

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Bodo Wenzlaff

O rozporu v pohybu

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 4 (1959), No. 4, 487--496

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137733>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1959

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>

DISKUSE

O ROZPORU V POHYBU¹⁾

BODO WENZLAFF (Berlin)

V článku se polemizuje s pojetím problému rozporu v pohybu, jak je podávají Ajdukiewicz, Schaff a jiní. Zároveň se předkládá pokus vlastního řešení autorova. Jde samozřejmě o diskusní otázku.

Redakce D. Z. f. Ph.

V třetím čísle ročníku 1956 časopisu *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* byly uveřejněny velmi obsažné stati polských autorů K. Ajdukiewicze a A. Schaffa o problému rozporu v pohybu. Jmenovaní autoři se snaží prokázat, že logické zákony platí i pro pohybový proces. Za tím účelem předkládají jisté pojetí pohybu samého, jistý pojem pohybu, k jakému se nutně dojde z běžných matematických a fyzikálních představ. Ajdukiewicz definuje se zásadní přesností pojem klidu a ukazuje, že pohyb nelze vůbec pochopit bez jasného pojetí času. Úplně exaktně se také odmítají všechny pokusy konstruovat logické spory z přechodu od určitého stavu *A* do jiného určitého, od *A* různého stavu *B*, založeného na principu spojitosti. Přesto však se zdá, že jde jen o to, starou představu pohybu uvést přesným podchycením jeho podmínek v soulad s logikou. Povaha tohoto pojetí pohybu zůstává stranou diskuse.

Stejně uvažuje A. Schaff. Také on je toho mínění, že všechny filosofické problémy, spojené s povahou pohybu, jsou v jistém rámci „geniální omyly“, které odpadnou, opustí-li se snaha vysvětlit pohyb „klidovým stavem“. Navrhuje — spolu s jinými filosofy — mluvit, pokud jde o pohyb, o „projití bodem v prostoru“, nikoli o „bytí v bodu prostoru“. Tyto úvahy spočívají však na jistém pojetí pohybu, jehož problematika zůstává přitom zcela nedotčena. Přesto nemůže Schaff konstatovat, že „zdrojem každého pohybu a každé změny je boj vnitřních protikladů, které jsou v každé věci a v každém jevu. V tomto smyslu, ve smyslu existence vnitřních protikladů ve věci a jevu, je každá věc a každý jev rozporem.“²⁾ Povahy tohoto rozporu v mechanickém přemístování (*mechanische Ortsbewegung*) se však Schaff ani nedotýká. Konstatování — s nímž jistě nutno souhlasit — že „tato podstata dialektiky není nijak dotčena uznáním logické věty o sporu“, nemůže základní nedostatek odstranit.

Podrobnějším studiem Ajdukiewiczových a Schaffových úvah dojdeme k tomu, že se zde vychází mlčky z tohoto předpokladu, který se pokládá za samozřejmý: prostý kinematický průběh pohybu lze oddělit od jeho příčin. Nikde nenajdeme u žádného z obou autorů ani zmínky, z níž by se dalo soudit na to, že příčiny pohybu mají nějaký význam pro výklad pojmu pohybu sa-

¹⁾ Bodo Wenzlaff (Berlin), *Ueber den Widerspruch in der Bewegung*. Deutsche Zeitschrift für Philosophie, č. 6, roč. 6 (1958).

²⁾ *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 3/IV/1956, str. 351.

mého. Pohyb se tu do jisté míry rozpadá na aktivní složku — na příčinu pohybu — a na složku pasivní — na prostý průběh pohybu, přičemž se má za to, že k výkladu podstaty pohybu stačí přihlížet jen k této druhé složce, k prostému průběhu pohybu.

Rozštěpení pohybu na zákonitosti průběhu pohybu a na zákonitosti příčin pohybu má hlubší kořeny v modelu světa, který vytvořila klasická fyzika. K tomu, abychom si problematiku pojmu pohybu i jen uvědomili, je nutné si všimnout základů, z nichž tento pojem vyvstal. Příliš jsme si zvykli na klasický svět představ, než abychom se na něj dívali s podivem, než abychom pochopili celou jeho problematiku. Rozbor výsledků moderní kvantové mechaniky vede k některým významným poznatkům, na jejichž podkladě lze kriticky posuzovat model klasické fyziky. Zvolna se již začíná rýsovat, v jakém směru bude nutno nově vypracovat pojem pohybu. Pak ovšem se objeví i filosofická stránka věci v novém světle.

Jean-Pierre Vigier, který se snaží rozvíjením některých, zejména de Broglieových a Bohmových myšlenek dospět k objektivnímu a kauzálnímu výkladu mikrofyzikálních jevů, ve svém díle³⁾ velmi výrazně hodnotí základní rysy tak zvané klasické fyziky. Ukazuje, že model, který podává klasická fyzika, je proto tak jasný a názorný, že se tu jako postulát zásadně odděluje pro všechny hmotné děje prostorčasový rámec, v němž k nim dochází, od hmoty, která je rozložitelná v hmotné body. „Existence tohoto rámce, jakéhosi to jeviště, na němž se hmota nachází, umožňuje úplný prostorčasový popis vývoje této substance.“⁴⁾ Ať je jakkoli podivuhodné, že se s takovým jednoduchým modelem mohlo dosáhnout dalekosáhlých výsledků ve výkladu přírodních zákonů, nesmí se zapomínat, že tento model má také své vnitřní obtíže, které zpětně činí celou „názornost“ přírodního dění značně problematickou. Oddělení prostorčasového rámce od materiálního „obsahu“ má totiž za následek nepřeklenutelné rozštěpení přírodních zákonů v čisté zákonitosti pole, které zprostředkovávají vzájemné působení hmotných bodů, a v pohybové zákony hmotných těles. Přitom se zákonitosti vzájemného působení mezi hmotnými body, zprostředkovaného polem, svou povahou názornosti klasického modelu zcela vymykají. Všechny pokusy zkonstruovat nějaký „éter“, který by byl nositelem zákonů pole, zejména pak nositelem šíření elektromagnetického působení v prostoru, a který by tak klasický model učinil úplným, selhaly. Proto pokus vysvětlit zvláštnosti vzájemného působení mezi polem a tělesem, nebo dokonce je učinit názornými, se dostává principiálně z rámce klasických úvah. V klasickém modelu jsou proto povaha polí, interakce mezi tělesem a polem, a tím také konkrétní proces pohybu sám zásadně nevysvětlitelné a nenázorné. Klasický pojem pohybu — zcela názorný — není také vůbec založen na vzájemném působení mezi polem a tělesem v jejich nedělitelné vnitřní jednotě, nýbrž — v dokonalém souhlase s modelem — v popisu dráhy hmotného bodu v tuhém, podle našich představ neměnném prostorčasovém rámci, přičemž změny drah a rychlostí, s nimiž jsou dráhy absolvovány, jsou způsobovány poli na ně působícími.

Abstraktní „názorný“ pohyb je tedy podle tohoto modelu *ve své podstatě* (nikoli pokud jde o konkrétní hodnoty) *vně polí a nezávisle na jejich povaze pochopitelný* a popisu schopný. Je to prostě *vnější* pohybové bytí (Bewegt-

³⁾ Jean-Pierre Vigier, *Structure des Micro-Objets dans l'interprétation causale de la Théorie des Quanta*, Paříž, 1956.

⁴⁾ Tamtéž, str. 2.

sein) hmotného bodu v prostoročasovém rámci. *Není* — jak tomu učí dialektický materialismus — *formou existence* hmoty, vyplývající nutně z jejího vnitřního charakteru.

Odtud je jasné, proč zkoumání pojmu mechanické přeměny místa (*Ortsbewegung*)⁵⁾ a priori nepřihlíží k příčinám pohybu, jakoby to bylo samozřejmé, a proč se toto zkoumání omezuje jen na rozbor fenomenologického průběhu pohybu. Nedalo by se nic proti tomu namítat, kdyby se přitom zdůraznilo, že tu jde o historicky omezený pojem pohybu, že tu jde právě jen o klasický model. Nutně však vznikne okamžitě zmatek, bere-li se tento pohyb za pohyb vůbec nebo dokonce za pohyb v dialektickém materialistickém smyslu. Pozorným čtením Engelse (*Anti-Dühring, Dialektika přírody*) zjistíme ihned, že jde o jiný pojem pohybu. Alespoň jeden příklad: „V tom, že tato tělesa jsou ve vzájemném vztahu, je už obsaženo, že na sebe působí, a *toto vzájemné působení je právě pohyb*“ (podtrženo autorem).⁶⁾

I jen letmé zamyšlení ukazuje, že takto vymezený pohyb nemá s „klasickým pohybem“ nic společného. Ukazuje přímo na vnitřní jednotu interakce mezi polem a látkou, neboť vzájemné vztahy jsou zprostředkovávány právě poli. Tvrdí se — v protikladu ke klasickým představám — *že mimo rámeček této interakce není pohyb jako způsob existence hmoty vůbec pochopitelný*.

Tím se dostává protikladnost v pohybu, o níž se mnoho diskutuje, již ze samého počátku do zcela jiného světla. Křečovitě pokusy vpravit do *klasického* pojmu pohybu dialektické rozporu musely nutně selhat. Doufám, že Ajdukiewiczovy a Schaffovy vývody učinily takovými pokusům konec. Avšak jen v tomto ohledu lze jmenované práce uznat. Pokud jde o vysvětlení *dialektického* pojmu pohybu, není v nich ani náznak. Povyšování pojmu pohybu v klasickém modelu na pojem pohybu vůbec má svou příčinu možná také v domněnce, že „dialektickému“ pojmu pohybu nelze vůbec přisoudit přesně vymezený smysl. Žádné tvrzení v tomto směru nebylo ovšem vysloveno.

Vzniká tak otázka, lze-li jiný pojem pohybu než klasický zřetelně vymežit, jde-li tu skutečně o specifické zvláštnosti přírody, nebo jde-li přitom jen o nepřesné vyjadřování. Vzájemné souvislosti hmotných těles, existující současně s jejich relativní izolovaností, jsou jistě nejobtížnější problémy, jež tu nevyhnutelně vyvstávají. Je pozoruhodné, že i přírodovědci se tu a tam nad těmito souvislostmi zamýšlejí. Tak na příklad Newton prohlásil, že nalezením gravitačního zákona není povaha gravitačních vztahů nijak uspokojivě vysvětlena, že se pouze staly schopnými přesného kvantitativního popisu. Faraday měl názor, že stanovisko, že atomy jsou odděleny prostorem, který nezaplňují, by muselo vést k velkým rozporům. Nějaké dělení na čistou částici a „síly“ si nelze představit. Z toho vyvozuje závěr, že se všechna hmota vzájemně „dotýká“, že vyplňuje celý prostor (alespoň ten prostor, v němž je gravitace). I v moderní literatuře se v tomto směru najdou poznámky. Weizsäcker bere v úvahu, že konkrétní pohyb může být závislý na celkovém stavu okolního kontinua a že nový pojem pohybu (odlišný od klasického), který odstraní „rozlišování na částici a pole“, může vést k dalšímu rozvoji kvantové mechaniky⁷⁾. Heisenberg spojuje nenázornou nedělitelnost elementárních

⁵⁾ Srovnej Ajdukiewicz a Schaff.

⁶⁾ B. Engels, *Dialektika přírody*. Svoboda Praha, 1950, str. 63.

⁷⁾ C. F. v. Weizsäcker, *Zum Weltbild der Physik*, 3. vydání, Lipsko 1945, str. 94.

částic s myšlenkou, že tu jde snad o vztah mezi prostorem a atomem, který je mnohem většího dosahu, než v dřívějších obrazech světa⁸⁾.

V dnešní marxistické literatuře nebyly tyto otázky dosud podrobně zkoumány. Myslím, že v tomto směru můžeme očekávat mnohem plodnější příspěvky k vysvětlení protikladu v přemístování (*Ortsbewegung*), než jaké mohla dát všechna pojednání o klasickém pojmu pohybu dohromady. V klasickém pojmu pohybu se patrně žádné dialektické protiklady přímo nenajdou, poněvadž — podle našeho mínění — tento pojem právě ode všech dialektických souvislostí hmoty abstrahuje.

Pro nedostatek literatury můžeme si proto klást jen úkol dalším rozborem klasického pojmu pohybu jen do jisté míry naznačit, v jakém směru lze snad očekávat vysvětlení.

Uvedme ještě jednou zřetelně, o jaké prvky se klasický pojem pohybu opírá: je to především těleso, idealisované do hmotného bodu, a dráhy, kterou hmotný bod v jistém (neproměnném) prostoročasovém rámci probíhá. Abychom přesně věděli, co to „dráha“ vlastně je, představme si (pro potřebu naší úvahy), že prostor je rozložen v hustě u sebe uložené „prostorové atomy“. Mysleme si nyní, že těleso proletí tímto prostorem. Chceme zjistit, po jaké „dráze“ letělo, ptáme se proto našich „prostorových atomů“, kterých z nich se těleso „dotklo“. Tyto „atomy“ spojíme čarou a zpozorujeme přitom, že vlastně žádný „atom“ na této čáře nebyl vynechán, že se tedy pohyb dál spojitě. Jak také by těleso mohlo dojít od jednoho „atomu“ k jinému, kdyby při tom „atomy“ mezi nimi ležící přeskakovalo? Pozorujeme, že v této úvaze se předpokládá, že letící hmotný bod nezpůsobil žádnou změnu v pořádku našich „atomů“, že se jich — abychom tak řekli — jen lehce dotkl a že tím na nich zaznamenal svou dráhu. Zde je zároveň zřetelně vidět, proč v klasickém modelu musí být vzájemné působení mezi polem a tělesem nenázorné, neboť při takovém vzájemném působení by „prostorové atomy“ musely nějak na těleso působit, nárazem nebo třeba přitažlivostí. Z druhé strany by muselo vzájemné působení být provázáno jistými změnami (eventuálně změnami polohy) našich „prostorových atomů“, které by se pak přenášely na „atomy“ sousední. O ničem takovém nemůže být v klasickém modelu pohybu ani řeči.

Jak je tomu však, jestliže budeme na okamžik předpokládat, že „prostorové atomy“ utrpí při dotyku s hmotným bodem „náraz“, a jestliže nárazy na ostatní „atomy“ vyvolají nějakou změnu pořádku, která bude mít třeba vlnový charakter? Kdybychom chtěli nyní stanovit v určitém okamžiku „dráhu“ tělesa, zjistíme, že „prostorové atomy“, jichž se těleso „dotklo“, nejsou nyní těsně — bez mezer — u sebe. Kdybychom nevěděli nic o interakci, která způsobila změnu pořádku „atomů“, museli bychom dojít k názoru, že těleso prostorem nějakým zvláštním způsobem „poskakuje“, a vůbec bychom si neuměli představit, jak to dokázalo (jako názornou ilustraci si mysleme ideálně malou lodičku, která pluje rozvlněným mořem, přičemž částičky vody opisují kruhové dráhy, a ptejme se, kterých vodních částiček se lodička dotkla, abychom z toho mohli stanovit její „dráhu“). Jde-li v takto vyvolaném pohybu „prostorových atomů“ o kmity, můžeme ovšem vždy stanovit časový průměr „dráhy“, přesto se však budeme podívat zvláštnosti tohoto vlastně jednoduchého pohybu, jakmile k němu konkrétně dojde.

⁸⁾ W. Heisenberg, *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, 8. vydání, Stuttgart, 1949, str. 100.

To, co tu říkáme, není samozřejmě tvoření nějaké teorie „prostorových atomů“, ani tím nechceme tvrdit, že takový je odraz skutečných dějů. Jde jen o názorný první krok pro další úvahy, jde o to, poměrně pevnými „názornými“ předsudky „otřást“. Chceme jasně říci jen toto: Má-li na konkrétním pohybovém ději spojitý prostor nějaký podíl, zhroutí se podstatný základ klasické představy pohybu, totiž „dráha“; představa dráhy (v obvyklém smyslu) pak neplatí nebo platí jen přibližně, *podstatu* pohybu však v žádném případě nepostihuje.

V mikrofysice, v níž by se dialektické vzájemné vztahy mezi „prostorem“ a „hmotou“ měly — logicky vzato — projevit nejvýrazněji, jsou představy dráhy pohybu mikrokosmických částic skutečně nepoužitelné. Tuto myšlenku podtrhuje velmi důrazně Blochincev ve svých „Základech kvantové mechaniky“⁹⁾; také v západní literatuře ji lze najít. Ona zvláštní dualita korpuskulárních a vlnových vlastností částic, zprostředkovávaná Planckovým účinným kvantem h , činí v chápání mikrokosmických dějů velké obtíže. Touto otázkou bychom se museli zabývat ve zvláštním pojednání. Zde jen uvedeme ještě jeden příklad, který ukazuje, jak fundamentálně důležité je pohybové problémy, které klade mikrofysika, filosoficky propracovat. V roce 1930 vyšla Schrödingerova práce o pohybu v relativistické kvantové mechanice¹⁰⁾. K hlubšímu pochopení některých výsledků v této práci obsažených je třeba předestlat několik poznámek matematické povahy.

Fyzikální bádání v posledních desetiletích ukázalo, že ani nelze světlo chápat jen jako jev spojitě vlnové povahy, ani částici naopak jen jako objekt korpuskulárního charakteru. Bádání vyústilo v poznání „duality“ světla a částic. Klasické představy a klasické pohybové zákony tu selhaly. Vypracovala se proto nová mechanika — kvantová mechanika — která měla zahrnout důsledky plynoucí z existence nejmenšího účinkového kvanta a dvojí, korpuskulární a vlnový charakter hmoty. Heisenberg, Born a Jordan vybudovali matematický aparát, kterým se měl úkol zvládnout; zároveň však byla vypracována de Broglieova a Schrödingerova tak zvaná vlnová mechanika, která se ukázala matematicky onomu aparátu ekvivalentní, která však v mnoha směrech byla praktičtější. Vlnová mechanika spočívá na myšlence, že každé částici přísluší jistá, zcela určitá „vlna“, lépe řečeno jisté „klubko“ monochromatických, vzájemně superponovaných vln. Pro pohyb takových „vlnových klubek“ odvodil Schrödinger svou proslulou rovnicí, která se ukázala velmi užitečnou při studiu kvantových jevů. Pozoruhodné je tu, že fyzikální veličiny (souřadnice, impuls, energie ap.), s nimiž se v této rovnici pracuje, vystupují zcela nenázorně jako tak zvané operátory, jež se postupně aplikují, a které spolu zcela určitým způsobem souvisí.¹¹⁾ Schrödingerovy rovnice lze použít jen při rychlostech, které jsou ve srovnání s rychlostí světla malé. Proto sestavil P. Dirac „relativistickou“ rovnici, která se rovněž ukázala velmi užitečnou (ve výkladu spinu, v předpovědích tak zvaných antičástic, zejména pozitronu aj.).

⁹⁾ Д. И. Блохинцев, Основы квантовой механики, ГИТТЛ, Москва-Ленинград 1949.

¹⁰⁾ E. Schrödinger, *Ueber die kräftefreie Bewegung in der relativistischen Quantenmechanik*, Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, Phys.-Math. Klasse, 1930.

¹¹⁾ Operátorem je na příklad symbol $\frac{d}{dx}$, kterým se předpisuje derivování funkce $f(x)$ podle proměnné x , nebo symbol f pro integraci, jak je známo z matematické analýsy.

Z Diracovy rovnice pro volný elektron¹²⁾ vychází pro derivaci souřadnice podle času, tedy pro rychlost v tomto souřadnicovém směru¹³⁾, že čtverec každé složky rychlosti může nabýt jen hodnoty c^2 (c je rychlost světla). Tato hodnota musí být tedy také střední hodnotou pro každé měření na témž vlnovém klubku. Složka rychlosti sama je tedy $\pm c$. Je s podivem, píše Schrödinger, „jak to těžiště nábojového oblaku dokáže, aby se stále pohybovalo tak velkou rychlostí, a aby se přesto podle okolností přemísťovalo poměrně pomalu.“ Podrobnější vyšetření totiž ukazuje¹⁴⁾, že elektron má současně dvě rychlosti. Pohybuje se jednak ve všech směrech rychlostí světla, jednak se přemísťuje poměrně malou podsvětelnou rychlostí v . Jak je to možné? Ve vzorci jsou dva členy, z nichž jeden představuje obyčejnou rychlost v , zatím co druhý reprezentuje jisté kmitání, které se děje rychlostí světla a které obyčejnou rychlost překrývá. Elektron takto „scintiluje“ rychlost světla, vcelku se však přemísťuje v průměru makroskopickou rychlostí v .

Nelze jistě předpokládat, že mikrokosmický „chvějivý“ pohyb, který se děje přibližně rychlostí světla, je spojen s přenosem energie ve smyslu totálního pohybu částice samé. Teorie relativity totiž učí, že těleso s konečnou klidovou hmotou se nemůže pohybovat rychlostí světla, neboť v takovém případě

$$12) \quad \frac{\hbar}{2\pi i} \frac{\partial \psi}{\partial t} + H\psi = 0,$$

kde

$$H = c\alpha_1 p_1 + c\alpha_2 p_2 + c\alpha_3 p_3 + \alpha_4 mc^2,$$

c je rychlost světla, α_k jsou antisymetrické operátory, jejichž čtverec je roven jednotkové matici,

$p_k = \frac{\hbar}{2\pi i} \frac{\partial}{\partial x_k}$ jsou operátory impulsu, m je hmota, ψ vlnová funkce. H je Hamiltonův operátor.

$$13) \quad \frac{dx_k}{dt} = c\alpha_k, \text{ a vzhledem k } \alpha_k^2 = 1 \text{ je } \left(\frac{dx_k}{dt}\right)^2 = \alpha_k^2 c^2 = c^2,$$

to znamená, že čtverec rychlosti v každém souřadnicovém směru je roven čtverci rychlosti světla, že se tedy elektron musí pohybovat vždy rychlostí světla.

14) Pro úplnost je třeba přihlídnout k tomu, že veličiny α_k nejsou konstantní, poněvadž nejsou záměnné s operátorem energie H , který je nezávislý na čase. Jistou, celkem zřejmou substitucí (kterou zde neuvádíme) veličin α_k dostaneme

$$\frac{dx_k}{dt} = c^2 H^{-1} p_k + c \eta_k^0 e^{-\frac{2Ht}{\hbar}},$$

kde η_k^0 je operátor $\eta_k = \alpha_k - cH^{-1} p_k$ pro $t = 0$ a kde $\kappa = \frac{\hbar}{2\pi i}$.

První člen tohoto pozoruhodného výsledku je totiž obyčejná rychlost v_k ve směru souřadnicové osy x_k ; v_k jsou tři komponenty rychlosti v .

Vznikne-li totiž funkce ψ (vlnové klubko) superposicí charakteristických funkcí energie — impulsu z úzkého oboru, to jest vln úzkého vlnového pásma, dostaneme H (s přihlídnutím k relativistické změně hmoty) tvar

$$H = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \alpha\beta^2}}, \quad \left(\beta = \frac{v}{c}\right).$$

Pak je

$$c^2 H^{-1} p_k = c^2 \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{mc^2} \cdot \frac{mv_k}{\sqrt{1 - \beta^2}} = v_k.$$

Druhý člen reprezentuje naproti tomu složité „skoroperiodické“ kmitání, které Schrödinger nazývá „okamžitou rychlostí těžiště nábojového oblaku“, nebo také „mikroskopickou rychlostí elektronu“ oproti makroskopické rychlosti v_k . Odhad tohoto „chvějivého“ pohybu (*Zitterbewegung*) nebo „scintilačního“ pohybu (*Flimmerbewegung*) vede řádově k 10^{-11} cm. To však je zase proslulá comptonovská vlnová délka, na kterou nelze podle Heisenbergovy relace neurčitosti vlnové klubko redukovat bez impulsových výkyvů obrovské velikosti mc (hmota krát rychlost světla).

by musela být jeho hmota (tedy také energie) nekonečné. Elektron si musíme představit jako jakýsi malý mrak, jehož okraje kmitají všemi směry rychlostí světla, jehož těžiště však se přemísťuje rychlostí (v), která je menší než rychlost světla. Během dlouhé doby se pak kmitý vzájemně zruší a zůstane ve velmi hrubé aproximaci „dráha“ (v podrobnostech velmi složitá).

Schrödingerův a Vigierův výklad, podle něhož se elektron vine po složité spirálové dráze kolem jisté „střední“ letové dráhy, kterou probíhá rychlostí v , výklad, podle něhož by tedy měl elektron skutečně *obě* rychlosti současně, je neuspokojivé znázornění, opírající se v podstatě o klasický pojem pohybu. Zvláštní, ve všech směrech se dějící „scintilace“ elektronu (popřípadě nestejně intenzivní) by se totiž musela interpretovat tak, aby výslednicí byl právě (složitý) spirálovitý pohyb. Takováto vyumělkovaná omezení, jež mají zachraňovat běžnou představu pohybu, jsou velmi problematická. Bohužel nelze zatím rozhodnout přímým pozorováním, jsou-li tyto názorné interpretace správné nebo nikoli. Bylo by třeba v nějaké další práci učinit pokus o jiný výklad tohoto zvláštního pohybu, výklad, který by ukázal souvislosti ještě s jinými problémy v chování částic.

Vigier i Schrödinger spojují scintilační pohyb se spinem částic. Vigier přikládá tomuto pohybu velký význam v objektivním a kauzálním výkladu mikroskopických dějů, a srovnává jej s Brownovým pohybem.¹⁵⁾

Zajímavý, i když osamocený názor na tento scintilační pohyb nacházíme u Ph. Franka.¹⁶⁾ Frank se domnívá, že z tohoto pohybu vyplývá nejen „nemožnost udat současně místo a rychlost“, ale že ani „řeč o přesné lokalizaci elektronu bez ohledu na rychlost“ „nemá smyslu“, poněvadž nelze jít pod amplitudu tohoto scintilačního pohybu. Dál tuto myšlenku Frank bohužel nedomýšlel. Má-li pravdu, doznala by subjektivistická interpretace mikroskopických dějů, vyvolaná teorií komplementarity, velmi citelného omezení. Na místo úvah o místu a úvah o impulsu jako vzájemně se „vylučujících“ by muselo totiž přijít vyšetřování dialektických vztahů mezi místem a impulsem (ostatně také impuls má tento zvláštní scintilační charakter).

Zde se zřetelně ukazuje, proč jsou filosofické závěry, o nichž se kodaňská škola domnívá, že jsou důsledkem moderní kvantové mechaniky, tak neuspokojivé, neboť tyto domnělé „nové“ pohledy jsou po pravdě jen staré představy, oděné do nového filosofického roucha. Většinou se totiž přehlíží, že subjektivistické závěry této filosofie, které vrcholí v tvrzení, že mimo pozorování objektu nelze o něm vůbec mluvit, jsou možné jen potud, pokud se klasické představy o podstatě světa pokládají za jediné možné a tedy nutné. Poněvadž však tyto „nové pohledy“ s obrazem klasické fyziky nesouhlasí, má nová *filosofie* nepořádky odstranit. Jestliže nyní chybné, nebo jen přibližné a podmíněně správné představy se aplikují na věci, na které se nehodí, je posledním východiskem vždy idealismus. Není tedy nijak udivující, že i v kvantové fyzice v okamžiku, kdy podstata nového není ještě poznána, kdy však staré představy zřejmě selhávají, vyrazí ze země idealistická filosofie — tentokrát s firmou moderního pozitivismu — nafukující selhání starých představ v selhání vědeckého materialistického myšlení vůbec. Že je možno pochopit „nové filosofické zaměření“ kodaňské školy jen ve vztahu k starému, a jak je tento vztah k starému pro to podstatný, vyjadřuje sám Heisenberg: „Moderní teorie nevzešly z revolučních myšlenek, které byly do exaktní přírodovědy

¹⁵⁾ J. P. Vigier, A. a. O., str. 153 a d.

¹⁶⁾ Philipp Frank, *Das Kausalgesetz und seine Grenzen*, Vídeň 1932, str. 266.

vneseny tak říkajíc zvenčí; byly naopak přírodovědeckému bádání vnuceny přírodou při pokusu dovést program klasické fyziky důsledně do konce.¹⁷⁾

„Program klasické fyziky“ spočívá však právě v tom, pomocí jejích základních představ o hmotě a jejím pohybu popsat svět. Zdráháme-li se tyto představy prohlubovat a zdokonalovat, když se dokonce snažíme nafukovat je na konečné absolutní hodnoty, dostaneme se ovšem do těžko řešitelného dilematu: „I když se tedy zákony klasické fyziky jeví z hlediska fyziky moderní jen jako limitní případy obecnějších a abstraktnějších vztahů, zůstávají klasické pojmy s těmito zákony spjaté nepostradatelnými složkami přírodovědeckého jazyka, bez nichž by vůbec nebylo možné o přírodovědeckých výsledcích hovořit.“¹⁸⁾

„Nová“ filosofie také nemluví — v souhlase s pozitivisticky zastřeným „vzdáváním se objektivní reality“ — vůbec o „subjektivnosti“ světa, o jeho nepoznatelnosti a akausalnosti (kteréžto stránky halasně hlásá zejména Jordan), nýbrž uvádí pouze, že je nutno použít klasických pojmů a představ s nimi spojených, aby se s nimi mohla pěstovat logicky bezesporná fyzika. Tak na příklad míní Ph. Frank: „Budeme-li se držet pevně této terminologie, nedostaneme se nikdy do nebezpečí metafysického pojmání fyzikální komplementarity. Zde je totiž jasné, že o „reálném světě“ se nečiní žádné výroky; nečiní se výroky ani o jeho „povaze“, ani o jeho poznatelnosti, ani o jeho neurčitosti.“¹⁹⁾

Obráceně je každé odmítání subjektivistické filosofie spojeno s kritickým postojem (*Infragestellung*) ke klasickým představám a výrazovým prostředkům v oblasti mikrokosmických jevů. Několik příkladů:

„Je něco jako „reálný stav“ nějakého fyzikálního systému, který existuje objektivně, nezávisle na jakémkoli pozorování a měření, a který lze principiálně popsat fyzikálními výrazovými prostředky (jakých vhodných výrazových prostředků po případě základních pojmů je tu třeba použít, to zatím podle mého názoru nevíme; hmotných bodů? polí? prostředků, které je třeba teprve objevit?). Tato these o realitě nemá pro svou „metafysickou“ povahu smysl o sobě jasného výroku, má charakter vlastně jen programový. Všichni lidé však, i kvantoví fyzikové, se této these pevně drží, pokud nezačnou diskutovat o základech kvantové teorie. Jistě na příklad nepochybuje nikdo o tom, že v jistém čase mělo těžiště Měsíce jistou polohu, i když nebylo ani skutečného ani potenciálního pozorovatele. Opustíme-li tuto, z logického hlediska vzato libovolnou these o realitě, bude tvrdým oříškem uniknout solipsismu. Ve smyslu toho, co bylo řečeno, nestydím se učinit pojem „reálný stav systému“ těžištěm svých úvah.“²⁰⁾

„Základem Bohrovy odpovědi je princip komplementarity; Bohr staví do popředí možnosti měřících přístrojů; zatím co podstata otázky je v povaze měřených objektů, mikroskopických částic, pro které je klasický pojem pohybu po dráze nepoužitelný.“²¹⁾

„Je vůbec chybné vycházet z toho, že dnešní fyzikální pokus je příliš ne-

¹⁷⁾ Werner Heisenberg, *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, 6. vydání Lipsko 1945, str. 9.

¹⁸⁾ Tamtéž, str. 43.

¹⁹⁾ Philipp Frank, *Philosophische Deutungen und Missdeutungen der Quantentheorie*, Erkenntnis, svazek 6, 1936, str. 309.

²⁰⁾ Albert Einstein, *Einleitende Bemerkungen über Grundbegriffe*, Louis de Broglie und die Physiker, Hamburg 1955, str. 13 a d.

²¹⁾ D. I. Blochinzew, *Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlín 1953, str. 503. (Д. И. Блохинцев, Основы квантовой механики, 2. vydání, GITTL, Moskva-Leningrad 1949, str. 546).

přesný, než aby bylo možno měřit současně velikosti „skutečných“ impulsů a souřadnic mikrokosmických částic. Naopak, je dostatečně přesný, aby dokázal, že pro mikrokosmickou částici tato dvojice hodnot současně v přírodě neexistuje.“²²⁾

„Zdánlivý paradox kvantové mechaniky vzniká jen tam, kde se pokoušíme pochopit zákonitosti, kvantovou mechanikou zjištěné, z hlediska klasické mechaniky. Přitom kvantová mechanika zobecňuje klasickou mechaniku, prohlubuje a rozšiřuje pojem pohybu za úzký rámec představ klasického atomismu. Bylo by proto chybné pokládat představu pohybu částice podél dráhy za „pravdu poslední instance“.“²³⁾

„Skutečnost, že v kvantové mechanice nemá „pozorovatel“ žádnou zvláštní úlohu, vidíme mimo jiné z toho, že vztahy neurčitosti jsme ... odvodili pouhým rozбором vlastností vlnových klubek, *při němž se nepřihlíželo ani k pozorovateli, ani k procesu pozorování*. Tento závěr je založen výhradně na přihlídnutí k zvláštním vlastnostem mikročástic, pro které musíme k popisu chování těchto částic používat jak vlnové, tak korpuskulární představy. Ačkoli tedy vztahy neurčitosti mají výlučně povahu omezení možnosti popisu v pojmech klasické fyziky, tj. omezení, plynoucích ze zvláštních vlastností objektivně existujících mikročástic, přesto fyzikové kodaňské školy vyšli ze vztahů neurčitosti, aby sestrojili celý filosofický systém, tak zvanou teorii komplementarity, která má nepochybně idealistický ráz.“²⁴⁾

V této souvislosti stojí za zmínku Havemannův pokus zprostředkovat mezi pozitivistickou a marxistickou filosofií. Filosofický zmatek a zkreslování skutečnosti, k nimž při tom dochází, jdou tak daleko, že dvojím užitím určitých pojmů se má pozitivismus deklarovat v jistých otázkách za dále rozvinutý marxismus. Podívejme se na věc blíže.

Havemann se domnívá, že výtky, „že Bohé a Heisenberg popírají existenci objektivně reálného světa a že zauímají posici subjektivního pozitivismu“²⁵⁾ je „neoprávněná“. Nepřihlédneme-li ani k tomu, že „objektivního“ pozitivismu není, je nucen Havemann přiznat: „Nyní chce ovšem Heisenberg pojem „objektivně-reálná skutečnost“ redukovat na něco, co nazývá „faktické“.“²⁶⁾

To je špatně zastřený machismus, chtějící „skutečné“ redukovat na pozorování přímo dané, to jest právě na ono „faktické“. Havemann, místo aby proti tomu vystoupil, chce důsledky překonat důslednějším pozitivismem: „Navrhuji proto omezit pojem faktického na to, co lze vždy zjistit.“²⁷⁾ Positivistická filosofie tento „návrh“ dávno propracovala v systém, takže Havemann se tu poněkud omeškal.

Obzvláště bludné jsou Havemannovy snahy subjektivní pojem „možnosti“ (hmota jako možnost počítku) obratem ruky měnit na pojem marxistický. Havemann přitom dochází k velmi zvláštnímu „obrazu světa“: Vlastní „skutečné“ je „faktické“, kausálně podmíněné je objektivně „náhodné“, jev, to jest právě vše, „co lze vždy zjistit“ a co se projeví. Naproti tomu zákonité, nutné, podstata jevu jsou „pouhé“ možnosti, k nimž je ovšem také přihlížeti, jako k „objektivně reálnému“.

²²⁾ Tamtéž, str. 504.

²³⁾ Tamtéž, str. 506.

²⁴⁾ E. W. Schpolksi, *Atomphysik*, svazek 1, Berlín 1954, str. 363 a d. (E. V. Špolskij, *Atomová fyzika, I*, Technicko-vědecká vydavatelství, Praha 1952, str. 405–406).

²⁵⁾ Robert Havemann, *Bemerkungen zur quantenmechanischen Komplementarität*, *Physikalische Blätter*, sešit 7, 1957, str. 290.

²⁶⁾ Tamtéž.

²⁷⁾ Tamtéž, str. 292.

Na první pohled je jasné, že Havemann zde popírá objektivní existenci obecného. Toto stanovisko není nové. Důsledky této filosofické koncepce byly diskutovány počínaje Lockem, přes Berkeley a Humeho až k modernímu pozitivismu. Havemann by tyto důsledky, které se dokonce neomezují jen na přírodovědu, rád nevzal na vědomí. Je-li však zákonitě jen možností, pak „Fysika ... pouze udává, co je na podkladě fyzikálních zákonů možné,“²⁸⁾ a „teorie možného poskytuje tak vlastní vědecké základy, aniž přitom může určitý jev bezpečně předpovědět, jev, který je sice možný, ale proto ještě nikoli nutný,“²⁹⁾ pak nejsou zákony odrazem skutečných obecných souvislostí, nýbrž jen racionální uspořádavající schémata (*Ordnungsschema*) „faktického“, nebo, jak říká Weyl: „Snílkovství je očekávat od poznání, že odhalí hlubší podstatu, než to, co je názorově zřejmé ...“³⁰⁾

Nyní rozumíme, proč Havemann označuje teorii komplementarity za „geniální koncepci“, která prý může přispět podivuhodně novým k otázkám „co je to kauzalita obecně?“, „co je to přírodní zákonitost obecně?“, „v jakém vzájemném vztahu jsou možnost a skutečnost, nutnost a náhodnost?“ Čteme: „Je to právě teorie komplementarity tak zvané kodaňské školy Nielse Bohra, geniální koncepce kvantové mechaniky, teorie, které filosofičtí dogmatikové tak halasně nadávají a kterou ostouzí, teorie, která je neodborníky zamlžována, je to tato teorie, která dovede k našim třem otázkám říci tak úžasně nově.“³¹⁾

Havemann — jemuž jistě přiznáme „nedogmaticčnost“ a „odbornost“ — touto cestou sotva bude moci podat řešení filosofických problémů, o něž tu jde, neboť tyto problémy jdou přece jen hlouběji. Kuriozní na celém Havemannově pokusu je to, že Havemann chce ryze vědecké snahy o nové představy, které by byly mikrokosmickým jevům přiměřenější než představy klasické, a které jsou spjaty s takovými osobnostmi jako jsou Einstein, v. Laue, de Broglie, Bohm, Vigier, Schrödinger, Yukawa, Janossy, Alexandrov, Blochincev, Špolskij a jiní, vyříditi jako „dogmatické“, zatím co současně označuje skutečně dogmatické absolutisování starých představ jako „geniální koncepci“. Kdo tedy chce vpřed, k hlubšímu pojetí skutečnosti, a kdo chce zůstat stát? Nezdá se, že by Havemannovi byly tyto jednoduché otázky jasné.

Ať budou další výsledky jakékoli, jedno je v každém případě zřejmé: klasický fyzikální pojem pohybu v mikrofysice zásadně selhává. Zvláštní pohybový děj mikrokosmických částic čeká na filosofické osvětlení. Není jistě přehnáno, tvrdíme-li, že jsme na prahu zásadně nových pohledů na podstatu přírodního dění.

Dá se ukázat, že předpokládá-li se interakce mezi lokalizovanou částicí a spojitým jejím okolím, a vyjde-li se z jistých jednoduchých základních principů, musí se procesu pohybu přisoudit jemu vlastní rozpor v dialektickém smyslu. Bude-li pak tento rozpor pochopen, povede k výkladu řady fundamentálních poznatků moderní fyziky.

Tento článek splní svůj úkol, přispěje-li k tomu, aby myšlenka rozporu v mechanickém přemístování (*Ortsbewegung*) zůstala v zorném poli bádání a aby vedla k diskusi.

Přeložil dr. Josef Veselka

²⁸⁾ Tamtéž, str. 290.

²⁹⁾ Tamtéž, str. 292.

³⁰⁾ Hermann Weyl, *Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft*, Mnichov 1948, str. 22.

³¹⁾ Robert Havemann, *Rückantworten an die Hauptverwaltung „Ewige Wahrheiten“*, Sonntag z 28. X. 1956.