

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Josef Jelen

O hodnotách a poselství vědy

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 50 (2005), No. 3, 208--221

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/141272>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2005

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>

# O hodnotách a poselství vědy

Josef Jelen, Praha

1. Ať už racionalitou budeme ve filozofickém pohledu a v detailech rozumět cokoli — a jistě z vymezení termínu „racionalita“ filozofický problém udělat lze — shodneme se patrně na tom, že člověka do jeho dominantního postavení v přírodě vyneslo jeho úspěšné „racionální myšlení“. Jiní jsou větší, silnější, rychlejší, létají, plavou. . . , a přesto slon, lev, orel i žraloci jsou v zajetí v zoologických zahradách a jsou námi ovládáni.

Asi před 150 000 lety se na Zemi objevil živočišný druh *Homo sapiens*. Naši předkové zhruba před 10 000 lety rozvinuli systematicky zemědělství, před 5000 lety vybudovali první velké civilizace a vytvořili písmo, před 2500 lety zrodili filozofii a asi před 400 lety člověk položil základy novodobé přírodní vědy.

Tu, myslím, můžeme stručně charakterizovat jako systematické, logické a testované poznávání přírodního dění. Zůstaňme dále především u fyziky, která v uplynulých čtyřech stoletích měla a jistě i nadále bude v přírodovědě mít v mnohém směru přední úlohu. Rok 2005 byl na připomínku jejích úspěchů v posledních sto letech, uplynulých od Einsteinova „hvězdného roku“ 1905, vyhlášen organizací UNESCO Světovým rokem fyziky ([www.wyp2005.org](http://www.wyp2005.org)).

2. Počátky novodobé vědy bývají obvykle spojovány se jménem Galileovým a s experimentálními přístupy jeho doby. První velkou a ucelenou vědeckou soustavu vytvořila o půlstoletí později Newtonova mechanika. Ta prokázala, že zákony ovládající pohyb nebeských těles jsou stejné jako ty zákony, které určují pohyb mechanismů na naší Zemi. Učinila tím krok, jehož význam a dosah snad ani neumíme dnes dostatečně ocenit. Považujeme totiž tuto skutečnost za zcela samozřejmou a nepochybnou. Ale země a nebesa, to bývaly dříve zcela různé oblasti lidského zájmu a poznávání.

Mechanika se prosadila s představou o částicích působících mezi sebou silami podle určitých matematicky formulovaných pravidel. Ostatně Newton sám stál u počátků diferenciálního počtu. V rozpracované podobě přinesla mechanika nejen pochopení pohybů tuhých těles a mechanismů z nich složených, ale i pochopení hydrodynamiky, aerodynamiky, teorie pružnosti a mechanických vlnění; vytvořila předpoklady k chápání jevů spjatých s pojmem teploty, s představou tepla apod. Ve variačních principech a v analytické mechanice pak dosáhla přímo estetických hodnot, jak potvrdí každý absolvent fyzikální fakulty.

---

Doc. RNDr. JOSEF JELEN, CSc. (1935), katedra fyziky FEL ČVUT, Technická 2, 166 27 Praha 6.

Príspevek predneseny na seminári Racionalita, veda a filosofie, pořádaném Filozofickým ústavem AV ČR ve dnech 2. – 3. 11. 2004 ve vile Lanna v Praze.

Mechanické modelování přírodního dění bylo tak úspěšné, že svého času porozumět nějakému jevu znamenalo vlastně téměř totéž jako vypracovat jeho úspěšný mechanický model. Předpověď existence planety Neptun a výpočet její polohy byl zdařilým úspěchem Newtonových rovnic v nebeské mechanice. Dodnes mechanika vytváří základy, na nichž stojí celá fyzika. Pojmy prostor, čas, hybnost, energie, ... zůstanou ve fyzice natrvalo.

Další velkou ucelenou fyzikální teorií byla ve druhé polovině devatenáctého století teorie elektromagnetického pole, založená na Maxwellových rovnicích. Ta umožnila porozumět elektrickým a magnetickým jevům a jejich vnitřním souvislostem (kupříkladu jevu elektromagnetické indukce apod.). Na jejich výsledcích je dnes založena totální elektrifikace celé globální lidské civilizace (všudypřítomné osvětlení, elektrické pohony a spotřebiče nejrozmanitějšího určení. . . ). Možnost existence elektromagnetických vln byla nejprve z matematické teorie předpovězena, a teprve poté experimentálně prokázána. To byl grandiózní triumf úspěšné teorie. Zároveň jsme pochopili podstatu světla a optika se stala součástí teorie elektromagnetických jevů. A dnes? S představou světa a života bez elektromagnetického vlnění, tj. bez rádia, televize, mobilních telefonů a spojů všeho druhu, bychom se jen nesnadno a neradi smířovali. Asi bychom to už ani nesvedli.

Úsilí o dobré porozumění elektromagnetickým jevům, bez problematické představy mechanického éteru, nás přivedlo ke speciální teorii relativity, tj. k sepětí prostoru a času do jednotného prostoročasu, a další zvládnutí relativistické teorie gravitace nám přineslo „černé díry“, kvasary, reliktní záření atp., ba i možnost zabývat se vývojem a expanzí Vesmíru jako celku.

Počátkem dvacátého století pronikla fyzika svými experimentálními metodami do světa atomů a sestoupila tak až za úroveň chemie. To přírodní vědu velice sjednotilo a ta se ve dvacátém století vyvinula do značně ucelené a jednotné podoby. Umí dnes úspěšně vysvětlit mnoho přírodních jevů a procesů. Jejich jednotné chápání je umožněno podstatnou měrou právě tím, že bohatství a rozmanitost smyslového světa kolem nás můžeme chápat jako bohatost a rozmanitost atomových a kvantově částicových struktur. Vždyť i biologický dědičný kód je v makromolekule DNA vyjádřen rozložením a sekvencí molekul a atomů v jejím uspořádání.

A neznáme žádný přírodní děj, který by byl osvobozen od zákonů fyziky: „všechna tělesa padají k zemi“, „všechny atomy a elektrony v neživých i živých strukturách jsou stejné“ atd. Fyzika se tak svým dnešním postavením v systému přírodních věd vrátila k původnímu řeckému významu svého jména: fysis — příroda.

To vede k určitému „redukcionizmu“ v přírodním poznání. Tento typ redukcionizmu ovšem neznamená, že vše můžeme a máme rozebírat a vysvětlovat přímo z pojmů a zákonů fyzikálních. To by bylo beznadějné a nesmyslné počínání. Příroda je vystavěna v mnoha hierarchických úrovních. A každá úroveň má své přiměřené metody zkoumání, své vlastní pojmy a svůj specifický jazyk.

Přesto však to nebrání fyzikům hledat a usilovat o tzv. „teorii všeho“. Tou se zpravidla rozumí sjednocující teorie kvantových polí a typů fyzikálních interakcí, včetně univerzálních sil gravitačních. Cesta však bude ještě dlouhá a nesnadná. Mezi

významné zastánce takto chápaného (tedy vysvětlujícího, nikoli všeobecného a metodického) „redukcionizmu“ patří, vedle mnoha dalších, kupříkladu S. Weinberg [1], [2].

Do budoucna si však opravdová „teorie všeho“ jistě vyžádá ještě velké úsilí a mnoho nových výsledků včetně lepšího začlenění pojmu informace jako fyzikálního pojmu (vedle pojmů energie, čas, částice atp.) do budoucí fyziky a také lepší porozumění tomu, jak zvládat problémy komplexity a vytváření složitých funkčních struktur na makroskopické úrovni. Také bude jistě třeba lépe začlenit a více porozumět omezením, která formálním, axiomatickým a algoritmickým postupům přináší Gödelovy výsledky z matematické logiky [3]. Co nás však na této nesnadné cestě ještě může potkat, to zatím neumíme uhodnout a dohlédnout.

**3.** Vraťme se však k našemu předchozímu tématu. Co nám zatím věda všechno přinesla? To, co by návštěvníka z „předvědecké minulosti“ asi upoutalo nejvíce, co nám však už nijak nápadně nepřipadá, by asi mohlo být shrnuto do dvou slov: moc a pohodlí.

Všude s sebou nosíme mobily. V televizi se díváme na fotbalový zápas, který se hraje na druhém konci světa, na videu si můžeme pustit záznam z hokejového utkání, které se hrálo již včera. Na stole máme počítač, jímž si stahujeme z internetu vědecké články, které považujeme za podstatné ke své práci, jíní se pro své potěšení dívají na erotické obrázky atp. Byli jsme dokonce na Měsíci, odkud jsme si přivezli vzorky hornin. . . O tom všem se lidem před pěti sty lety snad nemohlo ani zdát. Pokroky medicínských technologií jsou úžasné, známe příčiny a mechanismy působení mnoha chorob, kmenovými buňkami se chystáme léčit nemoci dříve neléčitelné. . . Věda nám slibuje nanotechnologie. . . Nebude to pohoda? „Virtuální reality“ si můžeme dopřát, co hrdlo ráčí.

Jenže. Venku je realita globálního světa. A cesta zpět nevede! Lidská společnost se stává zranitelnou jako nikdy předtím. Doprava, rozvody vody, spojení bank, veškeré komunikace atd. jsou závislé na pravidelné dodávce energie. To vše lze poměrně snadno přivést ke kolapsu. Nebude-li energie, nebudou-li komunikace, nebude nic, jen nekontrolovaný zmatek. . .

Na světě však existují a stávají se velmi nebezpečnými disproporce a polarity různého druhu, např.: bohatí–chudí, společnost–jedinec. Ať už budou pokroky vědy a společnosti jakékoli, vždycky ty nejnovější výsledky, kupř. nejlepší způsoby léčby, genetického zdokonalování atp., budou nákladné a nebudou ve stejné míře dostupné všem. Zdroje surovin, vody, energií apod. se vyčerpávají, a to nerovnoměrně, na různých místech nestejně. Nepovede to k sociálním otřesům globální povahy? Ovlivní-li člověk zemské klima, projeví se to různě na různých místech. Už zanedlouho budeme patrně schopni spustit (třeba i nevědomky) nevratné globální procesy, které nebudeme možná umět zastavit [4].

Nejnovější technologické vymoženosti jsou často malé svými rozměry a jsou mnohdy dostupné i nepočtným a špatně kontrolovatelným skupinám, ba téměř i jednotlivcům. I nevelké skupiny mohou terorizmem rozličné povahy, biologickým (bakterie, viry), chemickým (jedy), fyzikálním (jaderné zbraně či radioaktivita), informačním (zničení

či zneužití síti) apod., působit velké škody a iniciovat ještě větší problémy na mezistátní a celosvětové úrovni.

Mnoho lidí rozhořčeně řekne: „Za to všechno může věda.“ Není tomu ale tak. Proč to svalovat na vědu? Může za to člověk. Veškeré výsledky a technické vymoženosti mohou být využity různě. Ku prospěchu člověka a k uspokojení jeho potřeb, ale i proti němu. O tom, jak budou použity vědecké výsledky, zpravidla nerozhodují vědci, ale spíše právníci, podnikatelé, ekonomové atd. a lidmi delegovaní politici, mnohde ale i nedelegovaní, jen trpění držitelé moci, ne vždy dostatečně uvážliví a moudří.

Ve správě věcí lidských se podstatně uplatňují, vedle jistě kladných a chvályhodných vlastností, i četné záporné lidské vlastnosti: sobectví, podvody, netolerance, úsilí o osobní či skupinové výhody, lenost, závist, škodolibost, netečnost vůči druhým atp. Člověk obvykle nechce dohlížet konce a důsledky svých činů a rozhodnutí. Sleduje cíle bezprostřední, cíle, které jsou na dosah hned teď a jsou vidět „před obzorem“. Co je v dálce „za obzorem“, co se stane až později nebo se týká jen jiných lidí, to ho obvykle příliš netrápí.

Naše vlastnosti, návyky a způsoby jednání jsou prastaré a mají setrvačnost. Naše myšlení se podobá myšlení dávných lovců a prvních zemědělců. Genové vybavení se mění jen pomalu. Nejsme o mnoho jiní než naši předkové před, řekněme, 15 000 lety. Ti neznali zdaleka to, co umíme my, ale jejich tužby a sny se asi mnoho nelišily od těch našich dnes. Lovecká přání si malovali na stěny jeskyní v Lascaux a v Altamiře, tvarovali sošky Věstonických Venuší, začali pietně pohrbívat své blízké, postupně vytvářeli své první mýty. Chtěli „rozumět“ světu. Jejich svět však zpravidla končil u hradby hor na obzoru či na nejbližším mořském břehu apod. Podléhali rozmarům přírody a duchů, kteří ji obývali. Lovnou zvěř a při konfliktech i sami sebe zabíjeli kamennými nástroji. Biologický terorismus mohl snad spočívat v tom, že nepřátelskému kmeni vhodili do studny pošle infikované zvíře.

Od té doby nám poznání a později věda daly možnosti, o kterých se jim ani nesnilo. „Správu přírody“ jsme vzali „do svých rukou“. Naše vlastnosti nás v minulosti v dravé soutěži vynesly do čela. Budou však stačit i pro naše nové postavení? Svět je dnes, díky nám, mnohem nebezpečnější [5].

**4.** Na začátku stati jsme zdůrazňovali, že člověk je tvor racionální. Ano, je. Ale jak jsme teď naznačili, není to tvor ani zdaleka jenom racionální. Jeho přirozenost je mnohem širší a obsáhlejší a zahrnuje také pudy, emoce, představy, touhy a přání. . .

Racionalita v zúžené, vykrystalizované podobě, tak jak je koncentrována v přírodovědě, člověku ve všem nestačí. Nenaplní všechny jeho duchovní a emocionální potřeby. Např. různé formy umění, hudba apod. zůstávají stranou. Na některé lidské otázky nepřináší věda vždy odpovědi, nebo nedává takové odpovědi, jaké bychom si přáli. Už to, že biologie (která říká, že naše tělo se skládá z molekul a buněk, že lidé jsou výsledkem evolučního procesu. . .) řadí člověka nekompromisně do přírodního dění, aniž by nám zajišťovala výlučnost a výjimečnost, není zcela podle našich představ. Věda nedává jasný návod, co je dobré a co špatné, co je to naše svědomí atp. (ačkoli sociobiologie by zde asi své určité názory a stanoviska nabídla). Porozumět tomu, co je to naše lidské vědomí, k tomu má věda jistě ještě kus cesty [6].

Rozhodně věda nedává (a nemůže dát) člověku záruku na štěstí, spokojenost, radost, klid a vyrovnanost. Snad jedině v jakési „kosmické zbožnosti“ (Einstein), nalézané ve vědou vyjevovaném „řádu vesmíru“. I když i toto řešení je vlastně mimovědecké. . .

Člověk chce překonat omezení, jimiž je věda smyslovým a rozumovým poznáním vázána, a hledá tedy řešení mimo vědu. Z tísnivého pocitu bezmoci a osamění hledá vyšší sílu a záruku určité podoby své nesmrtnosti a své nadčasové mimosmyslové transcendentní hodnoty.

Zpravidla pak nalézá své osobní, individuální řešení, spíše než na poznání založené na osobním rozhodnutí a na přijetí jistého přístupu a na uznání jistých hodnot. Toto řešení je zřetelně závislé místně a kulturně. Týž člověk bude mít patrně blíže k hinduismu, buddhismu, křesťanství, islámu, agnosticismu apod. podle toho, zda pochází z Indie, Pákistánu, Evropy nebo Ameriky. Už z této kulturní souvislosti je patrné, že nejde o poznání vědecké povahy, ale spíše o osobní přijetí určitého životního zázemí. Všechny tyto systémy jsou podmíněny místními a historickými tradicemi. Všem je zpravidla společné uznání jistých obecně lidských hodnot a respekt k určité podobě mravnosti. Mimovědecké hledání lidských hodnot však nesmí být v rozporu s poznatky nalézány vědecky. Staré mýty, ze kterých příslušná náboženství původně vyrostla, nemohou ovšem obstát. Nemohou obstát také četné sekty, kterých jsou na světě stovky, a extrémní a autoritativní náboženská hnutí.

**5.** Zřetelně jiné povahy je ale iracionalita protivědecká. Protivědecká proto, že nepojednává o situacích a vztazích, které věda svou metodou postihnout dobře nemůže, ale týká se situací, v nichž je věda plně kompetentní a kterými se opravdu běžně zabývá, tj. situacemi smyslům a kritickému rozumu dobře dostupnými. V těchto případech nejde o mimovědecké hledání, ale spíše o výraz lehkověrnosti, naivity a nezodpovědnosti myšlení. Jde o snahu rozum obejít a ošidit a o nechuť seznámit se s vědeckým poznáním a brát je vážně. V horších případech jde o intelektuální nedostatečnost a neschopnost porozumět racionální povaze úlohy, o nemoc či v nejhorších případech prostě o podvod a osobní prospěch. Bohužel, mnozí lidé jsou ochotni naslouchat a velmi důvěřovat!

V příslušných odděleních velkých knihkupectví je titulů literatury tohoto druhu na stovky. A dobře se prodávají. Jako příklad vyberme ze seznamu knih vydaných nakladatelstvím Eko-konzult (povšimněme si i matoucího názvu): UFO-kontakty, Jak mohu působit na dálku, Záhady kolem nás I, II, III, Tajemství šamanismu, Bioenergetický vampýrismus, Ovládání podvědomí — metoda alfa klíče, Tajemství dračích sil, Astrální putování, Jasnovidka Vang — receptář, Umění věštit, Ze života duchů 1, 2, Minulé a budoucí životy, Amulety, drahokamy a talismany, Pyramidy bez záhad, Tajemství reinkarnace, Kapesní numerologie atd. atd.

Do kategorie této protivědecké literatury patří, jak vidno, např. i léčení kameny. Jako příklad uvedeme z knihy J. P. Kreperáta: Skrytá moc drahých kamenů [7] pár položek. Z rozsáhlého rejstříku vyberme několik příkladů, třeba z počátku dlouhého seznamu kamenů, pomáhajících při různých zdravotních problémech: Absces: mookait, dioptas, černý korál, halit; Akné: cymofán, radochrozit, sfalerit; Alergie: akvamarin, obsidián, fuchsit; Anémie: rubín, . . . , kuprit; Angína: smaragd, dioptas, jantar, baryt. . . atd., až po Žlučnickové potíže: smaragd, magnetit, . . . Jak asi zmíněné kameny léčí, třeba jak

rubín vyléčí anémii či jak smaragd zažene angínu, to věda opravdu neví. Že uvedené kameny skutečně při příslušných chorobách vůbec pomáhají, to se nikdo nenamáhá dokazovat, ani statisticky ne. O mechanismu působení také není řeč. Zpravidla jde o jakési „vibrace“, „vlnění“ či specifickou „energii“.

Jednou z nejoblíbenějších oblastí těchto pseudověd je tzv. pyramidologie. Pyramidy jsou jistě pozoruhodnými monumenty dávných časů a opravdovým divem starověkého světa. Hledat v jejich rozměrech a upořádání číslo  $\pi$  či datum první světové války apod. [8] je pošetilost a znamená to nevážit si vědecké práce archeologů a egyptologů, kteří dokázali rozluštit hieroglyfy a přiblížit nám život a způsoby myšlení tehdejších lidí. (Měl jsem příležitost navštívit desítky pyramid v Egyptě a podívat se do pohřební komory i stanout na vrcholu Chufuovy pyramidy. Žádné vyzařování energie jsem ovšem necítil. Mohu však potvrdit, že z vrcholu je velmi pěkný rozhled.) Na trhu pyramidologů jsou v různých cenách nabízeny pyramidky všech rozměrů, zhotovené z různých materiálů, sloužící vyzařovanou „energii“ ke konzervaci potravin, energetizaci vody, k ostření žiletek i „ostření“ myslí atd. [9].

Člověk má tajemství rád. To samo o sobě je jistě dobře. Tajemství a údiv vedou člověka k hlubšímu poznání a jsou inspirací a motorem pro nalézání nového. Mýty, jako úsilí o svého druhu porozumění světu kolem člověka, sehrály asi závažnou roli ve vývoji a vyzrání myšlení druhu *Homo sapiens* do dnešní podoby.

Iracionální postupy v různých podobách nalézáme nejčastěji při předpovídání budoucnosti a při léčení neduhů. Léčitelství je nejvděčnější oblastí těchto přístupů. To je pochopitelné. Člověk v nouzi hledá i cesty pochybné a je ochoten jim věnovat pozornost a důvěru.

Člověk není pouhou sumou buněk a makromolekul, není ani jen biochemickým strojem mechanického typu. Psychika je velice podstatnou součástí člověka jako bytosti uvědomující si samu sebe. Psychika v jistém smyslu sjednocuje a koordinuje celý organizmus. Lze tedy vědecky pochopit, proč psychické působení může ovlivnit organizmus a jeho pohodu. Není přece pochyb o tom, že vlídné slovo a pocit porozumění mají léčivé účinky. Ke své škodě to někdy standardní medicína ve spěchu nedostatečně využívá a charizmatičtí léčitelé pak mají úspěch. Vhodné bylinky v kombinaci s povzbuzením pacientovy mysli mohou při některých typech diagnóz přinést zlepšení stavu a dát pocit úlevy. Povzbudí imunitní a hormonální systémy, nebo alespoň potlačí bolest. I placebo mnohdy přece funguje.

**6.** V těchto souvislostech bývá často využívána a zneužívána autorita vědy a respekt k jejím úspěchům. Koncovka -tronika v názvu (biotronika, psychotronika, ...) navozuje dojem vědeckosti a exaktnosti. Také slova energie, pole, vibrace, vlnění apod. parazitují na výsledcích vědy. I částice je dobrý termín, vzpomeňme na mentiony. (Bývaly tři — tehdy byly známy jen tři druhy kvarků.)

Poslední dobou je populární slovo „kvantový“. Kvantové jevy ve fyzice jsou přece zajímavé a málokdo o nich ví víc než jen to, že jsou nenázorné a tajemné. Do češtiny byla kupř. přeložena kniha úspěšného indického lékaře působícího v USA Deepaka Chopry: Nesmrtelné tělo, nekonečná duše (s podtitulem Kvantová alternativa dlouhověkosti) [10]. Týž autor napsal již dříve Kvantové léčení a nedávno Golfem

k osvětlení. V uvedené knize s kvantovým podtitulem není napsáno o mnoho více než to, že máme jíst střídavě, dýchat čistý vzduch, pít čistou vodu, pěstovat mírná tělesná cvičení a udržovat si pozitivní nálady a myšlení. Máme však i vlastní známé kvantové léčitele a odborníky. MUDr. Hrušovský, český „kvantový homeopat“, koná hojně navštěvované přednášky a „kvantově“ léčí po krajích českých.

Proti pseudovědeckým, pavědeckým, ve skutečnosti ale spíše protivědeckým aktivitám se věda bránit musí! Na tomto poli vystupuje aktivně občanské sdružení Sisyfos (jehož významným reprezentantem a zástupcem českého Sisyfa v Evropském sdružení skeptiků je dr. J. Grygar). To sleduje tyto pseudovědecké aktivity a pravidelně jednou za rok uděluje ceny tzv. „Bludných balvanů“ za matení veřejnosti. Ceny uděluje jednotlivcům a družstvům, a to zlatý, stříbrný a bronzový Bludný balvan. Jednotlivcům je cena udělována za podstatný individuální přínos v této oblasti, v družstvech pak většinou firmám vyrábějícím pochybné výrobky a médiím, dávajícím příležitost tyto pseudovědecké myšlenky šířit. Ze dříve udělených cen uveďme alespoň některá známá jména, jako doc. Baudyš (astrologie), doc. Chudáček (spoluautor knihy „Fyzika na pokraji světa aneb psychotronika“) [11], ing. Bolčo (zvaný Bolstein, oceněný za vyvrácení teorie relativity [12]) atd. Z loňských cen udělených v r. 2004 (za práci v roce 2003) zmiňme bronzový balvan pro ing. Žerta za rozbor spjaté s vyzářováním škodlivého vlnění čárových kódů, se kterými se setkáváme na obalech mnoha výrobků. Naštěstí lze vyzářování zneškodnit prostým přeškrtnutím kódu tužkou kolmo zleva doprava. Stojí za to navštívit webové stránky Sisyfa [13].

Nebezpečí plynoucí z protivědecké iracionality spočívá v šíření polopravd a nesmyslů, ve zvykání si na nekorektní myšlení, v podcenění hodnoty a přínosu vědy pro společnost a nepřímo se může promítat do nevalné úrovně společenské vzdělanosti vůbec.

**7. Co na to filozofie?** Filozofii lze označit za matku vědy. Věda se z ní zrodila, když jednotlivé, původně filozofické otázky našly metodu svého řešení, když byly nalezeny prostředky jak na předložené, již přesněji formulované otázky odpovídat testovatelně, nejlépe experimentálně a kvantitativním způsobem. Postupně se zformovaly a vydělily všechny druhy přírodních věd i nauky o společnosti (jako psychologie, sociologie, historie, archeologie atp.).

Filozofie otázky spíše úspěšně klade, než na ně odpovídá, upozorňuje na úskalí, varuje před přílišným zjednodušením přístupů a metod apod. Upozorňuje na opominuté stránky řešeného problému atp.

Mezi vědci, jmenovitě mezi fyziky, filozofie má i nemá svou autoritu. Mladí se zabývají většinou spíše konkrétními, specifickými a kvantitativními problémy a filozofii nevěnují mnoho pozornosti, nebo ji dokonce odmítají jako pouhou hru s prázdnými či alespoň vágně vymezenými slovy. Postoje starších fyziků jsou zpravidla vůči filozofii smířlivější. Životní zkušenosti je přivedly k uznání toho, že věda leckdy není s to formulovat své otázky tak, aby bylo možno očekávat a získat zcela jednoznačné odpovědi. V analytické filozofii je intenzivně rozvíjena analýza jazyka a jeho možností. Striktní metodologie logických pozitivistů z počátku 20. století se ukázala příliš nepružnou a dnes je situace umírněnější. Problémy mohou být „vícerozměrné“.



S přístupy a hodnoceními přijímanými některými současnými tzv. postmoderními filozofy však věda souhlasit rozhodně nemůže. Jistě, moderní svět nesplnil očekávání s ním často spojovaná, nedal člověku to, co on od pokroku bláhově očekával. Přijímat však vědu jako nový druh „vyprávění“, mající člověka prostě uspokojit, jako vyprávění souřadné k bájím a mýtům minulosti, znamená nezodpovědně ignorovat to, v čem je věda jiná a jak vstupuje do našich životů, jak mění povahu světa a jaký vliv má a bude mít na naši budoucnost.

Jistě, věda je jako každý lidský produkt sociálně zakořeněná a podmíněná a vědecká teorie (kupř. fyzika 20. století) plní i roli mýtu, roli vyprávění o původu a osudech světa. Je to ale vyprávění zcela jiné povahy než mýtická vyprávění minulosti. Postmodernisté, odkazující vědecké teorie jen do této role a do tohoto poslání, hrubě ignorují vše, čím věda změnila svět. Sami často používají téměř prázdných slov. Ostatně, známá Sokalova aféra je toho výmluvným dokladem [14].

Fyzika 20. století (se zakřiveným prostoročasem a se studiem kvantových jevů) je vůči fyzice 19. století výrazně odlišná a nenázorná, ale není tomu tak proto, že jí to postmoderní filozofie poradila, ale proto, že touto cestou ji vedla její vlastní experimentální a přísně matematická metoda. Není to pouze jedna z „pohádek“, která bude časem prostě nahrazena opět „pohádkou“ jinou.

**8.** Významnými autory knih o metodologii vědy 20. století, fyziky kladně přijímanými, jsou K. Popper a T. Kuhn [15], [16]. Popperův kritický racionalismus zdůrazňoval jako rozhodující u každé teorie možnost její „falzifikace“, tedy nikoli potvrzení, ale principiální možnost jejího popření a vyvrácení. Spíše než dokazováním správnosti se tak postupnou eliminací a novým hledáním dostáváme k nalezení teorií úspěšných a fungujících.

T. Kuhn akceptoval pojem „paradigmatu“, tj. obecného myšlenkového rámce a přístupu, který věda v určité etapě přijímá a v němž v „normálním období“ pracuje a tvoří. V něm formuluje otázky, interpretuje experimenty a hledá odpovědi. Když dojde k nepřekonatelnému konfliktu mezi nalezenými skutečnostmi a tímto rámcem, je paradigma v krátké době (v „krizi“, v „revoluci“) opuštěno a věda nastoluje paradigma nové, třeba i hodně odlišné od předešlého. Něco takového se ve fyzice 20. století nejméně dvakrát přihodilo.

Tak prosté a jednoduché to však přece jen nebývá. Že věda využívá starého a úspěšného pojmového rámce je pochopitelné. Že to, co funguje a osvědčilo se, je využíváno k vysvětlení nalezených výsledků i k formulaci nových otázek, je zcela přirozené. Bylo by pošetilostí počínat si jinak. Leckdy však nové náměty a varovné experimentální skutečnosti spočívají a klíčí v rámci staré teorie i po delší dobu, než přijde jejich čas. Zmíňme třeba rovnost gravitační a setrvačné hmotnosti v Newtonově mechanice. Změna paradigmatu nenastává proto, že by někdo radil fyzice zvenčí, ale proto, že takováto neustálá kontrola a případné přehodnocení přístupů je vědecké metodě přímo vlastní.

Věda není neomylná a ví, že není neomylná. Její historii provázejí mnohé případy omylů a pochybení. („Kameny nemohou padat z nebe, protože tam žádné nejsou,“ zněl výrok francouzské Akademie z 18. století k pozorovanému hromadnému pádu

meteoritů.) Věda však přímo v jádře své metody zahrnuje prostředky, kterými testuje, koriguje a opravuje svá tvrzení. A posléze i ví a umí vysvětlit, jak a proč k omylu mohlo dojít. V tomto přístupu se zásadně liší od metod nevědeckých, které takové systematické sebeopravné přístupy neobsahují.

**9.** Tvrzení, že věda je nesnadná a vyžaduje úsilí, je jistě pravdivé. Někdy je však věda obviňována z toho, že je nudná. Zejména fyzika mívala takovou pověst. S tím souhlasit rozhodně nebudeme! Věda je napínavé „dobrodružství poznání“ (Einstein, Infeld [17]). Stále si klade nové otázky a stále nás něčím překvapuje.

Rok 2005 byl vyhlášen „Světovým rokem fyziky“ k připomenutí stého výročí „roku zázraků“ 1905, v němž Einstein publikoval několik převratných myšlenek, které předznamenaly 20. století jako století bouřlivého a překvapujícího rozvoje vědy, století, v němž se z teorie relativity, z teorie kvantových jevů a z teorií z nich vyrůstajících zrodila nová fyzika. Ta v důmyslných technologiích v průběhu 20. století změnila svět a ovlivnila i naše chápání přírodního dění vůbec.

Uvedme alespoň několik příkladů, které nás přesvědčí o tom, že fyzika nejen že není nudná, ale naopak, že bychom asi těžko hledali něco stejně napínavého, překvapujícího a přinášejícího srovnatelná dobrodružství.

Základním přínosem speciální teorie relativity je poznání skutečnosti, že prostor a čas jsou vzájemně neodlučně spjaty. Pojem současnosti dvou událostí je pojmem relativním, závislým na použité vztažné soustavě. Staly-li se dvě události A a B na velmi vzdálených místech a jejich časová odlehlost není velká, takže světlo, šířící se konečnou rychlostí  $c$  (a ani jiný signál nesoucí informaci), není schopno zprostředkovat jejich fyzikální a kauzální kontakt, jsou takové dvě události „kvazisoučasné“ a v různých inerciálních soustavách mohou mít i právě opačné časové pořadí.

Nejnámější důsledky Lorentzovy transformace, „kontrakce délek“ a „dilatace času“, vstoupily již i do středoškolských učebnic fyziky. Zvláště provokativně lze formulovat např. otázku, zda je možno s dlouhým autem vjet do krátké garáže. Ano, je to možné, vjedete-li dostatečně rychle, nelze to však doporučit. Po zastavení je auto delší než garáž a nedopadne to dobře. (Zkuste si třeba tento paradox rozebrat detailněji. Rozbor z hlediska soustavy spjaté s garáží musí vyjít nastejno jako rozbor z hlediska inerciální soustavy spjaté s vjíždějícím autem [18].)

Nejnámějším paradoxem demonstrujícím sepětí času a prostoru je tzv. „paradox času“ (neboli „paradox dvojčat“). Hodiny dvou bratrů, dvojčat, z nichž jeden zůstal se svými hodinami na klidné (téměř inerciální) Zemi, zatímco druhý podnikl rychlou a dalekou cestu vesmírem a posléze se vrátil na Zemi, ukáží různé časové údaje. Cestovatel zestárl méně než jeho sourozenec na Zemi.

Jsou takové situace vůbec možné? Jistě. Na úrovni mikročástic s velkými rychlostmi jsou relativistické situace běžné a samozřejmé. Postavit velký urychlovač částic bez respektování relativistických vztahů by znamenalo vyhodit stovky milionů dolarů za nefungující zařízení. Ostatně, relativistické efekty hrají roli už i při určování polohy místa na Zemi v družicovém systému GPS.

Jsou možné ještě divnější věci? Ovšem. Stačí přibrat do hry gravitaci. Gravitační prostorčas deformuje a zakřivuje. V obecné teorii relativity je možné studovat vlast-

nosti černých děr, rozebírat kosmologické modely vesmíru a jeho expanzi, ptát se na jeho stáří od „velkého třesku“, zajímat se o jeho geometrii, konečnost či nekonečnost, spekulovat o jeho osudech v budoucnu atp. Sotva nám bude připadat, že fyzika je nudná.

A což teprve fyzika kvantových jevů, k jejímuž rozvoji A. Einstein právě před sto lety roku 1905 výrazně přispěl studiem fotoelektrického jevu (za nějž dostal pak roku 1921 Nobelovu cenu). Později ke kvantovým jevům ale neměl zrovna vřelý vztah. Kvantová fyzika se vzdálila běžnému světu a tak trochu se „vymkla z rukou“. Její další významný zakladatel E. Schrödinger roku 1935 dokonce vymyslel jako příklad absurdní makroskopické kvantové situace svou proslulou kočku a A. Einstein byl téhož roku spoluautorem proslulého EPR paradoxu. V EPR paradoxu měření stavu na podsystemu A vypovídá též o stavu podsystemu B, který je vzdálen již tak, že světlo nestačí zajistit vazbu podsystemů A a B. Je to doklad nelokálnosti světového kvantového dění, nebo nás spíše přivádí k lepšímu pochopení toho, o čem stavová funkce  $\Psi$  vůbec vypovídá? Otázky interpretace kvantové mechaniky jsou i po mnoha desetiletích stále předmětem živých diskusí. Co máme vůbec rozumět „fyzikální realitou“ [19]?

Přes všechny diskuse je kvantová fyzika jádrem fyziky dneška. Fyzika zvažuje, jak využít „zapletenost“ stavů (entanglement) v kvantové teleportaci, kryptografii a kvantovém počítání. A kam nás přivedou nové teorie, kterým se podaří úspěšně vykročit za dnešní hranice? K superstrunám v mnoha dimenzích, M-teorii nebo kam? Není věda opravdovou detektivkou?

A to ještě můžeme přidat i zcela nerelativistické a nekvantové situace. Kupř. dynamický systém, jehož časový vývoj je dán nelineárními diferenciálními rovnicemi, může vykazovat tzv. deterministický chaos. Jeho časový vývoj je sice jednoznačně z počátečních podmínek určen, tj. jeho budoucí stavy jsou plně determinovány, přesto však nemohou být dobře predikovány. Rozdíl dvou počátečních stavů narůstá s časem exponenciálně a systém se chová vlastně chaoticky. Zde vstupuje do hry matematika vztahů spočetného a nespočetného nekonečna [20], [21].

A o čem vlastně vypovídá Gödelův teorém o nutné neúplnosti každého formálního axiomatického systému (dostatečně bohatého tak, aby obsáhl aritmetiku)? Jak jej máme přijmout v širších souvislostech lidského poznání [22], [3]? Je lidská mysl algoritmické povahy či nikoli [6]? Není věda detektivní historií špičkové kvality s neznámým koncem?

Jak to tedy, že věda, i když má stále tolik otevřených otázek před sebou, je tak úspěšná? Jak to, že nám dala tolik pohodlí a tolik moci, že z ní jde až strach, jak bylo zdůrazněno v úvodu? Jak to, že se věda uplatňuje i tam, kam dobře nevidíme, kam nesahá naše každodenní zkušenost, ba ani naše představivost? Jaké jsou její hodnoty, jaká nám nabízí poučení, jaké nám přináší poselství?

Její síla spočívá v její racionalitě, v její kritické metodě, s níž zpracovává naše zkušenosti.

**10.** Věda je nepochybně od svého vzniku součástí lidské kultury. V současné společnosti je i hluboce vřazena do společenských struktur a institucí. Od vědy se dnes očekává, že je hlavní produktivní silou, která náklady vložené do jejích výzkumů

mnohonásobně vrací. Věda, jejíž současné výzkumné programy jsou ovšem velice nákladné, je dnes téměř „ždímana“ tak, aby co nejrychleji vedla k novým aplikacím a k novým technologiím a aby vynášela co nejdříve a co nejvíce. Moc a pohodlí, které nám v minulosti nabídla jaksi mimochodem, ty od ní dnes již tvrdě vyžadujeme! Věda již není prostě úsilím člověka o vysvětlení a pochopení dění kolem nás. To hlavní, co nám nabízí a říká, to ovšem ke své škodě prostě ignorujeme jako nepohodlné a nechceme to vůbec brát na vědomí.

To hlavní a nejcennější na vědě je její metoda! V čem její metoda spočívá? Mějme teď na mysli především přírodní vědu, zejména fyziku, ale i v jiné vědě, hodné toho jména, platí totéž, alespoň v určité míře.

Elementy lidské zkušenosti s přírodou můžeme v širokých mezích charakterizovat jako elementy poznání, jako jakési dílčí poznatky apod. Z nich formulujeme odpovídající pojmy a nalézáme jejich vzájemné vztahy a vazby. Z těchto pojmů a vazeb pak věda vytváří teorie. Je-li to možné (a ve fyzice to možné je), teorie pracuje s veličinami kvantitativní a měřitelné povahy a je pak formulována jako teorie s matematickou strukturou.

Tato teorie musí správně popisovat a vysvětlovat pozorované jevy a známé skutečnosti v dané zkoumané oblasti. Musí také umět činit předpovědi pro situace, které dosud studovány a zkušeností zmapovány nebyly. Teorie musí nabídnout očekávané výsledky nově připravených pozorování či důmyslných experimentů, které teprve budou provedeny a v nichž přírodě položíme vhodně formulované otázky. Samozřejmě že interpretace výsledků je podmíněna pojmy a „paradigmatem“ této teorie. Dokáže-li teorie předpovědět něco neočekávaného, co dříve známo vůbec nebylo, stane se tato skutečnost jejím triumfem, jako kdysi kupř. předpověď existence elektromagnetického vlnění apod.

**11.** Dvěma základními požadavky kladenými na vědeckou teorii jsou její vnitřní konzistentnost a testovatelnost předpovědí. Logická konzistentnost teorie je nutná. Je-li teorie vnitřně sporná, tj. odporuje-li sama sobě, nevíme, o čem vlastně mluvíme, a vyvodit z ní lze cokoli. Neznamená-li řazení slov v nějakém tvrzení vlastně vůbec nic rozumně uchopitelného (jak tomu bývá často v pseudovědě), je třeba takovou výpověď řadit do oblasti slovesné tvorby a měla by soutěžit svým vlivem na lidské pocity v oblasti třeba moderní poezie a nikoli vědy.

Druhým požadavkem na vědeckou teorii je očekávání, že je schopna poskytnout testovatelné předpovědi, v nichž by bylo možno rozhodnout, zda se předpověď naplnila či nikoli (byť třeba statisticky). Samozřejmě, splněná předpověď není ještě přímým důkazem teorie, je jen podmíněným svědectvím o správnosti nastoupené cesty. Neúspěch předpovědi je, při jisté nutné opatrnosti, její falzifikací. Každá teorie musí být falzifikovatelná; nelze-li ji vyvrátit, je teorie bezcenná a neužitečná a není vědeckou teorií. Takové „teorie“ jsou opět obvyklé v pseudovědě.

Samozřejmě, ne všude lze všechno tak jasně a zřetelně sledovat jako ve fyzice. Ne všude lze dosahovat takové přesnosti pojmů a přístupů a ne všude lze provádět experimenty a nezpochybnitelná pozorování.

Ale i jinde, v jakémkoli lidském činění v běžném životě, v politice apod., je přesto požadavek maximální jasnosti, logické konzistence a alespoň nepřímého a zprostředkovaného testování předpovědi samozřejmým požadavkem. Zda nějaké tvrzení vůbec může být pravdivé (není-li nesmyslné už ve své formulaci) a je-li opravdu „pravdivé“, tj. odpovídá-li skutečnosti, musíme dokládat. Nelze-li to přímým testováním, tedy alespoň nepřímými argumenty či hodnověrnými svědectvími. Kéž by alespoň tento zbytek vědecké metody, jistá solidnost myšlení a argumentování byla samozřejmostí všude kolem nás!

**12.** Jak je tomu s vědou a morálními hodnotami? Jistě, přírodní věda se zabývá přírodním děním a lidské hodnoty bezprostředně nepostihuje. Říci však, že věda a morální hodnoty nemají nic společného, by bylo nepravdivé a vůči vědě nespravedlivé. Ba naopak, věda jako lidský produkt je v mnohém směru téměř přímo ztělesněním řady kladných lidských hodnot.

Jmenujme některé. Příklady jsou pravdomluvnost, poctivost a čestnost. Lhát a podvádět se ve vědě nesmí a ani se to nevyplácí. Věda sama to brzy odhalí. Je sebekritická a skromná. Věda ví, že žádná její teorie není tou poslední a nevyvratitelnou. O všech svých tvrzeních pochybuje, vše znovu a znovu prověřuje. Věda je tolerantní, byť přísná a důsledná. Do soutěže nových myšlenek připouští při formování nové teorie i zdánlivě téměř beznadějná a nepřijatelná náměty. Nesmějí však odporovat známým poznatkům a musejí být ochotny podrobit se testování svých předpovědí. To pavěda ráda nemá. Věda je nezvykle pracovitá. Dá se říci, že je přímo posedlá prací a úporným hledáním a nalézáním nového. Je zdravě zvědavá a tvůrčí atd. A jistě bychom ve vyjmenovávání kladů mohli pokračovat.

Položme však tu nejzávažnější otázku: „Nalézá věda poslední pravdu? Má vědecké poznání limitu?“ Neumíme dobře odpovědět, ale není to asi až tak důležité. Můžeme totiž v každém případě říci, že věda je kumulativní. Rozhodně není „kam vítr, tam plášť!“

Nalézá nové teorie a nahrazuje staré. Ale starou teorii plně nezahodí. Každá nová, širší a lepší teorie starou teorii využívá jako přibližný popis, vyhovující v oblastech, ve kterých byla dříve užívána a přibližně potvrzována. Nová teorie by také měla umět ukázat, proč stará teorie selhala a nestačila v nově zkoumaných oblastech a situacích.

Nová teorie může být zformulována i ve zcela odlišných pojmech a představách. Jako příklady vztahů velkých teorií lze z fyziky uvést vztahy: newtonovská – relativistická mechanika, termodynamika – statistická fyzika, klasická – kvantová mechanika apod.

I když se pojmový aparát a struktura nové teorie hodně mění, lze (díky samozřejmé vazbě vědy na testování experimentem!) přesto prohlásit, že „poznání se prohlubuje a rozšiřuje své hranice“.

**13.** Co tedy říci na závěr příspěvku o hodnotách a metodě vědy?

Lze říci, že věda je tím nejcennějším, co máme. Na přední místo mezi všemi tvory v přírodě vyneslo člověka jeho racionální myšlení. Vrcholem racionálního myšlení

v krystalické podobě je právě věda. Ta je v jistém smyslu vyvrcholením celého do-  
savadního vývoje. Jen věda nám může pomoci pokračovat dál a zvládat problémy,  
před kterými se lidé ocitají.

Rozvoj vědy je neuvěřitelně napínavým a dramatickým příběhem stále se rozšiřu-  
jícího a prohlubujícího poznání. Věda nám umožňuje nahlédnout i tam, kam vlastně  
už jinak nedohlédneme a kam nedosahuje už ani naše intuice a představivost. Vědecké  
poznání přineslo člověku dříve netušené pohodlí a dříve nevídanou moc. Rozvoj vědy  
a její využívání se v poslední době stále zrychlují a institucionalizují.

Výsledky poznání člověka, dosažené racionalitou vědy, se však ocitají v nesouladu,  
ba až v kritické disproporci s jinými rysy lidské povahy, formované především evolucí  
člověka jako úspěšného živočišného druhu v minulosti. V lidské povaze jsou přítomny  
i jiné, vědě vzdálené stránky chování.

Bude-li člověk brát od vědy jen to, co se mu hodí a líbí, a nebude-li dbát toho, jaké  
hodnoty věda opravdu reprezentuje a jaké hlavní poselství mu vlastně přináší, pak se  
můžeme ocitnout v postavení dětí hrajících si se sirkami ve stodole plné sena.

Jádrum a hlavním poselstvím vědy je prosté a stručné konstatování: „Cokoli se  
tvrdí, musí být vyjádřeno jasně a zřetelně a obsah každého tvrzení se musí hodnověrně  
argumentovat a dokládat zkušeností.“

Kéž by opravdu všichni příslušníci druhu *Homo sapiens* byli hodni toho jména  
a kéž by ve všem svém konání byli ochotni respektovat hodnotu vědy, kterou snad  
lze nejstručněji vyjádřit prostě konstatováním, že „věda je zodpovědné myšlení“.

## L i t e r a t u r a

- [1] WEINBERG, S.: *Snění o finální teorii*. Hynek, Praha 1996.
- [2] WEINBERG, S.: *Tváří v tvář. Věda a její intelektuální protivníci*. Aurora, Praha 2004.
- [3] NAGEL, E., NEWMAN, J. R.: *Gödelův důkaz*. VUTIUM, Brno 2003.
- [4] REES, M.: *Our Final Hour*. Basic Books, 2003.
- [5] JELEN, J.: *Tisíc let nazpět a kupředu. Přežije člověk rok 3000?* Milénium vědy a filosofie, Filosofía, Praha 2002, 71–76.
- [6] PENROSE, R.: *Shadows in the Mind*. Oxford Univ. Press 1994.
- [7] KREPERÁT, J. P.: *Skrytá moc drahých kamenů*. Granit, Praha 2002.
- [8] RICHTER, J.: *Pyramidy bez záhad*. Eko-konzult, Bratislava 1998.
- [9] EL HAKIM CHALIL: *Tajemství pyramid. Pyramidální terapie. Mysterie a ezoterika*. Bra-  
tislava 1994.
- [10] CHOPRA DEEPAK: *Nesmrtelné tělo, nekonečná duše. Kvantová alternativa dlouhověkosti*.  
Pragma, Praha 1995.
- [11] CHUDÁČEK, I., MAREK, J. E.: *Fyzika na pokraji světa aneb psychotronika*. AOS Pub-  
lishing, Praha 1999.
- [12] BOLSTEIN, A.: *Obyčejné selhání jedné neobyčejné teorie*. RO Consulting, Praha 1999.
- [13] [www.sisyfos.cz](http://www.sisyfos.cz)
- [14] SOKAL, A. D.: *Transgressing the Boundaries: Toward a Transformative Hermeneutics  
of Quantum Gravity*. Social Text, No 46/47 (1996), 217–252.  
SOKAL, A. D.: *A Physicist Experiments with Cultural Studies*. Lingua Franca, May/June  
1996, 62–64.
- [15] POPPER, K.: *Logika vědeckého zkoumání*. Oikúmené, Praha 1997.
- [16] KUHN, T.: *Struktura vědeckých revolucí*. Oikúmené, Praha 1997.

- [17] EINSTEIN, A., INFELD, L.: *Fyzika jako dobrodružství poznání*. Orbis, Praha 1958.
- [18] JELEN, J.: *Paradoxy prostoročasu*. PMFA 46 (2001), 18–32.
- [19] FUCHS, C. A., PERES, A.: *Quantum theory needs no interpretation*. Physics Today 53 (March 2000), 70–74.
- [20] RUELLE, D.: *Chance and Chaos*. Princeton Univ. Press 1991.
- [21] JELEN, J.: *Matematická nekonečna a fyzika*. Čes. čas. fyz. 53 (2003), 149–154.
- [22] JELEN, J.: *Gödelův odkaz v matematice a jeho možné souvislosti ve fyzice*. 13. konferencia slovenských a českých fyziků, Zvolen 1999, 441–444.

# Překvapení z didaktického výzkumu: Jak studenti „užívají“ matematické definice

Barbara S. Edwards a Michael B. Ward, Oregon

## 1. Úvod

Autoři článku se setkali na letní škole, kterou sponzorovala organizace Oregon Collaborative for Excellence in the Preparation of Teachers (OCEPT). B. Edwardsová je badatelka v oblasti matematického vzdělávání na vysoké škole. M. Ward je matematik, učí čistou matematiku na vysoké škole a před svou účastí v programu OCEPT neměl téměř žádné zkušenosti s výzkumem v oblasti didaktiky matematiky. Během letní školy B. Edwardsová popsala Wardovi výsledky své doktorské práce [5], v níž se zabývala tím, jak studenti rozumějí matematickým definicím a jak je používají v kurzu matematické analýzy. Její výzkum ukázal, že úlohy týkající se např. definic limity a spojitosti byly pro některé studenty problematické. Wardova okamžitá intuitivní reakce zněla, že slova limita a spojitost jsou „zatížena“ konotacemi z jejich nematematického užívání

---

BARBARA S. EDWARDSOVÁ získala titul Ph.D. v didaktice matematiky na Pennsylvánské státní univerzitě v roce 1997 (čímž začala svou třetí kariéru). Je docentkou na katedře matematiky na Oregonské státní univerzitě, Oregon State University, Corvallis, OR.97331, e-mail: [edwards@math.orst.edu](mailto:edwards@math.orst.edu)

MICHAEL B. WARD studoval na Utažské státní univerzitě a získal titul Ph.D. na Univerzitě v Utahu v roce 1979. Do roku 1997 pracoval na Bucknellově Univerzitě, pak přešel na Western Oregon University; Department of Mathematics, Western Oregon University, Monmouth, OR.97361, e-mail: [wardm@wou.edu](mailto:wardm@wou.edu)

Z anglického originálu *Surprises from Mathematics Education Research: Student (Mis)use of Mathematical Definitions* (The American Mathematical Monthly 111 (2004), 411–424) přeložila NAĀA STEHLÍKOVÁ.

© Amer. Math. Monthly 2004