

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Zdeněk Horský

Janusovská tvář Newtonovy fyziky

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 32 (1987), No. 6, 305--308

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139472>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1987

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>

Janusovská tvář Newtonovy fyziky

Zdeněk Horský, Praha

Bylo by pošetilostí chtít v nerozsáhlém příspěvku postihnout historický význam Newtonova díla, nebo jen jeho fyziky. Nezbyvá než se pokusit najít několik málo otázek, které mají výraznější smysl, a v odpovědích se snažit zachytit hlavní charakteristické rysy toho, čím je Newtonova fyzika tvořena a co jí propůjčuje její fundamentální význam.

Proč však mluvit o její janusovské tváři?

Protože jako pronikavé a úspěšné shrnutí širokého předchozího vývoje a jako základ pro novou etapu bádání má k minulosti i k budoucnosti mnohem hlubší, dalekosáhlejší a pevnější vazby než kdejaká jiná teorie. Tak jako janusovskou branou vede cesta tam i zpět, tak i tato všeobšáhá koncepce umožňuje v bádání pronikat kupředu, ale na druhé straně je i směr protichůdný, vedoucí k redukci rozsahu poznání.

Její vztahy k budoucnosti zasahují bezpochyby až k dnešku. Letos je tomu 300 let, co Isaac Newton podepsal v Cambridgi dne 8. května roku 1686 podle tehdejšího anglického kalendáře předmluvu ke svému spisu *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Jsou ta uplynulá tři století hodně nebo málo? Fyzikální poznání světa se mění rychle, podle mínění široké veřejnosti, které vypěstovala přehnaně optimistická popularizace, dokonce překotně rychle. Přesto však ještě všichni v dvacátém století jsme se „do newtonovského světa narodili“ (Alexandre Koyré), a již proto je nám stále fyzikální svět dodnes blízký; v pravidlech tohoto světa myslíme, nepozorovaně jsme je vstřebali dávno dřív, než kdokoli z nás mohl být upozorněn na možné kritické výhrady. V důsledku staletého opožďování obecného povědomí za dobou vzniku jeho základů je nám dodnes snad všem newtonovský svět uvědoměle či neuvědoměle, přiznaně či nepřiznaně základem našeho „přirozeného názoru“; právě tak jako řadovým pracovníkům jeho doby a prostým lidem ještě dlouho potom byl tímto základem ještě aristotelský uzavřený a kvalitativně chápaný kosmos. Nové expanze fyzikálního myšlení se mnohdy – vzdor obtížím – snažíme vtěsnat do tohoto světa blízkého našim představám a v jeho rámci si je představit a pochopit je. Newtonovský svět je stále náš svět, anebo snad lépe naopak: náš svět je stále ještě newtonovský svět.

V dějinách vědy se obecně uznává, že Newtonovým dílem vyvrcholil proces „mechanizace obrazu světa“ a ještě nedávno argumentovaly některé přední autority (Dijksterhuis) pro silnou kontinuitu moderní fyziky s newtonovskou tím, že odborná terminologie volí a zachovává taková označení disciplín jako „relativistická mechanika“ či „kvantová mechanika“. To snad se bude zdát přemrštěné, ale nesporně je pravdivý názor, že odlišnost Newtonovy fyziky od i bezprostředně historicky předcházejících podob této vědy je podstatně větší než od fyziky novodobé. Z hlediska našeho přirovnání je tedy terén před janusovskou branou a za ní značně odlišný.

Ze sborníku *Poceta Newtonovi*, Pracovní materiály seminářů JČSMF, odborná skupina Pedagogická fyzika, Brno 1986, str. 30–35.

Newtonovo dílo nazíráme především jako systém. Je impozantní právě tím, že je systémem na první pohled takřka monolitickým. Mnohokrát bylo již upozorněno na to, že vlastně všechno, s čím se setkáváme u Newtona, znali již tak či onak jeho předchůdci, nebo četní současníci. Mezi často opakovanými jmény shledáváme zejména Keplera i Galileiho, Roberta Hooka a Leibnize, ale výčet by mohl být značně rozšířen. Nicméně to, čím je Newton nesporně převyšuje, je právě fakt, že to, co oni přinášeli jako jednotlivé dílčí poznatky, je u něho včleněno jako logicky pevně vázaná součást do všeobsahujícího systému. Tmelem systému je důsledná axiomatická stavba a matematická metoda. Proto právě tento systém a jenom on má ve své době zároveň ty vlastnosti, které jinak vždy přicházely odděleně: bylo vytvořeno před Newtonem i současně s ním mnoho obsáhlých a široce popsaných přírodovědných systémů, jejich výstavba však většinou nebyla logicky důsledná a nepoužívaly matematiky, na druhé straně byly jednotlivé pozoruhodné a už i před Newtonem v newtonovském duchu koncipované fyzikální poznatky, nebyly však propojeny v systém.

Proto se často mluví o newtonovské syntéze, a to právem. Tato syntéza je však mnohem širší. V Newtonově fyzice jsou sjednoceny nejpodstatnější proudy, které ve fyzikálním bádání v nejširším smyslu dvě předcházející století rozvinula. Není to však pouze sjednocení, ale zároveň a především zobecnění, a tím i povýšení na takovou úroveň, již právem přisuzujeme vyšší explanatorickou mohutnost, než kterou vládly předchozí teorie. Max von Laue se ve svých *Dějínách fyziky* s obdivem pozastavuje nad faktem, že nejednou celé navzájem do té doby zcela nezávislé fyzikální disciplíny na určitém stupni vývoje takřka spontánně splynou tak, že nad nimi vyroste teorie obecnější, hlouběji pronikající k podstatě věcí, která obě předchozí teorie subsumuje jako speciální případy. Tento autor, který sám byl protagonistou takového sjednocení vlnové teorie rentgenových paprsků a atomové teorie krystalů, nazírá tento jev jako jeden z charakteristických rysů vývoje fyziky a zároveň jako jeden z nejsilnějších argumentů pro přesvědčení, že fyzikální poznání skutečně pravdivě odráží objektivně existující fyzikální realitu; jinak by totiž bylo třeba tento opakující se jev v rozvoji fyzikálního poznání považovat za zázrak. Zde je v naší souvislosti třeba zdůraznit, že k takovému prvnimu a svým způsobem vzorovému splnutí dvou nezávislých disciplín došlo Newtonovou zásluhou. Je to právě subsumpce Galileiho teorie pohybu těles při zemském povrchu, kterou můžeme označit za Galileiho dynamiku, a Keplerovy kinematiky, vládnuocí v planetární soustavě, pod všeobecnou gravitační teorii, jak ji vytvořil Newton a jak ji jako obecnou teorii známe z *Principií*. Nejvzdálenější planety jsou teď podřízeny témuž zákonu jako pohyb těch nejdrobnějších tělísek na Zemi, není již protikladu pozemského a nebeského, jedna a táž fyzika se teď vztahuje na oba tyto dříve odlišné světy. A aniž bychom chtěli příliš hluboko zacházet do líčení vztahů mezi Isaacem Newtonem a Edmundem Halleyem, nemůžeme v roce Halleyovy komety opominout připomínku, že pod týmž zákon pohybu byly tehdy vtaženy i komety, do té doby stále fyzikálně jaksi nezařazené.

Tato syntéza je však fakticky ještě širší, nezahrnuje pouze dvě základní složky, galileiovskou a keplerovskou. Je třeba si rovněž povšimnout toho, do jakého prostoru Newton vložil svět, tento svůj nový svět, v němž platí všeobecná gravitační teorie. Je to euklidovský prostor, který se tu poprvé – po téměř plných dvou tisíciletích své teoretické existence – stává fyzikálně platným, fyzikálně reálným prostorem. Cesta k tomuto

počinu nevedla ani tolik přes dílo Galileiho a Keplerovo – zvláště druhý z nich měl stále jakési výhrady a nemohl se dost dobře vzdát představy výjimečnosti Slunce ve vesmíru. K uplatnění tu přišli autoři, jejichž význam ve fyzice byl a mnohdy často stále je považován za vágní, zejména Giordano Bruno. Ale Newton sám nás o tomto zdroji svých názorů nepoučuje, a je otázka, zda z něho nepřijímal natolik zprostředkovaně, že si ho sám dobře neuvědomoval. Teprve tím se tato Newtonova syntéza stala tak širokou a všeobšahlou. Konečně byl celý vesmír sjednocen a jednou pro vždy byl překonán až z antiky se datující aristotelský dualismus sublunárního a supralunárního světa, z nichž každý byl zaplněn protichůdně odlišnými látkami a v každém platila jiná nauka o pohybu těles. Měl velmi tuhý život: i když byl vlastně již překonán, zřetelně ještě dožíval v dualismu Galileiho nauky o pohybu těles při Zemi a Keplerovy nauky o pohybu planet. A ještě i v *Principiích* najdeme jeho stopy, neboť jejich autor je nucen zvláště projednávat pohyb těles, jimž je kladen odpor, tedy těles v pozemském prostředí, a zvláště těch, kterým prostředí odpor neklade. Toto druhé platí pro planetární soustavu, a nemohlo by platit, kdyby poměrně krátce před vznikem *Principií* nebyla prokázána existence vakua.

Tato Newtonova syntéza je pro budoucnost přímo vzorová. A vzdor tomu, že teprve v 19. století se podaří spojit nauku o elektřině s naukou o magnetismu a výsledek pak s optikou, je základní princip této syntézy pochopen velmi brzy, a tak již v roce 1758 R. J. Boškovič se pokouší spekulativně vybudovat obecnou teorii přírodních sil, v níž je Newtonova gravitační teorie zabudována jako speciální případ.

Za každý úspěch se však platí daň. Svou daň si vyžádalo i sjednocení pozemských a nebeských pohybů. Sjednocen byl nejen přírodní zákon, který tyto pohyby ovládá, ale sjednocena musela být i materie, která tomuto zákonu podléhá. A především musela být vytvořena ontologická záruka, že tato materie bude zákonu podléhat bezvýjimečně, slepě. Jinak by přirozeně takto nastoupená cesta mechanizace a matematizace přírodního obrazu neměla smyslu. Pohybující se těleso nesmí v průběhu děje k tomuto průběhu přidat nic ze svého, nesmí jej nikterak modifikovat. To těleso, ta hmota musí být inertní, nečinná, mrtvá. Jen za tohoto předpokladu může mechanizace a matematizace slavit úspěchy. A tak čím je syntéza zúčastněných oborů plynulejší a pevnější a čím více mezi nimi vymizují bývalé švy, tím pevnější a neprostupnější se stává hranice mezi tímto celkem a obory do syntézy nepojatými. Tím více také roste propast mezi studiem mrtvé a živé přírody. Problematičnost tohoto rozporu je po dlouhá desetiletí zátěží přírodovědy a důsledky jsou dodnes zřetelně patrné. Razantnost a dosah tohoto zásahu se nejvíce odráží v tom, jak se v důsledku Newtonovy syntézy změnil, přesněji řečeno zúžil sám pojem fyziky. Jádrem se staly obory, které byly rovněž kondenzačním jádrem samotné Newtonovy syntézy, tedy především mechanika. Její překotný rozvoj v oné době však zastínil skutečnost, že jiné přírodovědné obory nemají podmínky k témuž tempu rozvoje, a pokud nezaostávají, tedy se vyvíjejí vzhledem k uvedenému kondenzačnímu jádru divergentně. Komenského *Fyzika*, publikovaná naposledy za autorova života jen asi dvě desetiletí dříve než *Principia*, dosud zahrnovala všechnu biologii (v dnešním smyslu) a dokonce i psychologii. Nám dnes připadá takový stav nemístný, ve skutečnosti však nemístné anebo aspoň ne právě šťastné je dnešní vymezení fyziky, zejména vzhledem k jejímu vztahu k chemii. Toto zúžení pojmu fyziky není sice přímo dílem Newtonovým,

ale je důsledkem jeho přístupu. To, co nejvíce při tomto vývoji vzalo za své, byla potřeba zachování jednoty obrazu přírody.

Zato ty obory, které byly do syntézy zahrnuty nebo jí aspoň byly blízko, měly v mechanice silnou oporu a vzor. Vzpomeňme třeba jen na Coulombův zákon; jeho formulace pro magnetismus (z r. 1780) a pro elektrostatiku (z r. 1785) je přesnou obdobou Newtonova gravitačního zákona.

Vztah k nauce o magnetismu si vynucuje ještě jedno zastavení: Má mnoho společného s Newtonovým zcela novým pojetím existence tělesa; těžkého tělesa, tedy toho, které podléhá působení tíže a kterému Newton říká *corpus grave*. Dříve tělesa existovala ve své izolovanosti, omezena svým povrchem, s přesným vymezením toho, co uvažované těleso je a co jím již není. To zůstává zachováno i u Newtona. Na této představě nemá Newton důvod něco měnit. Avšak přistupuje něco navíc. Ta stará tělesa mohla na sebe působit jen při přímém dotyku, tlakem nebo při nárazu. Tak jako v Descartově světě. Bez vzájemného dotyku tělesa jako by „o sobě nevěděla“, bez kontaktu nebylo interakce. To však již teď u Newtona neplatí. Ne náhodou po řadu generací připoutával pozornost Newtonových předchůdců magnetismus, ne náhodou Kepler v *Nové astronomii* (1609), když již ve velmi perfektní formě předjímal gravitační zákon, se odvolává jako na analogický vzor na magnetické přitahování. Magnetismus byl provokující záhadou, byl vždy považován za podstatnou součást magie, a hlavní autoři, kteří chtěli odlišit přírodní magii (*magia naturalis*) od magie pronásledované, aby jí usnadnili cestu k rozvoji, Giambattista Porta i Athanasius Kircher, se studiu magnetismu věnovali zvláště intenzivně. Snad je zbytečné dodávat, že u magnetismu je za magické považováno ono působení na dálku, bez kontaktu, bez viditelné příčiny.

Tuto původně magickou vlastnost dává teď Newton všem tělesům, má ji každé *corpus grave*. Podstata působení na dálku se sice stává obtížným problémem, který horko těžko budou řešit a nedořeší další generace (Newton sám se vůči pokusům řešit tento problém uzavřel), ale existence tohoto působení je nesporná. Původně „magická“ vlastnost je teď nejběžnější vlastností hmoty. Každé těleso sice existuje na svém místě, ve svém prostоровém vymezení, ale tím se jeho existence nevyčerpává. „Existuje“ vlastně zároveň i „všude“ a všechna jiná tělesa, ať jsou kdekoli, tuto existenci nevyhnutelně registrují. Sám Newton se snad vylekal důsledků a snažil se odbýt celou věc tím, že působení ve velkých vzdálenostech je nepředstavitelně malé, a tedy zcela zanedbatelné. Avšak zanedbatelné neznamená neexistující.

Je obecně známo, že právě Newtonova fyzika se stala hlavním podnětem i hlavní oporou vzniku a rozvoje filozofického mechanického materialismu, že se podílil i na jeho historicky významné úloze, ale i na jeho omezení. Vzhledem k uvedenému rozboru berme také v úvahu, že začala vytvářet i obraz světa propojeného všeobecnou nevyhnutelnou souvislostí, světa, kde již nemůže bezvýhradně platit stará metafyzická izolovanost, světa, kde nelze pohnout ničím, aniž by se pohnulo vším.