

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

V. A. Fok

Poznámka k článku N. Bohra "Diskuse s Einsteinem o gnoseologických problémech v atomové fyzice"

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 5 (1960), No. 1, 111--113

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137071>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1960

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



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

POZNÁMKA K ČLÁNKU N. BOHRA „DISKUSE S EINSTEINEM O GNOSEOLOGICKÝCH PROBLÉMECH V ATOMOVÉ FYSICE“¹⁾

V. A. FOK

Bohrův článek o diskusích s Albertem Einsteinem, otištěný v tomto čísle, s pozoruhodnou jasností vykládá principy, o něž se opírá správná interpretace kvantové mechaniky, a je z tohoto hlediska mimořádně zajímavý.

Se zvláštní přesvědčivostí ukazuje tu Bohr na mnoha jednoduchých příkladech, bez matematického aparátu — kromě Heisenbergových relací neurčitosti — omezenost „klasického“ popisování jevů, tj. popisování jevů „o sobě“, oddělené od pozorovacích prostředků. Možnosti popisování atomárních jevů „o sobě“ analyzuje Bohr na podkladě Heisenbergových relací neurčitosti, podle nichž jsou k tomu, aby se projevíly různé vlastnosti atomárního objektu, nutné různé, vzájemně se vylučující pokusné podmínky. Tuto situaci označuje Bohr termínem „komplementárnost“. Bohr zavádí tento pojem (str. 95) „v tom smyslu, že jen soubor různých jevů může dát úplnější představu o vlastnostech objektu.“

Mimořádně důležitým a nesporně správným je také Bohrovo tvrzení, že v našem poznávání mikrokosmických objektů jsou nevyhnutelnými prostředníky přístroje, popisované klasicky. Bohr říká (str. 95): „Ať jevy vycházejí jakkoli daleko za rámec klasického fyzikálního výkladu, všechny experimentální údaje nutno popisovat pomocí klasických pojmů.“

Toto hluboké dialektické tvrzení N. Bohra musí být nepochybně základem veškeré interpretace kvantové mechaniky.

Bohrovy práce však (také práce zde otištěná) činí dojem jisté jednostrannosti stanoviska. Bohr se totiž snaží jen o výklad omezenosti starých klasických pojmů, a nikoli o výklad pojmů nových, zaváděných kvantovou mechanikou. Formálně se to jeví v tom, že Bohr z celého aparátu kvantové mechaniky používá jen Heisenbergovy relace neurčitosti. To nemůže být jen snahou o jednoduchost výkladu. I v nejprostším výkladu je možné a nutné říci něco o pojmech nových. Zdá se nám, že věc spočívá v úloze, kterou Bohr přikládá aparátu kvantové mechaniky. Bohr se o něm jen zmiňuje, a to hlavně proto, aby zdůraznil jeho jakoby symbolický charakter. Podle Bohra nemají matematické symboly kvantové mechaniky na rozdíl od matematických symbolů klasické fyziky smysl a slouží jen za „náležitý prostředek pro komplementární popisování“ [1]. Bohr ve skutečnosti sotva pokládá matematický aparát kvantové mechaniky jen za prostředek pro koordinaci experimentálních údajů, při čtení jeho prací však takový dojem vzniká. V každém případě by to bylo nesprávné hledisko. Kvantové mechanika jistě umožňuje — jako každá fyzikální teorie — také porovnávat údaje, vystupující v měřeních. V tom však není její hlavní význam. Fyzikální teorie má vždy za hlavní úkol popisovat vlastnosti fyzikálních objektů v jejich vztahu k vnějšímu světu. Žádný fyzik, jistě ani Bohr, nepopírá objektivnost takových vlastností atomárních objektů, jako jsou náboj, hmota, spin, stupeň volnosti atd. Tyto vlastnosti jsou nejen objektivní, ale lze je vyabstrahovat z přístrojů a připsat objektům samým.

Bohr se ve svém článku snaží, jak jsme již řekli, hlavně o výklad situace v atomové fyzice, kterou označuje termínem „komplementarita“. Je ovšem třeba uznat nutnost a důležitost takového výkladu, z druhé strany však je škoda, že Bohr neukazuje východ z této situace, neříká nic o tom, jaké jsou ony prvotní pojmy (fyzikální, názorné, nikoli jen symbolické), jež musí nastoupit po pojmech klasických, a že nevyzvedává dostatečně možnosti zprávně popisování atomárních objektů pomocí nových pojmů. Vždyť filosofický význam mají nejen omezení, vlastní popisu jevů „o sobě“, oddělené od pozorovacích prostředků (komplementarita), ale i konstruktivní část kvantové mechaniky a s ní spojené nové primární pojmy.

Takovými prvotními pojmy, na nichž lze budovat atomovou fyziku, jsou podle našeho názoru vztah k pozorovacím prostředkům, rozdíl mezi potenciálně možným a realizovaným (předpověď a fakt) a konečně pravděpodobnost jako číselná míra potenciální mož-

¹⁾ В. А. Фок, *Замечания к статье Бора о его дискуссиях с Эйнштейном*, Успехи физических наук, LXVI, č. 4, (1958).

nosti. Aparát kvantové mechaniky přímo slouží k vyčíslování této míry, zároveň však je prostředkem pro zavádění nových abstrakcí, nových, jemnějších fyzikálních pojmů, a pro přesnější popisování vlastností atomárních objektů na podkladě tohoto nového. V souvislosti se zavedením nových prvotních pojmů dostává i pojem kauzality novou formulaci.

Nebudeme zde dále rozvádět naše hledisko (viz o tom podrobněji v [4]). Chtěli jsme jen říci, co jsme měli na mysli novými prvotními fyzikálními pojmy.

N. Bohr nejednou zdůrazňoval ve svých pracích, že pokus je nutno brát v celku, že jej nelze dělit na díleč stadia. Má za to, že o určitém jevu lze hovořit jen po dovršení pokusu, a navrhuje proto zabývat se jen takovými pokusy. Určitou odpověď na otázku, za jejímž účelem se pokus dělá, lze ovšem dostat jen tehdy, je-li pokus dokončen. Nicméně Bohřův požadavek se nám zdá přesto příliš kategorický, neboť neponechává místo pro kvantově mechanické abstrakce. Jen dělení pokusu na stadia²⁾ a jen takové uspořádání pokusu, v němž zůstává možnost volby závěrečného měřicího stadia, umožňuje zavést pojem stavu objektu, pojem pro kvantovou mechaniku základní. Situaci, jaká vznikne při takovém uspořádání pokusu v okamžiku, kdy ještě zůstává možnost volby poslední fáze, lze nazvat „myšleně přerušným pokusem“. Podle našeho názoru lze jen zkoumáním nedokončeného, myšleně přerušného pokusu zavést pojem vlnové funkce³⁾.

V diskusi Bohra s Einsteinem byla také nejostřejší místa spjata právě s takovými myšleně přerušnými pokusy. A to je také pochopitelné, neboť právě v nich nejjasněji vystupují zvláštnosti kvantové fyziky, odlišující ji od fyziky klasické. Do kategorie myšleně přerušných pokusů patří také oba pokusy, navržené Einsteinem. Tak se ani Bohr sám nedrží důsledně požadavku uvažovat jen ukončené pokusy. Bohřovy výroky v tomto směru je proto správnější chápat nikoli ve smyslu závazného požadavku, nýbrž v širším smyslu, jako poukaz na to, že ne vždy je možné, dělit pokus na díleč stadia, a že v takových případech nemá pak pojem stavu objektu určitý vymezený smysl.

Naše poznámka se tedy týká hlavně jisté neúplnosti Bohřova článku, v tom smyslu, že skvělá Bohřova demonstrace ohraničenosti klasických pojmů není provázena třeba jen krátkým poukazem na to, čím by měly být nahrazeny.

Další naše připomínky jsou záští terminologické povahy.

Bohr používá — podle našeho názoru — velmi nevhodná slova „kauzalita“, jakoby tu ta věl kauzalitu proti komplementaritě a pak kauzalitu popíral. Zde je nezbytné zavést dva termíny, např. „laplaceovský determinismus“, který znamená přesvědčení o zásadní možnosti libovolně přesných předpovědí, a obecnější pojem „kauzality“ ve smyslu existence přírodních zákonů. Laplaceovský determinismus je skutečně kvantovou mechanikou vyvrácen, kauzalita se však plně zachovává, nabývá jen jiných forem.

Nevhodný je také Bohřův termín „nekontrolovatelná interakce“. Zde nejde v podstatě o interakci ve vlastním slova smyslu, nýbrž o logickou vzájemnou souvislost mezi kvantovým a klasickým způsobem popisování na styku objektu, tj. té části soustavy, která se popisuje kvantově mechanicky, a přístroje, tj. částí popisované klasicky. Při přechodu z kvantové terminologie ke klasické se zdá, jako by tu mizela přesnost. To má Bohr nepochybně na mysli, když mluví o tom, že dochází k nekontrolovatelné interakci mezi objektem a přístrojem. Tento termín doslova vzatý vede k rozporům: vždyť když fyzikální děj poznáváme, je tedy dostupný kontrole. Je možné, že tento termín vznikl z pokusu použít klasických pojmů mimo oblast jejich použitelnosti [3].

Na některých místech své práce se Bohr vyjadřuje nepřesně. Mluví např. o „našich znalostech polohy stínítka“ nebo o „našich znalostech časových údajů“ ap. Nejde ve skutečnosti o naši znalost, nýbrž o objektivní fakta, např. o přesnost, s jakou lze určit polohu stínítka vzhledem k laboratorní stupnici, nebo daný časový údaj vzhledem k laboratorním hodinám. Podle Bohra jako bychom se „my ztotožňovali s laboratoři“. Tyto nepřesnosti nelze ovšem vykládat jako nějaký Bohřův subjektivismus, jsou však zbytečné.

V závěru bychom chtěli poznamenat, že vše, nebo téměř vše, o čem tato poznámka hovoří, bylo předmětem přímé diskuse autora s Bohrem v únoru r. 1957, kdy autor byl v Kodani. Bohr v diskusi s mnoha autorovými poznámkami souhlasil (rukopis jeho

²⁾ Viz o tom [2,3].

³⁾ Použijeme-li pojmu „příprava objektu“, můžeme říci, že v „nedokončeném“ pokusu jde o objekt jistým způsobem připravený. S takovým objektem se také vždy spojoval pojem vlnové funkce.

článku o diskusích s Einsteinem byl tehdy před námi) a na samém počátku prohlásil, že je odpůrcem positivismu. Svoje původní výroky opravil v práci „Kvantová fyzika a filosofie“⁴⁾.

Přeložil dr. Josef Veselka

Citovaná literatura.

- [1] N. Bohr, *Dialectica*, sv. 1, 312 (1948).
- [2] В. А. Фок, УФН, sv. 45, 3 (1951).
- [3] В. А. Фок, Чехословацкий физический журнал, 5, 435 (1955).
- [4] В. А. Фок, УФН, sv. 62, 451 (1957).

⁴⁾ Нильс Бор, *Квантовая физика и философия (причинность и дополнительность)*, Успехи физических наук, LXVII, č. 1, (1959). Z anglického rukopisu *Quantum Physics and Philosophy (Causality and Complementarity)* přeložil V. A. Fok.