

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Radek Vystavěl

O studiu, fyzice a pochopitelnosti světa - rozhovor s Jiřím Bičákem

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 37 (1992), No. 6, 324--333

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139629>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1992

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>

[12] J. A. WHEELER and W. H. ZUREK: *Quantum Theory and Measurement*. Princeton University Press, Princeton (1983).

Obrázek na str. 322 je převzat z časopisu Current Contents (© 1989 ISI).

Adresa autora:

Department of Philosophy
Central Michigan University
Mt. Pleasant, MI 48 859 USA

O studiu, fyzice a pochopitelnosti světa — rozhovor s Jiřím Bičákem

Prof. RNDr. Jiří Bičák, DrSc., je teoretickým fyzikem zabývajícím se převážně teorií relativity a gravitace, relativistickou astrofyzikou a kosmologií. Na matematicko-fyzikální fakultě je vedoucím katedry teoretické fyziky a pro studenty mj. vede hezkou přednášku právě z relativistické fyziky. V lednu 1992 oslavil své padesátiny.

Předkládáme čtenářům mírně pozměněnou a autorizovanou verzi rozhovoru, který s ním pro fakultní studentský časopis „Obrázky žlutých růží“ uskutečnil student Radek Vystavěl.

Jak a kdy jste se rozhodl dělat teoretickou fyziku? Neměl jste někdy chuť dělat něco jiného?

Měl jsem chuť dělat nejrůznější věci. Ve 2. třídě na obecné škole jsem nadšeně dělal výpisky z Brehmova *Života zvířat*, sbíral a kreslil obrázky zvířat a chtěl se stát cestovatelem. Mám schovány seznamy různých ostrovů a poloostrovů, které jsem si zapisoval a o nichž dnes vůbec nevím, že jsou a kde jsou. Potom, zřejmě vlivem literatury (např. A. Cronina, P. Kruifa atd.), možná i vlivem rodičů, jsem ještě na začátku gymnázia chtěl dělat medicínu. Náhodou jsem se však setkal s člověkem, který překládal odbornou literaturu, a ten mě přesvědčoval, že medicína je sice krásná věc, že ji člověk chce v mládí jistě dělat z těch nejušlechtlejších pohnutek, ale že je vždy něco skryto pod praktickou medicínou, a to je medicína vědecká a ještě hlouběji biochemie. Takže jsem přešel od medicíny k biochemii. Ale ta potřebuje chemii, a pod ní ještě hlouběji jde fyzika. Za mých gymnaziálních let tu byl systém tzv. lidových univerzit — přednášky odborníků i s demonstracemi pokusů na fakultách. Pamatuji, jak jsem v 10. třídě (dnes 2. ročník gymnázia) chodil na matematiku na Karlov, na centimetrové vlny a na elementární částice na jadernou fakultu do Břehové ulice a na chemii na Albertov. Snad čtyři večery týdně jsem trávil mimo domov na přednáškách. Pořádně

jsem jim jistě nerozuměl, ale přednášky i ty staré velké posluchárny působily zajímavě, krásně tajemně. K matematice mě ještě víc přitáhl přítel, který se o ni zajímal a se kterým jsem občas hrával dueta — já na housle, on na klavír. Kromě duet jsme spolu dělali matematickou olympiádu a kupodivu mi začala i v těch vyšších kolech vycházet vcelku bez příprav. Třetí inspirací, proč, myslím, jsem skončil u věcí málo použitelných pro bezprostřední „blahobyť“, bylo to, že se mi tehdy do rukou dostala Einsteinova knížka *Jak vidím svět*. Fascinovala mě Einsteinova schopnost ukázat, jak hluboké otázky v teoretické fyzice jsou — jevily se mi jako jedny z nejhlubších, jaké si lidé vůbec mohou klást.

Kdo či co nejvíce ovlivnilo váš styl práce, způsob přemýšlení a váš vývoj?

Myslím, že můj styl práce už v dětství ovlivnili především lidé, kteří byli bezprostředně kolem mne, ti, kteří mě podporovali ve věcech, které mě zajímaly. Otec mě trpělivě vedl k hudbě a cvičil mou (přítom jistě i svou) vůli. Se strýčkem jsem tvořil sbírky motýlů, sbírky známek, malovali jsme společně obrazy přírody. Myslím, že tu radost z toho, že se něco udělalo, něco vytvořilo, je velice důležité zažít brzo.

Mnohem později pak to byli lidé tady na fakultě. Jedním z prvních byl např. ten, který povzbudil můj zájem o geometrii — inspirující, nekonvenční prof. Švec — diferenciální geometr, žák Čechův. Měl bych nejdřív říct, že se mi v prvním ročníku velmi líbila tradiční analýza prof. Ilji Černého. Ten se někde zmínil, že přeložil Kilčevského *Základy tenzorového počtu a jeho použití v mechanice*; tam jsem našel citaci Raševského knížky o Riemannově geometrii. Švec tehdy pořádal jakýsi neformální seminář (četli jsme Pontrjaginovu topologii); ve 2. ročníku jsem za ním pak několikrát byl s Raševským — nic systematického, ale dostal jsem se takto ke geometrii a od ní k teorii relativity. O potřebě geometrie v relativitě jsem už věděl z Einsteinova *Jak vidím svět*, ale kapitoly o relativitě obsahovala i kniha Raševského a já jsem chtěl dělat především teoretickou fyziku. Rád vzpomínám i na přednášky z teoretické fyziky prof. Brdičky, dr. Hladíka, prof. Muzikáře.

Potom, až někdy ve 3. ročníku, jsem „objevil“ Karla Kuchaře. V té době to byl mladý asistent katedry teoretické fyziky, dnes profesor na univerzitě v Salt Lake City. Karel Kuchař měl tehdy největší vliv na můj odborný rozvoj a nejen na něj. (Sotva jsem kdy blíže potkal někoho tak kulturního, vzdělaného, citlivého a zároveň racionálního.) Tehdy Kuchař přistupoval k relativitě dost negeometricky. Byl ovlivněn učebnicí Møllerovou, pojetím, které je ve fyzice projevem pozitivistické filozofie. Mluvílo se hodně o měřicích tyčích, ideálních hodinách, kladl se důraz na rozbor základních fyzikálních pojmů; matematika a fyzikální aplikace zůstávaly spíše stranou. Myslím, že i tento vliv mne trvale poznamenal — pak jsem byl vždy chvíli na straně matematiky, geometrie, chvíli na straně fyziky, později astrofyziky a kosmologie. Ale stále mě také lákaly základní problémy. Kuchařovy vždy vybroušené přednášky měly nejen velkou fyzikální hloubku, ale byly naplňovány i různými jinými krásami světa, třeba úryvky ze staré čínské poezie. Karel Kuchař mi jasně ukázal to, co jsem jen podvědomě cítil z četby Einsteina na gymnáziu — že základní fyzika je „filozofická“, že teoretická fyzika má k filozofii blíže než čistá matematika.

Jak moc času mimo školu jste strávil přemýšlením a studiem?

Je pravda, že jsem dost času trávil čtením fyzikálních knížek, zvláště relativity. Považuji svým způsobem za štěstí, že jsem nečetl jako první knížku Møllerovu, ale Syngeho. Syngeho relativita je založena na prostoročasových diagramech, na prostoročasové intuici a myslím, že tento více geometrický — „čtyřdimenzionální“ — pohled se ukázal pro nebyvalý rozvoj čisté relativity v posledních 20–30 letech podstatnější než pozitivističtější pohled Møllerův.

Za našich studií by ovšem bylo „nenormální“ nedělat také jiné věci. Chodilo se do divadel, galerií, do kin, rozebírali jsme filmy Felliniho, Antonioniho, Pasoliniho, organizovali diskusní klub, zajímali se o současnou západní filozofii. Šťastné chvíle jsem třeba měl těsně po státnicích, kdy jsem chodil do univerzitní knihovny a četl si v Schilppově sborníku *Albert Einstein: Philosopher — Scientist* a dělal výpisky.

Jiná věc, kterou jsme žili a která byla naprosto mimo katedru, byl turistický oddíl. Tam se občas rozebírala klasická hudba, hrály hry, ale především se sportovalo, zpívalo u táboráků, rock'n'rolly a spirituály se kombinovaly s pozorováním noční oblohy.

Měl jste okamžiky, kdy jste musel spoléhat jen na sebe?

Když v roce 1968 Karel Kuchař odešel do Spojených států, bylo mi 26 let a situace nebyla jednoduchá. Už předtím se mi sice podařilo napsat pár článků, z nichž jeden vyšel v *Proceedings of the Royal Society* v Anglii. Na konec r. 1968 jsem byl pozván k několika přednáškám do Londýna, kde tehdy působili elitní relativisté jako Bondi, Pirani, Bonnor a mladší Roger Penrose a Steven Hawking. Byl jsem londýnskou atmosférou okouzlen a chtěl jsem se věnovat především matematické relativitě. Jenomže koncem r. 1969 přišlo pozvání z Kalifornie k jednoročnímu pobytu a po roce kafevsky absurdních interakcí s úřady jsem odjel na California Institute of Technology, na Caltech. Tam vedl relativistickou skupinu Kip Thorne, jeden ze zakladatelů relativistické astrofyziky. Ten měl vždycky takové „východní“ — v dobrém slova smyslu — sklony, velmi si považoval Zeldovičovy skupiny, podporoval ruské disidenty mezi vědci. Víím, že jeho sekretářka měla nad stolem od něj napsáno: „Leslie, nuť mne, ať se každý den aspoň hodinu učím rusky!“ Ocitnout se v Thornově skupině však znamenalo značnou změnu v orientaci práce — Thorne byl mnohem fyzikálnější, intuitivnější (proto si také tolik vážil Zeldoviče), jeho relativita byla dost jiná než třeba relativita londýnská. Na Caltechu bylo přirozené připojit se k právě se rychle rozvíjející relativistické astrofyzice (v roce 1971 např. vyšel ve *Physics Today* článek Wheelera s Ruffinim *Introducing Black Holes*). Dokončil jsem tam část práce kolem gravitačního kolapsu s perturbacemi, po půl roce jsem žádal o prodloužení pobytu (na celý rok nebyla cesta povolena), naše úřady mě však v červnu 1971 odvolaly zpět, neboť měly starost o mé zdraví. (Říká se, že v září je v Pasadeně největší smog a že tam v té době lidé mnohem častěji umírají.) Doma jsem si řekl, že bych rád dělal a k nám uvedl relativistickou astrofyziku, byť z pohledu teoretického fyzika. Bylo jasné, že to šlo jiným směrem než k matematické teorii gravitačního záření nebo než šel Karel Kuchař, který se ve Státech systematicky zabýval kanonickým kvantováním gravitačního pole.

V těchto 2–3 letech následujících po příjezdu z Caltechu jsem si asi nejvíce uvědomil, co je zřejmě nejobtížnější na vědecké práci — hledat si zcela sám problémy a rozhodnout se na čem pracovat. Přitom se setkávat s množstvím literatury (a zároveň vědět,

že v té době už mnoho základní literatury vůbec do Prahy nepřišlo). Myslím, že toto napětí v hledání problému, snaha proniknout do literatury, hledat v ní mezery, v čem je možné a zajímavé něco nějak řešit, rozšířit — že to je zřejmě nejbolestivější, ale asi nejdůležitější i nejnebezpečnější část tvořivé práce. Co se tohoto týče, existují různé taktiky, jak přistupovat ke studentům, kteří dělají řečneme doktorát nebo právě začínají. Jsou přístupy, které tvrdí, že by se studenti měli nejprve co nejvíce věcí naučit, aby potom mohli absorbovat nejnovější problémy a na nich rychle pracovat. Jiné přístupy zase tvrdí, že to, co je třeba se nejdříve naučit, je tvořivá práce, dělat na nějakém zcela konkrétním problému. Že sice se pak tito lidé na nějakou dobu zastaví, než si sami budou schopni hledat problémy, ale že přesto je zkušenost s tím, že něco tvoří, počítají, důležitější než to, aby byli obeznámeni s řadou faktů. Kip Thorne například zastával spíše tento druhý přístup, i když i on měl kolem sebe studenty, kteří dlouho nevěděli, co dělat. I on občas formuloval problém např. takto: prostuduj vše kolem superhmotných relativistických hvězd a pak se snaž výsledky rozšířit.

A ti, kteří se nejdříve naučí spoustu věcí, ti pak nebudou stagnovat, až si budou hledat problém?

Samozřejmě, že budou také stagnovat, ale ne do tak velké míry. Když se ukáží zajímavé problémy v jiné oblasti, nebude jim přechod činit potíže, jestliže budou dost „vzdělání“. V této souvislosti si vzpomínám, jak mi E. M. Lifšic říkal, že Landauova škola v Moskvě byla vždy přesvědčena, že teoretický fyzik by měl pracovat aspoň ve dvou různých oblastech. Jinak se často vyhledávají problémy pro problémy. Když jedna oblast stagnuje, můžete vždy přejít k té druhé.

Jak jste rozuměl fyzice v době, kdy jste studoval na fakultě? Já třeba mám často pocit, že věcem moc nerozumím, a řadu otázek, například týkajících se základů fyzikálních teorií, umím „vyřešit“ jen slovem nevim.

Myslím, že na takovou otázku by měl člověk reagovat v několika rovinách. Je-li alespoň trochu sebekritický, nikdy nemůže prohlásit, že by rozuměl všem věcem, protože si uvědomí, že „pochopení“ je velmi relativní. Na druhé straně je nebezpečí, že když se člověk snaží velice do hloubky rozumět základním věcem v daném oboru spíš než rozvíjet nějaký konkrétní problém, nepozná tvořivou práci, nikdy se k ní nedostane. Když se studenti, často velmi nadaní, orientují na to, že by chtěli rozebírat základní pojmy a vymýšlet nové teorie, stávají se často velkými vzdělanci, ale nezakusí tu radost, že něco vytvoří, že o tom mohou někomu říct, koneckonců z toho musí napsat i nějaký článek. Myslím, že je třeba najít kompromis — řešit nové problémy, občas se dívat „filozoficky“ na větší celky i základy.

Tak je tomu i z „globálnějšího“ hlediska. Není pochyb, že vytvoření newtonovské fyziky mělo obrovský vliv na náš pohled na svět. Existují např. staré speciální učebnice newtonovské mechaniky pro ženy a dívky, v mnichovské Pinakothecce lze ve francouzském umění vidět obraz, na němž je dáma, která „medituje nad Newtonem“. Newtonovská fyzika přinášela argumenty pro to, že všechno kolem nás má svůj smysl, je dobře naplánováno, zkonstruováno — dávala víru v zákonitost přírody. Pak se ale — také v Anglii — objevil David Hume, který tuto víru začal zpochybňovat. Nevěřil, že je

dokázáno, že vesmír je zákonitý, že je opravdu nějakým mechanismem. Zpochybňoval i nějakou logickou, vnitřní souvislost mezi příčinou a následkem. Tvrdil, že všechny přírodní zákony jsou jen zákony induktivní; z toho, že dnes vyšlo Slunce, nemáme logické oprávnění tvrdit, že vyjde zítra. I když Hume měl velký vliv na filozofii a nepřímo i na vědu, bylo štěstí, že lidé jako Maxwell, Faraday a Kelvin byli v tomto smyslu „pragmatičtější“, méně pochybovační — věřili v zákony a nacházeli je.

Věda se někdy rozvíjí tak, že v dané etapě je někdy lépe se nedívat na základy, ale především rozvíjet konkrétnosti, detaily, a až jejich akumulace pak vede k podstatnějším změnám. Myslím, že nyní to lze pozorovat na kvantové teorii. Už od jejího zrodu se bádalo o jejích základech, ale po jisté době to přestalo mít velký efekt. Dnes se základy kvantové teorie zkoumají ve dvou směrech. Jednak tu jsou nové, dokonalejší experimentální techniky, třeba výkonné lasery, takže se dají dělat experimenty ověřující principy kvantové mechaniky (např. princip komplementarity) související přímo s interpretací teorie. Z druhé strany se rozvíjí kvantová kosmologie, v níž se přemýšlí o interpretaci kvantové teorie z globálnějšího hlediska, je snaha ji aplikovat na celý vesmír. Kladou se např. otázky, proč je vesmír „tolik klasický“ apod.

Co vám přináší učení? Nacházíte inspiraci v otázkách studentů, jak o tom třeba mluvil Feynman, že se tak vracel ke starým problémům? Mluvil také v tom smyslu, že má období, kdy se mu nedaří tvořit, tak že aspoň něco dělá, že přednáší.

Nepochybně pocit, že učím, byl pro mne vždy důležitý. Myslím, že by se mi hůře dařilo např. začít zde s fyzikou černých děr, kdybych o ní nemohl přednášet a mluvit, kdybych neměl pocit, že to pár lidí baví a že někteří pak třeba půjdou i nějakým způsobem dál. Studenti jsou i velice inspirativní, ptají se, chtějí počítat, je třeba se snažit rozmýšlet, jaké problémy by mělo smysl řešit. Na druhé straně, pokud to jde, nejvíce člověka baví pracovat a přicházet na nějaké, ať už třeba i prozaické, ale nové věci. Takže, měl-li bych být upřímný, jak moc mě přímo učení těší, tak před ním mám často pocit, že bych měl dodělat článek nebo něco počítat nebo něco nového přečíst, rozmyslet. Většinou to však funguje tak, že když přijdu do posluchárny a začnu přednášet, pak mě to obvykle začne bavit.

Setkal jste se někdy s Feynmanem nebo nějakým jiným velikánem fyziky?

Na Caltechu jsem byl na několika Feynmanových přednáškách a občas jsem ho vídal na univerzitním kampusu — píšu o něm víc v doslovu k českému překladu jeho knížky *To snad nemyslíte vážně!*, která před třemi lety vyšla v Mladé frontě. Měl jsem štěstí, že jsem mohl poznat, i osobněji než Feynmana, několik jiných „velikánů“ fyziky. Myslím ale, že se čistá věda, podobně jako třeba poezie, brání přízviskům „velikán“, „nejlepší“ — věda přece jen není sportovním kolbištěm. Raději se zmíním o někom, ke komu směřují mé sympatie a obdiv. Jedním z nich je jistě Roger Penrose z Oxfordu. Nejen proto, že to byl on, kdo podle mne zřejmě nejvíce a nejoriginálnějším způsobem obohatil rozvoj matematické relativity od 60. let. Díky své geometrické intuici dal Penrose také základy novému oboru teorie pevných látek — fyzice kvazikrystalů; jinými myšlenkami a teoriemi inspiroval i jednoho z výrazných současných matematiků, M. Atiyaha, také z Oxfordu, a jeho nápady našly uplatnění i v malířském díle

M. C. Eschera. Před mnoha lety, když jsem Penrosovi nadšeně ukazoval jednu z polí ve své knihovně, na níž byly tehdy obtížně získané levné anglické paperbacky, a dodával jsem k tomu „Vy jistě tolik knih v češtině nemáte“, pravil, že tolik knih nemá v angličtině. Dnes by asi takovou polici vyplnily knihy a články, které sám sepsal, ale Penrose je stále kouzelně nepompézní, neokázalá bytost.

Zažil jste ve svém bádání nějaké větší neúspěchy?

První neúspěch, na který si pamatuji, jsem zažil v 1. třídě, kdy jsem u učitelčina obrázku se čtyřmi puntíky řekl, že jich tam je pět. Myslím, že ten kdo něco počítá — a sám to také poznáte — se s „neúspěchy“ setkává tak často, že je raději přestane nazývat neúspěchy. Je to něco, co provází automaticky každou netriviální práci. Samozřejmě, můžete za neúspěch třeba považovat to, co se nám stalo s Petrem Hadravou, když jsme vyrobili dlouhý článek o šíření světla prostředím v křivých prostoročasech a současně se objevil podobný, ač méně obsažný, článek dvou Američanů z Princetону. Je třeba se smířit s tím, že nápady mohou přijít současně, ale velmi nesouměřitelně. Mimochodem za asi 15 let poté vyšel článek dvou Francouzů, který je „podmnožinou“ našeho článku s Hadravou, přitom se nezmiňuje ani o naší, ani o princetonské práci před 15 lety.

Myslím, že pro tvořivou práci ve vědě je kromě určitého nadání nutná i jistá tvrdohlavost a sveřepost. Nebrat jako pocit neúspěchu, když věci hned nejdou, ale dokázat vydržet dlouhou konfrontaci s problémem. Málokdy přicházejí věci zdarma.

Co to vůbec znamená dělat fyziku? Mně někdy připadá dosti nepovzbudivá situace, když dejme tomu je problém, co způsobuje γ -záblesky z vesmíru. A teď dvacet lidí vymyslí dvacet různých modelů (někteří i řadu), něco na nich spočítají a nakonec se třeba jen jeden ukáže jako správný. Nevím, možná je to nutné, aby se všechny ty modely navrhly, ale když si představím třeba sebe jakožto jednoho z těch devatenácti. . . Není mi též jasný význam toho, jak jistí teoretici vysvětlili možnost existence planety u neutronové hvězdy (o níž se předpokládalo, že vznikla při výbuchu supernovy) poté, co byl takovýto objev ohlášen, když se nakonec zjistilo, že šlo o chybu v redukci dat. Podobný případ byl s pulsarem po supernově 1987A. Dlouho se nic nepozorovalo, pak jedna skupina nahlásila detekci pulsaru s periodou 1/2000 sekundy. Teoretikové báдали, jak je možné, aby ta hvězda tak rychle rotovala, až to nakonec vysvětlili. Poté ta experimentální skupina oznámila, že signály generovala měřicí aparatura. Teorie kolem Big Bangu se též, mám za to, dost často mění. Jaký je jejich smysl (mimo to, že to baví ty lidi, kteří to dělají, což je už samo o sobě jistě důležité), když jsou víceméně neověřitelné. To, jak se extrapoluje do časů 10^{-43} sekundy, ve mně vyvolává jakousi apriorní skepsi vůči kosmologii.

Astrofyzikální příklady, které uvádíte, nejsou teoriemi, ale modely konkrétních systémů. V jistém smyslu ani kosmologie není teorií — je aplikací základních fyzikálních zákonů na vesmír jako celek. Přestože si astrofyzika může často vyžadovat větší intuici a invenci než třeba i budování nějaké základní fyzikální teorie, je především vytvářením modelů. Ale k vaší základní otázce: Myslím, že ta vámi zmíněná „nejasnost“, co to je „dělat fyziku“, je sice přirozená, ale na druhé straně je třeba mít stále na paměti

to, co dobře vystihl Einstein — že nejkrásnějším osudem nějaké teorie — a o astrofyzikálních modelech to platí stejně — je to, že přestože je nakonec vyvrácena, ukazuje cestu, jak dojít k něčemu dalšímu a hlubšímu. A tu další teorii nebo model čeká stejný osud.

V příkladech, které jste uvedl, je to samozřejmě trochu absurdnější, zvláště když se ukázalo, že model vůbec nebylo třeba vytvářet. Není ale vyloučeno, že takové systémy budou jednou opravdu pozorovány, neznámá to, že by ty modely byly zbytečné. Nevadí, myslím, když byli lidé k tomu, aby něco pozitivního vytvořili, motivováni něčím, co se ukázalo být chybným.

Co se kosmologie týká, vaše skepse není ojedinělá. Chtěl bych ale připomenout, že třeba Zeldovič už na „koperníkovském“ sympoziu v r. 1973 tvrdil, že základní kosmologické modely jsou ověřeny stejně jako astronomie sluneční soustavy. Mohu se vrátit do 200 sekund po Big Bangu, ne tedy do 10^{-43} sekund, ale obojí „bylo dávno“. V té době se tvořily lehké prvky a ty kosmologické modely, které předpovídaly příliš velké (či příliš malé) množství hélia nebo deuteria, jsou dnes vyvráceny. Možná, že se jednou ukáže — ač to považuji za velmi nepravděpodobné — že to, co si myslíme o rozložení hélia a deuteria v celém vesmíru, je jen nějaká anomálie „kolem nás“. Avšak to je docela běžný postup vědy — jako kdekoli jinde. Na základě pozorování vytvoříte model a ten je pak vyvrácen nebo dlouho dobře funguje. Mnoho věcí v kosmologii je dnes navzájem propojeno a vše, zdá se, funguje velmi rozumně. Myslím, že za letošní objev fluktuací v reliktním záření prvním čistě kosmologickým satelitem (COBE), který podává přímé svědectví o tom, jak ve vesmíru začaly vznikat struktury typu galaxií, bude za několik let udělena Nobelova cena, jako byla v r. 1978 udělena za objev samotného kosmologického reliktního záření.

V jiných oblastech mohu na základě poznatků třeba postavit přístroj, a tím ověřit platnost poznatků, ale v kosmologii přece nemohu.

To je samozřejmě specifikum kosmologie, že je jenom jeden předmět zkoumání — celý vesmír. V tomto smyslu se kosmologie liší od jiné přírodovědy. Na druhé straně nemůže být pochyb o tom, že kosmologie je věda v tom „popperovském smyslu“, totiž že je vyvrátitelná. Pozorujete věci kolem, vytvoříte scénář vývoje a struktury vesmíru a získáte určité předpovědi (z kosmologie je např. možné získat informaci o maximálním počtu různých typů neutrin).

Extrapolujeme zákony z laboratoře na celý vesmír, ale máme mnoho důvodů věřit, že to funguje. Třeba to, že spektrum kvazarů se dá interpretovat jako do ruda posunuté konvenční spektrum prvků z laboratoře, je svým způsobem fascinující věc. Vždyť toto spektrum bylo z kvazarů vysíláno v době, kdy vůbec žádná zeměkoule ani lidstvo nebylo. To, že zákony, které tady pozorujeme, platily už před tolika miliardami let, je velmi hluboká věc. Omezujeme tak Wheelerův nápad, že zákony postupně „mizí“, jak se blížíme k Big Bangu.

Na diskusním semináři Astronomie a filozofie, přetištěném v Kosmických rozhledech 2/1989, jste hovořil: „... Jestliže chcete popisovat přírodu realisticky, tak se vždycky ubíráte nějakými složitými aproximačními metodami. Co je ovšem zázrak, je to, jak

je možné, že základní zákony skutečně můžeme formulovat pro obrovské množství jevů nebo alespoň v řadě případů pro obrovské množství jevů tak, že zákony jsou jednoduché a krásné — i když potom nastupuje velice dlouhá cesta vedoucí k ověření těchto zákonů. . . “ Možná, že byste k tomu chtěl říci více.

Říká se, že velkou předností přírodních věd a fyziky zvláště, je skutečnost, že fyzika je matematická — fyzikové obvykle formulují své zákony jako nějaké rovnice, většinou diferenciální. Chápu svět pomocí matematiky. Připomeňme ovšem Bertranda Russella, který se na to nedívá tak optimisticky. Fyzika je podle něho matematická ne proto, že toho tolik víme o fyzikálním světě kolem nás, ale protože toho známe tak málo. Podle Russella jsou to třeba jen matematické vlastnosti světa, které jsme schopni ve světě „vědecky objevit a pochopit“. Rovnice vystupující jako fyzikální zákony mají tři různé aspekty. Mají v sobě algoritmus, který nám umožňuje předpovídat budoucí stav, když znáte přítomnost. K tomu, abyste toto mohli provádět, musíte ovšem znát ten počáteční stav (obvykle říkáme počáteční podmínky). Kromě toho obsahují naše rovnice určité zcela pevné veličiny, které nezávisí ani na počátečních podmínkách a nemění se, když používáme rovnice jako algoritmu k vývoji stavu. To jsou konstanty přírody.

Je jistě podivuhodné, že na základě různých obecných principů (symetrie, kovariance, jednoduchosti) dokážeme napsat tvary oněch rovnic, tj. fyzikálních zákonů, které pak platí univerzálně. Týž gravitační zákon můžeme aplikovat na rakety vystřelované různými rychlostmi, na pohyb planet, na gravitační kolaps hvězdy, na strukturu galaxií. Právě to, do jaké míry můžeme zákon používat nezávisle na počátečních podmínkách, je i mírou jeho užitečnosti. Počáteční podmínky jsou nám ovšem předloženy; v některých případech je můžeme měnit. Nemáme však žádné zákony pro počáteční podmínky. V několika posledních letech se teoretici zabývající se kvantovou kosmologií snaží najít „zákony“ pro počáteční podmínky vesmíru jako celku. Zákony, z nichž by šlo např. vysvětlit, proč roste entropie, čas má směr („šipku“), proč — jak už jsem se zmiňoval — vesmír kolem nás je převážně „klasický“, a nikoli „kvantový“. Tyto pokusy jsou zatím dosti spekulativní, je však možné, že jednou bude konec našeho století pozoruhodný tím, že to bylo poprvé, kdy se lidé snažili hledat vědeckým způsobem zákony pro počáteční podmínky vesmíru. (Píše o tom, ač ne příliš pedagogicky, i Steven Hawking ve své knize *Stručná historie času*, která nedávno vyšla česky. V této, ale i v mnoha jiných souvislostech, bych ještě raději doporučil Penroseovu knížku *The Emperor's new mind*.) Podobně neznáme zákony, které by určovaly přesné numerické hodnoty konstant přírody. O zdůvodňování těchto hodnot se však fyzikové snaží již delší dobu. Různými pozoruhodnými vztahy mezi fundamentálními konstantami jako je gravitační konstanta, rychlost světla, Hubbleova konstanta, náboj a hmota protonu atd. (tzv. „kosmologickými koincidence“) byli okouzlováni takoví teoretici jako Dirac, Eddington a další. Protože konstanty jsou zatím nezdůvodněny, jsou dány pouze experimentálně přímým změřením, je za jednoduchý a krásný považován takový zákon, který obsahuje co nejméně těchto konstantních parametrů. Nutno ovšem říci, že počáteční podmínky a konstanty přírody možná vystihují nějaké aspekty světa, které se pomocí zákonů vyjádřit nedají.

Samozřejmě, že pojmy krásy a jednoduchosti v matematické teorii o přírodě jsou do značné míry subjektivní. Nejzřetelněji je cítili neoriginálnější tvůrci jako např. Dirac. Můžete ovšem namítnout, že to je proto, že když se jeden takový krásný, jednoduchý zákon podaří objevit (jako byla Diracova rovnice), získá se tím přesvědčení o nutné kráse a jednoduchosti všech přírodních zákonů. Dirac např. později kritizoval kvantovou elektrodynamiku, přestože je to dnes jedna z nejefektivnějších teorií. Zajímavý je pohled Chandrasekharův, ovlivněný setkáním se známým sochařem Henry Moorem. Jako opravdu krásná socha je krásná zdálky i při pohledu zblízka, tak i krásná teorie musí být krásná ve svých základních zákonech, ale také v detailech, tj. také až potom, co použijete „rozsáhlé aproximační metody“, o nichž se zmiňujete ve své otázce, a po dlouhé cestě dojdete k výsledkům, které jsou krásné. Chandrasekhar uvádí jako příklad obecnou teorii relativity a jako detail výsledky konverze elektromagnetických a gravitačních vln na nabitě černé díře. Lze si o tom přečíst dokonce česky — v překladu Chandrasekharova článku v jednom z čísel *Pokroků matematiky, fyziky a astronomie* někdy z roku 1986.

Zatím jste se však nezmiňoval o tom, jak je vůbec možné, že základní zákony jsme schopni formulovat . . .

To je složitá otázka. Rád v té souvislosti cituji Einsteina: „Nejnepochopitelnější věcí na světě je, že svět je pochopitelný“. I tuto otázku pochopitelnosti světa si však dnes již lidé kladou. Lze si jistě představit svět-vesmír, který se sice řídí nějakými zákony, nějakými diferenciálními rovnicemi, ale ty jsou tak složité, že testovat je, třeba tím „nejlepším počítačem“, by zabralo víc času, než je vesmír starý. Jedna z příčin jednoduchosti zákonů je zřejmě lokalita. Kdyby všechno ve vesmíru interagovalo se vším velmi nelokálním způsobem, sotva bychom to vše dokázali nějak rozluštit. Právě kvantová kosmologie, o níž jsem se už zmiňoval, si klade otázku, proč pozorujeme lokalitu kolem sebe, proč jsou objekty kolem nás klasické, tj. proč jsou popsány ostrými (lokalizovanými) vlnovými balíky. Kdyby se vesmír nevyvíjel z velmi speciálního počátečního kvantového stavu, asi bychom nemohli znát něco, aniž bychom znali úplně všechno.

Lidé (např. Eugen Wigner) se také ptají, proč je matematika ve fyzice tak „nerozumně efektivní“. Často je rozvinuta nějaká abstraktní partie matematiky (kdysi teorie grup, ne už tak dávno teorie fibrováných prostorů) a až o dost později se ukáže, že ji lze velmi účinně použít při popisu přírody.

Snad bych měl ještě říct, že se klade i otázka neměnnosti fyzikálních zákonů během času. Není to tak, že jdeme-li zpět k počátku, k Big Bangu, fyzikální zákony postupně mizí? A naopak, postupujeme-li od Big Bangu k naší epoše, fyzikální zákony postupně „nabývají“ svůj neměnný tvar? Možná, že člověk „vidí“ kolem sebe více zákonitostí než jich opravdu existuje. Výsledky z posledních desetiletí naznačují, že různé základní zákony, např. fyziky elementárních částic — třeba zákon zachování baryonového či leptonového čísla, pravo-levé symetrie, apod. — přesně neplatí. Není tomu tak, že dnes, když my i svět kolem nás jsou již převážně v „sektoru nízkých energií“, vnímáme přibližné zákonitosti, ale poblíž Big Bangu byla anarchie? J. A. Wheeler to vystihuje způsobem jemu vlastním: „Neexistuje žádný zákon kromě toho, že neexistuje žádný

zákon.“ Vzpomínám, jak jiný pohled měl Zeldovič na pražském kongresu Evropské fyzikální společnosti v r. 1984. Mluvil o Vilenkinově myšlence, že vesmír vzniká „přeskokem“ z určitého kvantového vakua — v odborné hantýrce — vzniká „z ničeho“. Zeldovič dodal: „Ale vzniklý vesmír musí být „těsně u meze uzavřenosti“, takže jeho celková energie je nulová (pozitivní energie hmoty je právě kompenzována zápornou gravitační energií).“ Jedině pak platí zákon zachování energie. A Zeldovič napsal: $0 = 0$.

O úloze technik v životě národa

Z promoční řeči prof. Vladimíra Lista přednesené při udělení čestného doktorátu České vysoké školy technické v Brně dne 29. 11. 1947 [1], [2]

Kulturní a národní úkoly vysoké školy technické v Brně, spjaté s téměř čtyřicetiletým působením prof. V. Lista na této škole.
([1] str. 8)

Činnost moderní techniky¹⁾ se projevuje dvěma složkami: složkou vnitřní — učební a odbornou, a složkou vnější — kulturním a národním působením mimo školu.

Před čtyřiceti lety²⁾ byl zřetelný rozdíl v kulturní struktuře Moravy a Čech. Na Moravě nekralovala bujará a vroucí metropole, ale vedle zněmčeného Brna žily svým životem Olomouc a Prostějov, probíjelo se kulturně Slovácko, těžce dýchalo Ostravsko a o prosté základy kulturního života zápasilo Slezsko. A tato pestrá země Moravskoslezská svou dlouho žáda-

nou první vysokou školu³⁾ doslovně hýčkala a upínala k ní tolik nadějí jako matka k prvnímu děcku. Kolik jen stipendií tenkrát vzniklo! Jsou to dnes sice nepatrné částky, ale věřím, že i nivelizující finanční správa nalezne formu, jak zachovat památku na tyto projevy lásky národa k mladému učení technickému.

Tato nálada si podmanila všechny tehdejší profesory; byli jsme si vědomi, že vedle povinnosti učební musíme dostát i poslání národnímu. Proto mladé učení nabylo brzy nečekaného vlivu na veřejný život; bylo zastoupeno dvěma poslanci na zemském sněmu a jedním na říšské radě. Nebyl tenkrát ani jeden z přisedících zemského výboru, který by přátelsky nepracoval s odbornými profesory. Stejně si počínaly i státní, zemské a městské úřady, pokud byly vedeny českými lidmi. Regulační plány, radnice, kostely, nové továrny, využití vodních sil, elektrárny a výzkumné ústavy jsou plody této spolupráce.

¹⁾ Rozumí se — vysoké školy technické.

²⁾ Profesor List byl jmenován profesorem vysoké školy technické v Brně v r. 1908 ([5], str. 317 až 318; [3], str. 7).

³⁾ Česká vysoká škola technická v Brně byla založena v r. 1899 ([5], str. 81).