádříme vlnovou délku:

$$\lambda = \frac{dD}{2L} \quad (6)$$

Kde λ je vlnová délka, d je mřížková konstanta, D je průměr kruhu na stínítku a L je vzdálenost grafitu od stínítka.

Výsledky

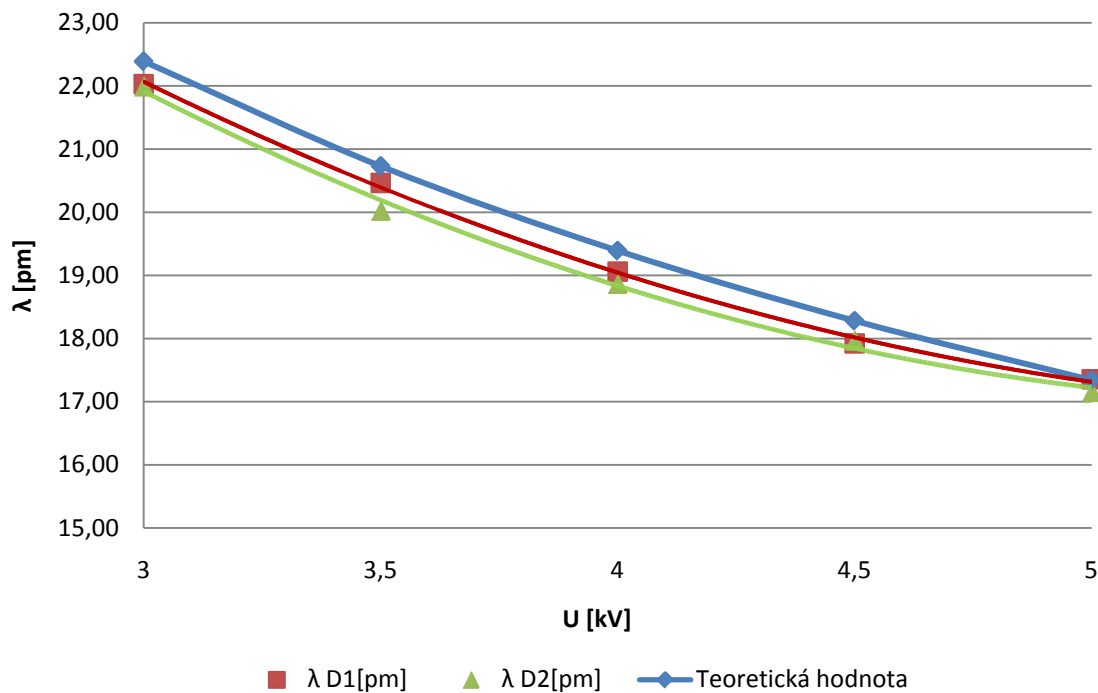
V tabulce 1 jsou naměřené hodnoty průměrů difrakčních kruhů D1 a D2. V tabulce 2 jsou vypočtené hodnoty vlnových délek. λ teor. dle rovnice (1), λ D1 a λ D2 jsou vlnové délky odpovídající naměřením průměrům difrakčních kruhů D1 a D2. Závislost vlnových délek na napětí je na obr. 3.

Tab. 1 Měřené průměry difrakčních kruhů

U[kV]	D1[mm]	D2[mm]
3	27,925	48,28
3,5	25,94	43,96
4	24,16	41,42
4,5	22,72	39,44
5	22	37,66

Tab. 2 vypočtené hodnoty vlnových délek

U[kV]	λ teor. [pm]	λ D1[pm]	λ D2[pm]
3	22,39	22,03	21,99
3,5	20,73	20,46	20,03
4	19,39	19,06	18,87
4,5	18,28	17,92	17,97
5	17,34	17,36	17,16



Obr. 3 Závislost vlnových délek na napětí

Shrnutí

Naměřené hodnoty se po přepočítání přibližují velmi blízko teoretickým hodnotám a poukazují na relativně velkou přesnost našich měření.

Získaná data taktéž potvrzují de Broglieho myšlenky o dualistické povaze vln a částic, výsledky též poukazují na univerzálnost Planckovy konstanty pro použití nejen na fotony, ale i na jiné částice hmoty.

Poděkování

Na konec bychom rádi poděkovali garantovi našeho miniprojektu, členům realizačního týmu týdne vědy na FJFI a všem ostatním, kteří se jakkoli podíleli na organizaci a podpoře týdne vědy

Reference:

[1] Dualismus vln a částic – návod (Leybold)

http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/dualizmus_vln_a_castic_leybold.pdf

[2] Dualismus vln a částic – návod (P. Navrátil)

<http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/main.pdf>