

Fyzikální modely a živé organismy (1961)

Niels Bohr

Příspěvek *Fyzikální modely a živé organismy*¹ (*Physical Models and Living Organisms*) byl přeložen z Bohrových sebraných spisů: David Favrholdt (Ed.), Finn Aaserud (General Ed.): *Niels Bohr, Collected Works – Volume 10, Complementarity Beyond Physics (1928–1962)*. Amsterdam – Oxford – New York: Elsevier 1999, s. 134–137. Editoři přetiskli původní anglické vydání příspěvku ze symposia na téma *Světlo a život* z roku 1961 (*A Symposium on Light and Life*. Eds. W. D. McElroy, B. Glass, McCollum-Pratt Institute of the Johns Hopkins University, The Johns Hopkins Press, Baltimore 1961, s. 1–3). Příspěvek je rozšířením Bohrova článku *Kvantová fyzika a biologie* z roku 1960. Některé odstavce nebo části příspěvku jsou proto podobné s tímto článkem, či jsou s ním dokonce totožné. (Niels Bohr: „Quantum physics and biology“, in: *Niels Bohr, Collected Works – Volume 10, Complementarity Beyond Physics (1928–1962)*. Ed. D. Favrholdt, Gen. Ed. F. Aaserud, Amsterdam – Oxford – New York: Elsevier 1999, s. 125–132.)

PŘEDMLUVA SBORNÍKU

Symposium na téma „Světlo a život“ se konalo na Univerzitě Johna Hopkinse za podpory McCollum-Prattova ústavu 28.–31. března 1960. Tento sborník obsahuje příspěvky i neformální diskuse přednesené během symposia.

Při plánování této akce jsme se stejně jako u těch minulých pokusili seznat vědce z mnoha různých disciplín. Omezení časem i rozsahem publikace jsme bohužel museli upustit od řady zajímavých fotobiologických problémů.

Rád bych poděkoval za aktivní účast při přípravě členům McCollum-Prattova ústavu a katedry biologie. Mnoho řečníků z programu konference pomohlo při navrhování oblastí nebo specifických témat k diskusi. Srdečné poděkování za cenné příspěvky rovněž patří následujícím moderátorům: Dr. Albertu Szent-Györgyiemu, Dr. Jamesi Franckovi, Dr. Williamu Arnoldovi, Dr. C. B. van Nielovi a Dr. H. K. Hartlinemu.

Účast skromného počtu zahraničních badatelů na symposiu byla umožněna díky velkorysému pomoci *National Science Foundation*. Nedostačující prostředky bohužel nedovolily pozvat větší počet účastníků ze vzdálených distancí.

Doufáme však, že publikovaná kniha bude hodnotná pro všechny badatele, kteří se zajímají o fotobiologické procesy.

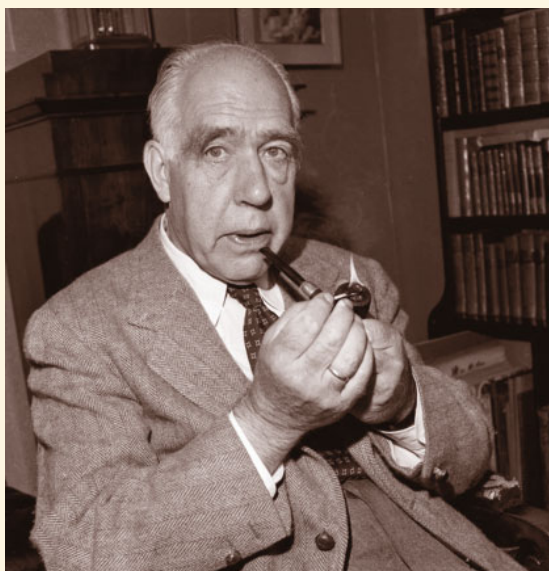
W. D. McElroy,
ředitel McCollum-Prattova ústavu

1 Překlad článku *Fyzikální modely a živé organismy* bude rovněž publikován v připravované knize Filipa Grygara *Niels Bohr – jeho život, fyzika, filosofie a biologie*. Pavel Mervart, Červený Kostelec 2014.

Diskuse o postavení živých organismů v obecném popisu fyzikálních fenoménů prošla během vývoje vědy četnými stadii. Zjevné obtíže plynoucí ze srovnávání organismů s jednoduchými stroji hluboce ovlivnily antikvu v jejím postoji k mechanickým problémům, a dokonce ji přivedly k přísuzování vitálních vlastností veškeré hmotě. Problém postoupil do další fáze s nástupem renesance, která – podnícena velkými anatomickými a fyziologickými objevy – tyto názory zavrhl s pomocí principů klasické mechaniky.

Nedávný technologický pokrok, především rozvoj automatického řízení průmyslových podniků a výpočetních zařízení, vyvolal opětovně diskusi o možnostech sestavit mechanické a elektrické modely s vlastnostmi, které by byly podobné chování živých organismů – a do jaké míry. Zajisté by bylo možné navrhnout modely, jež by dokázaly reagovat jakýmkoli předepsaným způsobem, včetně vlastní reprodukce, za předpokladu dostatečného přístupu k materiálním a energetickým zdrojům. Bez ohledu na tato lákavá srovnávání je třeba si uvědomit, že jsme ve zkoumání modelů takového struktury a funkcí na hony vzdáleni situaci, ve které se nacházíme při zkoumání živých organismů – zde je našim úkolem postupně odhalit jejich strukturu a možnosti.

V této otázce je nezbytné si od samého počátku uvědomit, že ve vztahu k organickému životu máme co do činění s rozsáhlejšími zdroji přírody než při konstrukci strojů. Při konstruování strojů můžeme rozhodně zanedbat atomovou stavbu hmoty a omezit se na popis mechanických nebo elektrických vlastností používaných materiálů a na aplikaci jednoduchých zákonů, které regulují interakce mezi jednotlivými částmi strojů. Z biologického výzkumu je však evidentní, že fundamentální charakteristika živých organismů, především v genetic-



Niels Bohr v roce 1955.

ké reprodukci, spočívá primárně na procesech na atomární úrovni, kde čelíme novým problémům.

Už samotná otázka udržování vysokého stupně uspořádanosti u tak nesmírně komplikovaných systémů představuje v rámci klasické fyziky vážné obtíže. Neustálé srážky atomů s látkou více či méně kapalného skupenství, jako je cytoplazma, by totiž vedly k rychle se zvyšující neuspořádanosti. Jisté pochyby byly rovněž vysloveny o slučitelnosti existence a stability živých organismů se zákony termodynamiky, avšak žádný řádný výzkum výměn energie a entropie doprovázející metabolismus a aktivitu organismů nikdy neodhalil žádnou odchylku od těchto zákonů.

S rozvojem kvantové fyziky došlo k vytvoření nového teoretického pozadí, které nabídlo vhodný základ pro vysvětlení stability atomových a molekulárních struktur, a zároveň odhalilo bytostnou limitaci deterministického popisu klasické mechaniky. Jak je dobře známo, klasické směry neposkytují žádný náhled na elektronovou strukturu atomů nebo chování elektronů, jež jsou při chemickém slučování odpovědné za vazby mezi atomy. Díky velkým hmotnostem atomových jader – ve srovnání s hmotností elektronu – je však klidně možné podržet si určitou obraznou reprezentaci relativních poloh atomů v souladu se strukturními vzorci v chemii, což se ukázalo jako dostačující i pro vysoce komplikované molekuly, jimiž se zabýváme v metabolismu organismů.

Navzdory rozmanitým enzymatickým procesům, jež se v takovém metabolismu odehrávají, ukazuje problém stability organismů na bytostnou jednoduchost; tepelné fluktuace v rozmezí teplot potřebných pro udržení života totiž nejsou ve vibračních a rotačních stavech molekul obvykle dostatečné k tomu, aby rozbily chemické vazby. Takové fluktuace spíše ovlivňují rychlé mizení korelací mezi všemi druhotnými znaky stavů reagujících systémů a dovolují nám vysvětlit primární rysy jejich složení pouze skrze určení atomů, ze kterých jsou složeny, a konfigurace, v rámci níž jsou tyto atomy dohromady vázány.

Objevy z posledních let, jež se týkají specifických molekulárních struktur nesoucích genetickou informaci, a vzrůstající vhled do procesů, pomocí nichž je

tato informace přenášena, nám otevřely zcela nové obzory pro postupné objasňování biologických zákonitostí na základě osvědčených principů chemické kinetiky. Především téměř neomezené možnosti zkoumání našich metabolických přeměn poskytují oporu představě, že formování a regenerace strukturálních součástí organismů mají být považovány za procesy, jež nemají okamžitý reverzibilní charakter a které v každém kroku zajišťují nejvyšší možnou stabilitu v rámci podmínek udržovaných skrze výživu a dýchání.

Proto se zdá, že není důvod očekávat nějaké podstatné omezení pro použití elementárních fyzikálních a chemických představ na rozbor biologických fenoménů. Přesto vlastnosti charakteristické živým organismům, které jsou výsledkem celé historie organické evoluce, odhalují možnosti nesmírně komplikovaných materiálních systémů, jež nemají paralelu s poměrně jednoduchými fenomény zkoumanými v rámci opakovatelných experimentálních podmínek. Právě na tomto podkladě našly názory, jež se týkají chování organismů jakožto entit a které jsou zjevně v rozporu s popisem vlastností u neživé hmoty, plodnou aplikaci v biologii.

Přestože se zde zabýváme typicky komplementárními vztahy z hlediska použití vhodné terminologie, musíme zdůraznit, že se tato argumentace v podstatných aspektech liší od té, která se týká vyčerpávajícího objektivního popisu v kvantové fyzice. Distinkce vyžadovaná tímto popisem mezi měřicí aparaturou a zkoumaným objektem – vysvětlení jednotlivých kvantových procesů implikuje vzájemnou vylučnost striktní aplikace prostoro-časového uspořádání a zákonů zachování energie a hybnosti – je už v chemické kinetice i termodynamice vzata v potaz. Nezdá se tedy, že by byl duální přístup v biologii podmíněn interferencemi s vlastnostmi specifických molekulárních struktur, neoddělitelně spjatých s jejich identifikací, ale je spíše vyžadován prakticky nevyčerpitelnými možnostmi živých organismů, daných nezměrnou komplexitou jejich struktur a funkcí.

Přeložil Filip Grygar.



Niels Bohr a Margrethe Nørlund po seznámení v r. 1910.

» Nemáme důvod očekávat nějaké podstatné omezení pro použití elementárních fyzikálních a chemických představ při zkoumání biologických jevů. «