

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ



Kvantová a laserová elektronika
2020/2021

Werner Karl Heisenberg

Obsah

1	Životopis	1
2	Štúdium	1
3	Heisenberg a nacistické Nemecko	3
3.1	Prvý jadrový reaktor	3
4	Zásadné objavy	3
4.1	Heisenbergov princíp neurčitosti	3
4.2	Fyzikálny a matematický popis	4
5	Ocenenia	4
5.1	Známe citáty	5

1 Životopis

Karl Werner Heisenberg sa narodil 5.12.1901 vo Würzburgu v rodine gymnazijsného profesora, kde vyrastal s dvoma sestrami a kde chodil do školy. Neskôr sa celá rodina prešťahovala do Mníchova, kde Werner študoval na Maximiliánovom gymnáziu. V jeho štúdiu ho upútala najmä matematika, klasická latinčina a gréčtina [5].

Fyzikálny svet dnes popisujú dve základné teórie: všeobecná teória relativity a kvantová fyzika. Za intelektuálnym výdobytkom nového pohľadu na svet molekúl, atómov, elementárnych častíc je podpísaný aj Werner Karl Heisenberg. Stal je jedným z najmladších nositeľov Nobelovej ceny. Formuloval matematický aparát maticovej formy kvantovej mechaniky (1925), vyjadril relácie neurčitosti v mikrosvete, navrhol model štruktúry atómového jadra skladajúceho sa z protónov a elektrónov a zdôvodnil teóriu jadrových síl. Usiloval sa aj o jednotnú teóriu poľa a skúmal filozofické problémy prírodných vied. Od otca získal záujem o antickú filozofiu. V gymnáziu spoznal účelnosť matematiky i aplikovateľnosť fyzikálnych poznatkov. Na univerzite sa učil od profesora Sommerfelda a N. Bohra, ktorí prispeli k jeho presvedčeniu, že patrí atómovej fyzike. Max Born mu umožnil spoluprácu s poprednými fyzikmi (Franck, Dirac, Oppenheimer, Gamow, Fermi, Pauli). Heisenberg sa odvŕačil ‘maticovou mechanikou’ a ďalšími podnetmi pre fyzikálny svet. Po druhej svetovej vojne viedol nukleárny výskum v ženevskom stredisku CERN [1].



Obr. 1: Werner Heisenberg [6]

Heisenberg spoznal, že atómové procesy sa nedajú znázorniť mechanickými modelmi rovnako ako je to možné pre skutočnosti v makrokozme. Pri sledovaní atómu pozorujeme frekvenciu a intenzitu vyžarovaného svetla. Nepatrny atóm sa stal nenázorným abstraktným útvarom fyzikálnych rovníc, matematicko-symetrickým tvarem, mikrosvetom, ktorý je určitým spôsobom maskou, ktorú na seba berie energia, keď sa chce stať hmotou. Heisenberg to vyjadril slovami:

Mal som pocit, že sa pozérám cez povrch atomárnych javov na základ pozoruhodnej vnútornej krásy, ležiaci hlboko pod nim a dostal som takmer závrat pri myšlienke, že mám sledovať túto dokonalosť matematických štruktúr, ktoré príroda predo mnou rozostrela.

2 Štúdium

Už pri stredoškolsom štúdiu na gymnáziu, si vyučujúci najmä matematiky a fyziky všimli Heisenbergov mimoriadny talent a nadanie. V roku 1920 Werner Heisenberg zahájil štúdium na vysokej škole v Mníchove a velmi skoro na seba so svojim nadaním upútal pozornosť priekopníka atómovej fyziky **prof. Arnolda Sommerfelda**. V roku 1920 sa stal odborným asistentom vynikajúceho matematika a fyzika **Maxa Borna** na univerzite v Göttingenu. V roku 1923 sa stretol s **Albertom Einsteinom**, čo Heisenberg považoval za zásadný impulz vo svojej ďalšej vedeckej karíere. V roku 1923 získal doktorát z hydrodynamiky a v nasledujúcom

roku 1924 dokončil **habilitačnú prácu** nutnú k výuke na vysokých školách. Obhajobu tejto práce je možné vidieť na obrázku 3. V roku 1925 sa osobne stretol na Ústave teoretickej fyziky v Kodani s **Nielsom Bohrom**. V Júni 1925 vydal vedeckú publikáciu v ktorej objasnil princíp nekomutatívneho násobenia a ihned o neho prejavili záujem najprestížnejšie univerzity z celej Európy. V septembri 1925 vyšla v spolupráci s **Pascualem Jordanom** prvá vedecká publikácia o kvantovej mechanike *Zur Quantenmechanik*¹. V Novembri 1925 vyšla známa vedecká publikácia „*trocch mužov*”, Borna, Heisenberga a Jordana *Zur Quantenmechanik II*², ktorá je základným pilierom teórie kvantovej mechaniky. Nasledujúci rok, sa stal profesorom na významnej univerzite v Göttingene, ktorú je možné vidieť na obrázku 2 [7].



Obr. 2: Univerzita v Göttingenu [2]



Obr. 3: Werner Heisenberg pri obhajobe svojej habilitačnej práce [8]

¹<https://link.springer.com/article/10.1007/BF01328531>

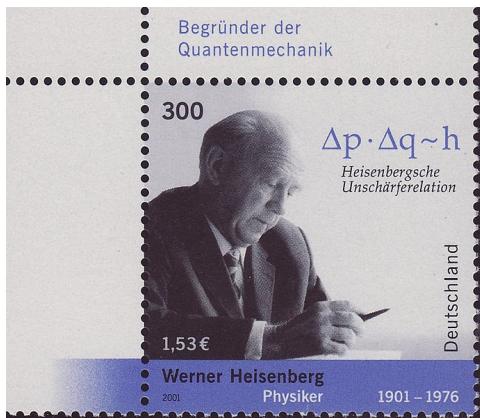
²<https://link.springer.com/article/10.1007/BF01379806>

3 Heisenberg a nacistické Nemecko

Aj keď Heisenberg nebol presvedčený nacista, odmietol emigrovať pred príchodom druhej svetovej vojny z rodného Nemecka. Behom druhej svetovej vojny bol hlavnou osobou nemeckého projektu na zstrojenie jadrového reaktora a jadrovej zbrane. Pokial sa jedná o prácu nemeckých atómových vedcov, bola ich činnosť desiatky rokov líčená tak, že atómovú bombu by aj mohli vyrobiť, ale nemeckí vedci tento projekt zámerne sabotovali. Túto skutočnosť chcel Heisenberg vysvetliť v Kodani svojmu dlhorocnému spolupracovníkovi Nielsovi Bohrovi. Pri tomto rozhovore sa však Heisenberg stretol so zásadným neporozumením a Bohr sa nad ponukou možnosti spolupráce s nacistami úplne zhrozil. Od tohto momentu sa viac nestretli ani si nepísali [7].

3.1 Prvý jadrový reaktor

Heisenberg bol súčasťou *Uranverein*³, v preklade uránového spolku, ktorý bol považovaný za jeden z najdôležitejších a najvýznamnejších vedeckých spolkov 20. storočia. Pod vedením Heisenberga bol v Lipsku zostavený pravdepodobne prvý funkčný pokusný jadrový reaktor na svete. Pozostával z gúľ, ktoré boli naplnené uránom, parafínom a ľažkou vodou, v týchto gulách prebiehalo obmedzené jadrové štiepenie. V júni 1942 však reaktor z dopisal nezistených príčin explodoval [7].



(a) Heisenberg na nemeckej poštovnej známke [7]



(b) Replika experimentálneho jadrového reaktora [8]

Obr. 4: Obrázok zachytávajúci Wernera Heisenberga a jeho experimentálny jadrový reaktor

4 Zásadné objavy

Werner Heisenberg má na svedomí mnohé objavy. Navrhol model štruktúry atómového jadra skladajúceho sa z protónov a elektrónov, zdôvodnil teóriu jadrových síl, formuloval matematický aparát maticovej formy kvantovej mechaniky ako bolo spomenuté v 1. Jeho skutočne najdôležitejší objav tvoril **princíp neurčitosti**, ktorý bude podrobne opísaný v podsekcii 4.1.

4.1 Heisenbergov princíp neurčitosti

V roku 1927 odvodil Heisenberg jednu z foriem princípu neurčitosti, z ktorého vyplýva, že súčin neurčitosti polohy telesa a neurčitosti jeho hybnosti je väčší, nanajvýš sa rovná Planckovej konštantе. To znamená, že je principiálne nemožné súčasne zmerať polohu aj hybnosť v tom istom čase s úplnou presnosťou. Čím presnejšie meriame jednu veličinu, tým menej presne určíme druhú. Proces merania má teda svoje principiálne medze.

Pochopením Heisenbergovho princípu neurčitosti vieme, že nemôžeme v mikrosvete predvídať niektoré javy s istotou, iba s určitou pravdepodobnosťou. Mikrofyzikálne procesy nemožno úplne objektivizovať, pretože

³<http://large.stanford.edu/courses/2018/ph241/turchetta1/>

každé pozorovanie zasahuje do priebehu dejia. Prísna príčinnosť je nahradzovaná štatistickou pravdepodobnosťou. Svet elementárnych častíc nemá pre nás presnú určenosť na svoje jednotlivé prvky. Buď príčinnosť bez priestoru a času alebo priestor a čas bez príčinnosti. Častice a vlny chápeme ako rozdielne momenty matematizácie experimentu [1].

4.2 Fyzikálny a matematický popis

Matematickým vyjadrením základných zákonov mechaniky, napr. Newtonovho zákona sily, sú diferenciálne rovnice. Ich platnosť možno overiť tak, že sa z nich vypočíta priebeh dejia pri daných počiatočných podmienkach a výsledok výpočtu sa porovná s pozorovaním. V prípade pohybu hmotného bodu v známom silovom poli sú počiatočnami podmienkami jeho počiatočná poloha a počiatočná rýchlosť alebo počiatočná hybnosť. Werner Heisenberg ako prvý poznal, že takéto overovanie fyzikálnych zákonov v atómovej fyzike zásadne nie je možné. Možno sa o tom presvedčiť nasledujúcou úvahou [3]:

Vo fyzikálnej optike sa dokazuje, že dva body v predmetovej rovine mikroskopu možno od seba rozlíšiť len vtedy, ak ich vzájomná vzdialenosť Δx sa rovná alebo je väčšia ako vlnová dĺžka λ k pozorovaniu použitého svetla. Čiže ak platí nerovnosť:

$$\Delta x \geq \lambda$$

To značí, že aj súradnice bodu možno určiť len s touto presnosťou. Aby však voľne sa pohybujúcu časticu bolo vôbec možné zbadať v zornom poli mikroskopu, musí byť zasiahnutá aspoň jedným fotónom, ktorého hybnosť je $\frac{h \cdot \nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$. Tým sa však hybnosť častice mení. Z podrobnejšieho rozboru tejto okolnosti vyplýva, že nepresnosť Δp_x v určení zložky hybnosti rovná sa alebo je väčšia ako hybnosť fotónu použitého k pozorovaniu, teda

$$\Delta p_x \geq \frac{h}{\lambda}$$

Podľa týchto vzťahov pri používaní svetla s malou vlnovou dĺžkou možno s veľkou presnosťou určiť polohu, ale len s malou presnosťou hybnosť a opačne, pričom pre súčin obidvoch nepresností platí *Heisenbergov vzťah neurčitosti*, ktorý je možné vidieť na nasledujúcim vzťahu 1.

$$\Delta x \Delta p_x \geq h \quad (1)$$

Moderná verzia tohto vzťahu je:

$$\sigma_x \sigma_p \geq \frac{\hbar}{2} \quad (2)$$

kde σ označuje smerodatnú ochýlku⁴ a \hbar predstavuje redukovanú Planckovu konštantu, ktorá má hodnotu $\hbar = \frac{h}{2\pi} = \frac{6,62607015 \cdot 10^{-34}}{2\pi} J \cdot s = 1,054571817 \dots \times 10^{-34} J \cdot s$. Podobný vzťah odvodil Heisenberg aj pre súčin neurčitosti určenia energie ε , napr. fotónu, a okamihu jeho uvoľnenia t .

$$\Delta \varepsilon \Delta t \geq h \quad (3)$$

5 Ocenenia

Werner Heisenberg bol ocenený nasledujúcimi vyznamenaniami [7]

- Nobelová cena za fyziku (oznámená a predaná v roku 1933)
- Cena Sigmunda Freuda za vedeckú príručku⁵
- 23.5.2000 bol po ňom pomenovaný asteroid hlavného pásu (13149) Heisenberg⁶

⁴https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_deviation

⁵https://www.cswwiki.cz/wiki/Cena_Sigmunda_Freuda_za_v%C4%9Bdeckou_pr%C3%A1zu

⁶https://www.cswwiki.cz/wiki/Hlavn%C3%AD_p%C3%A1s

5.1 Známe citáty

Prvý dúšok z pohára prírodných vied vás premení na ateistu, ale na dne pohára na vás čaká Boh.

Expert je niekto, kto pozná niektoré najhoršie chyby, ktoré sa môžu prihodiť v jeho odbore a vie, ako sa im treba vyhnúť.

To, čo pozorujeme, nie je samotná príroda, ale príroda vystavená nášmu spôsobu výsluchu [4].

Použitá literatúra

- [1] Dušan, J.: Werner HEISENBERG – svet ako fyzikálne rovnice. [online], rev. september 2010. Dostupné z: http://www.hvezdaren.sk/zaujimavosti/spomienky-na-vyznacnych-fyzikov/werner-heisenberg-svet-ako-fyzikalne-rovnice.html?page_id=970
- [2] EuroCulture: Georg-August-Universität Göttingen, Germany. [online], rev. 2020. Dostupné z: <https://www.euroculturemaster.eu/network-2/eu-partner-universities/goettingen-de>
- [3] fyziky FEI STU, K.: Heisenbergov princíp neurčitosti. [online], rev. 2020. Dostupné z: http://www.kf.elf.stuba.sk/~bokes/DI_web/DI-II/DI-II-17-11.pdf
- [4] Heisenberg, K. W.: Karl Werner Heisenberg citáty. [online], rev. 2020. Dostupné z: <https://citaty-slavnych.sk/autori/karl-werner-heisenberg/>
- [5] Magda, K.: WERNER HEISENBERG. [online], rev. december 2020. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/vedec/1173/heisenberg>
- [6] Seth, G.: A Look Back at These Physicists as Children In Celebration of Einstein's Birthday. [online], rev. 2015. Dostupné z: <https://guff.com/a-look-back-at-these-physicists-as-children-in-celebration-of-einsteins-birthday>
- [7] Wikipedia: Werner Heisenberg. [online], rev. jún 2020. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Werner_Heisenberg
- [8] Wikipedia: Werner Heisenberg. [online], rev. december 2020. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Werner_Heisenberg