

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Rudolf Zajac

Poznámky k využívání dejín fyziky vo výučbe

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 32 (1987), No. 6, 335--339

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139473>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1987

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>

jí cesty k nápravě v hlubším studiu psychických procesů abstrakce a postojů žáků k matematice.

V našich odlišných společenských podmínkách nepociťujeme důsledky společenských antagonismů, ale problematika výuky matematiky v průmyslově vyspělých zemích má také mnoho společného, proto se můžeme užitečně poučit i z úvah a snah francouzských didaktiků.

## POZNÁMKY K VYUŽÍVÁNÍ DEJÍN FYZIKY VO VÝUČBE\*)

*Rudolf Zajac, Bratislava*

Výdobytky modernej fyziky nadväzujú na predchádzajúci vývin tejto vedy; pojmový aparát, matematické prostriedky aj základné experimentálne metódy a finesy fyziky dneška vyrástli z toho, čo nám zanechali predchádzajúce generácie. Nik nepochybuje o tom, že to, čo fyzika doteraz dosiahla, je výsledkom úsilia mnohých generácií. Fyzika má svoju vlastnú históriu, na ktorú sme hrdí, rovnako ako sú spisovatelia, maliari alebo historici hrdí na svoje dejiny. V tejto otázke sa fyzici zhodujú — aspoň deklaratívne — s intelektuálmi, ktorí sú činní v iných oblastiach.

Ináč už stojí otázka, či sú fyzici vo vlastnej histórii rovnako erudovaní ako napríklad spisovatelia alebo učitelia slovenskej literatúry, hudobníci alebo učitelia hudby, tvorcovia pedagogickej vedy alebo pedagógovia na školách všetkých stupňov.

\*) Vyšlo v *Dialogoch 1*, ktoré vydali v júni 1986 ako internú publikáciu OS Pedagogická fyzika FVS JČSMF a Katedra fyziky UJEP v Brne.

Namiesto dlhých úvah stačí poukázať na to, že budúci stredoškolskí učitelia fyziky študujú popri pedagogike aj dejiny pedagogiky, ale donedávna (tj. do roku 1981) prednášku z dejín fyziky neabsolvovali. V odbornom štúdiu nie je (s výnimkou výberovej prednášky na jedinom odbore) zaradené štúdium dejín fyziky. Pokiaľ teda fyzici majú erudíciu z dejín svojho odboru, je to zväčša iba na základe individuálneho štúdia.

Fyzika ako každá veda je so svojou minulosťou zviazaná pevnými pútami. Poukázal na to vo svojej stati *Tradícia vo vede* Werner Heisenberg [1], ktorý ukázal, že týchto pút sa chtiac nechtiac vo svojej práci nemôžeme zbaviť, či už ide o výber problematiky, o vedeckú metodiku alebo používanie pojmov ako základných kameňov vo výstavbe každej teórie. K tejto Heisenbergovej práci by sa mohla pripojiť obligátna poznámka: K tomu všetkému už niet čo dodať. Predsa by sme však uviedli ešte faktickú pripomienku.

V dejinách fyziky sa v každom období stretávame so situáciou, v ktorej veľký objav vznikol na základe inšpirácie z minulosti. Pripomeňme iba, ako Louis de Broglie nadviazal na Rayleighove práce o transporte elektromagnetickej energie v disperznom prostredí a na takmer už zabudnutú Hamiltonovu analógiu formulácie geometrickej a vlnovej optiky. Hamiltonovu cestu od vlnovej k lúčovej optike potom Erwin Schrödinger využil pri formulácii vlnovej mechaniky. Nie je úlohou tejto stati rozoberať, či boli analógie, ktoré použili de Broglie a Schrödinger, bezo zvyšku oprávnené. Isté je, že obaja dostali oprávnené Nobelovu cenu a oprávnené sa meno Schrödinger najfrekventovanejšie vyskytuje v súčasnej fyzike.

V pedagogickom procese sa zväčša využívajú dejiny fyziky nejakou poznámkou,

ktorá má oživiť prednášku, ale nesúvisí priamo s pochopením preberanej látky. Sú to poznámky o Archimédovi, ktorý vojakovi, čo ho prebodol, stihol predtým povedať: „Noli tangere circulos meos“. Je to rozprávanie o tom, ako Faraday nosil kufre lady Davyovej, alebo o tom, že Einstein neurobil na prvý raz prijímaciu skúšku na Konfederálnu vysokú školu technickú v Zürichu.

Vo výpočte zaujímavých momentov v životopisoch významných fyzikov by sme mohli pokračovať. Isteže prednášateľovi pomôže oživiť pozornosť poslucháčov pri fádnom odvodzovaní kinetickej rovnice vsuvká o tom, ako Ludwig Boltzmann kúpil na trhu v Štajerskom Hradci kravu, viedol ju na povraze cez mesto a na druhý deň sa opýtal kolegu zoológa, ako sa dojí krava [2].

Náš problém je však iný. Majú dejiny fyziky význam pri pochopení základných princípov a pojmov vo fyzike?

Všimnime si taký základný stĺp klasickej mechaniky, akým je Galileiho princíp relativity. Na otázku, čo je Galileiho princíp relativity, väčšina poslucháčov napíše vzťah  $x' = x - vt$ . Už menej je takých, čo vyslovia vetu: Njakým mechanickým pokusom nemožno rozlíšiť dve inerciálne sústavy. A ešte menej je takých, čo vedia povedať, akými jemnými pokusmi sa demonštrovala skutočnosť, že povrch Zeme nie je inerciálna sústava. (Pritom pokus s Foucaultovým kyvadlom opakovali v r. 1953 v Prahe.) Prednášateľovi stačia dve minúty na to, aby prečítal zo strany 185 slovenského prekladu Galileiho *Dialógu o dvoch hlavných systémoch sveta* [3] stať o tom, ako v podpalubí lode, pohybujúcej sa konštantnou rýchlosťou, muchy lietajú indiferentne sem a tam, rovnako ako pri povrchu Zeme, hodený predmet sa takisto pohybuje ako na povrchu Zeme, atď.

Myslíme si, že takáto krátka kultúrna vložka ozaj pomôže pochopiť poslucháčovi Galileiho princíp relativity. Ide o kultúrnu vložku v pravom slova zmysle, lebo poslucháč sa dozvie, akým krásnym štýlom písal jeden zo zakladateľov literárnej taliančiny.

V súvislosti s Galileiho princípom relativity sme sa viackrát stretli s prekvapujúcou, takmer neveriteľnou skutočnosťou, že v auditóriu, v ktorom všetci absolvovali vysokoškolský kurz fyziky, je nemálo takých, čo žijú ešte v zajatí naivnej Aristotelovej fyziky. Trochu sme modifikovali Galileiho úvahy a položili sme otázku: „Čo sa stane, keď niekto na korme rovnomerne priamočiaro sa pohybujúcej lode vyskočí zvisle do vzduchu. Odpláva pod ním loď a padne do mora, ak je odpor vzduchu zanedbateľný?“ Mnohí sa dali presvedčiť, že onen smelý človek sa v mori neokúpe, len keď sme ich upozornili na zákon o skladaní rýchlostí v klasickej mechanike. Ukazuje sa, že rozprávanie o Galileiho húževnatom a vášnivom boji proti peripatetikom nielen rozšíri kultúrny a historický obzor poslucháčov, ale naučí ich chápať zákony mechaniky, ktoré by mali vedieť aplikovať v každodennom živote.

Zákony klasickej fyziky nám pomôže pochopiť kontrast galileiovsko-newtonovského myslenia v relácii k Aristotelovmu naivnému fyzikálnemu obrazu sveta. A k tomu nám najlepšie posluži znalosť a vhodné využívanie dejín fyziky. Podobná je situácia pri výučbe kvantovej mechaniky. Stáva sa, že poslucháč bezchybne zvládne kalkul, ktorý sa používa pri riešení bezčasovej Schrödingerovej rovnice napríklad pre lineárny harmonický oscilátor, ale predtým než mu zapíšete výbornú do indexu, opýtate sa ho, čo vlastne vypočítal. Neraz vás privedie do rozpakov poslucháč,

ktorý sa učil a učil, ale nevie, čo sa vlastne naučil. Možno, že by pri výklade bola história pomohla. Schrödingerova cesta k vlnovej mechanike bola zdĺhavá a matematicky náročná. Pohyboval sa v mnohorozmernom konfiguračnom priestore a využil rôzne finesy Hamiltonovho-Jacobiho formalizmu klasickej mechaniky. Pochopiteľne, niet času toto všetko odprednášať a ani to nemá význam. Predsa však si myslíme, že poslucháč si skôr vštepí fyzikálny význam Schrödingerovej rovnice, keď sa mu niečo povie o Bohrových postulátoch, v ktorých kvantovanie energetických hladín atómu bolo do teórie vnesené akosi zvonka, zatiaľ čo Schrödinger sa nechcel zmieriť s touto „kabalou celých čísiel“, ale hľadal teóriu, z ktorej by kvantovanie bezprostredne vyplývalo. Napokon aj svoju tetralógiu, uverejnenú v 79., 80. a 81. zväzku *Annalen der Physik* (1926) napísal titulom *Kvantovanie ako problém vlastných hodnot*. [4] Kto sa v budúcnosti nebude zaoberať riešením kvantovomechanických problémov, skôr si zapamätá túto základnú Schrödingerovu motiváciu ako riešenie diferenciálnych rovníc matematickej fyziky.

Už z uvedených príkladov vidno, že poučenia z histórie – ak máme použiť tento trochu otrepaný výraz – treba vyberať s úvahou. Max Planck pracoval štyri roky na odvodení rozdeľovacieho zákona pre spektrálnu hustotu žiarenia. Jeho kniha *Teória tepelného žiarenia* [5] má 221 strán, pričom zďaleka v nej neuvádza všetky peripétie, cez ktoré sa prebojoval k cieľu. Na odprednášanie obsahu tejto knihy by sme potrebovali celý semester. V súčasnosti však teóriu Planckovho rozdeľovacieho zákona aj s dôsledkami a aplikáciami pohodlne odprednášame v jednej prednáške. „Aby se nepovedalo“, odbočí pri tom niektorý učiteľ do histórie

a potom sa dosť často traduje, že Planck začal v roku 1900 svoje úvahy interpoláciou Wienovho rozdeľovacieho zákona a Rayleighovho klasického zákona. Vnímavejší študenti sa usilujú takouto interpoláciou Planckov zákon formulovať a samozrejme sa im to nedarí.

Je diskutabilné, či Planck poznal Rayleighov zákon z roku 1900. Je pravda, že pri prevzatí Nobelovej ceny hovoril (dodatočne) o interpolačnom vzorci, ale nešlo tu o interpolačnú výrazovú pre spektrálnu hustotu žiarenia. Išlo o interpolačnú výrazovú  $d^2S/dE^2$ , kde  $S$  je entropia a  $E$  vnútorná energia rovnovážneho dutinového žiarenia danej frekvencie. Vernú reprodukciu Planckovho postupu nájde čitateľ v Kvasnicovej *Termodynamike* [6] na strane 378 a násl. vo forme riešeného príkladu. V spomínanej učebnici nájdeme aj iné „historické lahôdky“ ako napríklad originálnu Nernstovu formuláciu tretej vety termodynamickej.

Žiaľ, nie všetky učebnice reprodukujú historicky verne aj dôležité historické udalosti. J. Komrská v *Pokrokoch matematiky, fyziky a astronómie* [7] uviedol principiálne chyby v tak vychytených knihách, ako je Beiserov *Úvod do modernej fyziky* [8]. Nesprávne sa tu interpretuje Davissonov-Germerov pokus, a to pokiaľ ide o podstatu pokusu (nesprávne sa používa aj Braggova rovnica).

Tieto príklady uvádzame preto, aby sme nabádali učiteľov fyziky na všetkých stupňoch škôl opierať sa pri historických exkurzoch iba o seriózne materiály, najlepšie ísť ad fontes, k prameňom.

Napokon by sme chceli uviesť niekoľko poznámok k využívaniu dejín fyziky na vysokých školách technického zamerania. Často sa stretávame na týchto školách s názorom, a to nielen u poslucháčov, že fyzika, najmä teoretická fyzika, je príliš

abstraktná disciplína pre technika. Podvozok auta pomocou teoretickej fyziky nevylepšíš, ani metódu zvárania. Študent, ktorý podľahne takejto atmosfére, pochopiteľne potom študuje fyziku ako nutné zlo, ako jeden z vedľajších predmetov, akúsi pridruženú výrobu, ktorá pre jeho budúcu prax nebude mať význam.

Dejiny fyziky nám do značnej miery pomáhajú čeliť takýmto názorom. Medzi fámy, ktoré sa tradujú a nie sú pravdivé, patrí aj tvrdenie, že A. Einstein sa v rokoch 1902–1909 ako úradník patentového úradu v Berne (Konfederálneho úradu pre duchovné vlastníctvo) nevenoval návrhom patentov, ale iba fyzike. Nie je tomu tak. Riaditeľ tohto úradu Haller sa v posudku o Einsteinovi ani slovom nezmiel o jeho epochálnych prácach vo fyzike, zato však nešetril chválou v súvislosti s jeho činnosťou experta tretej a potom druhej triedy [9]. Einstein sa skutočne plnohodnotne venoval posudzovaniu patentov, pričom využíval svoju fyzikálnu erudíciu. Je užitočné si uvedomiť, že Einstein vyštudoval v Zürichu nie tamojšiu univerzitu, ale Konfederálnu vysokú školu technickú (Eidgenössische technische Hochschule), kde získal aprobáciu stredoškolského učiteľa matematiky a fyziky. Bola to tá istá škola, na ktorej dlhé roky pôsobil náš Aurel Stodola, zakladateľ teórie parných a plynových turbín.

Už prvé vysoké školy technického typu, najmä slávna École polytechnique (založená v roku 1794 ako École centrale des travaux publics) dali svetu mnohých matematikov a fyzikov. V École polytechnique pôsobila plejáda vynikajúcich francúzskych vedcov ako André Marie Ampère, Dominique François Jean Arago, Henri Antoine Becquerel, Jean Baptiste Biot, Augustin Jean Fresnel, Sadi Carnot a mnohí iní. Tradícia, v ktorej absolventi

vysokých škôl technického smeru významne prispeli k rozvoju teoretickej fyziky, sa udržala až do nášho storočia. Za všetkých stačí spomenúť Paula Adriena Mauricea Diraca, ktorý pôvodne vyštudoval elektrotechnické inžinierstvo. Napokon aj slovenská fyzikálna škola má svoju kolísku na Slovenskej vysokej škole technickej. Pôsobil tu Dionýz Ilkovič a mnohí jeho žiaci sú poprednými fyzikmi.

Na historických príkladoch možno veľmi dobre ilustrovať, ako sa dopĺňujú technici a fyzici. Za mnohé príklady uvedieme históriu parného stroja. Ako je známe, konštruktérom prvého upotrebitelného parného stroja bol James Watt. Watt v roku 1757 nastúpil na miesto univerzitného mechanika v Glasgowe. Opravoval Newcomenov parný stroj, ktorý pri tom zdokonalil. Postupne vylepšoval svoj vlastný parný stroj, vybavil ho kondenzátorom, neskôršie vynášiel známy Wattov regulátor, vylepšil parný valec, vybavil stroj zotrvačníkom, jeho spolupracovník Mudrock inštaloval šupadlo. Watt si stále kládol otázky, čo ešte treba na základe skúsenosti zlepšiť na parnom stroji, aby spoľahlivo pracoval. Toto úsilie mu priviedlo napokon slávu ako málokomu inému. Prijali ho do Royal Society a Parížskej akadémie, pochovaný je vo Westminsterском opátstve, tam kde Newton a lord Kelvin.

Celkom ináč sa staval k problematike Sadi Carnot, ktorý sa mimochodom hrdo hlásil k tomu, že je odchovancom École polytechnique. Carnot kládol otázky ináč ako Watt – kládol ich prírode. Po úvodných slovách o význame tepelných strojov pre rozvoj priemyslu a hospodárstva položil Carnot vo svojej jedinej uverejnenej publikácii [10] tieto otázky: 1. Je hybná sila ohňa ohraničená, alebo nekonečná?

2. Sú zlepšenia teplených strojov prírodou ohraničené alebo neobmedzené? 3. Závisí ich výkon od použitej pracovnej látky?

Carnot perfektne zodpovedal všetky tri otázky, položil základ teórie tepelných strojov a ešte oveľa viac: na Carnotove myšlienky nadviazali R. Clausius a lord Kelvin pri formulácii druhej termodynamickej vety. Bez nej, bez poznania obmedzení a teda aj optimálnych možností, ktoré nám poskytuje príroda pri využívaní jestvujúcej energie na konanie práce, nemohli by sme riešiť stále aktuálny energetický problém. A nadto Carnotov princíp ďaleko prerástol rámec využívania energetických zdrojov, ba aj rámec fyziky a fyzikálnej chémie. V Boltzmannovej a Gibbsovej štatistickej formulácii sa stal východiskom teórie informácie.

Myšlienku o komplementarite fyziky a techniky, ilustrovanú na príklade parného stroja, možno vari ešte lepšie rozvinúť v súvislosti s elektrotechnikou a teóriou elektromagnetického poľa v ich historickom vývine. História potvrdzuje: bez fyziky by nebolo technického pokroku a naopak.

#### Literatúra

- [1] HEISENBERG, W.: Čs. časopis pro fyziku A 26 (1976) č. 4., s. 403–409.
- [2] BRODA, E.: *Ludwig Boltzmann*. Wien, Franz Deuticke 1955.
- [3] GALILEI, G.: *Dialóg o dvoch systémoch sveta*. Bratislava, SAV 1962.
- [4] Pozri napr.: SCHRÖDINGER, E.: *Die Wellenmechanik*. Stuttgart, Ernst Battenberg Verlag 1963.
- [5] PLANCK, M.: *Theorie der Wärmestrahlung*. Leipzig, J. A. Barth 1966.
- [6] KVASNICA, J.: *Termodynamika*. Praha, SNTL, SVTL 1965.
- [7] KOMRSKA, J.: PMFA 27 (1982) 24–37, 61–74, 148–162.

- [8] BEISER, A.: *Úvod do moderní fyziky*. Praha, Academia 1975.
- [9] CLARK, R. W.: *Albert Einstein*. Esslingen, Bechtle Verlag 1974.
- [10] CARNOT, S.: *Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers und zur Entwicklung dieser Kraft geeigneten Maschinen*. Leipzig, W. Engelmann 1909, reprint 1982.

## jubilea & zprávy

**Rukopisy článků k osobním výročím nebo k výročím institucí musí být redakci dodány 9 měsíců před datem výročí, mají-li být publikovány včas.**

#### ZA ZOSNULÝM PŘEDSEDOM POBOČKY JSMF

Dňa 24. 2. 1987 náhle zomrel PhDr. ANTON AUXT, námestník riaditeľa pre výskum a rozvoj n. p. Učebné pomôcky v Banskej Bystrici, predseda pobočky JSMF vo Zvolene, zaslužilý člen JSMF, Vzorný učiteľ, zaslužilý školský pracovník, nositeľ mnohých ďalších vyznamenaní a plakiet.

Narodil sa 25. 8. 1931 v Čiernom Balogu v rodine horehronskeho lesného robotníka. Revolučné tradície a partizánske udalosti v r. 1944–5 v jeho rodisku mali nemalý vplyv pri jeho výchove a tvorbe jeho svetonázoru. Bol to človek pracovitý, čestný so zmyslom pre spravodlivosť, priateľský so zmyslom pre humor, nadšený pedagóg, tvorivý duch so zmyslom pre koncepčnú pedagogickú prácu.

Po maturite na gymnáziu v Brezne v r. 1951 študoval matematiku a fyziku na Pedagogickej fakulte UK v Bratislave. Po jej ukončení učil na JSS v Handlovej, od r. 1960 ako riaditeľ tejto školy. Od 1. 11. 1963 bol krajským školským inšpektorom KNV v Banskej Bystrici,