

Filip Grygar

**Komplementární myšlení
Nielse Bohra
v kontextu fyziky, filosofie a biologie**

&

*Šest vybraných textů N. Bohra
k otázkám biologie*

Pavel Mervart 2014

Kniha vyšla za podpory grantového projektu *Bohrův komplementární přístup k fenoménu živého. Fenomenologická interpretace* (GA ČR P401/12/P280)

Recenzovali:
Mgr. Libor Koudela, Ph.D.
prof. RNDr. Ladislav Kvasz, Ph.D.
prof. RNDr. Peter Markoš, DrSc.
Doc. Ing. Štefan Zajac, Csc.

© Filip Grygar, 2014
© Pavel Mervart, 2014

ISBN 978-80-7465-113-7

Obsah

Úvod	11
(i) Niels Bohr známý a neznámý	11
(ii) Záměr knihy	15
(iii) Literatura	19
(iv) Poděkování	22

I. část

1. Vliv rodinného a kulturního prostředí na Bohrovo interdisciplinární myšlení	25
1.1 Několik životopisných poznámek k Bohrovu mládí, studiu a rodině	25
1.2 Bohrův vztah k přírodovědě, jazyku a filosofii	33
1.3 Christian Bohr a jeho přístup k otázce živé přírody	47
2. Dějinně-filosofický nástin mechanistických a vitalistických představ o živé přírodě	55
2.1 K proměně smyslu zkoumání přírody mezi starověkem a novověkem	55
2.2 Mechanicismus	58
2.3 Vitalismus	69
3. Bohr a kvantová teorie	77
3.1 Několik úvodních poznámek ke kvantové teorii	78
3.2 Dějinně-fyzikální a filosoficko-epistemologický nástin ustavení kvantové teorie	87
3.3 Maticová a vlnová mechanika	105
3.4 Bohr a Heisenberg – rozhovory o interpretaci kvantové teorie a vznik relací neurčitosti	122
3.5 Cesta ke komplementaritě a Como přednáška	136
3.6 Ideový rámec komplementarity	153

4. Kodaňský duch v Bohrově ústavu	
ve třicátých letech 20. století	191
4.1 Zrod nukleární fyziky a nacistické Německo	191
4.2 Bohrovy příspěvky k nukleární fyzice	204
4.3 Kodaňská škola v kontextu objevu jaderného štěpení	217
4.4 Bohr jako ředitel Univerzitního ústavu pro teoretickou fyziku	234
4.5 Přesměrování ústavu na experimentální biologii	249
4.6 Bohrovo epistemologické pojetí biologie	270
Doslov	307

II. část Šest vybraných textů N. Bohra k otázkám biologie

Světlo a život (1933)	313
Biologie a atomová fyzika (1937)	327
Fyzikální věda a problém života (1957)	339
Kvantová fyzika a biologie (1960)	351
Fyzikální modely a živé organismy (1961)	361
Světlo a život znovu (1962)	369
Seznam pramenů a literatury	381
Ediční poznámka	415
Summary	417
Jmenný rejstřík	421

Dediceret til:

Lis Rasmussen, Felicity Pors og Finn Aaserud fra Niels Bohr Arkivet i København
og Finns familie.

Od mládí jsem byl inspirován k hlubokému porozumění jednotě, která je východiskem pro všechnu lidskou touhu po vědění, bez ohledu na to, zda je jeho hladina manifestována skrze tak široce odlišné lidské prostředky, jakými jsou biologie, fyzika, filologie a filosofie.

(Niels Bohr)

Úvod

(i) Niels Bohr známý a neznámý

Dánský vědec a myslitel Niels Henrik David Bohr (7. 10. 1885 – 18. 11. 1962) byl nositelem Nobelovy ceny za fyziku a řady mezinárodních ocenění. Svými kollegy i žáky byl nazýván „otcem“ či „papežem kvantové fyziky“. Byl tvůrcem revolučního modelu atomu vodíku z roku 1913, díky němuž přispěl rozhodujícím dílem ke zrození kvantové teorie nebo k vysvětlení periodického zákona chemických vlastností prvků.

Nadto se v roce 1913 podílel na zprůhlednění dalších jevů a problémů, především otázky konstituce molekul, problematiky radioaktivity, magnetismu, optiky atd. Současně však poukazoval i na to, že jeho závěry týkající se atomové struktury byly často pouhé dohadu a hrubá přiblížení, což podle něj nebylo filosoficky správně.

Nejnověji se o Bohrovi mohla česká veřejnost dozvědět prostřednictvím oceňované divadelní hry Michaela Frayna (*1933) „Kodaň“ z roku 1998, jež pojednává o nešťastné týdenní návštěvě Bohrova žáka a přítele Wernera Heisenberga (1901–1976) v okupované Kodani v září roku 1941. Ve hře si Frayn položil řadu přímých i nepřímých otázek: co se tenkrát přesně stalo, proč Heisenberg vlastně přijel? Byl z Německa vyslán jako agent, aby něco vyzvěděl od Bohra o stavu jaderného výzkumu u spojenců? Nebo se chtěl zeptat svého mentora, zda mají fyzici na obou stranách morální právo podílet se na sestrojení atomové zbraně? Chtěl Heisenberg zdůraznit, že Německo válku vyhraje (neúspěšné obléhání Leningradu začínalo teprve v době Heisenbergovy návštěvy), a snažil se Bohra a jiné dánské vědce přesvědčit, aby přestali bojkotovat spolupráci s Německem? Co si tehdy v jednom zásadním rozhovoru oba vědci sdělili, nikdo

jiný neslyšel. Nicméně vše skončilo velmi záhy strohým Bohrovým ukončením rozhovoru a rozloučením. Jejich vztahy po válce už proto nikdy nebyly tak přátelské jako dřív.

Hra ovšem rozpoutala nejen nebývalý zájem u laické veřejnosti po celém světě, ale rovněž emotivní a rozporuplné reakce ze strany historiků a filosofů vědy, Bohrovy a Heisenbergovy rodiny, německých a dánských pamětníků nebo též odborníků, kteří velmi dobře oba vědce znali. O hře a historickém setkání Bohra s Heisenbergem proběhly konference, k práci německých vědců na uranovém projektu a k tomuto konkrétnímu tématu byly také zpřístupněny nové překvapující archivní materiály (například v roce 2002 Bohrovy neodeslané dopisy Heisenbergovi nebo v roce 2004 reporty mapující každodenní práci německých fyziků na uranovém výzkumu) a Frayn byl nucen svoji původní verzi upravit. Všechny tyto události, od sepsání hry Kodaň až po nejnovější archivní dokumenty, reflektoval v roce 2005 sborník odborných textů; přesto diskuse na uvedené, stále citlivé téma neberou konce.

Mohli bychom nabýt dojmu, že Bohr byl fyzik, a pokud jeho dílo zasahuje do dalších domén, jde v porovnání s přínosem k fyzice o méně podstatné oblasti. Tato kniha by chtěla naopak zdůraznit význam i oné další dimenze Bohrova příspěvku k intelektuálním dějinám.

Zaměří se proto především na Bohrův fenomenální způsob myšlení a propojování různorodých východisek, která na první pohled vůbec nejdou dohromady. Jeho komplementární způsob uvažování dává velký prostor intuici a připouští různé motivace, s nimiž Bohr přistupoval k řešení svízelných problémů nejen v atomárním dění, ale také v obecně přírodovědných, humanitních a občanských otázkách. Jeho pohled totiž nebyl čistě přírodovědný, nýbrž i filosofický, psychologický a jazykový. Takováto komplementární pozice formovala Bohrovu osobnost už od mládí, a byla rozhodující pro vytvoření nového modelu atomu, založení kvantové teorie a pro svébytné porozumění biologickým otázkám. Ne nadarmo Heisenberg poukazoval na to, že by kvantová teorie nevznikla bez filosofa a vědce v jedné osobě.

Bohrův model atomu a budoucí kvantová teorie, která jeho model ještě výrazně vylepšila, začaly nabízet řadu bizarních otázek, jež se později vyřešily jednoduše tím, že se přestaly řešit, neboť kvantová teorie funguje skvěle, a kvantovým mechanikům, inženýrům, uživatelům spotřební elektroniky, provozovatelům atomových elektráren, výrobcům nanomateriálů nebo jaderných zbraní takový přístup stačí. Už v roce 1913 se Ernest Rutherford (1871–1937) ptal v jednom z dopisů Bohra, nejen proč jsou v atomu nějaké stacionární stavů či orbity, ale také proč si například jeden elektron z vyššího energetického stavu vybere pro přeskok právě tento konkrétní nižší stav a nikoli jiný. Jak

elektron ví, jakou frekvencí bude vibrovat, když bude přeskakovat z jednoho nespojitého stavu do druhého? Ví snad elektron už předem, co udělá, a na kterém orbitu spočine (a nám o tom nic neřekne)? Albert Einstein (1879–1955) se v roce 1917 zase tázal, jak při atomární proměně konkrétní vyzářené světelné kvantum (později foton) ví, kterým směrem se bude ubírat? Erwin R. J. A. Schrödinger (1887–1961), jenž významně přispěl ke zdokonalení vysvětlení atomárního dění na základě spojité představy fungování přírody prostřednictvím vlnové mechaniky, pak v roce 1926 v domácnosti rodiny Bohrů už jen znechuceně konstatoval, že kvantové skoky jsou proklatou záležitostí. Navíc ho roztrpčovalo, že jeho vlastní rovnice, jak ho přesvědčoval Bohr a další kolegové, nepopisují vlnění hmotné, nýbrž pravděpodobnostní. Ovšem nejvýznamnějším Bohrovým odpůrcem během interpretací o spletitých kvantových problémech a o tom, co vůbec můžeme očekávat od vědeckého popisu přírody, zůstal celoživotně Einstein.

Odborná veřejnost zná Bohra zřejmě ještě prostřednictvím principu korespondence, který vyjadřuje nárok kvantové teorie být racionální generalizací klasické teorie. Bohrovou snahou bylo podržet klasické pojmy v kvantové teorii – navzdory jejich limitaci – a mimo jiné ukázat, že při přechodu od makroskopických jevů k atomárním přestávají platit předpoklady klasické mechaniky ve prospěch kvantové mechaniky a naopak. Patrně nejvýrazněji je Bohr v povědomí odborné veřejnosti zapsán jako protagonist a propagátor tzv. kodaňské interpretace kvantové teorie z roku 1927, v rámci níž představil svoji ideu komplementarity. Dále jsou známé Bohrový příspěvky z třicátých let 20. století – teorie nukleárních reakcí, rozvinutí kapkového modelu jádra, teorie složeného jádra a jeho předválečný článek k mechanismu jaderného štěpení.

Jak už tomu často v dějinách vědeckých teorií a myšlení bývá, zavedené formální postupy, definice a pojmy jsou v učebnicích vytrhávány z původních textů významných vědců, a jejich originální myšlení nám pak nutně uniká; tyto útržky se nereflektovaně předávají z jedné generace na druhou – nejinak tomu je i s dílem Nielse Bohra. Při hlubším studiu totiž zjistíme, že například model atomu, argument korespondence, kodaňská interpretace (není zaměnitelná za Bohrovu filosofii vědy) nebo idea komplementarity (není principem a není odvozena z principu neurčitosti) jsou zatíženy řadou tradovaných desinterpretací a obsahují mnoho problémů, které si žádají řádné vyjasnění.

Je nutné dodat, že Bohr nebyl jen vědec a filosof, nýbrž i ředitel Univerzitního ústavu pro teoretickou fyziku (dále jen Bohrův nebo Fyzikální ústav), který musel řídit. Jeho manažerské schopnosti a propracovaná strategie financování mu umožnily založit Mekku kvantové fyziky v Kodani, centru, do něhož se sjízděli začínající i renomovaní vědci z celého světa studovat, pracovat a filosofovat.

Bohr byl rovněž filantrop, který pomohl mnoha pronásledovaným židovským vědcům a jejich rodinám emigrovat ze zemí uchvacených nacismem i fašismem, a zajistit jim novou existenci. V roce 1943 se nacistické Německo rozhodlo zlikvidovat i dánské židovské obyvatelstvo. Těsně po svém riskantním útěku do Švédska v témže roce a před odletem do Anglie Bohr zalarmoval švédského krále i vládu, aby navzdory protestům nacistického Německa otevřeli hranice, informovali dánské obyvatelstvo rozhlasem a pomohli židovským uprchlíkům s převozem do neutrálního Švédska. Díky švédské vstřícnosti a dánskému hnutí odporu se takto i za pomoci Bohra podařilo zachránit několik tisíc židovských občanů před transportem do koncentračních táborů.

Po svém odjezdu z Anglie se Bohr přesunul do Spojených států, kde se ihned v Los Alamos zapojil do Projektu Manhattan pod jménem Nicholas Baker (tamní vědci ho přezdívali „strýček Nick“) a spolupracoval na sestrojení uranové a plutoniové bomby. Od počátku však upozorňoval na poválečný atomový věk a hrozbu závodů ve zbrojení, pokud nedojde v době války mezi spojenci ke sdílení vědeckých informací, a současně zdůrazňoval nutnost vytvoření nadnárodního orgánu, který by jaderný výzkum kontroloval. Výsledkem Bohrova válečného působení je, kromě strategických rozhovorů s nejvyššími představiteli spojenců a nesouhlasu se svržením atomových pum na japonské obyvatelstvo, tzv. koncepce *Open World* a poválečné zakládání takových mezinárodních vědeckých center, jakými jsou CERN nebo NORDITA.

Méně známou skutečností je prakticky jednostranně pozitivní vykreslení Bohrovy osobnosti ve vzpomínkách jeho žáků a významných vědců, včetně Einsteina, Rutherforda nebo Schrödingera; měl pověst skromného génia a laskavého člověka, nejednou se vyskytuje přívlastky ještě bombastičtější, jako „polobůh“ či „bůh“. O Bohrově vědeckém, soukromém či občanském životě a jeho filosofii vědy se ve světě napsalo už mnoho odborné i populární literatury. V česky psané literatuře nebo českých překladech je Bohr neúměrně svému významu opomenut, což kontrastuje s jinak po právu populární osobností Alberta Einsteina. Žádný Bohrův spis ani fundovaná publikace u nás dosud nevyšla. V jeho archivu (Niels Bohr Archive – dále NBA) v Kodani je uložena řada knih o Bohrovi a překlady jeho textů do různých jazyků, například kompletní překlad sebraných spisů do čínštiny od profesora GeGe (1922–2007), avšak žádná česká publikace ani překlad mezi nimi není (s výjimkou několika mých příspěvků).

(ii) Záměr knihy

Čtenáři se dostává do rukou vůbec první kniha o Bohrově v češtině; je určena těm, kdo se zajímají o mezioborové otázky, historii a filosofii vědy. Rovněž nabízí v bohatém poznámkovém aparátu stěžejní zdroje k popisovaným tématům či jen nastíněným problémům, proto by měla uspokojit také badatele; přírodoředci poskytne text možnost srovnat více faset Bohrova myšlení, řadu informací nových, a snad i překvapivých. Důraz bude kláden na Bohrovo komplemantární myšlení, které prostupovalo nejen jeho teoretickým, nýbrž i praktickým přístupem k životu.

Záměrem publikace je seznámit českého čtenáře s Bohrovým životem, s Bohrem jako kvantovým a nukleárním fyzikem, filosofem, ředitelem Fyzikálního ústavu, a dále s něčím, co bychom u něj pravděpodobně neočekávali – s jeho vztahem k biologickým tématům, třebaže nebyl svojí profesí ani experimentální, ani teoretický biolog. Kniha předloží jak teoretickou analýzu Bohrových textů o biologii, tak dějinný nástin východisek a motivací, jež vedly k jeho zájmu o porozumění živé přírodě. Tento zájem se rodil už v dětství, později byl zásadně ovlivněn experimentálními a filosofickými důsledky kvantové teorie a trval po celý život. Aby se mohl čtenář kromě výše uvedeného seznámit s Bohrovým stylem psaní a způsobem myšlení, je na závěr připojeno i šest překladů Bohrových pojednání k biologickým otázkám, jež se na základě shrnutí výsledků kvantové teorie snaží zaujmout postoj také k vědám zabývajícím se zkoumáním organické přírody nebo obecně životem.

V knize se promítá i recepce Bohrovy osobnosti očima dobových vědeckých autorit, jež se s ním znaly. Ačkoliv záměrem není glorifikace Bohra, je nutné uvést, jaký respekt a obdiv k jeho způsobu myšlení, vlivu a charakteru měli tak význační vědci, jakými byli Einstein nebo Schrödinger. Našel jsem, a dále v textu uvádí, pouze jednu oprávněnou výtku Johna Clarka Slatera (1900–1976), který nesouhlasil s některými závěry článku z roku 1924, jehož byl s Hendrikem A. Kramersem (1894–1952) a Nielsem Bohrem spoluautorem. Článek byl dopsán bez Slatera, ale vydán i s jeho jménem. Slaterem kritizované závěry nebyly správné a Slater později, přestože se mu Bohr omluvil, hodnotil období, které strávil v Kodani, jako otresné. Zcela obecně řečeno lze spatřovat problém právě v Bohrově velké autoritě, díky níž často přímo i nepřímo, vědomě či nevědomě, formoval myšlení svých žáků nebo kolegů směrem, vůči němuž se nedokázali ubránit.

1. kapitola první části knihy (**I**) je jakousi ouverturou k Bohrově komplemantárnímu myšlení, zaměří se na vliv rodinného a kulturního prostředí při utváření Bohrova vztahu k interdisciplinárním a přírodovědným otázkám.

Jeho otec Christian (Christian Harald Lauritz Peter Emil Bohr, 1855–1911), profesí fyziolog, probíral se svými kolegy v laboratoři i přáteli z duchovědných disciplín mj. otázku možností a mezí rozvíjející se přírodovědy pro komplexní vysvětlení a porozumění přírodě jako takové. Těchto setkání a diskusí se Bohr odmalička účastnil. V první kapitole se rovněž krátce zastavíme u Bohrova univerzitního studia fyziky, v rámci něhož absolvoval povinný kurz filosofie, a též se zúčastňoval diskuzí studentského kroužku Ekliptika. Je evidentní, že od mládí pěstovaný interdisciplinární způsob myšlení formoval Bohrový svébytné ideje a přístup ke kladení anebo řešení přírodovědných problémů, což mu spolu s jeho nadáním umožnilo odpoutat se od zavedených předpokladů fyziky (například představy kontinuity a kauzality) a směřovat k neortodoxním přístupům, které nastartovaly éru systematického dobývání mikrosvěta či Bohrovo filosoficko-epistemologické pojetí biologie.

Relevantním tématem pro možné vysvětlení živé přírody nebo života jako takového je tradiční spor mezi tzv. mechanistickým a vitalistickým porozuměním živé přírodě, který byl diskutován i mezi Bohrovým otcem a jeho kolegy. Problematiku připomeneme v **2. kapitole**; v rámci dějinně filosofického nástinu se pak pokusíme shrnout vybrané stěžejní představy obou směrů, jež nabývaly rozmanitých podob, a Bohr na ně ve svých příspěvcích k biologickým tématům neustále narážel. Tato kapitola bude rovněž sloužit jako konkretizace vědeckých a metafyzických sporů v následujícím textu, v němž představíme vědecké a metafyzické zápasy, jež se sice týkají především neživé přírody na mikroskopické úrovni, nicméně je zřejmé, že tyto střety měly a mají zásadní dopad nejen na pojetí reality, ale rovněž na bouřlivý vývoj biologických koncepcí ve 20. století. Nové biologické obory a teoretické představy založené už na výsledcích kvantové teorie výslovně či nevýslovně navázaly na tradiční spor mezi tzv. mechanismem a vitalismem.

Ve **3. kapitole** se obrátíme k vědeckému příspěvku Nielse Bohra a roli, již sehrál při vzniku a rozvoji kvantové teorie. Její praktické a filosofické důsledky Bohr následně aplikoval z hlediska svého epistemologického rámce komplementarity, který dokáže propojovat neslučitelné pojmy, modely nebo vědecké představy na otázky biologie, jazyka, antropologie, sociologie, psychologie nebo každodenního jednání. Tato kapitola se nebude zabývat dějinami kvantové teorie v pravém slova smyslu, neboť k tématu existuje řada fundovaných publikací, jež uvádíme v přiložené literatuře. Pokusíme se však zmapovat a seznámit čtenáře s vybranými aspekty, důsledky a nároky kvantové teorie se zaměřením na to, jak vývoj této teorie prožíval a nahlížel především Bohr. Důsledky kvantové teorie byly kopernikánským obratem ve vztahu k požadavkům kladeným na podstatu vědy, na možnosti našeho poznání reality nebo na porozumění fenoménu života.

Podobně jako se Bohr pokusil v rámci komplementarity interpretovat v kvantové teorii například korpuskulárně-vlnový dualismus světla a hmoty, který byl z klasických pozic nelogický a paradoxní, tak se rovněž pokusil komplementárně pojmet otcovo paradoxní porozumění živé přírodě, jež se snažilo udržet striktně mechanistický a současně neslučitelný teleologický či finalistický přístup. Bohr vycházel z podobnosti mezi problémem bytostné interakce procesů měření s měřeným jevem v kvantové teorii a problémem bytostné souvislosti pozorovacích technik se zkoumaným živým (často jen mrtvým) organismem v biologických oborech. Tak jako je v kvantové teorii problematická nezávislá existence zkoumaných mikroskopických objektů či jejich vlastností na experimentálním uspořádání (potažmo teorii, kladení otázek a člověku), tak také biolog (vědomě i nevědomě participující na životě) nemůže být nezaujatým pozorovatelem, neboť do vysvětlení živého organismu či fenoménu života vždy již vnáší své předporozumění a vykonávání toho, že žije. Analogicky k Heisenbergovým relacím neurčitosti, jež vylučuje možnost získat současně například přesné určení polohy a hybnosti mikročástice, platí pro Bohra v biologických oborech, že čím přesněji se snažíme o striktní chemicko-fyzikální determinismus živého organismu, tím více nám z jeho deskripce uniká to živoucí, a naopak čím více se pokoušíme jakoli jinak porozumět živému, tím více nám uniká striktní chemicko-fyzikální vysvětlení.

V závěrečné **4. kapitole** se zaměříme na několik důležitých historických událostí a objevů, kvůli nimž byl Bohr od třicátých let prakticky nucen nasměrovat cíle a financování Fyzikálního ústavu v Kodani (který založil v roce 1920) kromě nukleární fyziky také na experimentální biologii. Bohr totiž potřeboval získat finanční prostředky na záchranu židovských vědců, kteří emigrovali z nacistického Německa. Vše se odehrávalo v době, kdy Rockefellerova nadace, jež dosud financovala fyzikální projekty v Bohrově ústavu, změnila strategii financování ve prospěch experimentální biologie. Kromě představení Bohrové vědecké práce se proto zastavím i u málo zmiňované, nicméně strategicky významné, Bohrové role ředitele, který dokázal sehnat nemalé finanční prostředky na chod ústavu. Díky jeho manažerským schopnostem v ústavu došlo k dosažení výsledků, jež měly dalekosáhlý praktický i teoretický dopad jak na sestrojení jaderných zbraní, tak na bouřlivý vývoj biologie a lékařského výzkumu. Mimochodem za jeden z hlavních přínosů k experimentální biologii obdržel radiochemik George de Hevesy (1885–1966) Nobelovu cenu. Nakonec se pokusím shrnout Bohrovo epistemologické či filosofické porozumění živé přírodě.

Bohr aplikoval rámec komplementarity spolu s reflexí o výlučnosti a ne-redukovatelnosti kvantové akce v kvantové teorii na otázku výlučnosti

a neredukovatelnosti fenoménu „živého“ v biologii. Tento Bohrův přístup zásadně ovlivnil například budoucího nositele Nobelovy ceny za biologii Maxe Delbrücka (1906–1981).

Ve druhé části knihy (**II**) se čtenář seznámí s šesti překlady zásadních pojednání, jež Bohr napsal i proslovil k biologické problematice. Tyto texty mapují interpretační pokusy z období 1933 až 1962. Od třicátých let biologie – a zejména ta molekulární – udělala obrovský krok kupředu. V Bohrových pozdních pojednáních proto také zaznamenáme reflexi objevu struktury DNA. Poslední článek, jenž měl být revizí textu z roku 1933, už Bohr nestačil dokončit, stejně jako nestačil dokončit natáčené rozhovory, jež vedl doma v carlsbergské rezidenci, mimo jiné i s Thomasem S. Kuhnem (1922–1996). Poslední rozhovor, v němž přirovnal ideu komplementarity ke Koperníkově převratnému pohledu na vesmír, natočil v sobotu 17. listopadu 1962 a druhý den po obědě zemřel.

Není vyloučeno, že praktikujícímu vědci nepřipadnou Bohrovy vydané konferenční přednášky či esejisticky psané úvahy novátorské. Pro tento případ bych doporučil čtenáři jedno kuhnovské pravidlo: čteme-li historické texty nějaké významné autority, jejíž závěry nám dnes mohou přijít zastaralé (tak jako se to zpočátku zdálo Kuhnovi při četbě Aristotelovy *Fyziky*; často totiž díky ritualizovanému studiu vědeckých publikací už nejsme s to vstřebávat jiné než takto ikonicky zformované a nejčastěji z dějinného kontextu vytržené texty), ptejme se tedy, co autora k takovému psaní a závěrům vedlo, nebo jak je možné, že například Delbrücka Bohrův komplementární styl a závěry natolik fascinovaly, že se místo fyziky začal věnovat biologii. Pokud se nám podaří alespoň zčásti odpovědět na tuto otázku, zjistíme, že Bohrovy texty nejsou zastaralé, nýbrž stále aktuální. Jsou aktuální například už tím, že reagují na staletý spor mezi mechanismem a vitalismem zcela novým způsobem – Bohr se pokusil zaujmout postoj k prastaré otázce fenoménu života, možnostem jeho zkoumání, vysvětlení a porozumění prostřednictvím nového epistemologického rámce. Nešlo mu však o to, jak pomocí té či oné disciplíny zkoumat, vysvětlovat a porozumět živému organismu, na to má každá disciplína svých fundovaných nástrojů a odborníků dostatek, ale ukázat takový epistemologický rámec, v němž se lze vůbec pohybovat bez ohledu na to, jaká disciplína realizuje generalizace svých závěrů v otázce fenoménu života – zda molekulární biologie, botanika, antropologie anebo třeba filosofie a umění.

Statě k biologickým otázkám následují po sobě chronologicky takto: (a) *Světlo a život* (1933); (b) *Biologie a atomová fyzika* (1937); (c) *Fyzikální věda a problém života* (1957); (d) *Kvantová fyzika a biologie* (1960); (e) *Fyzikální modely a živé organismy* (1961); (f) *Světlo a život znova* (1962). V knize budu odkazovat na své české překlady, které jsem pro účel této publikace pořídil.

Poté, co se čtenář seznámí s Bohrovou osobností a s jeho komplementárním způsobem myšlení, mohou mu být Bohrovy texty k biologickým otázkám průvodcem pro aplikaci rámce komplementarity v jeho vlastním oboru nebo i v jiné oblasti poznání.

Z českých badatelů Bohrovu komplementaritu v biologii připomínal (jak mne upozornil kolega Tomáš Hermann) radiobiolog Ferdinand Herčík (1905–1966), který se jako první u nás experimentálně zabýval problematikou záření v biologii a začal používat elektronový mikroskop; již od třicátých let zdůrazňoval nový význam kvantové biologie a k problematice se vracel i v pozdějších pracích, např. v *Úvodu do kvantové biologie* (1949) nebo ve své pozdní publikaci *Na hraničích života – úvod do molekulární biologie* (1963). Dále se v těchto a širších souvislostech o Bohrově komplementaritě ve svých textech zmiňoval sociální ekolog (filosof, psycholog a studovaný dramaturg) Bohuslav Blažek (1942–2004).

(iii) Literatura

Aby kniha nebyla přetížena přemírou poznámek u četných biografických údajů, uvedu nyní stěžejní publikace, z nichž jsem kromě jiného čerpal, ostatní jsou uvedeny na konci v použité literatuře. Naprosto nezbytným pramenem byly knihy o Bohrově životě a vědecké práci: *Harmony and Unity – The Life of Niels Bohr* Nielse Blædela¹ nebo *The Man, His Science, and the World They Changed* od Ruth Mooreové.² Stručné shrnutí Bohrova života a díla uvádí Ray Spangenburg a Diane K. Moserová v práci *Niels Bohr – Atomic Theorist*³ a Ernst Peter Fischer v publikaci *Niels Bohr – Physiker und Philosoph des Atomzeitalters*.⁴ Detailní spis s rozsáhlým poznámkovým aparátem pochází z ruky Einsteinova i Bohrova kolegy, fyzika a historika vědy Abrahama Paisa, *Niels Bohr's Times, in Physics, Philosophy and Polity*.⁵ Dvě fundované filosofické knihy se kromě

¹ Niels BLÆDEL: *Harmony and Unity. The Life of Niels Bohr*. London – Berlin – New York, Springer Verlag, 1985.

² Ruth MOORE: *The Man, His Science, and the World They Changed*. Cambridge – Massachusetts – London, The MIT Press, 1985.

³ Ray SPANGENBURG – Diane K. MOSER: *Niels Bohr. Atomic Theorist*. New York, Chelsea House Publishers, 2008.

⁴ Ernst P. FISCHER: *Niels Bohr. Physiker und Philosoph des Atomzeitalters*. München, Siedler Verlag, 2012.

⁵ Abraham PAIS: *Niels Bohr's Times, in Physics, Philosophy and Polity*. Oxford, Clarendon Press, 1993.

podrobných životopisných informací zabývají také Bohrovou filosofií či filosofií vědy. Pocházejí od dvou dánských filosofů, kteří se ovšem liší v názoru na závažnost vlivu filosofie na Bohrovo myšlení. Jde o publikaci Davida Favrholdta *Niels Bohr's Philosophical Background*⁶ a Jana Faye *Niels Bohr – His Heritage and Legacy; An Anti-Realist View of Quantum Mechanics*.⁷ Dále čerpám z následujících sborníků: *Niels Bohr and the Development of Physics – Essays dedicated to Niels Bohr on the Occasion of his Seventieth Birthday* editorů Wolfganga Pauliho, Léona Rosenfelda a Victora F. Weisskopfa;⁸ *Niels Bohr – His life and Work as Seen by his Friends and Colleagues*, sborník sestavený Stefanem Rozentalem;⁹ *Niels Bohr – A Centenary Volume* editorů Anthony P. French a Petera J. Kennedyho.¹⁰ Vycházím rovněž z Heisenbergových vzpomínek *Část a celek – Rozhovory o atomové fyzice*¹¹ a z Bohrových sebraných spisů, které jsou okomentovány znalcí Bohrova díla a pečlivě připraveny Bohrovým archivem v Kodani.¹²

⁶ David FAVRHOLDT: *Niels Bohr's Philosophical Background*. Copenhagen, Munksgaard, 1992.

⁷ Jan FAYE: *Niels Bohr. His Heritage and Legacy. An Anti-Realist View of Quantum Mechanics*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1991.

⁸ Wolfgang PAULI – Léon ROSENFELD – Victor F. WEISSKOPF (eds.): *Niels Bohr and the Development of Physics. Essays Dedicated to Niels Bohr on the Occasion of His Seventieth Birthday*. London, Pergamon Press Ltd., 1955.

⁹ Stefan ROZENTAL (ed.): *Niels Bohr. His Life and Work as Seen by His Friends and Colleagues*. Amsterdam, North-Holland Publishing Co., 1967.

¹⁰ Anthony P. FRENCH – Peter J. KENNEDY (eds.): *Niels Bohr. A Centenary Volume*. Cambridge Massachusetts – London, Harvard University Press, 1985.

¹¹ Werner HEISENBERG: *Část a celek. Rozhovory o atomové fyzice*. Olomouc, Votobia, 1996.

¹² Zejména jde o následující svazky: Léon ROSENFELD – Jens Rud NIELSEN (eds.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 1, Early Work (1905–1911)*. Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo, North-Holland Publishing Company – Elsevier, 1972 (1986); Léon ROSENFELD – Ulrich HOYER (eds.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 2, Work on Atomic Physics (1912–1917)*. Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo, North-Holland Publishing Company – Elsevier, 1981; Léon ROSENFELD – Jens Rud NIELSEN (eds.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 3, The Correspondence Principle (1918–1923)*. Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo, North-Holland Publishing Company – Elsevier, 1976; Erik RÜDINGER – Klaus STOLZENBURG (eds.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 5, The Emergence of Quantum Mechanics (mainly 1924–1926)*. Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo, North-Holland Publishing Company – Elsevier, 1984; Erik RÜDINGER – Jørgen KALCKAR (eds.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 6, Foundations of Quantum Physics I (1926–1932)*. Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo, North-Holland Publishing Company – Elsevier, 1985; Finn AASERUD – Jørgen KALCKAR (eds.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 7, Foundations of Quantum Physics II (1933–1958)*. Amsterdam – New York – Oxford –

Posledním významným zdrojem jsou přepisy rozhovorů s Nielsem Bohrem a po jeho smrti s manželkou Margrethe Bohrovou (1890–1984) či Wernerem Heisenbergem a dalšími kolegy.¹³

V jiných než životopisných souvislostech se budu držet standardního poznámkového aparátu, kde kromě výše uvedených publikací vycházím i z další literatury nebo archivních pramenů k probíranému tématu, které jsou zařazeny v poznámkách.

V poznámkovém aparátu uvádím Bohrovy sebrané spisy (*Collected Works*) zkráceně *CW* spolu s číslem dílu a odkazem na stránkování (např. *CW 10*, s. 158). Pro Archiv Nielse Bohra (*Niels Bohr Archive*) používám zkratku *NBA*. U jiné literatury uvádím v prvním odkazu podrobné údaje, v další referenci jen zkrácený titul. Názvy nepřeložených knih nebo článků použitých v textu překládám do češtiny a jsou citovány v uvozovkách. Názvy přeložených knih či článků včetně svých překladů šesti Bohrových pojednání k biologii jsou v textu kurzivou bez uvozovek. Na konci knihy je standardní seznam pramenů a použité literatury.

Tokyo, North-Holland Publishing Company – Elsevier, 1996; Erik RÜDINGER – Rudolf PEIERLS (eds.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 9, Nuclear Physics (1929–1952)*. Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo, North-Holland Publishing Company – Elsevier, 1986; Finn AASERUD – David FAVRHOLDT (eds.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 10, Complementarity beyond Physics (1928–1962)*. Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo, North-Holland Publishing Company – Elsevier, 1999; Finn AASERUD (ed.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 11, The Political Arena (1934–1961)*. Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo, Elsevier, 2005 a Finn AASERUD (ed.): *Niels Bohr. Collected Works, Volume 12, Popularization and People (1911–1962)*. Amsterdam – New York – Oxford – Tokyo, North-Holland Publishing Company – Elsevier, 2007.

¹³ Niels BOHR in: *Oral History Transcript – Niels Bohr*, říjen a listopad 1962. Interview with Niels Bohr by Thomas S. KUHN, Léon ROSENFIELD, Erik RÜDINGER, and Aage PETERSEN at Prof. Bohr's Office, Carlsberg, Copenhagen, Denmark: online http://www.aip.org/history/ohilist/4517_1.html; Margrethe BOHR in: *Oral History Transcript – Margrethe Bohr*, leden 1963. Interview with Margrethe Bohr by Thomas S. KUHN, Aage BOHR and Léon ROSENFIELD, At Aeresbolig, Carlsberg, Copenhagen, Denmark, online: http://www.aip.org/history/ohilist/4514_1.html; Werner HEISENBERG in: *Oral History – Werner Heisenberg*, únor 1963. Interview with Dr. Werner Heisenberg by Thomas S. KUHN at the Max Planck Institute, Munich, Germany, online: http://www.aip.org/history/ohilist/4661_1.html atd.

(iv) Poděkování

Na tomto místě bych rád vyjádřil své poděkování Archivu Nielse Bohra v Kodani v čele s Finnem Aaserudem za online přístup k elektronickým dokumentům a Bohrově korespondenci, za nadstandardní pomoc, volné použití archivních materiálů a svolení zveřejnit překlady vybraných textů k otázkám biologie, a v neposlední řadě i za příjemné a velmi přátelské prostředí v Archivu i mimo něj s rodinou Finna Aaseruda. Za stejně přátelský přístup děkuji i Hasoku Changovi z Katedry dějin a filosofie vědy Univerzity v Cambridge. Jako tzv. visiting scholar jsem měl na katedře přístup do Whipple Library, Cambridge University Library nebo k online zdvojům. Mé poděkování také patří Antonu a Peteru Markošovým, Liboru Koudelovi, Karlu Majerovi, Patriku Čermákovi a Kateřině Šraitrové za odborné okomentování rukopisu a cenné připomínky, Danielu Urválkovi za překlady dánských dopisů a Martinu Haškovi, Daně Horákové, Marku Staškovi a Dominice Grygarové za pomoc s jazykovými, stylistickými i jinými úpravami. Dále děkuji Antonu Markošovi, že mi před mnoha lety v doktorském studiu na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy „naordinoval“ mimo jiné i základy buněčné biologie, Jiřímu Michálkovi za to, že mne upozornil na netriviálnost pojmu komplementarity v Bohrově filosofii, a Ladislavu Kvaszovi, který mne řadu let podporuje v mých interdisciplinárních aktivitách na pomezí fenomenologie, filosofie kvantové teorie, historie a filosofie vědy.

Nakonec také děkuji redakcím časopisů *Teorie vědy* a *Dějiny vědy a techniky* za svolení s volným používáním některých článků, které jsem v těchto časopisech publikoval. Redakci časopisu *Teorie vědy* děkuji rovněž za to, že jsem mohl v knize zveřejnit svůj překlad Bohrova pojednání *Světlo a život*.