

# PROČ PŘÍRODOVĚDEC CTÍ A OBDIVUJE MATEMATIKU

(a jak obracet nevěrce na víru)

RUDOLF ZAHRADNÍK

## 1. Úvodem pár drobných poznámek

Za prvé dovolu mi říci, že z pozvání se raduji proto, že mohu nahlas ocenit vaše úsilí přispět kvalitě výuky matematiky. Soudím totiž, že zlepší-li se úroveň výuky matematiky, povznese se úroveň celé výuky. Připomínám, že podle známých svědků byla ve 30. letech úroveň zdejších gymnázií srovnatelná s úrovní gymnázií švýcarských, holandských, či německých; až (snad) na výjimky dnes tomu tak není.

Za druhé, uvědomil jsem si, že dobrý učitel matematiky a dobrý praktický lékař mají společné rysy. Musí se vyznačovat vysokou úrovní znalostí, musí mít dobrý vztah ke studentovi či pacientovi, musí mít ctizádost studenta dobře uvést do říše matematiky, či pacienta vyléčit a musí se smířit s tím, že student i pacient dokáží být protivní. Dobrý učitel a dobrý lékař to musí zvládnout.

Za třetí, déle než půlstoletí jako učitel slýchám od studentů „nejsem nadaný na angličtinu“ či „nemám nadání na matematiku“. V prvním případě říkám „Karlíčku nesmíte bejt línej“ a nenaučíte-li se řekněme 7 či 8 slovíček denně, zmenšete si večeri na polovinu. A dále „Evičko, Vy i já víme, že jste duševně v dobré kondici, že se Vám kdeco daří, nikdo z Vás nechce dělat Eulera nebo Gausse, avšak věřte mi, že pro zdravé myšlení je nutná znalost jakéhosi matematického minima stejně jako pro zdravou fyzickou existenci jsou nutné základní hygienické návyky.“

## 2. Jedinečnost matematiky a postavení matematiky mezi vědami

Matematika si po tisíciletí vytváří předměty svého zájmu sama – tím se lišila (do nedávna) od přírodních věd. Často i znalí lidé ji pokládají za přírodní vědu. Tento omyl je žádoucí vymýtit a postavit matematiku na pedestal, na který má nárok nejen pro svou jedinečnost (konkrétně např. výuka formou *věta – důkaz*, či *důkaz sporem*), ale i proto, že je neodmyslitelnou bází všech věd přírodních a technických. Dnes lze navíc bezpečně říci, že je základem věd veškerých. Matematika se může rozvíjet bez nich, opačně to však neplatí! A navíc je jedinečným prostředkem pro osvojení logického myšlení.

Zde je třeba odskočit. Je naléhavě nutné varovat před přílišným zdůrazňováním užitečnosti matematiky při řešení praktických úloh, je-li tento pohled ryze ekonomického rázu. Z něho neznalí vyvozují, že složité abstraktní konstrukce, nesloužící v dané chvíli praxi, nezasluhují pozornost a podporu. Lidé se skromnou intelektuální výbavou to mají za výchozí bod útoků na základní

badatelství, na „čistou vědu“. Nebudu to dále rozvíjet, protože účastníci tohoto setkání vědí více než dobře, že je jen otázkou času, kdy prostředky abstraktní čisté vědy poslouží jedinečným způsobem ryzí praxi.

A teď zpět k rozvíjené úvaze. Jedinečný výrok Diraca, jednoho ze zakladatelů kvantové mechaniky, opravdu stojí za připomenutí:

*Fyzikální zákony, tvořící základ matematické teorie velké části fyziky a celé chemie, jsou tedy dopodrobna známy; potíž je jen ta, že přesná aplikace těchto zákonů vede k tak složitým rovnicím, že jsou neřešitelné. Je tudíž žádoucí vyvíjet aproximační a praktické metody na bázi kvantové mechaniky, které dokáží vysvětlovat bez přílišného počítání hlavní rysy systémů složených z atomů.* [P. A. M. Dirac, Proc. Roy. Soc. (London) 123, 714 (1929).]

Po osmdesáti letech lze konstatovat, že znamenité aproximační metody byly vyvinuty a že po celém světě jsou k dispozici kvalitní počítačové programy a nesmírně produktivní počítače. A navíc a hlavně výrok se dnes týká nejen „velké části fyziky a celé chemie“, ale i veškerých biodisciplín. A to je právě směr, v němž se vyvíjí ohromné výzkumné úsilí v souvislosti s touhou porozumět fungování živé hmoty. A proto mne vždy zatrne, řekne-li mi student na mou otázku, proč si zvolil jako studijní obor biochemii, že je to proto, že je tam málo fyziky a matematiky. Říkám mu, že je škoda se rovnou zařazovat mezi druhou či třetířadá.

### 3. Stredoškolská matematika

Matematika, její výuka, může pomoci překonávat hrozivě rozšířenou povrchnost, nedůslednost, nesoustavnost. Při výuce matematiky nutno nemilosrdně lpět na *opravdové* znalosti toho, co lze pokládat za znalostní základ pro člověka 21. století. Jistě tam budou patřit základy algebry a geometrie, přímá a nepřímá úměrnost, algebraické rovnice a jejich soustavy až po základy trigonometrie a základy analytické geometrie. Bezpečné zvládnutí těchto partií je podmínkou nutnou, podmínkou, kterou nelze obejít pro úspěšnost u maturity. Matematika pro zájemce o přírodní a technické vědy vyvrcholí prací s funkcemi, limitami a s úvodem do infinitesimálního počtu. Tyto partie budou tvořit součást maturity z matematiky na vyšší úrovni. Samozřejmě rozsah a požadavky na maturitu z matematiky na odborných školách se budou řídit zaměřením školy. A ještě jedno naléhavé doporučení: vedme studenty ke způsobilosti činit dobré semikvantitativní odhady a učme je uvádět toliko snesitelný počet platných míst.

Ještě slovo o roli cvičení. Velice se přimlouvám za to, aby studentům zadané úlohy pro cvičení měly vždy, řekněme, dva příklady kompletně a srozumitelně (tedy bez myšlenkových zkratk) vyřešené. Soudím, že pro překonání ostychu a pro překonání myšlenkové bariéry je to mimořádně důležité.

Požadavky na učitele matematiky. Vedle požadavků kladených na učitele všech zaměření (velmi dobré odborné znalosti a splnění mravních požadavků) si dobrý učitel musí být trvale vědom toho, že v obecném povědomí nepanuje

vůči matematice tak vlídný vztah, jaký se uplatňuje ve vztahu např. k výuce jazyků či historie nebo ekonomiky. Toho si musí být trvale vědom a trvale a obratně tuto překážku překonávat. Dále a navíc musí trvale a houževnatě usilovat, aby se vyjadřoval srozumitelně. Mám pocit, že v tomto směru je co dohánět. Dobrý kantor si musí trvale ověřovat, ovšem ne na nejlepších žácích, stav jejich vnímání. Mentální interakce s třídou má podstatný význam.

#### 4. Vysokoškolská matematika

Tato poznámka se týká toliko škol přírodovědeckého zaměření. To se rozumí, že ústřední postavení má infinitesimální počet a především diferenciální rovnice. Tomu zajisté předchází obvyklá cesta vedoucí přes funkční závislosti a limity k náležitému úvodu do diferenciálního a integrálního počtu. Přimlouvám se velice, aby rigoróznějšímu výkladu předcházela velice průhledná řeč o sečně a tečně křivky, o okamžité a průměrné rychlosti, o výpočtu plošného obsahu zahrady nepravidelného tvaru: numerická integrace.

Funkční závislosti a analýza významných bodů křivek má význam sama o sobě, ale především je důležité pro hledání maxim, minim a sedlových bodů na (nejen) energetických hyperplochách v multidimensionálním prostoru. Tyto úlohy mají zásadní důležitost v molekulových vědách, ale také v ekonomii.

Velkou roli hraje výklad o skalárech, vektorech, tenzorech a o Hilbertových prostorech.

Něco pozornosti si zaslouží axiomatika matematických teorií, a to proto, že axiomatika hraje velkou roli v rigorózním pólu přírodních věd. Myšlenkový rozvoj přírodních věd se totiž děje cestou induktivní, nebo deduktivní. Deduktivně se postupuje v oblastech spjatých s klasickou, kvantovou a statistickou mechanikou a v termodynamice. Tyto disciplíny jsou založeny na několika axiomech.

Rigorózní pohled na molekulovou úroveň celé přírodovědy umožňuje kvantová mechanika a v této souvislosti je třeba studenty zasvětit do lineární algebry, do práce s maticemi a determinanty. To vše poslouží při řešení časově nezávislé a časově závislé Schrödingerovy rovnice. Časově nezávislou formu reprezentuje parciální diferenciální rovnice druhého řádu. Na ní založená kvantová chemie je nemyslitelná bez znalosti teorie symetrie, teorie grup. Užitečná je též teorie grafů.

Matematická statistika je pro přírodovědce užitečná v několika směrech; zásadní roli hraje pro statistickou mechaniku (a termodynamiku), bez níž se neobejdeme při práci s velkými soubory atomů, molekul a makromolekul.

Pro zasvěcenější pohled na počítače a počítačové sítě je třeba si dopřát úvod do Boolovské algebry.

## Závěr

Na konec se chci přimluvit za to, abychom brali svůj učitelský úděl jako jakési privilegium. Služme mu s trvalým nasazením a s chutí. Naše výklady by nikdy neměly být chladné. Všechny tyto vlastnosti měl náš oslnivý učitel matematiky, profesor Miloslav Hampl (šéfmatematik Škodových závodů) na Vysoké škole chemicko-technologické v roce 1948. Se skripty nevelkého rozsahu nás velmi úspěšně zaslavil ve dvou semestrech do matematiky pro přírodovědce. V té době měla jeho brilantní přednáška v Evropě jen velmi málo obdob. Mnozí z nás po jeho přednáškách zatoužili alespoň po jediném semestru „opravdové matematiky“ na Matematicko-fyzikální fakultě.

Nadmíru instruktivní jsou slova Dr. Arnošta Reiserera, profesora fyzikální chemie, který v letech 1950 až 1960 přednášel v Praze. Cituji je:

*Naučil jsem se jednu věc – věda není obsažena jen ve vzorcích a rovnicích, ale potřebuje také být vyprávěna jako příběh. Pochopení přichází skrze jazyk a vhodné vyjádření myšlenek, které může posluchače dovést k jejich skutečnému pochopení, vyžaduje od učitele téměř básnický výkon.* [A. Reiser: *Život s vědou 1939–2009*, str. 36. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 2010.]

Dosud jsem se úmyslně vyhnul vztahu výkonné moci ke školství a vědě. Koloběh se pořád opakuje: sliby a vlídná slova před volbami, škrty a špatné zacházení po volbách. Naděje na zlepšení je velice malá. Naléhavě však doporučuji, nenechme se znechutit a dělejme pro naše studenty vše, co je v našich silách. A mějme naději, že po našich nevalných politicích zbude jen něco pachuti, kdežto naši dobří studenti, věrme tomu, budou mít šanci povznášet naši zemi mezi země opravdu kulturní, vzdělané a civilizované.