Dualismus vln a částic

Jan Hevera[1], Jan Horáček[2], Jan Jerhot[3]
[1]SPŠ strojní a elektrotechnická, České Budějovice; hevera.j@seznam.cz
[2]Gymnázium, Brno, Vídeňská 47; jan.horacek@seznam.cz
[3]SPŠ strojní a elektrotechnická, České Budějovice; jerrydog@seznam.cz

Abstrakt

Roku 1924 Louise de Broglie formuloval hypotézu, podle níž má vlnově-částicový chrakter nejen foton, jak již Einstein formuloval, nýbrž každá elementární částice. Našim cílem je experimentálně potvrdit tuto de Broglieho hypotézu.

1 Úvod

De Broglie zobecnil již existující vztah pro Einsteinův fotoefekt tak, aby platil pro všechny částice. Výsledkem jeho úvahy byl následující vztah:

$$\lambda = \frac{h}{\vec{p}} \tag{1}$$

λ - vlnová délka částice
h - Planckova konstanta
p - hybnost částice

Pro ověření platnosti vztahu (1) provedeme experiment:

2 Princip experimentu

V praxi hypotézu ověříme pomocí elektronů, kde za hybnost částice ($\vec{p}$) dosadíme vztah vypočtený z kinetické energie elektronu:

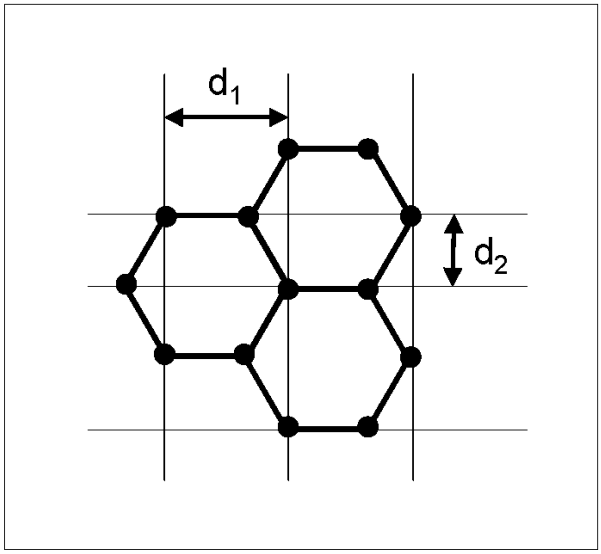
$$p = \sqrt{2m_e q_e U} \tag{2}$$

m_e - hmotnost elektronu
q_e - náboj elektronu
U - urychlovací napětí

Dozazením vztahu (2) do vztahu (1) dostaneme:

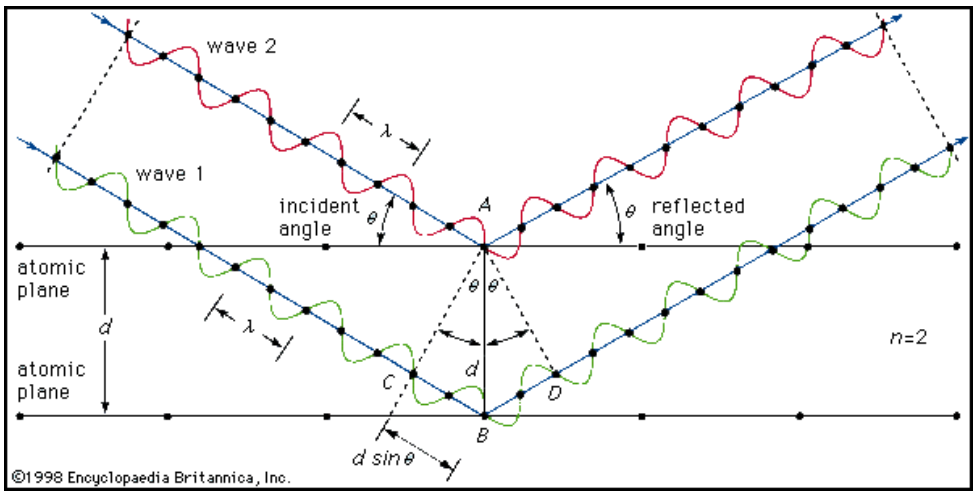
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e q_e U}} \tag{3}$$

Vlnový charakter elektronů budeme ověřovat pomcí odrazu elektronů od polykrystalu grafitu, kde využijeme Braggovy podmínky v následujícím znění:



Obrázek 1: polykrystal grafitu
[2]

[1] Z vlastností krystalů vyplývá, že lze vždy najít rovnoběžné roviny, ve kterých leží všechny atomy. Vezměme paprsek s vlnovou délkou λ, který bude svírat s touto rovinou úhel θ. Paprsek se srazí s atomy krystalu a odrazí se pod stejným úhlem θ. Potom může interferovat s jiným paprskem svírajícím stejný úhel θ, pouze pokud oba paprsky po odrazu budou kmitat se stejnou fází. To nastane, pokud dráhový rozdíl vlivem odrazu bude celočíselným násobkem vlnové délky λ.



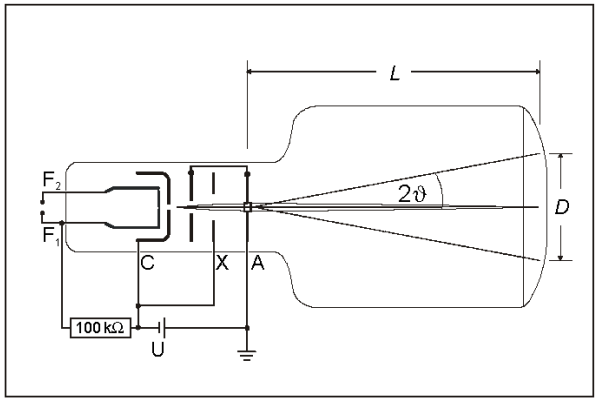
Obrázek 2: odraz elektronů od roviny krystalu grafitu
[4]

Odtud tedy vztah:

$$n\lambda = 2d_x \sin\theta \tag{4}$$

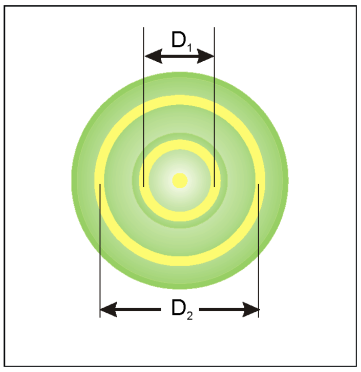
n - celočíselný násobek vlnové délky
$x \in 1$ - odpovídá d_1
$x \in 2$ - odpovídá d_2

3 Použitá aparatura



Obrázek 3: použitá aparatura
[2]

Přivedením proudu na katodu C dojde k emitaci elektronů, které jsou urychlovány několika elektrodami X až do momentu, kdy narazí do povrchu polykrystalu na anodě A. Zde dojde k odrazu elektronů pod různými úhly. Čím víc odražené elektrony nesplňují Braggovu podmínku, tím rychleji interferují. Ostatní elektrony pokračují ve svém letu na stínítko, kde excitují atomy luminoforu a ty vyzaří světlo ve viditelném spektru, které můžeme pozorovat.



Obrázek 4: obraz na stínítku
[2]

Jelikož se polykrystal grafitu skládá z šestiúhleníků, jejichž atomy jsou orientovány podle vzdáleností d_1 a d_2 (viz obr. 1), dojde ke vzniku dvou kružnic.

Průměr zobrazených kružnic určíme podle vzorce pro výpočet podstavy kužele (viz obr. 3):

$$\tan 2\theta = \frac{D}{2L} \tag{5}$$

D - průměr podstavy kužele, resp. průměr zobrazené kružnice
L - vzdálenost polymeru od stínítka

Pro malé úhly θ použijeme aproximaci:

$$\tan 2\theta \approx 2 \sin \theta \tag{6}$$

Vztah (4), kde si za n zvolíme hodnotu 1, dosadíme do vztahu (5) podle (6):

$$\lambda = d * \frac{D}{2L} \tag{7}$$

Do vztahu (7) dosadíme za λ vztah (3):

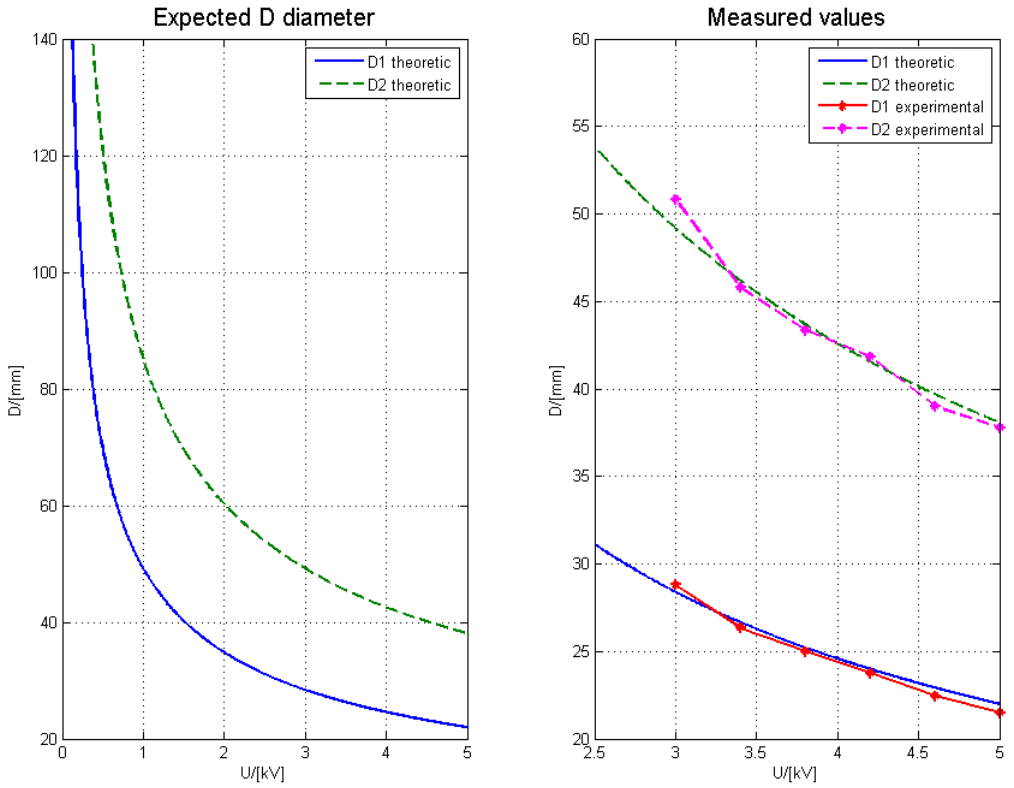
$$\frac{h}{\sqrt{2m_e q_e U}} = d * \frac{D}{2L} \tag{8}$$

4 Měření

Ze vztahu (8) jsme si vzdálenosti D_1 a D_2 vyjádřili jako funkci napětí:

$$D_x = \frac{2hL}{d_x \sqrt{2m_e q_e U}} \tag{9}$$

Ze vztahu je patrné, že změnou napětí měníme průměr kružnice. Na základě této skutečnosti jsme provedli měření poloměrů D_1 a D_2 v závislosti na známém napětí U.



Obrázek 5: měření

5 Závěr

Ačkoliv nepřesnost měření způsobená zakřivením stínítka zkreslovala výsledky, naměřené hodnoty velmi dobře odpovídají hodnotám předpokládaným.
Jak již bylo v roce 1927 dokázáno, i my jsme zjistili, že elektrony se chovají jako vlnění, i jako částice - potvrdili jsme tedy dualistický charakter hmoty.
Tato skutečnost prakticky položila základy dnešního chápání mikrosvěta - kvantové mechaniky, jež má dnes a bude mít i v budoucnu pro lidstvo dalekosáhlé následky.

Poděkování

- Ing. Jaroslavu Adamovi za trpělivost a odhodlání
- organizátorům TV@J za možnost tvorby vlastního článku a za prostředky pro jeho vytvoření

Reference

[1] P.Navrátil *Dualismus vln a částic*
http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/main.pdf

[2] Leybold *Atomic and Nuclear Physics*
http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/dualizmus_vln_a_castic_leybold.pdf

[3] Phywe *Electron diffraction*
http://fyzport.fjfi.cvut.cz/AtomoveJaderne/Dualismus/LEP5113_00.pdf

[4] Encyclopedia Britannica *Bragg law*
http://www.britannica.com/EBchecked/topic/76973/Bragg-law

[5] J. Reichl, M. Všetička *Kvantová mechanika - De Broglieho hypotéza*
http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/728-de-broglieho-hypoteza

[6] F. Horák, J. Pecina, J. Bárdoš *Dualismus vln a částic - Sborník příspěvků TV@FJFI 2010*