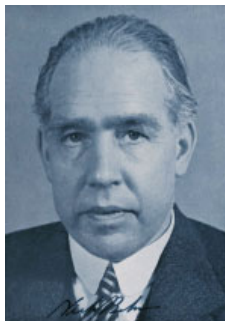


Niels Bohr, kodaňský duch a fyzikální institut



Filip Grygar

Fakulta filozofická, Univerzita Pardubice, Studentská 84, 532 10 Pardubice; Filip.Grygar@upce.cz

Nikdy jsem se nesetkal s někým, jako jsi ty, s někým, kdo pronikl k jádru všeho, a současně měl tolik vůle to vše dotáhnout až do samého konce, a kdo by byl navíc tak zaujatý životem z hlediska celku. (Christian Christiansen, fyzik a Bohrův učitel)

Bohr známý i neznámý^{1, 2}

Ze školní výuky známe jméno Nielse Henrika Davida Bohra (1885–1962) především díky jeho modelu atomu vodíku z roku 1913, který musel být později v mnohém vylepšen. Ovšem jaké motivace jej vedly k tomu, že zavedl do klasických předpokladů vysvětlujících atomární dění něco, co je s těmito předpoklady buď neslučitelné, anebo nové, jako je Planckova konstanta či kvantování energie elektronů a Balmerův-Rydbergův vztah pro vysvětlení čárových spekter? Co znamenal Bohrův počín z hlediska filosofie a metodologie vědy? O tom se už neučí ani na vysokých školách.

Bohrovi pozici zčásti vyjadřuje například matematický fyzik Carl W. Oseen (1879–1944), který po zveřejnění poslední části slavné trilogie *O konstituci atomů a molekul* v roce 1913 Bohrovi s poklonou napsal: „*Stále žasnu nad krásou jednoho z tvých závěrů. Tím je spojení mezi h [Planckova konstanta – pozn. autora] a Balmerovou-Rydbergovu konstantou. V tomto bodě jsi zašel za rámec hypotéz a teorií, tak daleko, jak jen člověk může nahlédnout, až do oblasti pravdy samé. Výše nemůže žádný teoretik dosáhnout.*“³ Nebo fyzik James Franck (1882–1964) později o Bohrově převratném příspěvku uvádí: „*O padesát let později se může mnoha lidem zdát, že koncept diskretních kvantových stavů pro atomární elektronový systém byl zřejmý. Mohli bychom se totiž domnívat, že kdyby Bohr tuto představu nezavedl, přišel by s ní krátce poté někdo jiný. Tento názor je však absolutně chybný.*“⁴

České odborné veřejnosti je Bohr znám také prostřednictvím principu (argumentu) korespondence či modelu složeného jádra a rozvinutím dosud staticky pojímaného kapkového modelu jádra, na který přišel George Gamow (1904–1968). Zřejmě nejvýrazněji Bohr figuruje v povědomí zainteresované veřejnosti jako hlavní propagátor tzv. kodaňské interpretace kvantové teorie z roku 1927, v rámci níž představil princip kom-

plementarity. Problém ovšem je, že termín *kodaňská interpretace* se objevuje až v textech jeho žáka a přítele Wernera Heisenberga (1901–1976) v padesátých letech 20. století, a z hlediska toho, co je obsahem této interpretace, je vše ještě problematičtější.

Stručně řečeno, Heisenbergova (a nejen jeho) představa kodaňského výkladu, který se traduje v učebnicích řadu desetiletí, není jednak nikde jeho tvůrci zevrubně stanovený, a rovněž se nekryje s Bohrovou filosofií kvantové teorie nebo obecně s jeho filosofií vědy. Představené výsledky kvantové teorie (například relace neurčitosti, maticová a vlnová mechanika), jež Bohr shrnul a přednesl v září roku 1927 na konferenci v Como, nebyly uváděny paralelně s jeho tzv. principem komplementarity, nýbrž naopak jím představený argument komplementarity vytvořil dosaženým fyzikálním výsledkům filosofický či epistemologický rámec. Mimo jiné proto není idea komplementarity principem, není jednoduše zaměnitelná ani za dualitu vlny a částice, není odvozena z Heisenbergových relací neurčitosti atd. Komplementární rámec, jenž umožňuje rovnocenné doplňování neslučitelných modelů, pojmů, popisů, fenoménů nebo výsledků výlučných experimentálních uspořádání je mnohem zajímavější a propracovanější, než se uvádí v různých kompendiích (v některých se ani pojem komplementarity vůbec nevyskytuje).

Bohrova filosofie vědy například nevyžaduje redukci vlnové funkce či kolaps vlnového balíku, který Heisenberg zavedl jako standardní rys kvantové teorie v chicagských přednáškách v roce 1929. Už Wolfgang Pauli (1900–1958) o Heisenbergově verzi redukce, již publikoval ve slavném článku o relacích neurčitosti (původně především relacích nepřesnosti) na jaře v roce 1927, napsal v dopise Bohrovi, že je to poněkud mystická záležitost. Bohr také nedával jednostranný nebo přílišný důraz na subjektivitu pozorovatele v procesech měření. Toto jsou kromě jiného případy, jež byly a jsou často kritizovány a ztotožňovány s Bohrem, který byl z těchto tradovaných záměn rozmrzelý. Jeho přístup ke kvantové teorii totiž pracoval s epistemologickým rámcem komplementarity a svébytnou koncepcí fenoménu. Prostřednictvím nich přistupoval například k problému měření či pozorování, k tomu, co se nám v experimentech ukazuje, jak a díky čemu se nám to ukazuje.

1 Příspěvek vznikl za podpory grantového projektu GA ČR P401/12/P280.

2 Abych článek nezahřtil poznámkovým aparátem s odkazy na literaturu či jiné zdroje, budu v textu vycházet ze své připravované knihy (*Niels Bohr – jeho život, fyzika, filosofie a biologie*), která vyjde v tomto roce. Poznámky budu používat výhradně u citací.

3 Viz [1], s. 552.

4 Viz [2], s. 16.

Převládající představa o Bohrovi v České republice je patrně taková, že Bohr byl fyzik, a pokud se v jeho díle nachází ještě něco jiného – biologie, filosofie, psychologie nebo otázka jazyka – jde o nějakou zvláštní nadstavbu vědce, který byl již pravděpodobně za svým zenitem. Bohrov přístup k řešení přírodovědných i společenských otázek však byl vždy interdisciplinární. Předpoklad jeho osobitého způsobu myšlení a netradičního přístupu k řešení problémů je nutné hledat už v jeho interdisciplinární a intelektuální výchově. Bohr často kolegům v pozdějších letech vysvětloval, že už v mládí získal „*inspiraci k hlubokému porozumění jednotě, která je východiskem pro všechnu lidskou touhu po poznání, bez ohledu na to, zda je jeho hladina manifestována skrze tak široce odlišné lidské prostředky, jakými jsou biologie, fyzika, filologie a filosofie.*“⁵ Tímto způsobem se právě formovala Bohrova představa komplementarity, pomocí níž jsme schopni v jakékoli disciplíně zkoumat nějaký jev i z hlediska protikladných až neslučitelných deskripcí, jež se rovnocenně doplňují.

Není se potom čemu divit, když historik vědy Gerald Holton (*1922), který analyzoval Bohrov text o kvantové teorii vodíkového atomu z července roku 1913, poukázal na svébytný rys Bohrova myšlení, „*kteřý potom prostupuje všemi jeho pozdějšími pracemi, především práci o komplementaritě*“.⁶ Ovšem už dříve v doktorské práci Bohr napsal, že lze očekávat něco, co se nebude slučovat s tradičními východisky: „*Předpoklad [mechanických sil – pozn. autora] není a priori patrný, neboť je nutné vzít v úvahu, že existují síly ve své povaze takového typu, jež jsou zcela odlišné od obvyklého mechanického druhu /.../*“.⁷ Tato věta se neobjevuje v pozdějším anglickém překladu (rozsáhlá disertace byla totiž pro překlad zkrácena).

Neortodoxní způsob myšlení a přístup jak k vědeckým, tak životním otázkám byly kromě jiného právě to, co na Bohrovi fascinovalo jeho žáky a kolegy, včetně vědců, jako byl Albert Einstein (1879–1955) nebo Erwin Schrödinger (1887–1961), kteří měli s výkladem kvantové teorie problém, a co nás ostatní fascinuje na univerzálních myslitelích minulých století. Jde o jejich značný filosofický záběr se vztahem k celku a současně hluboký průnik do některých vědních disciplín, které z podstaty věci tento vztah mít nemohou. Tyto osobnosti třeba navíc i prakticky působily v diplomatických službách nebo občanských záležitostech.

Takovou jednotu či harmonii, jak rád říkával Bohr, jež nutně neznamená nějaký jednotný názor na svět a ucelené poznání, bychom už dnes těžko hledali u mimořádných osobností, neboť rozvoj specializací i v rámci jednotlivých disciplín je tak obrovský a rychlý, že je nemožné vše hlouběji nahlédnout nebo teoreticky a prakticky skloubit. Ovšem Bohr dokázal zvládnout vědeckou, filosofickou i občanskou činnost, kromě toho byl i ředitelem fyzikálního institutu v Kodani.

Nejnoveji se o Bohrovi mohla česká veřejnost dozvědět prostřednictvím oceňované divadelní hry Michaela Frayna (*1933) „Kodaň“ z roku 1998. Drama pojednává o dosud plně nevysvětlené nešťastné návštěvě, na kterou přijel Heisenberg z nacistického Německa do okupované Kodaně v roce 1941. Ve hře si Frayn položil řadu přímých i nepřímých otázek: Byl Heisenberg vyslán jako agent, aby se něco dozvěděl od Bohra o stavu jaderného



Niels Bohr Institutet. 1 – Hlavní budova institutu. 2 – Heisenbergův byt. 3 – Bývalý matematický ústav. 4 – Neis Bohr Archive. 5 – Do roku 1931 Bohrov byt, dnes kanceláře. Pod celým komplexem budov se nacházejí rozsáhlé laboratoře. Vpravo pak jsou další budovy univerzity a laboratoře.

výzkumu v Anglii nebo USA? Nebo se chtěl zeptat svého mentora, zda mají fyzici na obou stranách morální právo podílet se na sestrojení atomové zbraně? Anebo chtěl Heisenberg dánské vědce přesvědčit, aby přestali bojkotovat spolupráci s Německem? To, co si v jednom rozhovoru oba sdělili, nikdo jiný neslyšel. Víme však, že Bohr nepřijemný rozhovor rychle ukončil a odešel.

Oproti například velkému zájmu českého knižního světa o Einsteinovu osobnost zůstal Bohr v naší literatuře vzdor svému nespornému významu opomenut – pokud je mi známo, žádný jeho spis ani fundovaná monografická publikace o něm dosud nevyšly.

Kodaňský duch kvantové teorie

Kodaň se od dvacátých let stala Mekkou rodící se kvantové teorie, do Bohrova institutu putovali studenti a vědci z celého světa. Podle dochovaných vzpomínek mnoha učenců bylo období mezi dvěma světovými válkami v Kodani heroickou dobou, jež byla nesena Bohrovým kritickým vedením a tvořivým duchem, který nakonec všechny rozmanité ideje přetavoval do výsledného tvaru. Díky Heisenbergovi se v literatuře ustálil termín *Kodaňský duch*, který v institutu na všechny přítomné působil. Pauli zase hovořil o komunitě *pravých věřících* či o *Kodaňských*. Později se také ujal termín *kodaňská škola*. Úcta k Bohrovi hraničila až s adorací, z dopisů a vzpomínek se nám dochovalo velké množství superlativ – od *poloboha, génia* až po *dobrotu samu*.

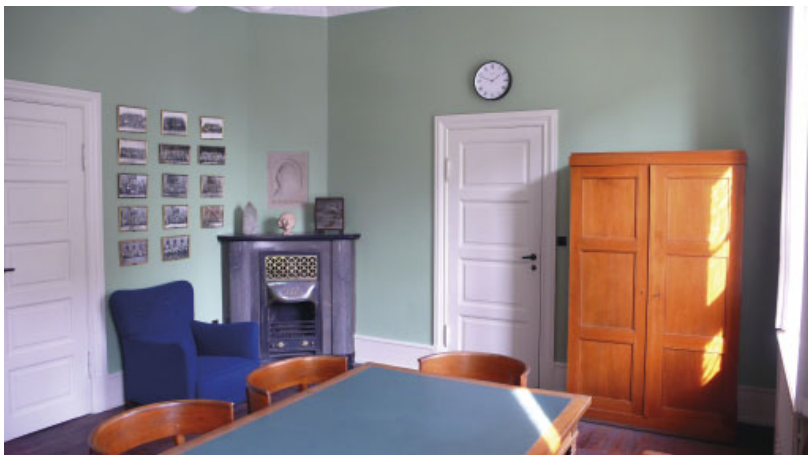
Vyberu k reflexi Bohrovy osobnosti záměrně postřehy slavných vědců, kteří s ním mnohdy vědecky nesouhlasili a po ostrých, a většinou „prohraných“ diskusích mohli i zahořknout. Na prvním místě uvedu Einsteina, který nepřijal hlavní závěry interpretace kvantové teorie. O Bohrovi se vyjádřil takto: „*Osobně je jedním z nejlaskavějších kolegů, s nímž jsem se v životě sešel. Pronáší své názory jako člověk neustále tápající, a nikdy jako ten, kdo věří, že je v pozici vlastníka jisté pravdy.*“ Na jiném místě říká: „*Nezajištěný a protikladný základ byl dostačující k tomu, aby umožnil muži Bohrova jedinečného instinktu a jemného citu, aby objevil stěžejní zákony spektrálních čar a elektronových obalů atomů spolu s jejich významem pro chemii, to se mi jevilo jako zázrak a jako zázrak se mi to jeví stejně tak i dnes. Toto je nejvyšší forma muzikality ve sféře myšlení.*“⁸

5 Viz [3], s. 20.

6 Viz [4], s. 99.

7 Viz [5], s. 137.

8 Viz [6], s. 46 a 47.



Bohrova pracovna (původní stav).

Schrödinger, který zásadně přispěl ke kvantové teorii vlnové mechanikou, se zase během památné návštěvy institutu na podzim v roce 1926 s Bohrem přel o povaze atomárního dění natolik intenzivně, že nakonec úplně vyčerpaný onemocněl a u Bohrů v pokoji pro hosty uleh na lůžko. Po návratu z Kodaně bez jakékoli trpkosti napsal fyzikovi Wilhelmu Wienovi (1864–1928) o Bohrovi toto: „Navzdory všemu, co jsem už slyšel, z čistě lidského hlediska byl dojem z Bohrovy osobnosti zcela neočekávaný. Sotva bude kdy existovat člověk, který by dosáhl takového nesmírného vnějšího a vnitřního úspěchu, člověk, jenž by byl v oblasti své práce celým světem honorován téměř jako polobůh, a který by přesto zůstal nikoli snad přímo skromný a prostý sebevědomí, ale řečně ostýchavý a nesmělý jako student teologie.“⁹

Neméně významný fyzik James Franck měl s Bohrem jiný problém; vzpomíná na to, že s ním bylo traumatizující pracovat, neboť jeho „génium byl tak superiorní. Člověk si nemohl pomoci a dostal tak silné komplexy méněcennosti v přítomnosti takového génia, až se stal zcela neproduktivní“. Toto přibližuje například tím, že když provedl nějaký experiment a Bohrovi sdělil jeho výsledky, ten dokázal ihned říci, „co může být špatně, co může být dobře. A to bylo tak rychle, že jsem zanedlouho cítil, že už nejsem vůbec schopn myslet“.¹⁰ Všichni, kdo krátkodobě nebo dlouhodobě pobývali v institutu, s nostalgií i žertem vzpomínají na krásná léta strávená v Kodani, která jim Bohr zpřijemnil útulným a štedrým rodinným prostředím, o něž se obří měrou zasloužila vždy přívětivá Bohrova manželka Margretha.¹¹ O zábavu se také starali zvědaví Bohrovi synové, kteří všude po institutu běhali a do všeho štourali; z šesti synů dva zemřeli.

Pro Kodaňského ducha kvantové teorie byla zásadní uvedená filosoficko-vědecká a také řečnické jistá „klučkovská“ atmosféra, ovzduší prolnuté až fanatickým sokratovským smyslem pro detailní vyjasňování pojmů, atmosféra šířící se všemi směry ve dne v noci při nekonečných disputacích o dosažení správné interpretace kvantové teorie. Řada vědců se i proto naučila dánsky. Zasněžení do Kodaňského ducha potom probíhalo prostřednictvím četby filosoficky inspirující a humorné

⁹ Viz [7].

¹⁰ Viz [8].

¹¹ Našel jsem pouze jednu výtku vůči Bohrovi, a to z úst fyzika Johna Clarka Slatera (1900–1976), který v roce 1924 nesouhlasil s některými závěry článku, jehož byl s Hendrikem A. Kramerssem (1894–1952) a Bohrem spoluautorem. Článek byl totiž dopsán bez něj, ale vydán za všechny tři. Jím kritizované závěry nebyly správné a Slater později, přestože se mu Bohr omluvil, hodnotil období, které strávil v Kodani, za otřesné.

pojaté knížečky *Dobrodružství dánského studenta*, kterou pro dánskou mládež napsal básník, beletrista a profesor filosofie v Oslu a na Kodaňské univerzitě Poul Martin Møller (1794–1838).

V tomto dánském bestselleru Møller řešil otázky jazyka, našeho já a úskalí subjekt-objektového rozlišení, tzn. i problémy, jež se ukázaly v kvantové teorii jako zásadní pro její interpretaci a při tzv. problému měření. Díky knížečce se návštěvník Bohrova institutu pečlivěji připravil na jeho komplementární způsob řešení problémů, myšlení v tezích a antitezích či na dialektický způsob přednášení, jemuž málo rozuměli i zasvěcení. Léon Rosenfeld (1904–1974) vzpomíná, že knihu dostal „každý, kdo přišel v Institutu do bližšího kontaktu s Bohrem, jakmile se ukázal dostatečně zblhlý v dánském jazyce“.¹² Bohr také všem připomínal, že je nutné se pro nové porozumění atomárním fenoménům obrátit i k jiným disciplínám a současně také k epistemologickým otázkám, „s nimiž už byli konfrontováni myslitelé jako Buddha nebo Lao-c', když se pokoušeli harmonizovat naši pozici jako diváků a herců ve velkém dramatu existence“.¹³

Heisenberg připomíná, že bylo zcela normální, když najednou Bohr přispěchal do jeho podkrovního pokoje v osm večer a ptal se ho, co si myslí o nějakém problému. Po mnohdy úmorných diskusích pak odcházel domů do vedlejší budovy až v ranních hodinách. Na přelomu roku 1926 a 1927 byly diskuse mezi Bohrem a Heisenbergem už tak napjaté a vyčerpávající, že se Bohr v únoru rozhodl odjet do Norska na dovolenou. Když se v březnu vrátil, představil mu Heisenberg relace neurčitosti a Bohr, který po celou dobu náročných rozhovorů uvažoval komplementárně, mu zkritizoval chybnou argumentaci, již Heisenberg používal ve prospěch relací neurčitosti. Heisenberg se dlouho domníval, že je možné komplexně popsat atomární dění jen za pomoci částicového obrazu přírody a na této představě vytvořené maticové mechanice a relacích neurčitosti. Naproti tomu Bohr se ho snažil přesvědčit, že vlnové pojetí přírody je stejně nepostradatelné, tzn. i Schrödingerova vlnová mechanika, z níž lze také relace neurčitosti odvodit. Heisenberg vzpomíná, že po jednom vypjatém rozhovoru, kdy Bohr odešel, propukl v pláč.

Rosenfeld zase popisuje Bohrovi zarputilost ve zcela jiné situaci: po náročném dni občas s Bohrem po večerech luštili křížovky. Jednou nemohli přijít na jakési slovo na tři písmena, a tak šel nakonec utahaný Rosenfeld spát. V noci ho však vzbudilo tukaní. A tlumený Bohrův hlas: „Nechci vás vyrušovat, ale to slovo je Jin“ (ne nadarmo si Bohr nechal vyobrazit do svého erbu právě legendární dvojici *Jin* a *Jang*). Rosenfeld opět usnul. Avšak scéna se opakovala: Bohra totiž zase napadla jiná věc, o níž se chtěl s Rosenfeldem podělit. Každý v institutu věděl, že jakmile se v nočním tichu někde ozve tukaní, bude doprovázeno větou: „Nechci vás vyrušovat, ale...“ Jiné své slavné *ale* Bohr používal v situacích, když student nebo kolega řekl nějakou hloupost. Nejprve Bohr reagoval: „To je velmi, velmi zajímavé...“, a za okamžik následovalo slovo „ale...“ Bohr si později uvědomil, že díky své autoritě a slovíčku *ale* zničil nemálo nápadů, nebo dokonce celou práci, a tak se jednou v diskusi po svých slovech „velmi, velmi zajímavé...“ odmlčel. Osazenstvo napjatě čekalo na obvyklé *ale*, avšak *ale* stále nepřicházelo. Nakonec

¹² Viz [9], s. 121.

¹³ Viz [10], s. 60.

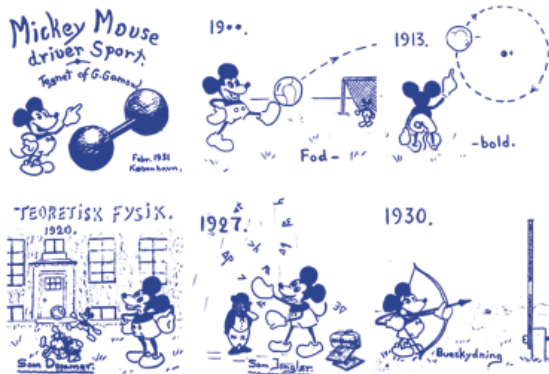
to nevydržel kolega Paul Ehrenfest (1880–1933), který nechtěl dále řečnickovu myšlenku poslouchat, a zvolal: „Herr Bohr, to už jako nebudete pokračovat s „ale“?“¹⁴

V době odpočinku hráli vědci ping-pong v knihovně s knihami namísto hrálek. Dále se bavili při detektivkách a kovbojkách, přičemž Bohr vytvořil teorii, proč je převážně gauner zastřelen v souboji jako první, a nikoli hrdina. Jako řádní fyzici pak teorii poctivě ověřovali: nakoupili bambitky, rozdělili si role a začali po sobě střílet. Bohr jako hrdina opravdu většinou každého z nich zastřelil. Ovzduší Kodaňského ducha také doplňoval „vypravěč vtípů“ Lev D. Landau (1908–1968), protiváhou mu byl vždy sarkastický Pauli. George Gamow (1904–1968) dokázal všechny vtipy převádět do žertovných komiksů. Později tuto práci zastal Otto R. Frisch (1904–1979), který kreslil obrázky i pro Bohrovy články o mechanismu jaderného štěpení. Max Delbrück (1906–1981) zase napsal humorný příběh na motivy Goethova Fausta a Gamow k tomu namaloval vtipné figurky: Bohr byl zpodobněn jako Bůh, Paul Ehrenfest (1880–1933), který měl husté černé vlasy, byl vsazen do role Fausta, Pauli zase do role Mefista, vtipálek Landau byl svázán a poučován Bohrem a Einstein byl zobrazen jako král z jedné Goethovy písně (zde se šňůrkou a jeho oblíbenou blechou).¹⁵



Gamow také do humorného plátku *Časopis veselé fyziky* (vycházel v institutu) v roce 1935 vytvořil komiks s památnými příhodami o vzniku kvantové teorie s Bohrem jako Mickeyem Mousem, který je něco mezi kejklířem, žonglérem a kouzelníkem.

Komiks ukazuje Mickeyho Mouse (Bohra), jak v mládí sportoval, jak vytvořil model atomu, jak o několik let později založil fyzikální institut, a pak plánil Heisenberga (iniciály W. H. a kolem rozházená rovnice principu neurčitosti). Na posledním obrázku je Mickey Mouse jako lukostřelec. Trefí, nebo netrefí sloupek? Jaká je tedy pravděpodobnost a co je vůbec pravděpodobnost?



Dalším důležitým aspektem Kodaňského ducha byla Bohrova fascinace řešit fyzikální i jakékoli jiné otázky nejprve prostřednictvím detailního jazykového či filosofického porozumění (jeho památné žonglování s pojmy) a zmapování situace, a až poté následovala formálně logická a čistě matematická analýza. Bohrova pronikavá reflexe ve vztahu k novověkému nároku vědy a stylu zkoumání sahala „až k nejzazší otázce po tom, co vůbec může být míněno fyzikálním vysvětlením /.../“¹⁶ Heisenberg například o celkovém Bohrově přístupu píše: „Matematická jasnost o sobě neměla pro Bohra žádnou přednost. Obával se, že by formální matematická struktura zatemnila fyzikální jádro problému a v každém případě byl přesvědčen, že kompletní fyzikální vysvětlení by absolutně měla předcházet matematické formulaci.“¹⁷

Zatímco Heisenberg a matematický génius kvantové teorie Paul Dirac (1902–1984) zpočátku nechápali přednost Bohrových kvalitativních či filosofických výkladů, neboť se obraceli primárně k matematice, Bohr vždy ukazoval, že matematika není při interpretaci fyzikálních problémů a paradoxů spásonosná (to samozřejmě nepopírá nepostradatelnost matematiky pro fungování kvantové mechaniky), poněvadž je založena na dějinných motivacích a kontextech porozumění, které se musí nejprve vyjasnit, aby na nich bylo možné budovat matematický aparát. Teprve toto kvalitativní vyjasnění rámcuje směle představy a motivuje vědce k tomu, jaký matematický aparát posléze vymyslí a jak jej budou dále rozvíjet. Příkladem je Schrödingerovo neústupné lpění na vlnové představě přírody, odtud ex post vytvořená vlnová mechanika a Heisenbergova víra v korpuskulární představu přírody, odtud ex post vytvořená maticová mechanika a princip neurčitosti. Schrödinger doslova nesnášel Heisenbergovo pojetí, a naopak. Bohr obě neslučitelné představy komplexně vyložil a na obou elegantních matematických vyjádřeních (ty však nebyly neslučitelné) se posléze vypracovala další sjednocující matematika.

Dirac hovořil o Bohrově kvalitativní argumentaci jako o něčem obdivuhodném. Trvalo mu však dlouho, než se s tímto způsobem řešení problémů vyrovnal. O padesát let později o interpretaci kvantové teorie prohlásil, že „problém, jak získat tuto interpretaci, se ukázal být skoro obtížnější nežli správné vypracování daných rovnic“.¹⁸ Dirac rovněž ve svých vzpomínkách napsal, že byl pro něj Bohr nejen „Newtonem atomu“, ale také „nejhlubším myslitelem, s kterým se kdy setkal“.¹⁹ Heisenbergovi také dlouho trvalo, než přijal Bohrova východiska, a teprve o několik let později ve své filosofii vědy uvádí, „že každý druh porozumění, ať je vědecký nebo nevědecký, však závisí na naší řeči, závisí na tom, že můžeme sdělovat myšlenky /.../. Slova této řeči znamenají pojmy denního života /.../“²⁰

Bohr měl obrovský vliv na celou generaci vědců a nesmírný respekt. Avšak jeho žáci a kolegové si rovněž vybavují i kuriózní stránky jeho osobnosti, například během filosoficko-teoretických disputací jeho extrémní míru soustředěnosti, z níž si také tropili žerty. To výstižně shrnuje například Franck: „Víte, my všichni jsme se stali jeho žáky. /.../ Všichni jsme se díky Bohrovi a dis-

» Bohr vytvořil teorii souboje ukazující, že padouch je první zasažen. «

14 Viz [3], s. 136 a 132.

15 Viz [1] včetně obrázků.

16 Viz [10], s. 33.

17 Viz [12], s. 98.

18 Viz [5], s. 295.

19 Viz [13], s. 134.

20 Viz [14], s. 102.



Zde Heisenberg zformuloval princip neurčitosti (původně hostitelský pokoj v levé části institutu v podkroví s výhledem do silnice a parku).

kusím s ním neustále něčemu učili. Člověk si však o něm mohl myslet všelicos. Někdy během diskusí prakticky jen seděl jako idiot. Tvář se stala prázdňou, jeho končetiny byly svěšené, a dokonce jste ani nevěděli, jestli tenhle člověk vůbec vidí. Mysleli byste si tedy, že vážně musí být idiot. On v tu dobu absolutně neprojevoval žádnou známku života. Avšak najednou bylo vidět, že do něj vstoupil jakýsi žár nebo jiskra a potom řekl: „Teď už vím.“ Je to udivující, tato koncentrace /.../. Jsem si jist, že to bylo stejné i v případě Newtona.“²¹ Vzpomínka na obdobnou koncentraci je známa i z jeho dětství: když jednou jela Bohrova matka s malým Nielsem a jeho bratrem Haraldem (1887–1951; vynikající matematik a fotbalista) v tramvaji a něco poutavého jim vyprávěla, manželský pár opodál si povšiml, jak oba kluci strnule s otevřenými ústy civí před sebe. Paní svému manželovi prý soucitně pošeptala: „Podívej na ně, chudák jejich matka.“²²

Bohr jako ředitel Univerzitního institutu pro teoretickou fyziku

Bohr založil fyzikální institut v Kodani v roce 1920 a na jeho provoz musel shánět nemalé finanční prostředky (od roku 1965 nese jméno Bohrov institut). O této stránce jeho aktivit se z historického hlediska píše velmi málo a v mnoha vzpomínkách jeho žáků nebo kolegů se o tom většinou nic konkrétnějšího nedozvíme. Důvod je prostý, Bohr nechtěl nikoho zatěžovat ekonomickými a administrativními problémy, které musel každodenně řešit. Avšak bez jeho manažerských schopností by fyzikální institut patrně neexistoval, tudíž by z něj nevzešla ani řada budoucích nositelů Nobelových cen a pravděpodobně by i kvantová teorie dnes byla jinou kvantovou teorií.

Finn Aaserud (*1948; ředitel Bohrova archivu v Kodani), který se podrobně zabýval chodem a financováním Bohrova institutu, ukazuje, že po jeho založení dospěl rokem 1927 institut ekonomicky a vědecky ke svému vrcholu. Týkalo se to nejen vysokého počtu učenců z celého světa a vykazované publikační činnosti, ale také rozšiřování institutu: přistavovaly se nové budovy, podzemní laboratoře, nabírali se noví zaměstnanci, nakupovaly se experimentální přístroje atd. Vše probíhalo na základě představy jednoty experimentu a teorie, kterou Bohr od počátku prosazoval. Nicméně situace nebyla vůbec jednoduchá. Například při zakládání institutu počínaje rokem 1917 se Bohr vyčerpá-

ním dokonce zhroutil. Vzhledem k vysoké a měnící se inflaci neustále přepracovával plány nebo přepočítával penize na stavbu institutu, žádal další a další vládní i nevládní dotace, řešil dlouhotrvající stávkou dělníků, nedostatek cihel v Kodani atd.

Přibližně od roku 1928 do roku 1934 došlo ke stagnaci a k dramatickému snížení publikací a experimentální práce. Aaserud uvádí, že v tomto období navzdory nástupu nukleární fyziky, na němž Bohr sice s některými svými kolegy participoval, ovšem především jen teoreticky (a filosoficky), nepřiměly ho tyto aktivity k získávání nových finančních prostředků na moderní vybavení (například na drahé urychlovače) a na přesměrování institutu na typicky vědeckou teoreticko-experimentální práci, například právě v nukleární fyzice. Aaserud píše: „Naopak, Bohr a jeho mladší kolegové sledovali tyto zájmy v atmosféře otevřených a neformálních diskusí, což bylo přesným protikladem k tomu, jak by měl vypadat zkoordinovaný záměr pro precizně definovaný teoretický a experimentální výzkumný program. Tyto diskuse ve skutečnosti poskytovaly výbornou případovou studii o působení Kodaňského ducha. Ačkoliv vedly nepochybně k hlubokým teoretickým vhledům, nevedly ke společně sladěné vědecké proměně.“²³

Fyzici psali a spontánně diskutovali o různých konceptuálních problémech teoretické fyziky, zejména co se týkalo otázky relativistické kvantové teorie. Někteří, jako Paul Jordan (1902–1980) a Delbrück, se zase s Bohrem zabývali filosofickými otázkami biologie a epistemologickými důsledky kvantové mechaniky či komplementarity. Nukleární fyzika tak byla pouze jednou z řešených otázek pro obecné porozumění teoretické fyzice. K proměně tohoto filosoficko-teoretického ovzduší došlo až kvůli dvěma klíčovými a propleteným událostem. Jednou z nich byla změna politiky Rockefellerovy nadace, která Bohrov institut významně od počátku podporovala. Sekce přírodních věd se ve třicátých letech rozhodla, že budoucnost patří zejména biologickým disciplínám a oborům zkoumajícím vitální procesy. Dosud prioritně podporovaná fyzika, chemie a matematika se pak měly stát základem pro aplikaci kvantifikovaných metod a technik do biologie.

Druhá událost souvisela s nástupem nacistického Německa a fašistické Itálie, již také nakonec zasáhla rasistická a antisemitská ideologie. Filantropicky smýšlející Bohr, sám židovského původu, tehdy pomáhal mnoha židovským vědcům a jejich rodinám s životem v emigraci, na což potřeboval obrovské finanční prostředky. Zasloužil se mimo jiné i o to, aby Rockefellerova nadace zřídila speciální granty pro uprchlíky z Evropy. To však stále nestačilo, a proto se rozhodl riskovat a přesměrovat fyzikální institut na experimentální biologii. Bohr spolu s židovským utečencem Georgem Ch. de Hevesym (1885–1966) v roce 1935 získali velký grant právě na experimentální biologii. Jak de Hevesyho práce v Kodani, tak Delbrückovy pozdější projekty v USA, za něž oba obdržely Nobelovu cenu, byly placeny právě z nově vzniklé biologické koncepce Rockefellerovy nadace, a byl to tedy také Bohr, který stojí v pozadí jejich převratných výsledků.

Na seznamu těch, jimž Bohr pomohl zajistit existenci v exilu, a většinou právě v institutu, jsou například: Guido Beck (narozen v Liberci; 1903–1988), George Placzek (narozen v Brně; 1905–1955), Felix Bloch (1905–

21 Viz [8].

22 Viz [3], s. 138.

23 Viz [15], s. 38 a 39.

1983), James Franck (1882–1964), Arthur R. von Hippel (nebyl židovského původu, ale vzal si Franckovu dceru; 1898–2003), Eugene Rabinowitch (1901–1973), Edward Teller (1908–2003), Victor Weisskopf (1908–2002) nebo Lise Meitnerová (1878–1968), která v Kodani nezůstala (chtěla přenechat místo v institutu mladším kolegům), čehož později litovala. V Kodani však zůstal její synovec Otto Frisch, spolu s nímž se proslavila interpretací jaderného štěpení. Krátce v institutu pobyla i rodina Enrica Fermiho (1901–1954), jehož manželka byla židovského původu. Nejdéle v Kodani zůstali Georg Charles de (von) Hevesy, Hilde Leviová (1909–2003) a Stefan Rozental (1903–1994).

Hevesy byl radiochemik, který pomocí radioaktivních izotopů jako tzv. značkovačů označoval různé sloučeniny, aby mohl lépe zkoumat chemické či biochemické reakce a transportní procesy (dnes v nukleární medicíně pacienti podstupují různá radioizotopová vyšetření ledvin, kostí, štítné žlázy atd.). Na Hevesyho výzkumech, v propojení s dalšími biologickými institucemi v Kodani, například se zoofyziologickou a Carlsbergskou laboratoří nebo nemocnicí pro léčbu radiem atd., prakticky spočívala celá strategie přesměrování fyzikálního institutu na experimentální biologii a s tím spojené štedré financování, které institutu umožnilo angažovat se rovněž filantropicky a současně působit i v oblasti nukleární fyziky (jedna z nejdražších položek bylo financování urychlovače částic). Fyzička Hilde Leviová (1909–2003), poslední dostudovaná židovská doktorandka v Berlíně, která emigrovala do Kodaně, vzpomíná: „Měli jsme krysy, měli jsme kočky a všechny druhy podivných věcí, které vůbec nepatřily do Bohrova institutu“.²⁴

Doslov

V roce 1943 musel nakonec i Bohr s rodinou za dramatických okolností emigrovat. Ihned poté, co se dostal do neutrálního Švédska, zorganizoval záchranu několika stovek židovských uprchlíků z Dánska. Kvůli tomu zalarmoval švédského krále a vládu, aby otevřeli hranice a s loďmi najížděli do neutrálních vod a pomáhali uprchlíkům, aby se mohli bezpečně dopravit do Švédska. (Jen malá část dánských Židů byla transportována do koncentračních táborů.) Teprve potom odletěl do Anglie, aby se zanedlouho zapojil do Manhattan-ského projektu v Los Alamos. Během války se také angažoval v mnoha politických rozhovorech s nejvyššími představiteli spojenců.

Jeho postoj k výrobě atomové zbraně výstižně popisuje Victor F. Weisskopf: „V Los Alamos jsme pracovali na něčem, co je pravděpodobně nejspornější, neproblematičtější věc, jíž vědec může vůbec čelit. V tu dobu byla fyzika, naše milovaná věda, donucena stát se nejkrutější součástí reality, a my jsme se s tím museli naučit žít. Byli jsme, alespoň většina z nás, mladí a jaksí nezkušení, co se týče, řekl bych, lidských otázek. Avšak najednou se uprostřed toho v Los Alamos objevil Bohr. Bylo to poprvé, co jsme si začali uvědomovat smysl všech těchto strašlivých věcí /.../. Každý vážný a hluboký problém v sobě nese své vlastní řešení /.../. Toto jsme se od něj naučili.“²⁵

Literatura

- [1] L. Rosenfeld, U. Hoyer (eds.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 2: Work on atomic Physics (1912–1917)*. Amsterdam – New York – Oxford, Elsevier 1981.

²⁴ Viz [16].

²⁵ Viz [17], s. 524 a 525.



Výhled z NBArchive. V této části Institutu za okny uprostřed ležel v hostelské ložnici v roce 1926 nemocný Schrödinger během úmorných diskusí s Bohrem o povaze kvantové teorie.

- [2] J. Franck: „A Personal Memoir“, in: A. P. French, P. J. Kennedy (eds.): *Niels Bohr – A Centenary Volume*. Harvard University Press, Cambridge Massachusetts-London 1985.
- [3] N. Blædel: *Harmony and Unity – The Life of Niels Bohr*. Springer-Verlag, London-Berlin-New York 1985.
- [4] G. Holton: *Věda a antivěda*. Praha, Academia 1999.
- [5] A. Pais: *Niels Bohr's Times, in Physics, Philosophy and Polity*. Oxford, Clarendon Press 1993.
- [6] A. Einstein: „Autobiographical Notes“, in: Schilpp & P. Arthur (ed.): *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, New York: MJF Books 1970.
- [7] Schrödinger Wienovi (německy) in Niels Bohr Archive: *Copies of Papers from Elsewhere Not Directly Related to Niels Bohr. Series 9: Schrödinger, Erwin to Wilhelm Wien, 1925–1927*.
- [8] James Franck in: *Oral History Transcript – James Franck*, 12. července 1962, IV. sekce. Interview with Dr. James Franck by Thomas S. Kuhn and Maria Goeppert Mayer at Franck's Summer home, Falmouth, Massachusetts. Online: http://www.aip.org/history/ohilist/4609_2.html (vyhledáno 11. 4. 2013).
- [9] L. Rosenfeld : „Niels Bohr in the thirties“, in: S. Rozental (ed.): *Niels Bohr – His life and work as Seen by His Friends and Colleagues*. North-Holland Publishing Co., Amsterdam 1967.
- [10] D. Favrholt (ed.), F. Aaserud (general ed.): *Niels Bohr, Collected Works – Volume 10, Complementarity Beyond Physics (1928–1962)*. Amsterdam – Oxford – New York, Elsevier 1999.
- [11] M. Delbrück, G. Gamow: „Faust – Eine Historie“, in: George Gamow: *Thirty Years that Shook Physics – The Story of Quantum Theory*. New York, Dover Publications, Inc. 1966, s. 164–214.
- [12] W. Heisenberg: „Quantum theory and its interpretation“, in: [9].
- [13] P. A. M. Dirac: „Recollections of an exciting era“, in: C. Weiner (ed.): *History of Twentieth Century Physics*. Academic Press, New York 1977.
- [14] W. Heisenberg: *Fyzika a filosofie*. Aurora, Praha 2000.
- [15] F. Aaserud: *Redirecting Science – Niels Bohr, Philanthropy and the Rise of Nuclear Physics*. Cambridge University Press, Cambridge – New York 1990 (2002).
- [16] H. Levi in: *Oral History Transcript – Hilde Levi*, 28. října 1971. Interview with Dr. Hilde Levi by Charles Weiner In Copenhagen, Denmark. Online: <http://www.aip.org/history/ohilist/5038.html> (vyhledáno 28. 10. 2013).
- [17] V. F. Weisskopf in: R. Rhodes: *The Making of the Atomic Bomb*. Simon and Schuster, New York – London 1986.