

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Arnošt Kolman

Werner Heisenberg - vědec a člověk

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 17 (1972), No. 4, 181--186

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138953>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1972

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

WERNER HEISENBERG – VĚDEC A ČLOVĚK

ARNOŠT KOLMAN, Moskva

Významný německý a světový vědec, jeden ze zakladatelů moderní fyziky, Werner Heisenberg*), se dožil 5. prosince 1971 sedmdesáti let. Toto jubileum bylo mi podnětem k zamyšlení nad jeho dílem i osobností.

Heisenberg se poprvé setkal s atomovým učením již více než před půl stoletím. Od té doby věnoval celý svůj život rozvíjení kvantové fyziky, a to se zřetelem obecného moderního přírodovědeckého myšlení, jež se snaží podchytit strukturu světa jako celku. Pro Heisenberga jsou proto problémy atomové fyziky těsně spjaty s filosofickými, náboženskými, politickými a uměleckými otázkami, a to tím spíše, že vědecká činnost tohoto učenice se neodehrávala v nějaké „věži ze slonoviny“. Zmatky první a druhé světové války a obzvláště hrůzy nacismu nebyly pro něho pouhými kulisami, nýbrž událostmi, které někdy až brutálně zasahovaly do jeho osobního a vědeckého života.

Ačkoliv se v Heisenbergově životě ryze fyzikální problematika často natolik proplétá sgnoseologickými otázkami, že je obtížné je odštěpit, přece jenom se o to pokusíme. Hlavním pramenem informací nám bude Heisenbergova kniha *Der Teil und das Ganze — Gespräche im Umkreis der Atomphysik* ([1]). Z ní se o Heisenbergovi dovídáme z jeho rozhovorů s mnoha významnými fyziky naší doby, s nimiž byl blízce spřátelen**).

OD NAIVNÍCH MODELŮ ATOMU AŽ DO POKUSU O JEDNOTNOU TEORII POLE

Svou dobrodružnou cestu za poznáním záhad mikrokosmu započal Werner Heisenberg pochybnostmi. Byly to pochybnosti o naivním prostorovém modelu atomu.

*) Heisenberg se narodil ve Würzburgu v Bavořích, studoval fyziku v Mnichově a v Göttingen, a jako rockefellerovský stipendista v letech 1924—25 u NIELSE BOHRA v Kodani. V r. 1927 byl jmenován řádným profesorem teoretické fyziky lipské university, v r. 1929 přednášel ve Spojených státech, Japonsku i Indii. Za svůj velký objev — maticovou formulaci kvantové mechaniky — obdržel r. 1932 Nobelovu cenu. V r. 1943 byl povolán na berlínskou universitu a stal se ředitelem Kaiser Wilhelm ústavu pro fyziku. V r. 1946 založil ústav Maxe Plancka pro fyziku a astrofyziku, s nímž přesídlil v r. 1958 do Mnichova.

***) Heisenberg v této knize vychází z toho, že „vědu dělají lidé, ale na tuto samozřejmost se lehce zapomíná“. Reprodukuje rozhovory se svými přáteli, pochopitelně ne v doslovném znění, neboť je nikdo nezapisoval, snaží se však co nejpečlivěji zachovat jejich podstatu. Některé z těchto besed, a často i vášnivých diskusí, se odehrávaly na toulkách kolem starenbergského jezera v předalpském okolí Mnichova, jiné v Alpách nebo na plachetnicích v Dánsku, na výletech na mořském pobřeží, v seminářích na mnichovské, lipské, berlínské a göttingenské universitě. Heisenberg pronikavě líčí ovzduší, vytvářené krajinou a dějinnými událostmi, jež dodává rozmluvám osobité zbarvení. Doufám, že se český čtenář bude moci seznámit s těmito čarovnými pasážemi v českém překladu, který by bylo vhodné vydat v době co nejkratší.

Devatenáctiletý maturant kritizoval v besedě s kamarády „názornou“ ilustraci molekuly kyseliny uhličitě, zobrazené v jejich středoškolské učebnici fyziky. Atom uhlíku byl tam spojen s dvěma atomy kyslíku pomocí háčků a poutek. Tím se měla vysvětlit zákonitost chemického mocnství. Již v tomto jinošském povídání nadhodil mladý Werner myšlenku, že ač jsou háčky a poutka atomů neuvěřitelné, přece jen geometrická forma atomů jakýmsi neznámým způsobem určuje jejich chemické chování.

Původně Heisenberg hodlal studovat matematiku. Jeho otec, jenž přednášel na mnichovské universitě řečtinu, zprostředkoval mu rozmluvu se svým kolegou, profesorem FERDINANDEM LINDEMANNEM, věhlasným svým důkazem (1882) transcendentnosti čísla π , a tedy i nemožnosti řešit proslulý antický úkol kvadratury kruhu. Profesor Lindemann však patřil k těm matematikům-puristům, kteří se vznášejí jediné v říši abstrakcí a neuznávají žádnou „přízemní“ aplikovanou matematiku. Proto, když se od Heisenberga dozvěděl, že prostudoval dílo H. WEYLA *Prostor-čas-hmota*, zhrozil se a řekl: „Pak jste tak jako tak ztracen pro matematiku“, a nedovolil mu zúčastnit se ani semináře, který vedl. Tímto pošetilým krokem staříčkého profesora ztratila matematika velikého vědce a fyzika jej naopak získala. Heisenberg začal studovat u SOMMERFELDA.

Sommerfeldův seminář se zabýval teorií relativity a BOHROVOU teorií atomu. Mladí jeho účastníci Heisenberg a o rok starší PAULI byli okouzleni křišťálově průzračnou logikou Einsteinovy teorie (obzvláště speciální). Jejich pružné kritické myšlení se však nemohlo smířit s nesrovnalostmi teorie Bohrovy. Vadilo jim, že v ní hrála záhadnou úlohu celá čísla (násobky Planckovy konstanty), což – jak píše Heisenberg – připomínalo „číselnou mystiku pythagorovců“, filosoficko-náboženské učení o celočíselné podstatě světa. A ta se přece zhroutila, když sami pythagorovci objevili nesouměřitelnost strany a uhlopříčny čtverce.

Mnoho se diskutovalo o podivném chování elektronu, jenž vyzařuje energii jediné během nepředstavitelně krátkého časového úseku, když „přeskakuje“ z jedné „oběžné dráhy“ na jinou, „bližší“ k atomovému jádru. Frekvence vyzařovaného monochromatického světla je – podle Bohrova postulátu a ve shodě s pozorováním – úměrná rozdílu mezi počáteční a konečnou energií atomu v jeho stacionárních stavech. To však znamená, že se elektron chová tak, jako kdyby předem (ještě než opustí svou dráhu) „věděl“, na jakou z vnitřních drah má dopadnout.

V roce 1922 měl Bohr v Göttingen několik přednášek a profesor Sommerfeld, jenž byl na ně pozván, k překvapení Heisenbergově mu nabídl, že ho vezme s sebou, ba dokonce, když postřehl jeho rozpaky, dodal, že zaplatí za něho cestu vlakem tam i zpět (zhruba 450 km), kterou Heisenberg nebyl s to sám hradit. Po třetí Bohrově přednášce se Heisenberg odvážil vystoupit v diskusi s kritickou připomínkou. Následek toho byl, že ho Bohr téhož dne pozval na odpolední procházku, o níž Heisenberg praví, že teprve jí vlastně započal jeho vědecký vývoj.

Pochopitelně se mluvilo o Heisenbergových pochybnostech. Ukázalo se, že je sdílel i sám Bohr. Hlavním Bohrovým podnětem pro vybudování svého modelu atomu mu byla snaha opodstatnit stabilitu hmoty. Totiž tu skutečnost, že se vždy znovu

vyskytují tytéž látky se stejnými vlastnostmi, že se vytvářejí stejné krystaly, že vznikají stejné chemické sloučeniny. Tuto stabilitu, která se musí opírat o stabilitu atomu, Newtonova fyzika vysvětlit nemůže, neboť uvnitř atomu neplatí Newtonova fyzika; může nanejvýš příležitostně sloužit jako opěrný bod. Bohr říkal: „Strukturu atomu nelze vyjádřit jazykem klasické fyziky, a nový jazyk prozatím nemáme“.

Heisenberg si z toho všeho učinil závěr, že elektrony, z nichž se skládají atomové slupky, nejsou „věci“, jež se dají popsat pomocí takových pojmů jako „místo“, „rychlost“, „energie“, „rozměry“ v pojetí dřívější fyziky. A proto se zeptal Bohra: „Jestliže vnitřní struktura atomů je tak málo přístupná názornému popisu, jak říkáte, jestliže nemáme vlastně žádný jazyk, jímž bychom mohli o této struktuře vypovídat, budeme pak vůbec někdy atomy chápat?“ Bohr na okamžik zaváhal, ale pak řekl: „Přece jen. Avšak současně se nejprve naučíme, co to slovo „chápat“ znamená“.

Bohr poradil Heisenbergovi, aby nejprve odešel studovat na kratší dobu do Göttingen a pak přijel pracovat k němu do Kodaně, což Heisenberg r. 1924 vskutku učinil. Na seminářích MAXE BORNA v Göttingen, jichž se Heisenberg v letním semestru 1924 zúčastnil, se hodně mluvilo o nemožnosti vystačit s rozpornými prostředky klasické fyziky a o nutnosti vypracovat jakousi novou kvantovou mechaniku. Heisenberg, vycházející pouze z pozorovatelných, měřitelných charakteristik fyzikálních systémů (např. z délky a intenzity vln) a používaje ryze algebraickou metodu (maticový počet) takovou mechaniku v létě roku 1925 skutečně vybudoval. Ve své práci též odvodil i tak zvané relace neurčitosti (Heisenbergovy relace)*.

Na jaře 1926 byl Heisenberg pozván, aby podal zprávu o nové kvantové teorii na tradičním kolokviu v Berlíně, jehož se zúčastnili nejvýznamnější němečtí fyzikové. Zde se také poprvé osobně seznámil s EINSTEINEM. Rozhovor s tímto velikým fyzikem a myslitelem našeho století měl pro Heisenbergův vývoj obrovský význam.

Einstein namítal Heisenbergovi, že se v jeho teorii vůbec nevyskytují dráhy elektronů, přesto, že ve Wilsonově mlžné komoře tyto dráhy můžeme bezprostředně vidět. Vytýkal mu, že vůbec vážně uvažuje o tom, že ve fyzikální teorii má být dovoleno používat jedině pozorovatelné veličiny. Tomu se Heisenberg náramně podivil, neboť podobná teze byla samotným Einsteinem položena jako základ teorie relativity: „Nesmí se mluvit o absolutním čase, neboť ten se pozorovat nedá, nýbrž výlučně jen o údajích hodin.“ Einstein to připustil, avšak dodal, že je to přesto nesmyslná filosofie. „Vaše tvrzení, že prý zavádíte pouze pozorovatelné veličiny, je ve skutečnosti pouhou domněnkou o vlastnostech teorie, kterou se teprve snažíte formulovat. Domnívám se totiž, že vaše teorie ponechává nedotčeným dosavadní popis průběhu záření v těch bodech, na nichž vám záleží, v čemž můžete, ale nemusíte mít pravdu“ a konečně: „proč vlastně tak pevně věříte ve svou teorii, když je v ní dosud tolik a přitom hlavních otázek zcela nejasných? Machův pojem jednoduchosti má podezřele komerční charakter ekonomie myšlení!“ Heisenberg souhlasil s Einsteinem, že

*) O rok později, na základě vlnových představ, vybudoval SCHRÖDINGER tzv. vlnovou mechaniku. Ale — jak brzy sám ukázal — tento přístup je matematicky ekvivalentní s Heisenbergovým, takže se obě teorie slily v jedinou.

jednoduchost má příliš subjektivní zabarvení, ale argumentoval, že když nás sama příroda přivádí k velmi jednoduchým a krásným matematickým formám, jaké si předtím nikdo nevymyslel, pak nemůžeme jinak než věřit, že zobrazují skutečné rysy přírody. Kromě toho jednoduchost matematického schématu poskytuje možnost vymyslet si mnoho experimentů, jejichž výsledky se dají teoreticky předběžně velice přesně vypočítat. Když pak tyto pokusy budou uskutečněny a tyto výpočty se potvrdí, sotva bude lze pochybovat o tom, že teorie zobrazila přírodu správně. Einstein souhlasil a pouze poznamenal: „Nechtěl bych tvrdit, že jsem vskutku někdy chápal co znamená jednoduchost přírodních zákonů“.

Je vyloučeno, že by se daly ve stati tohoto rozsahu vylíčit všechny zvraty teoretických úsilí a ideových zápasů, na nichž se Heisenberg aktivně podílel. Během tří desetiletí je vedl s Bohrem, Einsteinem, Schrödingerem, Paulim a dalšími tvůrci kvantové fyziky o zásadních otázkách její interpretace. Šlo především o logický rozpor mezi kvantovou teorií a teorií relativity. Podle kvantové teorie nejsou jevy mikrosvěta stroze determinovány, neboť v nich hraje úlohu nahodilost, kterou teorie relativity svou přísnou determinovaností vylučuje. Šlo i o to, zda je vůbec zásadně možný názorný prostoročasový popis atomových jevů, zda přetržitosti vyskytující se v atomovém světě jsou skutečné, nebo pouze zdánlivé. V celku se tedy diskutovalo o tom, jak chápat vůbec fyzikální realitu. Mezitím na základě nových velkých experimentálních vymožeností se kvantová mechanika nesmírně vyvinula. Byla aplikována nejen na atom, nýbrž na celý mikrosvět. Z kvantové mechaniky a jejího relativistického zobecnění vznikla též relativistická kvantová teorie polí, nejosvědčenější jazyk pro popis elementárních částic. Heisenberg v období druhé světové války první zformuloval její S-maticovou podobu.

Počínaje padesátými léty Heisenberg se skupinou svých spolupracovníků začal vytvářet jednotnou nelineární spinorovou teorii pole. Jak sám zdůrazňuje, jeho nová teorie se dosud nachází ve stadiu rozpracování. Přesto je to patrně pro dnešek nejrozpracovanější pokus o sestrojení jednotné teorie hmoty. Podářilo se z ní pro některé elementární částice odvodit určité charakteristiky, které zhruba souhlasí s pokusně zjištěnými.

Celkově můžeme říci, že Heisenberg v jistém smyslu dovršil revoluční přeměnu klasických představ fyziky, přeměnu započatou PLANCKEM, Einsteinem a Bohrem. Vzdát se klasických představ, umět se kriticky postavit tradičně zvyklým stereotypům myšlení, kterým jsme se sami učili, je pro každého nesmírně obtížné a vyžaduje nejen prozíravého ducha, ale i zvláštní odvahy.

FILOSOFICKÉ A SOCIÁLNĚ POLITICKÉ NÁZORY

Pokud jde o filosofii, mohlo by se zdát, že Heisenberg zastává názory dialektického materialismu anebo že se k nim alespoň blíží (viz [2]). Ve skutečnosti se však jeho názory zmitají mezi čtyřmi póly: kantovstvím, neopozitivismem, pragmatismem a objektivním idealismem. Přitom je pro něho nejpřitažlivější poslední, a to nikoliv v HEGELOVĚ, nýbrž v PLATONOVĚ ražení.

Heisenberg nám vypráví o tom, jak ještě jako osmnáctiletý jinoch četl v řeckém originále Platonův dialog *Timaios*, jenž na něho pronikavě zapůsobil. K němu se Heisenberg už dospělý stále vrací. Planckův objev kvanta účinku si vykládá jako znovuzrození Platonových idejí. Ujišťuje nás, že Planckův objev je „dosazením určitého měřítka do přírody“, což se prý podobá tomu, co učinil Platon. Jak konstatuje profesor MARIO BUNGE, americký teoretický fyzik a filosof ([3]), Heisenberg je „pravděpodobně jediným ze současných vědců, jenž bere *Timaiose* vážně“. „Elementární částice“, jak říká Heisenberg, „se dají porovnat s pravidelnými tělesy v Platonově *Timaiose*. Jsou to pravzory, ideje hmoty. Nukleinová kyselina je idea živých bytostí. Tyto pravzory určují veškeré další dění. Reprezentují ústřední pořádek. A jestliže ve vývoji bohatství útvarů hraje později důležitou úlohu i nahodilost, mohlo by to být tak, že by i tato nahodilost závisela na ústředním pořádku“.

Názory moderního fyzika se ovšem přesto všechno liší od názorů antického filosofa, a to v neobyčejně závažném bodě. Heisenberg totiž říká, že pouze tenkrát přijímáme teorii, když zobrazuje experimenty ve všech podrobnostech.

Co se týče Heisenbergova poměru k náboženství, omezíme se zde pouze zjištěním této příznačné skutečnosti. V roce 1927 měl nepříliš rozhodné mlhavé námitky proti ateistické obžalobě náboženství tehdy mladého DIRACA, který výstižně odhaloval sociální kořeny a reakční roli náboženské víry. V roce 1952 Heisenberg došel k uznání osobního boha, personifikujícího „ústřední pořádek“ světa a společnosti, boha, odpovídajícího člověku na subjektivní problém „velké souvislosti“ a určujícího jeho etiku. Ostatně sám Heisenberg upozorňuje na to, že náboženskost člověka je určována (ovšem ne jednoznačně) společenským prostředím, v němž byl vychován a v němž žije a pracuje.

Zajisté je svůdné vytyčit přímou spojku mezi Heisenbergovou náboženskostí a jeho celkovým postojem k sociálně politickému dění. Jenže kdybychom to učinili, dopustili bychom se nedovoleného nespravedlivého zjednodušení, které by zkreslovalo skutečnost. Je ovšem pravda, že Heisenberg, jenž se sám hlásí k buržoazní třídě, v oněch dvaceti rušných dnech, kdy se v dubnu – květnu 1919 v jeho rodném Mnichově ustavila pod vedením Komunistické strany Německa bavorská republika rad, byl spolu s většinou svých spolužáků gymnasistů na straně jejich nepřátel. Je rovněž pravda, že na nacistický puč nereagoval emigrací, jako to učinili mnozí jiní němečtí fyzikové, kteří nechtěli sloužit Hitlerovi.

Současně však je pravda, že si nejen dovedl zachovat – navzdor každodenní naskrz prolhané nacistické demagogické propagandě – své vnitřní antinacistické přesvědčení a nepřistoupil na žádné kompromisy se svým svědomím, ale že své vědecké znalosti nepostavil do služeb loupeživého Hitlerova válečného potenciálu. Jako liberální a tolerantní myslitel Heisenberg byl a zůstal rozhodným odpůrcem totalitního režimu a nesmlouvavým protivníkem rasismu a antisemitismu všech druhů, jak brutálně otevřených, tak i pokrytecky zastřených, i když nikdy tak aktivním jako např. Einstein.

Heisenbergova pokrokovost se nejzřetelněji projevuje v jeho vyjádření o vzájemných vztazích mezi vědou a společností. Ještě v roce 1936, když Heisenberg a „otec atomové fyziky“ lord RUTHERFORD byli o prázdninách na návštěvě v sídle Nielse Bohra, všichni tři, jak vypráví Heisenberg, si byli zajedno, že „kdo mluví o technickém využití atomové energie, říká jednoduše nesmysl ... Nikdo z nás tehdy netušil, že již za několik málo let následkem objevu štěpení uranu O. HAHNEM se situace radikálně změní.“ Faktem je, že během války Heisenberg zaměřil úsilí jak vlastní, tak i mladších vědeckých pracovníků seskupených kolem něho, na výzkumy spojené s konstrukcí uranového reaktoru výlučně pro mírové účely. Faktem též zůstává, že 6. srpna 1945, když se Heisenberg spolu s devíti jinými německými fyziky internovanými Angličany v Anglii dozvěděl, že na Hirošimu byla svržena atomová bomba, jeho abstraktní a dosti zmatené úvahy a reakce nedávaly žádný praktický návod pro odpovědné chování vědce.

Obavy, že fyzikální bádání může být zneužito, tentokráte pro atomové vyzbrojení NSR, vznikly u Heisenberga znovu v r. 1956 za kancléře Adenauera. Situace byla natolik vyhocena, že Heisenberg, přes svůj odpor k politickým akcím, podepsal spolu se 17 göttingenskými fyziky protestní dopis tehdejšímu ministru obrany Straussovi. Na tento dopis vláda reagovala Adenaurovým veřejným projevem, ve kterém se zlehčoval význam atomových zbraní tvrzením, že prý jsou pouhým zesílením dělostřelectva. Göttingenští fyzikové, mezi nimi i Heisenberg, odpověděli na tento projev prohlášením v tisku (16. 4. 1957), v němž vysvětlili, jaké hrůzné následky by měly atomové zbraně pro NSR, a osobně se zavázali, že nepřiloží své ruce k atomovému zbrojení. Adenauer se pak pokoušel přemluvit Heisenberga, ale ten kategoricky odepřel se s ním setkat

Heisenberg končí svou knihu [1], která mně dala podnět k napsání této úvahy, vzpomínkou na serenádu D-dur mladistvého Beethovena, která „překypuje životní silou a radostí a v níž se všude upevňuje víra k ústřednímu řádu proti malomyslnosti a únavě“. „Když jsem ji poslouchal“, píše Heisenberg, „tak se ve mně vzbudila jistota, že život, hudba a věda, měřeno lidskými měřítky, budou vždy pokračovat“. S těmito optimistickými slovy chci upřímně souhlasit. Nebudu je však vyvozovat ze slepé víry v imaginární „ústřední řád“, ale ze zákonitostí historického vývoje lidstva. Tento vývoj, třebaže příliš často upadal do přímo zastrahujících recidiv barbarství, přece jen ve svém celkovém pohybu přinesl pokrok, a to nejen vědeckotechnický, ale i kulturně morální.

LITERATURA

- [1] W. HEISENBERG: *Der Teil und das Ganze — Gespräche im Umkreis der Atomphysik*; R. Piper u. Co., Verlag, München, 1969; anglický překlad *Physics and Beyond, Encounters and Conversations*, Harper and Row, New York 1971
- [2] *Niels Bohr and the Development of Physics*. Vydavatelé W. PAULI, L. ROSENFELD, V. WEISSKOPF; Pergamon Press Ltd., London 1955
- [3] M. BUNGE, *Physics Today*, January 1971, str. 63