

Niels Henrik David Bohr a konference ke 100. výročí jeho modelu atomu

Patrik Čermák^{1,2}, Filip Grygar²

¹ Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice

² Fakulta filozofická, Univerzita Pardubice, Studentská 84, 532 10 Pardubice

Výklad stability atomu podal Niels Bohr ve svých třech stěžejních člancích nazvaných *O konstituci atomů a molekul* v roce 1913. V nich jedinečným způsobem aplikoval na Rutherfordův model atomu dosud nespojované předpoklady (klasické předpoklady a Planckovu kvantovou hypotézu nebo Balmerovu-Rydbergovu konstantu). To mu umožnilo podat vysvětlení čárového spektra (nejenom) vodíku a v neposlední řadě ho jeho teorie dovedla až k revolučnímu pojetí struktury molekul. V české odborné i laicky zainteresované veřejnosti tak přetrvává představa Bohra především jako fyzika nebo jen strůjce modelu atomu vodíku. Takový obraz o Bohrovi je velmi zavádějící. Ve fyzice Bohr dosáhl řady dalších významných příspěvků a současně byl interdisciplinárním myslitelem, jenž se zabýval filosofií, psychologií, biologií nebo jazykem. Nárokem konference ke stému výročí Bohrova modelu atomu tak bylo alespoň zčásti zaplnit některá bílá místa ve vnímání této pozoruhodné osobnosti.

Niels Bohr

Dánský vědec a všestranný myslitel, otec rodiny a ředitel Fyzikálního institutu v Kodani Niels Henrik David Bohr (7. 10. 1885–18. 11. 1962) byl nositelem Nobelovy ceny za fyziku a mnoha mezinárodních ocenění. Bohrovi žáci a kolegové (včetně Alberta Einsteina nebo Erwina Schrödingera) v něm viděli génia, nazývali ho otcem či papežem kvantové teorie a po lidské stránce byl pro ně „dobrota sama“.¹ V povědomí české veřejnosti je zapsán zejména jako strůjce modelu atomu z roku 1913, díky němuž přispěl ke zrození kvantové teorie a k vysvětlení periodického zákona chemických vlastností prvků.

Z fyzikálního či chemického hlediska Bohrův originální příspěvek z roku 1913 nespočívá, jak se většinou objevuje v učebnicích, jen v navrženém modelu atomu vodíku. Ve svém rozsáhlém a detailně zpracovaném pojednání se Bohr také zabývá strukturou dalších atomů a molekul, aspekty Röntgenova záření, radioaktivity, optiky nebo magnetismu.² To vše v době, kdy sama atomová teorie stála mimo oblast hlavního zájmu fyzikální komunity a v chemii přežíval tzv. kubický atom G. N. Lewise.³

Bohrův počín vyvolal ve své době zpočátku skeptické reakce a někdy až bouřlivý nesouhlas ze strany fyzikální obce, neboť jeho převratné závěry, vypracované a poskládané i z neslučitelných fyzikálních představ, mnozí

považovali za absurdní.⁴ Podle Helga S. Kragha je možné hlavní důvody kritiky Bohrova modelu atomu shrnout do pěti propojených bodů: (1) *Elektrodynamika je výslovně neplatná ve stacionárních stavech.* (2) *Frekvence emitovaného záření není v souladu s frekvencí vibrujících elektronů v atomu.* (3) *Kvantové skoky probíhají diskontinuálně a patrně bez příčiny.* (4) *Pokud elektrony přeskóčí z vyšší na nižší hladinu, pak, jak se zdá, má tento proces teleologický charakter.* (5) *Zdá se být nemožné určit stav elektronu v okamžiku, kdy přechází mezi dvěma stacionárními stavy.*⁵ Poté, co byl Bohrův revoluční model atomu akceptován a nakonec i oslavován, byl to sám Bohr, kdo začal záhy poukazovat, že to, k čemu dospěl v roce 1913, byly často jen pouhé dohady a hrubá přiblížení, což nebylo filosoficky správně. Víme, že k ucelenějšímu vysvětlení atomárního dění vedla ještě dlouhá cesta.⁶

Především ze zkratkovité školní výuky nebo ze skript můžeme nabývat dojmu, že byl Bohr pouze fyzik. To je však veliký omyl. Bohrův způsob myšlení, a s tím související přístup k řešení vědeckých i občanských problémů (například zda sestrojít anebo nesesrojít atomovou bombu), byl rovněž filosoficko-psychologický a jazykový. Interdisciplinární přístup k jakýmkoli otázkám formoval Bohrova osobnost už od mládí, neboť vyrůstal v takovém rodinném a kulturním prostředí, v němž se scházeli přírodovědci s fi-

1 Viz Bohrovi životopisci [1]

2 Více viz [2] a rovněž překlad Bohrova prvního článku z roku 1913 s (historickým) komentářem [3]

3 K Bohrově vztahu k chemii viz [4]

4 Viz historicko-filosoficko-fyzikální reflexe [5]

5 Viz [6]

6 Více viz [5]

50 let
od Bohrova úmrtí





Obr. 1 Zahájení konference dr. Filipem Grygarem.

losofy, umělci nebo lingvisty. Sám Bohruv otec Christian v sobě spojoval experimentálního fyziologa, který přistupoval k přírodě jak z hlediska fyzikálně-chemického, tak kantovského a goethovského.⁷

Tento stěžejní vliv, tj. propojování často nepropojitelných idejí či myšlení v paradoxech a protikladech, byl u Bohra typický a rozhodující například a) pro vytvoření nového modelu atomu, b) při formulaci tzv. argumentu či principu korespondence (vyjadřující nárok kvantové teorie být racionální generalizací klasické teorie),⁸ c) pro navržení ideje komplementarity (není zaměnitelná za dualitu vlny a částice ani za tzv. Kodaňskou interpretaci z roku 1927, nýbrž je epistemologickým rámcem, který Bohr srovnával s koperníkánským obratem v myšlení),⁹ d) při vytvoření modelu složeného jádra, který recipoval aspekty tzv. kapkového modelu (představa složeného jádra sloužila například k sepsání slavného článku s Johnem A. Wheelerem o mechanismu jaderného štěpení a jako testovací model během sestrojování atomové bomby),¹⁰ e) pro aplikaci komplementarity na svébytné porozumění živému organismu.¹¹ Ne nadarmo Bohruv žák a přítel Werner Heisenberg poukazyval na to, že by kvantová teorie nevznikla bez filosofa a vědce v jedné osobě. Podle fyzika Jørgena Kálckara nebudeme „přehánět, když vystihneme Bohra v jeho naturelu jako rozeného filosofa, který našel ve fyzice překrásně mocný nástroj k proniknutí do základů lidského poznání a popisu světa“.¹²

V poslední době se o Bohrovi mohla česká veřejnost dozvědět prostřednictvím věhlasné divadelní hry Michaela Frayna *Kodaň* z roku 1998, která se zabývá neblahou týdenní návštěvou Heisenberga v okupované Kodaňi v září v roce 1941. Jedna ze schůzek totiž velmi rychle skončila Bohrovým ukončením rozhovoru. Co si oba aktéři tehdy přesně řekli, je dodnes záhadou. Poválečné vztahy mezi Bohrem a Heisenbergem už potom nebyly tak přátelské jako před osudnou návštěvou. Hra rozpoutala také rozporuplné i emotivní reakce ze strany historiků a filosofů vědy nebo ze strany Bohrovy a Heisenbergovy rodiny či německých a dánských pamětníků, kteří oba vědce dobře znali a také osudnou návštěvu zažili.¹³

7 Více viz [1]

8 Viz [7]

9 Viz [8] a [9]

10 Viz [10]

11 Viz [11]

12 Viz [12]

13 Více viz [13] a sborník esejů k Fraynově hře [14]

Nakonec je třeba zmínit, že Bohr byl také filantropicky založený člověk, který po nástupu nacismu a fašismu pomohl mnoha židovským vědcům a jejich rodinám emigrovat a zajistit jim novou existenci (mnoho z těchto vědců pak pracovalo na Manhattanském projektu v Los Alamos, například Otto Frisch, Edward Teller, brněnský rodák George Placzek atd.). Aby získal finanční prostředky, přeměňoval Bohr Fyzikální institut ve třicátých letech 20. století na biologii, poněvadž v té době Rockefellerova nadace změnila strategii financování zejména ve prospěch biologických projektů. Poté, co musel sám s rodinou za dramatických okolností emigrovat v roce 1943 z Dánska přes Švédsko do Anglie a posléze do USA (kde později pracoval v Los Alamos), za pomoci dánského hnutí odporu a díky naléhavým urgencím až u švédského krále pomohl stovkám dánských židovských obyvatel, aby se mohli dostat do neutrálního Švédska. K výsledkům Bohrova válečného působení můžeme kromě strategických rozhovorů s nejvyššími představiteli spojenců a nesouhlasu se svržením atomových pum na japonské obyvatelstvo počítat i tzv. koncepci *Open World* a poválečné zakládání mezinárodních vědeckých center, jakými jsou například *NORDITA* a *CERN*.¹⁴

Oproti zvýšenému zájmu o Einsteinovu osobnost zůstal Bohr zcela neúměrně svému významu v České republice opomenut. Zatímco ve světě stále vychází k Bohrově dílu a bohrovské problematice mnoho odborné i populární literatury, v českém jazyce najdeme jen pár textů, o překladech ani nemluvě.

Pardubická konference

V letošním roce si světová vědecká veřejnost připomíná 100. výročí modelu atomu Nielse Bohra. K tomuto významnému výročí katedra filosofie Filozofické fakulty Univerzity Pardubice ve spolupráci se studenty Universitas uspořádala dne 24. 9. 2013 v pardubickém Divadle 29 konferencí s podtitulem *Přírodovědné, historické a filosofické kontexty Bohrova díla*. Spolu s loňskou (studentskou) konferencí *Niels Bohr jako vědec, filosof a občan*¹⁵ je možné, že šlo o vůbec první bohrovské konference od vzniku Československa v roce 1918.

Prvním přednášejícím byl doc. RNDr. Jiří Langer, CSc., z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze, který ve svém příspěvku *Bohrův model atomu a poloklasické kvantování* pojednal o Bohrově myšlence kvantování akce, jež „byla rozvinuta Sommerfeldem i na relativistický model atomu a vedla k dobrým výsledkům i pro jemnou strukturu spektrálních čar“. V této souvislosti zdůraznil „sametovost“ fyzikálních revolucí, když prohlásil, že „je zajímavé si všimnout, jak klasická mechanika ve formulaci Lagrangeho a Hamiltona připravila matematický aparát vhodný pro kvantovou teorii – fyzikálním revolucím předchází rozsáhlá ideologická příprava“.

Dalším příspěvkem byl nástin *Od objevu elektronu k Bohrovu modelu atomu* Mgr. Michala Černého z Masarykovy Univerzity v Brně. Černý se snažil ukázat nejdůležitější fyzikální i filosofické předpoklady, které Bohrovi umožnily vytvořit model atomu. Tento model, jak řekl, „přes veškerou svoji novost a překvapivost vycházel z experimentálních a teoretických poznatků, které učinily významné osobnosti – Thomson, Becquerel či Rutherford“.

14 Viz [13]

15 Více viz report [15]

V odpolední části konference nás doc. Ing. Štefan Zajac, CSc., z Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze v příspěvku *Niels Bohr – velký dánský vědec* seznámil s širšími historickými kontexty Bohrovy práce ilustrovanými na konkrétních osobnostech. Zdůraznil, že „vývoj Bohrova modelu atomu z roku 1913 v pozdější tzv. Kodaňskou interpretaci kvantové mechaniky a Kodaňskou školu teoretické fyziky, přijatou světovou vědeckou komunitou, je velkým úspěchem lidského duchovního snažení“. Zároveň vyzdvihl důležitost konání takové konference: „Sté výročí vytvoření Bohrova modelu atomu je vhodnou příležitostí k nahlédnutí ‚genetiky‘, ‚revolucí‘ i perspektiv vývoje vědeckého poznání světa.“

Mgr. Lukáš H. Zámečník, Ph.D., z Filozofické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci si připravil přednášku s názvem *Fyzikální model jako prekurzor změny/vzniku fyzikální teorie*. V ní se zabýval tzv. modelovým pojetím vědeckých teorií (model-based view of theories). Cílem jeho příspěvku podle něj bylo „na konkrétním příkladu Bohrova modelu demonstrovat, že filosofie vědy disponuje prostředky, jak provést racionální rekonstrukci, která nevyžaduje zapojení historiografických aspektů a vystačí si s čistě pojmovými nástroji dynamického modelového pojetí vědeckých teorií“.

Poslední přednášku *O původu Bohrova komplementárního myšlení* pronesl iniciátor akce Mgr. Filip Grygar, Ph.D., z Filozofické fakulty Univerzity Pardubice. Zaměřil se na některá nepochopení a zavádějící výklady, jež panují od roku 1927 o Bohrově ideji komplementarity, a na to, co znamená rámec komplementarity v kvantové teorii i mimo ni. Nakonec se pokusil vypořádat s zárodky Bohrova komplementárního myšlení již v jeho mládí. Zdůraznil, že „teprve tento svěbytný způsob myšlení Bohrovi umožnil, aby byl za první vůbec otevřen uvažování o neortodoxních nebo neslučitelných představách, a za druhé, aby se s nimi neobával pracovat a následně je zavést například v roce 1912 a 1913 do modelu atomu“.

Na konferenci tedy zaznělo pět hodinových příspěvků, které účastníci provedly cestou od Bohrových raných vědeckých prací až po Bohrovo pojetí komplementarity a pokusily se tak alespoň z části zaplnit bílá místa v povědomí české odborné i laické veřejnosti. Součástí konference byla i projekce dobového dokumentárního filmu dánské televize o Bohrovi z roku 1952 s českými titulky. Nezbyvá než doufat, že jsme touto konferencí přispěli alespoň k širšímu povědomí o důležité epoše



Obr. 2 Diskuse s doc. Jiřím Langerem.

v dějinách vědy reprezentované Bohrem, jejíž jsme dědicové a jejíž význam se nezdá být plně doceněn či pochopen. Při této příležitosti jsme rovněž vytvořili české webové stránky, kde chceme zainteresovanou veřejnost blíže seznámit s osobností myslitele Nielse Bohra.¹⁶

Literatura

- [1] N. Blådel: *Harmony and Unity – The Life of Niels Bohr*. Springer-Verlag, London-Berlin-New York 1985. A. Pais: *Niels Bohr's Times, in Physics, Philosophy and Polity*. Clarendon Press, Oxford 1993.
- [2] N. Bohr: „On the constitution of atoms and molecules, Parts I.–III.“, *Phil. Mag.* 26, 1, 476 a 857 (1913). Přetištěno in: *Niels Bohr, Collected works, Volume 2: Work on Atomic Physics (1912–1917)*. L. Rosenfeld, U. Hoyer, Eds., Elsevier, Amsterdam-New York-Oxford 1981, s. 160–234.
- [3] P. Čermák: *O struktuře atomů a molekul Nielse Bohra*. Bakalářská práce, Fakulta chemicko-technologická Univerzity Pardubice, Pardubice, 2013. Dostupné z WWW: www.nielsbohr.webnode.cz.
- [4] H. Kragh: „Niels Bohr between physics and chemistry“, *Phys. Today* 66(5), 36 (2013). Dostupné z WWW: <http://dx.doi.org/10.1063/PT.3.1978>.
- [5] F. Grygar: „Historická, filosofická a fyzikální reflexe Bohrova převratného kroku z roku 1913“, *Dějiny věd a techniky* 46, 3 (2013). Dostupné z WWW: <http://issuu.com/sdvt/docs/dvt131>.
- [6] H. Kragh: „Conceptual objections to the Bohr atomic theory – do electrons have a ‘free will’?“, *Eur. Phys. J. H* 36, 349 (2011).
- [7] *Niels Bohr Collected works, Vol. 3: The Correspondence Principle (1918–1923)*. L. Rosenfeld, R. J. Nielsen, Eds., North-Holland, Amsterdam 1976.
- [8] F. Grygar: „Komplementarita kalkulující a kvalitativní deskripce“, *Teorie vědy* 33, 271 (2011). Dostupné z WWW: <http://teorievedy.flu.cas.cz/index.php/tv/article/viewArticle/95>.
- [9] *Niels Bohr. Collected works volume 10: Complementarity beyond Physics (1928–1962)*. F. Aaserud, D. Favrholt, Eds., Elsevier, Amsterdam-New York-Oxford-Tokyo 1999.
- [10] *Niels Bohr. Collected works volume 9, Nuclear Physics (1929–1952)*. E. Rüdinger, R. Peierls, Eds., Elsevier, Amsterdam-New York-Oxford-Tokyo 1986.
- [11] F. Grygar: „Bohrovo pojetí biologie: K 50. výročí úmrtí Nielse Bohra“, *Teorie vědy* 34, 355 (2012). Dostupné z WWW: <http://teorievedy.flu.cas.cz/index.php/tv/article/view/169/176>. N. Bohr: „Světlo a život“, *Teorie vědy* 34, 381 (2012). Dostupné z WWW: <http://teorievedy.flu.cas.cz/index.php/tv/article/view/168/177>.
- [12] J. Kalckar: „General introduction to Volumes 6 and 7 – A glimpse of the young Niels Bohr and his world of thought“, in: E. Rüdinger, J. Kalckar Eds. *Niels Bohr, Collected works Volume 6: Foundations of Quantum Physics I (1926–1932)*. Elsevier, Amsterdam-New York-Oxford-Tokyo 1985, S. XVII.
- [13] *Niels Bohr. Collected works Volume 11: The Political Arena (1934–1961)*. F. Aaserud Ed., Elsevier, Amsterdam-New York-Oxford-Tokyo 2005.
- [14] *Michael Frayn's Copenhagen in Debate – Historical Essays and Documents on the 1941 Meeting Between Niels Bohr and Werner Heisenberg*. M. Dörries, Ed., Office for History of Science and Technology, University of California, Berkeley 2005.
- [15] P. Čermák: „Studentská konference Niels Bohr jako vědec, filosof a občan“, *Čs. čas. fyz.* 63, 186 (2013).
- [16] F. Grygar, P. Čermák: *Niels Bohr: vědec, filosof a občan*. Dostupné z WWW: <http://nielsbohr.webnode.cz>.
- [17] H. Kragh: *Niels Bohr and the Quantum Atom: The Bohr Model of Atomic Structure, 1913–1925*. Oxford University Press, Oxford 2012.
- [18] F. Aaserud, J. L. Heilbron: *Love, Literature and the Quantum Atom: Niels Bohr's 1913 Trilogy Revisited*. Oxford University Press, Oxford 2013.

16 Viz [16]



Obr. 3
Přednáška
doc. Štefana Zajace.

50 let
od Bohrova úmrtí

