

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Seymour Papert

Niektoré poetické a spoločenské kritéria pri návrhu výuky

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 26 (1981), No. 2, 92--97

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138648>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1981

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>

*Seymour A. Papert, Cambridge, USA*

*Seymour A. Papert je u nás známy predovšetkým ako spoluautor (spolu s Marvinom Minskym) knihy „Perceptrons“ (MIT Press, 1969, ruský preklad: Mir, 1971). Doktorát z matematiky získal v Cambridgi prácou o základoch topológie. Pracoval v Poincarého inštitúte, potom v londýnskom Štátnom laboratóriu pre fyziku, kde sa zaoberal kybernetikou. Neskôr v Johannesburgu experimentoval s vnímaním cez deformujúce okuliare. Okrem matematiky a kybernetiky sa takto jeho záujmy rozširovali postupne aj na problematiku inteligencie. Po niekoľkoročnej úspešnej spolupráci s Jeanom Piagetom na ženevskej univerzite a neskôr v Piagetovom Centre pre genetickú epistemológiu sa v roku 1964 stal profesorom matematiky na massachusettskom technologickom inštitúte (MIT) v Cambridgi. V rokoch 1969 až 1974 viedol spolu s M. Minskym Laboratórium umelej inteligencie tohoto inštitútu. V súčasnosti je S. Papert vedúcom projektu LOGO na tom istom pracovisku.*

*Cielom projektu LOGO je vytvoriť kvalitatívne nový spôsob vzdelávania detí a mládeže, vytvoriť prostredie pre takýto druh vzdelávania a experimentálne overiť správnosť návrhu i jeho realizácie.*

*Vo vzťahu k matematike sú ciele projektu LOGO v kontemplatívnej rovine načrtnuté v uverejnenom článku. Projekt LOGO ako celok stojí na troch teoretických pilieroch: na matematike, na psychológii (predovšetkým na Piagetovej genetickej epistemológii) a na computer science (na poslednom hlavne tým, že veľmi hlboko využíva pri vyučovaní predmetov — nielen matematiky, ale aj astronómie alebo napríklad biológie — výpočtovú paradigmu).*

*Jozef Kelemen*

Obdobie desiatich rokov je síce provokujúce, avšak veľmi krátke na predpovedanie vplyvu počítačov na výuku. Ak sa ma spýtate, či v dôsledku existencie počítačov prejde vyučovacia prax *základnou* zmenou v priebehu nasledujúcich piatich, resp. dvadsiatichtpiatich rokov, odpoviem „NIE“ na prvú otázku, no na druhú „ÁNO“. Čo sa však stane o ďalších desať rokov závisí v podstatnej miere od toho, nakoľko sa budeme usilovať a kedy ľudia, disponujúci patričnými finančnými, intelektuálnymi a morálnymi prostriedkami, pochopia príležitosť a nevyhnutnosť konať. Ak budeme pružní, je ešte stále možné, že v roku 1985 modelové školy a vyučovacie centrá zmenia to ihrisko, na ktorom si spoločnosť buduje perspektívu vývoja školstva.

Tým mám na mysli, že zmeny, ktoré by takto nastali v porovnaní s dnešným stavom, bolo by možné čo do obsahu i čo do rozsahu porovnať so zmenami, ktoré nastali v doprave alebo v medicíne v minulom storočí vďaka technologickému a vedeckému pokroku. Je však možné aj to, že používanie lacných mikropočítačov v každej triede nezapríčiní hlbšie zmeny než používanie najrozličnejšej ostatnej techniky. Preto sa mi nevidí dostatočne realistické snažiť sa uhádnuť, aká bude situácia v roku 1985. Je však potrebné

---

\*) SEYMOUR PAPERT: *Ten Year Forecast for Computers and Communications for Education*. Proceedings of the HUMRO Conference (Sept. 16–18, 1975), Academic Press Inc. August 1976.

© Academic Press, New York, USA, 1976.

začať sa seriózne zaujímať o to, aká by *mohla byť*, pretože takýto záujem by mohol ovplyvniť skutočný vývoj. Nie vždy si totiž tí, ktorí rozhodujú, dostatočne uvedomujú, čo je možné urobiť, aké možnosti odkrýva dnes výskum na početných výskumných pracoviskách a z ktorých objavov by o desať rokov mohla mať osoh celá spoločnosť. V tomto článku by som chcel upozorniť na niektoré z týchto možností. Opísať, čo a ako by sa dalo robiť.

Podľa môjho názoru ide o problém navrhovania. Článok možno chápať i ako cvičenie v návrhu učebného prostredia pre deti, vychádzajúc z predpokladu, že určitá technológia je, resp. bude k dispozícii. Netvrdím, že sa školstvo nevyhnutne prispôbiť môjmu návrhu, ani to, že by sa tak malo stať. Bol by som rád, keby ste si na základe môjho návrhu urobili predstavu o čomsi veľmi dôležitom, majúcom všeobecnú platnosť. Želal by som si, aby ste videli, ako sa pracuje na *navrhovaní* vzdelávacieho systému a mohli túto prácu porovnať s púhym zdokonaľovaním už existujúcich systémov. Je ťažké zachytiť presný rozdiel medzi týmito dvoma možnosťami. Domnievam sa však, že je v podstate vhodné a užitočné rozlíšiť výskumy a reformy vo vzdelávaní, ktoré sa týkajú hlavne lokálnych zmien vo fungujúcich systémoch, od ich komplexného prebudovania. (Je samozrejme ľahko možné, že ľudia, ktorí budú v budúcnosti posudzovať naše činy, budú pokladať to, čo si my dnes predstavujeme, za márnenie času rozpracovávaním v podstate zastaralých predstáv. Aj my sa dnes dívame tak na domyselné spôsoby, ktorými chceli inžinieri zrýchliť diaľkovú dopravu využitím vtedajšieho pokroku v metalurgii na zdokonaľenie konského poľahu.

Dajme sa ale do práce. Úlohou je vytvoriť učebné prostredie, povedzme pre

deti základných škôl. Ako však začať? Ponúkajú sa tri možné východiská.

(1) Mohli by sme vychádzať zo stavu, aký je v základnom školstve dnes. Ak by sme si zvolili túto možnosť, skúmali by sme, čo sa v takejto škole robí, zisťovali by sme slabé stránky a hľadali spôsoby ich nápravy pomocou novej technológie.

(2) Za východisko si môžeme zvoliť aj technológiu. Takéto východisko by nás priviedlo k predpovediam o strojoch, ktoré budú k dispozícii v budúcnosti a k nachádzaniu spôsobov ich využitia v škole. Veľmi názorným príkladom takéhoto „strojmi ovplyvneného“ prístupu je súčasná záľuba v hľadaní možností, ako pri vyučovaní malých detí využiť vreckové kalkulačky.

(3) Tretia možnosť je zásadne odlišná od predchádzajúcich a práve z nej budeme vychádzať. Začneme tým, že si vyberieme príklad úspešného učenia sa (alebo úspešnej výchovy, ak sa vám to viac páči) a vynasnažíme sa stanoviť vlastnosti, ktoré ho takým robia. Potom budeme hľadať odpoveď na otázku, ako tieto vlastnosti nájsť i v oblastiach, v ktorých učenie prebieha obvykle neúspešne. V minulosti hrala v mojich prácach úlohu „úspešného modelu“ schopnosť detí rýchlo sa naučiť materinskú reč alebo rýchlo nadobúdať zručnosti v piagetovských konkrétnych operáciách. V oboch uvedených prípadoch prebieha učenie „bezbolestne“ a s plným úspechom v tom zmysle, že všetky „normálne“ deti sa naučia hovoriť a používať pri svojej činnosti napríklad princípy stability alebo tranzitívnosti. To je značne odlišné od spôsobu, ako deti učia rôznym činnostiam v škole. Proces školského vyučovania je pre väčšinu detí sprevádzaný pocitom „bolesti“ a je veľmi nespoľahlivý. Priveľa detí totiž v skutočnosti nadobudne iba minimálny stupeň znalostí aj napriek

vytrvalému nátlaku zo strany učiteľov i rodičov (či práve preto?). Na inom mieste som už rozoberal problém, či táto odlišnosť nastáva následkom pôsobenia hlbokých a neprekonateľných faktorov podobných tým, ktoré vystupujú v Chomského teórii, podľa ktorej je jazyk (v skutočnosti) nie naučenou, ale (v podstate) vrodenu schopnosťou. Hovoril som už tiež, že táto odlišnosť by sa dala pripísať len na vrub povrchných faktorov, ako napríklad celkovému času strávenému učením (skôr ako podmienkam, za ktorých učenie prebieha). Domnievam sa, že primárnym faktorom nie sú ani vrodené rozdiely ani strávený čas, ale najskôr charakter vyučovacieho procesu. Problém sa však nevyrieši domnienkami alebo špekuláciami, ale pokusmi (spomedzi ktorých jeden opíšem) vybudovať úplne nový druh vzdelávacieho prostredia. Vráťme sa teraz k nášmu plánu. Prvým krokom bude výber a opísanie „úspešného modelu“.

Model, ktorý pri tejto príležitosti použijem, je svojou prirodzenosťou a vysokým stupňom bezbolestnej úspešnosti podobný tým, ktoré som spomínal (napríklad učenie sa reči). V mnohom sa však od nich aj líši. Najmä v tom, že sa nevzťahuje iba na deti. Týmto modelom je organizačná forma, ktorú som mal príležitosť spoznať minulé leto v Riu de Janeiro. Jeho názov sa dá z portugalčiny preložiť ako „školy samby“, aj keď predpokladám, že ak by takéto niečo existovalo v Spojených štátoch, v názve by sa slovo „škola“ nevyskytovalo. Mohli by sme to charakterizovať ako „klub“, aj keď *je* to škola v tom zmysle, že sa v nej ľudia učia. *Nie je* to však škola, lebo učenie nie je prvoradým dôvodom účasti ľudí v „škole samby“. Účasť sa vyžaduje tak, ako od člena športového tímu. Ak navštívite školu samby v bežný sobotný večer, budete ju pokladať

za tanečnú sálu. Hlavným zamestnaním je tancovanie a to, čo k tomu patrí – pitie, konverzácia a pozorovanie okolia. Z času na čas sa tancovanie zastaví a cez hlučnú zosilovaciu aparatúru niekto zaspieva alebo prednesie krátku reč. Čoskoro si začnete uvedomovať, že je tu užšia súdržnosť a dlhodobější spoločný cieľ než medzi bežnými tanečníkmi v typickej americkej tanečnej sále. Škola samby má totiž iný cieľ než pripraviť zábavu na ten-ktorý večierok. Jej cieľ je späť so slávnym Karnevalom, ktorý ovládne Rio v posledný fašiangový deň, a v ktorom každá „škola samby“ bude súčasťou viac ako 24hodinového sprievodu pouličného tanca. Jej vystúpenie bude starostlivo pripravené, vyzdobené a choreograficky stvárnené predvedenie nejakého príbehu. Zvyčajne ide o ľudový príbeh interpretovaný pomocou veršov, hudby a tanca, ktoré vznikli počas predchádzajúceho roka. Takáto je teda celková funkcia školy samby. Ľudia, ktorí ju navštevujú, zúčastňujú sa zároveň s tancovaním aj výberu a vypracovania témy na nasledujúci Karneval. Piesne, spievané v prestávkach medzi tancom, predstavujú návrhy na výber do programu. Počas tanca prebieha výber na obsadenie hlavných úloh súčasne s nácvikom a opakovaním už osvojeného. Pri tej istej činnosti nájdete tu teda uplatnenie tanečníci rôznej výkonnosti a rôznych schopností. Dôvody, pre ktoré môžeme „školu samby“ pokladať za úspešný model vyučovania, sú príliš zložité na to, aby sme ich tu mohli všetky aspoň stručne uviesť. Vyberieme preto iba jeden, ten najjednoduchší a najzreteľnejší z jeho školských aspektov. Je to funkcia školy samby ako tanečnej školy.

Z tohoto hľadiska pozoruhodným aspektom školy samby je prítomnosť ľudí s rôznymi schopnosťami, ktorí sa na jednom mieste zaoberajú rovnakou činnosťou

– tancovaním, počnúc malými deťmi, ktoré sotva hovoria, až po superhviezdy, ktoré by nezahanbili ani sólisti tanečných súborov z ktoréhokolvek kúta sveta. Už to, že sú spolu, pôsobí na začiatočníkov výchovne. Oveľa väčší význam však má miera vzájomného pôsobenia medzi tanečníkmi s rôznou úrovňou tanečnej vyspelosti. Z času na čas niektorý z tanečníkov pozýva ďalších členov k spolupráci na nejakom technickom detaile. Takáto skupina môže existovať 10 minút alebo pol hodiny, priemerný vek jej členov môže byť 5 alebo 25 rokov, spôsob ich spolupráce môže byť vysoko didaktický alebo jednoducho môže byť iba príležitosťou pre výmenu skúseností s vyspelým tanečníkom. Detaily nie sú dôležité. Na čom záleží, je skĺbenie vyučovania s širším a bohatším kultúrno-spoločenským zážitkom.

Našou úlohou je teraz preniesť pozitívne javy zo školy samby na vyučovanie tradičnej učebnej látky, povedzme matematiky alebo gramatiky. Dokážeme to? Neinformovanému odporcovi matematiky sa riešenie tejto úlohy bude zdať veľmi ťažké (až nemožné) z „jednoduchého“ dôvodu, že totiž tanec je zábava a matematika nuda. To je však omyl. Čo je „tanec“ a čo je „matika“. Matika je pre dieťa veľmi často *vzdialenou, neosobnou* skúsenosťou s mechanickým narábaním so symbolmi podľa naučených pravidiel. Ak by sme zbavili tanec jeho prirodzenej podoby napríklad tým, že by sme ho zredukovali na pravidlá, ktoré sa treba naučiť, a s ktorými potom treba operovať, nebol by o nič príťažlivejším ako denaturovaná matematika. Pre matematikov je však matematika zábavou. Musí byť tá matematika, ktorú učíme deti, zbavená svojej prirodzenosti? To je vskutku otázka. Ak nie, tak mi povedzte, prečo ju zbavujeme prirodzenosti na školách?

Mám jednu pomerne presvedčivú a dob-

re premyslenú odpoveď na túto otázku. Matematiku musíte zbaviť jej prirodzenosti, ak ju chcete učiť tradičným spôsobom. Na veku žiakov nezáleží. Je to priamy dôsledok tradičnej metódy používanej na školách, v prvom rade technológie papiera a ceruzky! Najcharakteristickejším znakom tejto metódy je jej statickosť, proti ktorej stojí dynamická technológia počítačov.

Podľa môjho názoru, ak sa nám podarí *robiť* matematiku nejakou novou dynamickou metódou namiesto statickej, potom možno budeme môcť učiť *skutočnú matematiku* namiesto *denaturovanej*. Tým dosiahneme účinok školy samby. Prichádzame takto k ďalšiemu kroku v našom procese navrhovania: potrebujeme stanoviť oblasť, ktorá by predstavovala pre deti skutočnú matematiku a ktorú by bolo možné vyučovať vyhovujúcou metódou.

Úloha objaviť takúto novú matematiku nie je triviálna. Nemôžeme však ani očakávať, že by to bolo jednoduchou vecou. Ak chceme problém úspešne vyriešiť, potrebujeme do pedagogického výskumu zaangażovať nových ľudí. Napríklad takých, u ktorých sú dokonalejšie vyvinuté schopnosti tvorivej práce v matematike, než ako je to bežné u pracovníkov zaoberajúcich sa vyučovaním detí. Skôr však, než to navrhnem ako dôležitú národnú (a aj medzinárodnú) úlohu, musím poukázať na to, že vskutku existujú isté poklady matematiky, ktoré je potrebné ešte objaviť. Ako existenčný dôkaz sa odvolám na náš vlastný príspevok v tomto smere, menovite na geometriu korytnačky (*Turtle Geometry*), ktorú naša skupina na MIT už používa a ktorej používanie neustále rozširujeme.

Jednou z kľúčových myšlienok korytnačej geometrie je vytvoriť prostredie, v ktorom sa môžu navrhovať a riadiť zaujímavé činnosti pomocou dorozumievania

sa s počítačom v matematickom jazyku. Korytnačka je počítačom riadený robot, ktorý sa môže pohybovať ľubovoľným geometricky vyjadriteľným spôsobom. Korytnačia geometria je jazyk počítača (v našich prácach je zahrnutý v jazyku LOGO, aj keď to nie je jediná možnosť), ktorý sa môže použiť na opísanie pohybov. Veľkú hodnotu má skutočnosť, že geometria korytnačky je plodnejšou, prístupnejšou a intuitívnejšou geometriou než nepočítačové geometrie Euklida, Descartesa atď. Som presvedčený, že nasledujúca analógia má svoju hĺbku: Učiť matiku tak, že sa budeme dorozumievať s korytnačkou, je ako učiť tancovať tak, že budeme tancovať. Učiť matematiku spôsobom, kedy ceruzkou na papieri vyrábame „súčty“, je ako učiť tancovať cestou mechanického memorovania diagramov tanečných „krokov“.

V tomto bode vypracovávaní nášho plánu sa stretávame s niekoľkými metodologickými problémami a potrebujeme niekoľko podnetov z experimentov, prípadne z psychologických teórií. Prvý metodologický problém je takýto: Môžem (viem to zo skúsenosti ako iste aj mnohí z vás) vytvoriť niečo, čo by som nazval zrozumiteľným a prítlačivým príbehom o matematike a korytnačkách. Je to však dostatočný dôvod k tomu, aby ste uverili v moju analógiu ako v praktický cieľ nášho návrhu? Je to napríklad dostatočný dôvod, aby sme korytnačky brali do úvahy pri desaťročnej predpovedi vplyvu počítačov na vzdelávanie? Môžete mi poskytnúť zdroje potrebné k tomu, aby sa môj vizionársky sen premenil na skutočnosť?

V minulosti som sa tomuto problému (ktorý nazvem „poetickým princípom“) vyhýbal, hovoriac: „Ale sú tu *fakty*, sú tu *čiastkové realizácie* učebného prostredia s využitím korytnačiek a mnoho detí sa takýmto spôsobom skutočne učilo mate-

matiku (a tiež veľa iných vecí) s oveľa väčším úspechom a zaujatím ako v bežnej škole. Okrem toho si všimnime: práve tu to všetko spadá do novej interpretácie Piagetovej teórie a nových trendov kognitívnej psychológie.“

Dobre, toto všetko je pravda a písal som o tom podrobnejšie na iných miestach. Nech vám však predchádzajúce časti poslúžia ako prostriedky navodzujúce problémy, ktoré, ak vás k tomu náhodou podnieti moje rozprávanie, môžete hlbšie študovať. Teraz chcem zdôrazniť inú stránku „poetického princípu“. Musím priznať, že tento princíp nie je *postačujúci* k tomu, aby sa stal základom k vytvoreniu návrhu vzdelávacieho systému. To je samozrejmé. Stále viac a viac si však uvedomujem, že *je neoddeliteľnou súčasťou akéhokoľvek návrhu tohto druhu*. Rozumiem tým približne, že celková skúsenosť dieťaťa nadobudnutá v procese učenia musí niest pečať toho, čo nazvem *poetickou prítlačivosťou*. Rád by som poďiarkol, že úplný nedostatok poetiky je hlavnou (aj keď nie jedinou) príčinou, pre ktorú mnohé deti v hodinách matematiky nekompromisne odmietajú bolestivú prozaickú látku. (V tomto ohľade sa sotva líši stará a nová matematika!) Ako ste si mohli všimnúť, prešiel som na rozprávanie o „poetickom princípe“ z hľadiska dieťaťa. Zistil som, že je ľahšie presvedčiť ľudí, že dieťa väčšmi potrebuje poéziu vo svojich matematických predstavách než učiteľ, pedagogický psychológ alebo tvorca rozvrhu hodín, ktorí ju však potrebujú tiež. Som o tom presvedčený ja rovnako ako väčšina našej spoločnosti. Nemali by sme upadnúť do predstáv, že „vedecký“ znamená odmietnutie „poetického princípu“ na všetkých jeho stupňoch.

Iba *zdanlivo* som zablúdil od počítačov ku poézii. Protiklad, ktorý mnohí ľudia

vidia medzi počítačom a poéziou, je totiž úplne falošný. Tento môj článok by fakticky neutrpel, keby bol postavený na nasledujúcich myšlienkach: Prevtelenie matematiky do vhodne vybavených počítačov je tým najsilnejším prostriedkom, ktorým môžeme dať matematike poetické, kultúrne a osobne ľudské dimenzie, potrebné k tomu, aby ju ľahko prijali a absorbovali miliardy detí. Takto sa opäť dostávam k počítačom a teraz spomeniem niekoľko spôsobov, ktorými sa zhostujú svojej poetickej úlohy.

Ako stanoviť súvis medzi matematikou a krásou? Pre tých spomedzi nás, ktorí sú (vďaka ktovie akej šťastnej náhode) matematikmi, existuje dostatočne pevné spojenie tohto druhu, vďaka ktorému pre nás abstraktná matematika znamená najvyššiu krásu. Ak sa však nechceme spoliehať na náhodu, potrebujeme prostriedky, ktoré spájajú matematiku s krásom v miere postrehnuteľnej i estetickým citom nematematikov. *Počítačová grafika a skladanie hudby počítačom* sú dva skvelé príklady takýchto prostriedkov. Snažíme sa s uspokojivým, aj keď ešte nie plným, úspechom sprístupniť tieto činnosti deťom spôsobmi, ktorých zásluhou sa spojenie medzi matematickým obsahom a estetickou formou stáva úplne jasným. Jednou z týchto ciest je opäť geometria korytnačky. Pohyb korytnačky na televíznej obrazovke riadime tak, aby po sebe zanechávala stopu. Narastajúca zručnosť v používaní geometrických princípov sa stáva zdrojom schopnosti vytvoriť hodnotné výsledky v tvare dynamických obrázkov a (predovšetkým) animácie na kresliarskej úrovni, ktorú zvyčajne priemerný človek nenadobudne.

Jedným z faktorov, prečo má k tomuto škola samby vzťah je, že počítač umožňuje vytvoriť také výsledky v geometrii, na ktoré *reaguje* dieťa okamžite radosťou

a na ktoré je hrdé. Nepochybne príbuzným, hoci diametrálne odlišným je i faktor, že počítačová grafika môže byť rovnako pritažlivá pre mladých aj starých. Ten istý výsledok môžu často rovnako oceniť laici aj experti. Spoločné ocenenie deťmi aj dospelými pôsobí stmelujúco na spoločenskú kultúru. Stáva sa to často aj v iných oblastiach, v umení, pri vtípoch alebo v obdivovaní hrdinov. V matematike sa to však stáva iba veľmi zriedkavo. Toto je najpodstatnejšia príčina, prečo spoločnosť odmieta matematiku ako súčasť kultúry.

Dost som už rozprával o tom, že vytváranie návrhu vzdelávania pre budúcnosť bohatú na výdobytky techniky nás privádza k problémom, ktoré pracovníci výskumu v oblasti „vyučovania a jej modernizácie“ nemajúc o nich tušenie úplne zanedbávajú. Na svete existujú nepochybne desiatky tisícov ľudí, ktorí sa snažia odhaliť, čo sa deje v triedach, kde deti musia počítať ceruzkou na štvorčekovom papieri. Niektorí sa potom snažia vylepšiť tento stav tým, že nechajú deti počítať to isté pri termináloch počítačov. Nie je možou úlohou toto všetko kritizovať či hodnotiť. Nemôžem si však pomôcť, cítim sa byť totiž premožený skutočnosťou, že okolo 10 000 alebo i viac ľudí to robí s každým iným názorom, napríklad i s týmto, ktorý som načrtnol ja. Podľa mojej mienky to, ako sa budú mať veci o desať rokov, závisí veľmi citeľne od toho, či si spoločnosť dovolí v načrtnutom smere aspoň malý posun. Možno je tento problém viac politický ako technologický. Ak však politický aspekt závisí od toho, ako sme schopní prispôsobiť sa meniacim predstavám, potom je možné, že ide viac o problém poetický než politický.

*Preložila Viera Juričková*