

Vlnové vlastnosti částic

M. Gren^{*}, M. Hejtmánek^{**}

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

Břehová 7

115 19 Praha 1

*mgren@centrum.cz, **prejetakocka@seznam.cz

Abstrakt

Cílem této práce je seznámení se základními principy kvantové mechaniky, tj. především osvětlení pojmu „korpuskulárně – vlnový dualismus“.

1 Úvod

Zabývat se jevy, které popisuje kvantová mechanika, je velmi odvážné, ale zároveň představuje velkou výzvu. Vždyť tato oblast moderní fyziky ještě zdaleka není uspokojivě popsána. Fyziky z celého světa nepochybně fascinuje ještě jedna věc – ačkoliv jsou kvantové jevy pozorovatelné v zemských podmínkách, tváří se, jako by probíhaly úplně na jiné planetě, úplně v jiném čase, podléhaly úplně jiným přírodním a fyzikálním zákonům. Jako by si vědci nikdy nemohli být jisti, zda náhodou neblouzní, nejsou přepracovaní, nebo to, co vychází ze složitých matematických vzorců, se skutečně zakládá na pravdě. Dalo by se s nadsázkou říci, že nejdůležitější je zahodit zdravý rozum a vnímat to, co se děje bez spojitosti s „běžným“ okolním světem.

2 Teorie podstaty světla

Teorie podstaty světla je základní otázkou kvantové fyziky, z níž pak vyplývají další poznatky. Již v 17. století, kdy se lidé začali více zajímat o vědu, se vytvořily 2 různé teorie, které vysvětlovaly podstatu a šíření světla. Autoři teorií byli významní fyzikové té doby.

Teorie korpuskulární

Zastáncem korpuskulární teorie byl Isaac Newton, předseda Královské společnosti v Londýně. V souladu se svým dílem *Philosophiae naturalis principia mathematica*, kde popsal své slavné pohybové zákony, tvrdil, že světlo je proud částic, které se chovají podle principů klasické mechaniky. Je podivuhodné, že ačkoliv byla nejprve tato teorie v 19. století zavržena, moderní generace fyziků v čele s Albertem Einsteinem a Maxem Planckem se k ní obloukem zase vrátili.

Teorie undulační

S Newtonem ostře nesouhlasil jiný významný fyzik, Holanďan Christian Huygens. Naopak prohlašoval, že světlo vykazuje vlnový charakter, že jde o vlnění jakéhosi éteru. Tato teorie později zvítězila a byla uznána za správnou, s tou úpravou, že světlo je vlnění elektromagnetické a s éterem nemá pranic společného.

Jenže...kvantová fyzika dala na tuto otázku odpověď, za kterou by se nemusela stydět ani chytrá horákyne. Došlo k rehabilitaci Newtonovy teorie, světlo se totiž chová *někdy jako vlna a někdy zase jako proud částic*...důkazem vlnového chování je difrakce světla na dvou štěrbinách (Youngův pokus), částicového pak například rozptyl fotonů na uhlíkové destičce (Comptonův jev).

3 Vlnové vlastnosti částic

Kvantová mechanika dává prostor fantazii a zdánlivě šíleným nápadům, a tak není divu, i když to bezesporu byla velmi odvážná myšlenka, že někoho napadlo hledat naopak u částic vlnové vlastnosti. Tím někým byl francouzský šlechtic a teoretický fyzik Louis de Broglie. Přiřadil částicím vlnovou délku a frekvenci vztahy

$$f = \frac{E}{h} = \frac{mc^2}{h} \quad \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad \text{kde } h \text{ je Planckova konstanta}$$

Tímto dokázal vysvětlit řadu do té doby nevysvětlených pozorovaných jevů. Jak je vidět z pravého vzorce, hmotnost m ve jmenovateli způsobí, že vlnové vlastnosti se u hmotnějších těles (tj. těch, které jsou součástí „našeho světa“) nemají šanci projevit. Právem byla Brogliemu udělena v roce 1929 Nobelova cena.

4 Davissonův – Germerův pokus

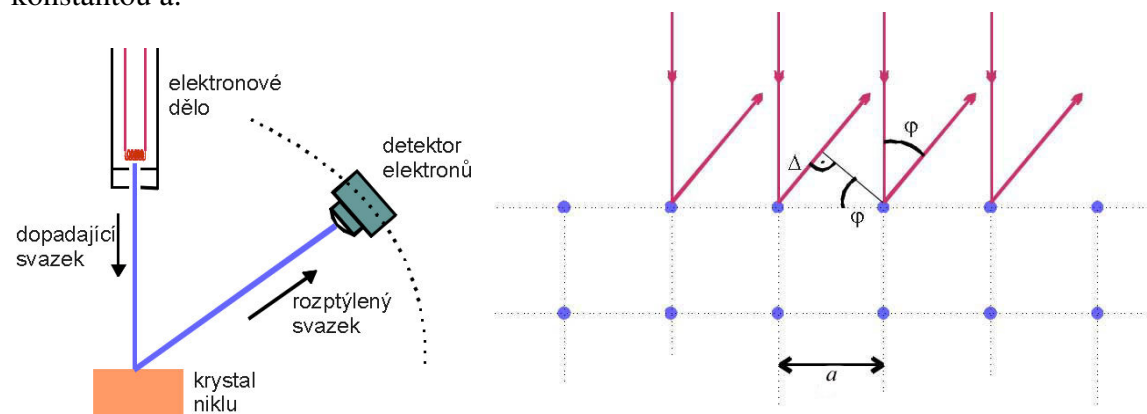
Davissonův – Germerův pokus je jedním z nejznámějších a nejvýznamnějších pokusů, které dokazují vlnovou povahu hmotných částic, konkrétně elektronů. Jde vlastně o paralelu s výše zmíněným Youngovým pokusem. Elektronové dělo vypouští svazek elektronů, který dopadá na krystalovou mřížku monokrystalu niklu. Odražené elektrony jsou detekovány v závislosti na úhlu φ . Vytvářejí se interferenční maxima, pro něž platí

$$|AB| = a \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$$

Jestliže jsou elektrony urychlovány napětím U , potom můžeme jejich kinetickou energii a Brogliovu vlnovou délku vyjádřit jako

$$E_k = \frac{p^2}{2m} = e \cdot U \quad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$$

Při napětí 50 V pak Davisson s Germerem zjistili, že se vlnová délka shoduje s mřížkovou konstantou a .



Pozn.: Debbye – Schererova difrakce, tedy pokus, který jsme na Fyzikálním semináři prováděli, byl čistě demonstrační, avšak založen na stejném principu, jako Davissonův – Germerův. Při Debbye – Schererově difrakci se využívá odrazu

elektronů na krystalové mřížce uhlíku, která je však tak tenká, že jí svazky projdou. Na stínítku je pak dobře patrný difrakční obrazec, který dokazuje vlnové vlastnosti elektronů.

5 Shrnutí

Pokus, který jsme prováděli, se velmi zdařil, interferenční maxima byla krásně vidět. Doufáme, že jsme čtenáře navnadili k dalšímu studiu této tematiky, neboť to bylo naším cílem.

6 Poděkování

Poděkování patří všem, kdo pozorně shlédli naši prezentaci a panu Ing. Vojtěchu Svobodovi, Csc. za nápad a pomoc při přípravě pokusu.

Reference:

- [1] P. TIPLER, G. MOSCA, *Physics for scientists and engineers*
- [2] <http://www.pef.zcu.cz/pef/kof/cz/st/dp/horsky/html/2daviss.htm>
- [3] <http://www.sweb.cz/AstroNuklFyzika/JadRadFyzika0.htm>