

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Freeman J. Dyson

Sledování nemódních cílů

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 30 (1985), No. 1, 30–38

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139159>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1985

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



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

diskuse

SLEDOVÁNÍ NEMÓDNÍCH CÍLŮ*)

Freeman J. Dyson, Princeton

Úvod

Jsem rád, že dnes mohu hovořit jako zástupce Ústavu pro pokročilá studia k posluchačům, kteří jsou stipendisty Humboldtovy nadace, protože jak Ústav, tak i Nadace se snaží podporovat vědu na mezinárodní úrovni a čelí podobným dilematům a těžkostem. Obě naše instituce se snaží pokračovat v tradici založené před 150 lety Alexandrem von Humboldem. Protože jsem se chtěl trochu poučit o von Humboldtovi, podíval jsem se do jedenáctého vydání Britské encyklopedie z roku 1910 a našel jsem tam skvělý článek napsaný historičkou vědy Agnes Clerkovou. Když nahlédnete do pozdějších vydání, najdete tam líčení Clerkové už jen v útržcích. Ve své stati popisuje Clerková von Humboldtovo dílo, záležející ve zřízení první mezinárodní sítě meteorologických a magnetických pozorovacích stanic, a končí touto zvučnou větou: „Takto byla jeho přičiněním poprvé úspěšně zorganizována vědecká spolupráce mezi národy, která je jedním z nejúšlechtilějších plodů moderní civilizace.“ Právě o to se snažíme, Ústav i Nadace,

*) Předneseno na společném kolokviu Humboldtovy nadace a Ústavu pro pokročilá studia (Institute for Advanced Study) v Princetonu 24. 8. 1981. Přeložil OLDŘICH KOWALSKI.

First published in *Proceedings of the Bi-National Colloquium of the Alexander von Humboldt Foundation* at the Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey, August 23–26, 1981.

© Alexander von Humboldt Stiftung, 1983.

jako následovníci von Humboldtova příkladu. Snažíme se v naší době posílit a rozšířit vědeckou spolupráci mezi národy.

Módní vzory ve vědě

Rozhodl jsem se pohovořit o problému módy ve vědě, protože jde o problém opravdové a stále rostoucí důležitosti pro vědu všeobecně a pro náš ústav a Humboldtovu nadaci zvláště. Nejprve promluvíme o problému módy tak, jak jej vidíme v našem ústavu, potom o poučeniích, která si můžeme vzít z historie vědy v dlouhodobém měřítku a nakonec uvedu několik slov o tom, jak bychom se mohli pokusit moudřeji se vyrovnat s tímto problémem v budoucnu.

Vždycky platilo, a nyní to platí více než kdy jindy, že zlatou střední cestou pro mladého vědce s průměrným talentem je sledovat převládající módu. Každý mladý vědec, pokud není výjimečně nadaný nebo nemá výjimečné štěstí, se především zajímá o to, aby si našel a udržel zaměstnání. Abyste si našel a udržel zaměstnání, musíte být kompetentním pracovníkem v některém oboru vědy, který pohlaváři rozhodující o pracovních místech považují za zajímavý. Vědecké problémy, které pohlaváři považují za zajímavé jsou, téměř z definice, módní problémy. V dnešní době o udělování pracovních míst obvykle nerozhoduje jediný pohlavár, ale komise pohlavárů. Komise je ještě méně než jednotlivec nakloněna nějakým úchylkám od módních trendů současnosti. Není divu, že mladí vědci, kterým jde o vlastní přežití, mají sklon držet se blízko již prosekaných pěšin. Přední instituce vysokého učení nabízejí jistotu a postup těm, kteří jdou obratně s módou a pouze chabou nadějí těm, kteří tak nečiní.

Tento náš ústav není výjimkou. Když jsem sem přišel před 34 lety jako stážista, vládnoucím pohlavárem byl Robert Oppenheimer. Oppenheimer rozhodoval o tom, které obory fyziky jsou hodny následování. Jeho vkus byl vždy totožný s nejnovější módou. Protože jsem byl tehdy mladý a ctižádostivý, přišel jsem za ním s narychlo napsanou prací zabývající se módním problémem a byl jsem po právu odměněn stálým místem. To byl způsob, jakým se to dělalo v ústavu tenkrát a je to způsob, jakým se to dělá i dnes. Kdo zná historii Ústavu, může proti tomu namítnout, že nakonec ústav poskytl stálé místo i Kurtu Gödelovi. To je pravda. Gödel byl jedním z mála nepochybných géníů našeho století, jediný z našich kolegů, který mohl hovořit jako rovnocenný partner s Einsteinem. Gödel pracoval v hluboce nemódních oblastech matematiky a stával se dokonce ještě více nemódním, jak stárnul. Náš ústav může být právem hrdý na to, že pro něj našel místo na fakultě. Je tu jen jedna skutečnost, která musí ztlumit naši pýchu. Ústavu trvalo 14 let, než udělal Gödela profesorem, od té doby, co sem přišel žít a pracovat jako řadový člen. Gödel byl tak nezávislý a nepoddajný duch, že si myslím, že si zasloužíme jisté uznání za to, že jsme ho vůbec jmenovali profesorem, a to po 14 letech váhání. Lépe pozdě než nikdy.

Mladí fyzikové, kteří přicházejí do Ústavu v dnešní době, jsou pod mnohem silnějším tlakem, než jsem byl já před 30 lety. Především sem přicházejí většinou za peníze z vládních smluv, které jim ukládají zákonnou povinnost pracovat v určité oblasti vědy po zcela určitou dobu. Pochopitelně, že nebereme formulaci vládních kontraktů příliš doslovně. Úředníci Národní vědecké nadace a ministerstva energetiky, kteří uzavírají smlouvy,

jsou rozumní lidé a umožňují nám interpretovat naše závazky s jistou pružností. Jestliže někteří z našich zaměstnanců placených z vládních smluv se rozhodnou pracovat v oblastech, které nemají se smlouvami nic společného, nejsme povinni je vyhodit na ulici. Lidé, jejichž vědecké zájmy nezapadají do smluv, mohou být obvykle podporováni z fondů ústavu. Ale přece jen jsou smlouvy vážným omezením. Smlouvy obecně definují oblasti, v nichž budou stážisté fyzikální školy v Ústavu pracovat. Smlouvy definují, co se předpokládá jako hlavní proud ve fyzice. A nevyhnutelně pak lidé, kterým zde nabízíme zaměstnání, bývají obvykle ti, jejichž výzkum hladce zapadne do některé ze smluv.

Nyní po 30 letech jsem jedním z pohlavárů. Snažím se neurčitě a neúřadně povzbuzovat mladé fyziky, aby pracovali mimo módní oblasti. Snažím se udržovat při životě několik oblastí výzkumu, které nejsou podporovány smlouvami. Snažím se ponechávat náš ústav otevřený nezávislým a nepoddajným duchům. Snažím se ponechávat dveře otevřeny pro případ, že by jednoho dne na ně zaklepal druhý Kurt Gödel. Ale musím připustit, že moje úsilí zadržet příliv módy je asi tak účinné jako úsilí mého proslulého předchůdce, krále Canuta, zadržet příliv Atlantického oceánu. Co dnes nutí mladé lidi jít s módou, jsou mocnější síly, než je znění smluv a autorita pohlavárů. Síly, které ženou mladé lidi vstříc módním cílům, jsou tlak ze strany vrstevníků a vzrušení ze samotné honby. Vědí, že se něco děje a chtějí být při tom. Vědí, že je jim vyměřena pouze krátká doba na to, aby se osvědčili jako vědci. Vědí, že mají nejlepší naději dosáhnout něčeho významného v krátkém časovém úseku, který je jim přidělen, když půjdou společně s množ-

stvím a budou rvát vědecké plody všude tam, kde jsou zralé.

Honba mladých vědců za rychlým úspěchem a rychlou odměnou není sama o sobě špatná. Koncentrace jejich úsilí do úzkých oblastí módní specializace není nutně škodlivá. Konec konců, módní problémy se staly módními nikoliv z vrtochu nějakého módního návrháře, ale protože podstatná většina vědců je považuje za důležité. Úsudek většiny bývá zpravidla dobře podložený. Módní oblasti jsou často ty, v nichž se dosahuje objevů rozhodující důležitosti. Není nic špatného na tom, že se mladí vědci ženou do těchto oblastí a doufají, že učiní senzační objev. Radost a vzrušení každodenního života v našem ústavu jsou totiž podstatně zvýšeny družnou povahou výzkumu v módních oborech. Pokud badáte v módní oblasti, každý váš drobný úspěch a každý pomíjející triumf mohou sdílet vaši přátelé při obědě nebo na semináři. Bez tohoto kolektivního zájmu o módní problémy, bez tohoto sdílení novinek a pověstí by náš život byl mnohem chudší.

Proč jsem potom nespokojen? Proč hubuji na mladé lidi proto, že dělají totéž, co jsem dělal já v jejich věku? Hubuji proto, že si nemyslím, že by módní problematika měla tvořit sto procent z toho, čím se v ústavu zabýváme. Módní problematika je užitečná i důležitá a vzrušující. Můžeme být hrdi na to, že naši mladí pracují na módní problematice a že to dělají dobře. Můžeme očekávat, že většina z nich bude vždycky dávat přednost módním záležitostem – z důvodů, které chápu a respektuji. Říkám pouze, že bychom zde také měli mít místo pro menšinu, která se nezabývá módními věcmi. Měli bychom vyhledávat a povzbuzovat vzácné individualisty, kteří nezapadají do převládajících schémat. Měli bychom se při při-

jímání pracovníků trochu přiklonit na stranu neortodoxních a nekonvenčních duchů. Když to nebudeme my, kdo poskytneme provozovatelům nemódní vědy domov a místo k práci, kdo jiný by to měl být?

Staré historky

Existuje mnoho druhů nemódní vědy. Jedna z hlavních těžkostí spojených s její podporou je problém výběru. Nemódní věda přichází v tisíci různých formách bez nějaké sjednocující struktury. Dovoďte mi uvést příklad. Minulý týden jsem procházel Forrestalovým kampusem Princetonské univerzity a uviděl jsem dva postgraduální studenty, kteří tiše seděli uprostřed pole. Nejprve jsem si myslel, že si prostě užívají slunce a ticha srpnového odpoledne, ale když jsem přišel blíž, viděl jsem, že s velkým soustředěním pracují a provádějí jakési jemné úkony, které vyžadují jistou ruku a ničím nerušený klid. Když jsem přišel ještě blíž, uviděl jsem, že pilně přilepují včelám na zadečky malá olověná závaží. Tiše jsem je sledoval, dokud neskončili, a pak jsem šel s nimi k jejich pokusnému úlu vybavenému kamerami a videonahrávacím zařízením. Právě zdokonalovali a dále rozvíjeli klasické experimenty Karla von Frische týkající se tanečního dorozumívacího systému včel. Zjistili, že včely tančí usilovněji a přesněji, když najdou zdroj medu ve větší vzdálenosti od úlu. Naneštěstí většina včel nachází med poblíž úlu a při návratu zatančí jen krátce a ledabyle. Studenti chtěli pozorovat tanec s vysokou přesností a proto našli způsob, jak přelstít včely, aby tančily s větší energií. Včela zatížená 45 miligramy olova si myslí, že vykonala dlouhý let, zatímco ve skuteč-

nosti létala jen krátce. Délku letu měří úsilím, které musí vynaložit na létání. Včely, které nesou závaží, tančí proto přesněji po každém úlovku.

To je typická ukázka nemódní vědy, která se pěstuje právě zde, u bran Prince-tonu. Nemyslím tím, že by Ústav pokročilých studií měl podporovat entomologickou školu. Ale příklad se včelími experimenty ukazuje všechny charakteristické rysy, pro které je obtížné podporovat nemódní vědu: malé měřítko, různorodost cílů, osobitý styl a na povrchu jistý nedostatek serióznosti.

Abychom objasnili skutečnou a trvalou důležitost nemódní vědy, vrátím se k oboru, ve kterém jsem znalcem, totiž k matematické fyzice. Matematická fyzika je disciplína lidí, kteří chtějí dosáhnout hlubokého porozumění fyzikálním jevům tím, že si berou za vzor přesný styl a metodu čisté matematiky. Je to disciplína, která leží na pomezí mezi fyzikou a matematikou. Snahou matematických fyziků není spočítat jevy kvantitativně, ale porozumět jim kvalitativně. Pracují s větami a důkazy, nikoliv s čísly a počítacími. Jejich cílem je objasnit s matematickou přesností význam pojmů, na kterých spočívají fyzikální teorie.

Matematická fyzika má tři vlastnosti, pro které se obzvlášť hodí k naší diskusi. Za prvé, je důležitá v širším kontextu, protože dodává základní myšlenky a slovník praktičtějším oborům fyziky. Za druhé, vyvíjí se pomalu a obvykle potřebuje 50 až 100 let na to, aby rozvinula nový pojem z jeho počátků až k plodné aplikaci. Za třetí, je téměř vždy nemódní, protože její rytmus je asi desetkrát pomalejší než je rytmus vědecké módy. A protože je nemódní, byla vždycky více vážena a lépe podporována v Evropě než ve Spojených státech.

Jako příklad velkého matematického fyzika, jehož dílo mělo rozhodující význam pro rozvoj fyziky současnosti, uvedu jméno Sophuse Lieho. Lie je mrtev již 80 let. Jeho velké dílo bylo vykonáno v 70. a 80. letech 19. století, ale začalo ovládat myšlení odborníků ve fyzice částic až v posledních 20 letech. Lie byl první, kdo pochopil a explicitně vyjádřil myšlenku, že principy fyziky mají grupově teoretický základ. Vybuďoval téměř sám velkou a krásnou teorii spojitých grup, o které předvídal, že bude jednoho dne sloužit jako základ pro fyziku. Nyní o 100 let později každý fyzik, který klasifikuje částice v pojmech narušených a nenarušených symetrií používá, ať již si je toho vědom nebo ne, jazyk Sophuse Lieho. Ale během Lieova života zůstávaly jeho teorie nemódní; matematikové jim rozuměli jen málo a fyzikové vůbec ne. Felix Klein byl jedním z mála předních matematiků, kteří Liemu porozuměli a podporovali ho.

Lie byl jedním z lidí, kteří, jak se zdá, mají v životě větší smůlu, než je obvyklé. Jako mladík cestoval po Francii, právě když v roce 1870 vypukla prusko-francouzská válka. Byl Nor a mluvil francouzsky způsobem, který připomínal pruský přízvuk. Proto vlastenečtí občané ve Fontainebleau rozhodli, že je to pruský špión a vsadili jej do vězení. Mezitím Francie prohrála válku a situace se stala celkově chaotickou. Lie tiše seděl ve své cele a pracoval na svých nových matematických objevech, když jeho francouzští přátelé konečně objevili, kde je, a dosáhli jeho propuštění [Lie, 1877]. V historii matematiky napsané Rousem Ballem a vydané na přelomu století končí výčet Lieova díla melancholickou poznámkou [Rouse Ball, 1908]: „Zdá se, že Lie byl zklamán a zahořklý nedostatkem obecného uznání

pro hodnotu svých výsledků... Přemítal nad tím, co pokládal za nespravedlivé opomíjení minulosti a to značně ovlivnilo i šťastných posledních deset let jeho života.“

Jiným velkým géniem matematické fyziky, který byl ve své době dokonce ještě méně módní než Sophus Lie, byl Hermann Grassmann. Jako gymnazijní profesor ve Štětíně publikoval v roce 1844 knihu nazvanou *Die Lineale Ausdehnungslehre*, ve které poprvé zavedl základní pojmy vektoru, vektorového prostoru a antikomutující algebry. Všechny tyto pojmy mají zásadní důležitost pro fyziku dvacátého století, ale nebylo tomu tak ve století devatenáctém. Ve svém vlastním století zůstal Grassmann neznámým gymnazijním učitelem ve Štětíně, kterého akademické veličiny ignorovaly. Ale měl odolnější povahu než Sophus Lie. Místo aby dumal jako Lie nad nedostatkem uznání ze strany matematiků, Grassmann zahájil svou druhou životní dráhu jako student sanskritu, a získal si jistý věhlas jako překladatel *Rigvédy* do němčiny. Pokud je váš osud zůstat zneuznaným matematickým géniem, je pro vás možná zdravější vydělávat si na živobytí jako gymnazijní profesor než pracovat na univerzitě.

Když jsem si připravoval poznámky pro toto shromáždění, zašel jsem do ústavní knihovny a měl jsem to štěstí, že jsem zde našel kopii druhého vydání *Ausdehnungslehre* z roku 1878, na jejíž titulní stránce se tužkou podepsal Minkowski, Einsteinův učitel a první z matematiků, který porozuměl relativitě. Vydání z roku 1878 obsahovalo předmluvu, kterou Grassmann stále ještě psal ve Štětíně a v níž bodře vyjádřil naději, že nové vydání knihy vzbudí více pozornosti učeného světa než první vydání před 34 lety. Na konci předmluvy je poznámka pod

čarou: „Der Verfasser ist während des Druckes gestorben“. Až v roce 1890 Felix Klein, vždy velkomyslně bojující za nemódní pře, zorganizoval oficiální uznání Grassmannova díla a publikaci jeho sebraných spisů [Grassmann 1844, 1878, 1894].

Čerstvějším příkladem velkého objevu v matematické fyzice je pojem kalibračního pole, vytvořený Hermannem Wylem v roce 1918. Tato myšlenka potřebovala jen 50 let, aby si našla své místo jako jeden ze základních pojmů moderní fyziky částic. Kvantová chromodynamika, v roce 1981 nejmódnější teorie fyziků zabývajících se částicemi, je pojmově jen o málo více než syntéza Lieových grupových algeber a Weylových kalibračních polí. Historie Weylova objevu je zcela nepodobná historii Lieových grup a Grassmannových algeber. Weyl nikdy nebyl neznámý nebo neuznávaný a v roce 1918 pracoval v nejmódnější oblasti fyziky, v právě zrozené obecné teorii relativity. Objevil kalibrační pole jako řešení módního problému, jak sjednotit teorie gravitace a elektromagnetismu. Po několik měsíců byla kalibrační pole špičkovou módou. Potom Weyl a další odhalili, že se nechovají tak, jak se od nich očekávalo. Kalibrační pole se totiž nehodila dobře k účelu, pro který je Weyl vymyslel. Rychle vyšla z módy a téměř se na ně zapomnělo. Ale později, velmi zvolna se během dalších 50 let stalo zřejmé, že kalibrační pole jsou velmi důležitá ve zcela odlišném kontextu, a to v teorii kvantové elektrodynamiky a jejich rozšířeních, která vedla k současnému rozvoji kvantové chromodynamiky. Rozhodující krok pro rehabilitaci kalibračních polí učinil náš kolega z Princetonu Frank Yang*) a jeden z jeho

*) „Frank“ je zde zřejmě přezdívka; jde

studentů, Bob Mills v roce 1954, rok před smrtí Hermanna Weyla [Yang and Mills, 1954]. Nejsou žádné doklady, že by byl Weyl o tom vůbec věděl nebo že by se byl staral o to, co učinili Yang a Mills s jeho duchovním dítětem.

Takže příběh kalibračních polí je plný ironie. Módní myšlenka vytvořená k účelu, který se ukázal být pomíjející, přežije dlouhé období zapomnění a konečně se znovu objeví jako jeden z úhelných kamenů fyziky. Takové ironie nejsou neobvyklé v dlouhé historii matematické fyziky. Hamiltonův objev kvaternionů, který byl přivítán jako univerzální lék na problémy fyziky devatenáctého století, byl odložen jako neužitečný na přelomu století, znovuožil ve formě spinových matic v kvantové mechanice 20. let a nyní se povznesl ke slávě jako součást teorií kvarkových polí z let osmdesátých.

Gaussův objev diferenciální geometrie, který měl svůj počátek jako vedlejší produkt jeho prací na praktických problémech geodézie a mapování, byl přetvořen v nový svět abstraktní obecnosti Riemannovým geniem a o 50 let později se vynořil jako pojmový základ Einsteinovy teorie gravitace. Všem těmto příběhům je společné dlouhodobé měřítko, obvykle delší, než je doba lidského života od začátku do konce, a zcela nepředvídatelná kvalita konečného výsledku. V žádném z těchto případů neměl objevitel podstatně důležitějšího pojmu nejmenší potuchy o fyzikálním kontextu, ve kterém jeho objev najde své konečné a plně uplatnění.

Teď již dosti o minulosti. Myslím, že jsem podal dostatek příkladů z historie, abych doložil své tvrzení, že nemódní lidé

a nemódní výsledky mají často rozhodující význam pro pokrok vědy. Je nyní čas pohovořit o přítomnosti a o budoucnosti. Nevidím žádný důvod očekávat, že vzorec vývoje vědeckých myšlenek v budoucnosti se bude lišit od situace v minulosti. Musíme očekávat, že nemódní myšlenky se budou stávat důležitými stejně často, jako se to stávalo v minulosti, obvykle po dlouhých obdobích „těhotenství“ a v neobvyklých souvislostech. Problémy, kterým čelíme jako strážci vědeckého pokroku jsou pak tyto: jak rozpoznáme plodnou nemódní myšlenku a jak bychom ji měli podpořit.

Netvor a poučení

Začít lze s tím, že se porozhlédneme po světě matematiky a podíváme se, zdali se zde nedají najít nemódní myšlenky, které by se mohly později objevit jako podstatné stavební kameny ve fyzice jedenadvacátého století. Pokud budeme mít štěstí, můžeme najít některé vhodné kandidáty na budoucí prominenty. Nemůžeme ovšem očekávat, že se během našeho života dozvíme, zdali jsme vybrali ty pravé.

Zhruba řečeno, nemódní matematika se skládá z těch částí matematiky, o kterých veličiny z Bourbakiho skupiny prohlásily, že to není matematika. Do této kategorie spadá řada velmi krásných matematických objevů. Aby nějaká myšlenka byla matematikou podle Bourbakiho, musí být obecná, abstraktní, koherentní a propojená jasnými logickými souvislostmi s ostatní matematikou. Z matematiky jsou vyloučena speciální fakta, konkrétní objekty, které prostě jen existují bez zřejmého důvodu, věci, které by matematik nazval náhodnými nebo sporadickými. Nemódní

o známého fyzika čínského původu, laureáta Nobelovy ceny za fyziku C. N. YANGA. (Pozn. překl.)

matematika se zabývá hlavně objekty nahodilé krásy, jako jsou speciální funkce, zvláštní číselná tělesa, výjimečné algebry, sporadické konečné grupy. Jsou to právě tyto neuspořádané a neukázněné části matematiky, ve kterých bych vám radil hledat podněty pro příští revoluci ve fyzice. Mají v sobě kvalitu neočekávanosti a podivnosti. Nedají se snadno zařadit do hladkých logických struktur Bourbakiho. Už z toho důvodu bychom je měli chovat v lásce a pěstovat, pamětlivi slov Francise Bacona, která náš ředitel Harry Woolf použil před dvěma lety jako motto ústavních oslav stoletého výročí Einsteina: „Žádná znamenitá krása se neobejde bez jistého podílu podivnosti“ [Woolf, 1980].

Abych uvedl příklad na „jistý podíl podivnosti“, pohovořím krátce o sporadických konečných grupách [Conway 1980]. Jejich historie začíná u francouzského matematika Emile Mathieu, který objevil první z nich v roce 1861 a druhou v roce 1873. Mathieu, jak je v takových případech obvyklé, nevěděl, že vymyslel sporadické grupy. Vskutku, slovo „grupa“ se v názvech jeho prací nevyskytuje [Mathieu 1861, 1873]. Ale věděl velmi dobře, že našel cosi krásného a důležitého. Užijeme-li jazyka geometrie, lze říci, že Mathieu zjistil v prostorech dimenzí 12 a 24 struktury se zvláštní symetrií, které se nevyskytnou v prostorech jiných dimenzí. Jeho práce byly publikovány, ale po dobu 100 let zůstaly nemódními. Byla to, jak rádi říkají ortodoxní matematici, izolovaná zajímavost, která nikam nevedla.

Asi o 75 let později prokázaly Mathieuovy grupy jistou praktickou důležitost v problémech kódování. Každá Mathieuova grupa je základem pro konstrukci jedinečně účinného kódu, který sám koriguje chyby. Světská užitečnost Mathieuo-

vých grup ovšem nezlepšila jejich postavení v očích matematiků, jejichž vkus byl utvářen Bourbakim.

Potom dosti znenadáni, v posledních 20 letech objevili různí matematici, kteří pracovali různými metodami, báječnou zoologickou zahradu nových sporadických grup. Některé byly objeveny pomocí Mathieuových myšlenek, jiné studiem obzvláště nemódního problému, jak nejhustěji poskládat 24-rozměrné kulečnickové koule ve 24-rozměrném eukleidovském prostoru [Leech, 1967], a ještě jiné tím, že byly zkoušeny permutace a kombinace na velkých počítačích.

Jediné, co měly tyto různé objevy společného, byla jejich konkrétní, empirická, experimentální, náhodná povaha, zcela protichůdná Bourbakiho duchu. Celkem bylo objeveno 25 sporadických grup, včetně Mathieuových. Mezitím se bratrstvu profesionálních grupových teoretiků podařilo s užitím obecnějších a abstraktnějších metod dokázat, že celkový počet sporadických grup nemůže být větší než 26. Tak jsme se před dvěma lety dostali do situace, kdy zbývalo najít jednu jedinou sporadickou grupu. Bylo známo, že tato poslední grupa, pokud bude existovat, bude ze všech největší a nejkrásnější [Conway and Norton, 1979]. Lidé, kteří se ji snažili ulovit, jí dávali přezdívky „Netvor“ a „Obr Dobr“*).

Příběh se skončil v loňském roce, když Bob Griess, host našeho ústavu z Michiganské univerzity, našel způsob, jak Netvora sestrojít [Griess, 1981]. Právě včera jsem dostal z Michiganu poslední část dlouhého článku, který obsahuje úplný a definitivní závěr celé práce [Griess, 1982]. Netvor je nyní odhalen v celé své

*) V originále „Monster“ a „Friendly Giant“, pozn. překl.

slávě pro ty, kteří si dají tu námahu, aby porozuměli detailům konstrukce Boba Griese. Poslední a největší ze sporadických grup teď stojí před námi pro všechny časy, jedinečná a nenapadnutelná, jako pomník bronzu trvalejší.

Co to všechno má společného s fyzikou? Pravděpodobně nic. Pravděpodobně jsou sporadické grupy pouhou na pohled pěknou, ale přece jen stojatou vodou v historii matematiky, malou podivnou epizodou vzdálenou od hlavního proudu pokroku. Nikdy jsme nenašli nejmenší náznak toho, že by symetrie fyzikálního vesmíru byly v jakémkoliv vztahu se symetriemi sporadických grup. Podle toho, co víme, by fyzikální vesmír vypadal a fungoval úplně stejně, ať už by sporadické grupy existovaly nebo ne. Ale neměli bychom si být příliš jisti tím, že zde není žádná souvislost. Nepřítomnost důkazu není totéž jako důkaz nepřítomnosti. V dějinách fyziky se už staly podivnější věci, než by bylo neočekávané objevení se sporadických grup. Měli bychom být stále připraveni na překvapení. Musím se přiznat, že si pokradmu dělám naděje, které nejsou podloženy žádnými fakty ani důkazy, že jednou v jedenadvacátém století fyzikové klopýtanou o grupu-netvora, zabudovanou nečekaným způsobem do struktury našeho vesmíru. To je ovšem pouhá divoká spekulace, téměř jistě nesprávná. Jediným argumentem v její prospěch je argument teologický. Máme mocné důkazy o tom, že tvůrce vesmíru miluje symetrii a jestliže miluje symetrii, kde by mohl najít symetrii rozkošnější, než je symetrie Netvora?

Sporadické grupy jsou jen jedním příkladem z pokladnice tajuplných a báječných pojmů, které vytvořila nemódní matematika. Mohl bych se zmínit o mnoha dalších. Umíte si představit pravidelný

mnohostěn, útvar složený z dokonale symetrických buněk, které jsou uspořádány dokonale symetrickým způsobem, který má celkem 11 stěn? Loni jej objevil můj přítel Donald Coxeter z Toronta [Coxeter, 1981]. Je možné, že nulové body funkce dzeta, jejichž vlastnosti byly předpověděny před 120 lety Riemannem a které stále zůstávají jednou z ústředních záhad matematiky, prokáží nějaké skryté souvislosti se světem fyziky? Loni našel Andrew Odlyzko, matematik z Bellových laboratoří pracující na počítači Cray, některé nové a neočekávané vlastnosti nulových bodů funkce dzeta. Je možné, že Gödelovy věty o neúplnosti, prokazující, že v čisté matematice existují otázky, které nelze zodpovědět na základě žádného konečného systému axiomů a pravidel odvozování, nám jednoho dne umožní hlubší porozumění hranic našich znalostí o fyzikálním vesmíru? Kamkoliv se podíváte do říše idejí, nacházíte přísliby odhalení, která teprve přijdou, šepoty skrytých souvislostí.

Ale nyní můj čas už téměř vypršel a musím splnit svůj slib, že dám několik praktických rad, jak podporovat vědu. Říkám zde na adresu Ústavu pro pokročilá studia i Humboldtovy nadace, že je naší povinností i naším privilegiem jako nezávislých organizací, abychom byli méně krátkozrací, než jsou naše vlády. Naší úlohou by mělo být vidět vědu v delší perspektivě, než si mohou dovolit politické nebo stipendisté po doktorátu. Čemu nás učí dlouhá perspektiva vědy? Jaké je ponaučení, které se dá vyvodit z rozličných případů, které jsem vám pověděl? Ponaučení je jednoduché. Měli bychom věnovat více pozornosti a více podpory nemódnímu výzkumu. V každém určitém okamžiku dějin vědy, nejdůležitější a neplodnější myšlenky často leží

spící jen proto, že nejsou v módě. Obzvláště v matematické fyzice je obvyklé zpoždění 50 nebo 100 let mezi zformulováním nové myšlenky a jejím vynořením se v hlavním proudu vědeckého myšlení. Jestliže toto údobí je časové měřítko pro zásadní pokrok, nutně odtud plyne, že každý, kdo tvoří fundamentální díla v matematické fyzice, bude téměř jistě nemódní.

Neměli bychom ovšem přestat podporovat módní výzkum, který zaměstnává většinu mladých vědců a činí je šťastnými. Ale měli bychom dát stranou jistý díl našich zdrojů, snad desetinu nebo možná čtvrtinu, na podporu nemódních lidí zabývajících se nemódními věcmi. Neměli bychom se bát, že budeme vypadat pošetile nebo dokonce jako blázni. Neměli bychom se bát podporovat riskantní podniky, které mohou úplně selhat. Protože jsme nezávislí, máme právo přijímat rizika a dělat chyby. Organizace, které podporují pouze výzkum bez rizika a bez možnosti chyb, budou nakonec podporovat pouze průměrnost. Jestliže budeme se zdravým rozumem a s odvahou pokračovat v podpoře nemódních lidí, kteří se zabývají věcmi podle pravověrného mínění nedůležitými nebo bláznivými, je zde dobrá naděje, že zachráníme pro vědu případného Sophuse Lieho nebo Hermanna Grassmanna, lidí, jejichž myšlenky budou stále ještě věhlasné dlouho poté, co naše současné módní rozruchy budou zapomenuty.

Musíš se vyhýbat takovému bádání, jehož výsledek umírá v tu chvíli, kdy se rodí.

V mládí získej znalosti, aby ti nahradily škodu, kterou přináší stáří. A když myslíš, že stáří bude mít jako pokrm moudrost, chovej se v době svého mládí tak, aby stáří netrpělo hladem.

Literatura

- CONWAY, J. H. (1980): *Monsters and Moonshine*, The Mathematical Intelligencer, 2, No. 4, 165–171
- CONWAY, J. H. and S. P. NORTON (1979): *Monstrous Moonshine*, Bull. London Math. Soc. 11, 308–339
- COXETER, H. S. M. (1981): *A Symmetrical Arrangement of Eleven Hemi-Icosahedra*, to be published
- GRASSMANN, H. (1844, 1878, 1894): *Die Lineale Ausdehnungslehre*, 1st ed. (Otto Wigand, Leipzig) 1844, 2nd ed. (Otto Wigand, Leipzig) 1878, 3rd ed. in Grassmann's collected Works edited by F. Engel (Teubner, Leipzig) 1894
- GRIESS, R. L. (1981): *A Construction of F_1 as Automorphisms of a 196883-dimensional Algebra*, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 78, 689–691
- GRIESS, R. L. (1982): *The Friendly Giant*, Invent. Math. 69, 1–102
- LEECH, J. (1967): *Notes on Sphere Packings*, Can. J. Math. 19, 251–267
- LIE, S. (1877): *Letter to A. Mayer*, published in *Sophus Lie Gesammelte Abhandlungen*, ed. F. Engel (Leipzig, Teubner, 1922), Vol. 3, Anmerkungen, p. 691
- MATHIEU, E. L. (1861, 1873): *Mémoire sur l'étude des fonctions de plusieurs quantités*, J. de Math. Pures et Appliquées 6, 241–323, *Sur la fonction cinq fois transitive de 24 quantités*, J. de Math. Pures et Appliquées, 18, 25–46
- ROUSE, BALL, W. W. (1908): *A Short Account of the History of Mathematics*, 4th ed. (MacMillan, London), p. 478
- WOOLF, H. ed. (1980): *Some Strangeness in the Proportion*, A Centennial Symposium to Celebrate the Achievements of Albert Einstein (Addison-Wesley, Reading, Mass.)
- YANG, C. N. and R. I. MILLS (1954): *Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance*, Phys. Rev. 96, 191–195

Dříve než z jednoho případu vytvoříš obecné pravidlo, zkus dvakrát či třikrát, zda zkoušky [pokusy] dávají stále týž výsledek. A tuto zkušenost je třeba opakovat vícekrát, aby něco nebylo proti důkazu, nezfalšovalo ho ani nezpůsobilo, že zkušenost bude mylná nebo oklame svého dokazovatele.

Leonardo da Vinci