

# FYZIKA

## Experimenty ve školské fyzice dříve a nyní

BOHUMIL VYBÍRAL

Univerzita Hradec Králové

Fyzika jako přírodní věda je zpravidla založena na experimentech a observaci přírody a vesmíru. Je pravda, že moderní matematická fyzika konstruuje matematické modely možných jevů a dějů. Pokud však nejsou tyto hypotetické konstrukce verifikovány experimenty, observací přírodních jevů anebo technickými aplikacemi, jde jen o neplatné hypotézy.

Školská fyzika musí ve vhodné formě a míře také odrážet stav, kterého dosáhla fyzika jako věda. Musí proto výklad v přiměřené míře provázet vhodnými experimenty. Fyzika dnes nepatří k právě oblíbeným předmětům a také jde o obor, který dobře pochopený, je krásný a bezesporu velmi užitečný nejen pro technické obory, ale i pro ostatní přírodní vědy a medicínu. Experiment je právě tou složkou výuky fyziky, která významně přispívá k jejímu porozumění a zvyšuje její přitažlivost. Přeložený článek je proto věnována *školnímu experimentu*. Je zvoleno historické hledisko, které je zajímavé a poučné. Protože jde o velmi členitou skutečnost, volil jsem v určitých úsecích popisu i osobní přístup se subjektivními názory a prožitky. Hlavním zdrojem předloženého článku je autorova publikace [3].

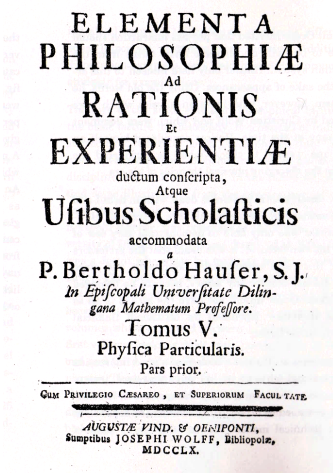
### Experimentování ve století 18. a 19. (1760–1868)

Fyzika jako věda zaznamenala od počátku 17. století velký rozvoj – především proto, že vedle metody přímé observace přírodních jevů začala díky Galileovi využívat *experiment jako vědeckou metodu* zkoumání. Experiment má tu přednost, že vhodným nastavením podmínek průběhu děje lze potlačit nežádoucí průvodní rušivé jevy a zkoumaný jev pak zřetelně

vynikne. To byla vítaná šance i pro školskou fyziku – experiment představoval pro didaktiku vítanou názornost k ilustraci probíraných jevů a dějů. Fyzika té doby měla převážně experimentální charakter, protože fyzikální teorie teprve začaly vznikat, provázanost jevů různých fyzikálních oborů buď ještě neexistovala, nebo byla jejich znalost ještě malá. Tomu také odpovídala výuka fyziky – musela mít hodně experimentální a popisný charakter.

Střední a vysoké školy ve střední a západní Evropě byly v 17., 18. století převážně církevní, vyučovacím jazykem byla převážně latina (to samozřejmě omezovalo přístup ke vzdělání). Katolická církev pro školské a převážně vzdělávací účely vytvořila jezuitský řád. Z této doby také pocházejí první latinsky psané učebnice fyziky.

K mému poznání prvopočátků školské fyziky přispěla 24. Mezinárodní fyzikální olympiáda, konaná roku 1993 v USA. Na ní se mi dostala do rukou latinská učebnice z roku 1760 a od vedoucího německé reprezentace dr. GÜNTERA LINDA (z IPN – Institute for Science Education, Kiel) jsem tehdy dostal faksimile učebnice fyziky od jezuitského učitele fyziky BERTHOLDA HAUSERA, vydanou roku 1760 (obr. 1). Jde jen o obrazovou část se skvělými rytinami na 29 tabulích formátu A4 s mnohačetnými obrázky. Šlo o přílohu k latinsky psanému textu, který nebyl zkopírován. Obrázky ve formě rytin mají vynikající úroveň, některé z nich jsou zde zkopírovány.



Obr. 1 Titulní list latinské učebnic experimentální fyziky z roku 1760

Dr. Lind v komentáři k faksimile uvádí, že v polovině 18. století nebyla ve většině německých škol fyzika součástí učebního programu. Jednalo se o předmět, který byl vyučován pouze na univerzitní úrovni. Zde byla fyzika vyučována na filosofické fakultě, která zajišťovala všeobecné vzdělání a sloužila jako příprava pro specializovaná studia na třech vyšších fakultách: teologické, právnícké a lékařské. Základní fyzikální vzdělání tak získal každý student. Analogická situace byla i jinde v Evropě, včetně Univerzity Karlově v Praze.

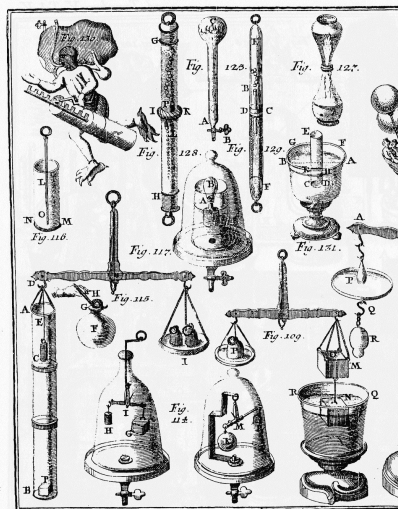
Univerzity v 18. století nebyly zodpovědné za vědecký výzkum, předávaly jen vědomosti potřebné pro určitá povolání ve státní správě, školách a v církvi. Začínající studenti na filosofické fakultě obvykle měli kolem 17 let. Předtím většinou absolvovali pouze latinskou školu (gymnázium). Filosofická fakulta zajišťovala vzdělání obdobné vyšším ročníkům pozdějších gymnázií (známých od druhé poloviny 19. století). Součástí výuky byly časté debaty, které měly studenty připravit na zkoušky. Jádrem studií na filosofické fakultě tvořila základní přednáška z filosofie, která obsahovala jednotlivá témata, mezi nimiž nechyběla logika, metafyzika a fyzika. Učebnice z obr. 1 (se zmíněnou věnovanou obrazovou částí) byla určena pro takovou přednášku. Autor této učebnice, B. Hauser, byl profesorem na poměrně malé německé univerzitě v Dillingenu, která však roku 1804 zanikla.

Hauser byl jezuita a učebnici napsal z příkazu svého řádu. Kniha nepatřila ve své době k nejmodernějším, avšak odlišovala se od ostatních díky své obsáhlosti a nádherným obrázkům. Obsahovala osm svazků, které byly vydány v letech 1755 až 1764. V prvním svazku byla probírána logika, metafyzika byla ve druhém a třetím svazku. Posledních pět svazků bylo věnováno fyzice a tvořily nejpodstatnější část Hauserovy přednášky z filosofie. Fyzika v této době zahrnovala veškeré přírodní vědy, včetně biologie.

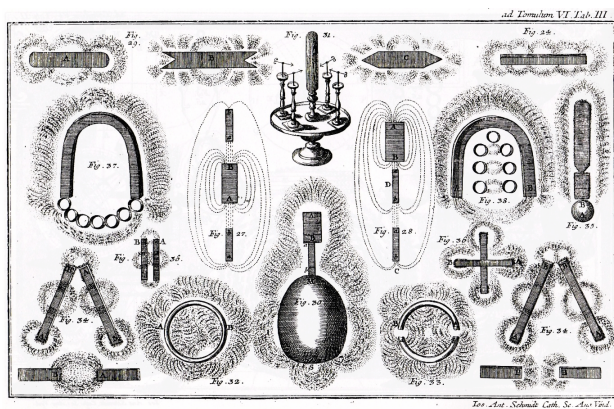
Tedy nová *experimentální fyzika* je v knihách rozebrána do detailu a je zde popsáno mnoho demonstračních experimentů. Hauser byl však schopen při přednáškách předvádět pouze několik zde zobrazených pokusů. Bylo totiž obvyklé, že profesori si sami platili za svou experimentální výbavu ve škole, tj. za pořízování potřebných demonstračních pomůcek pro experimenty. Tato skutečnost opravdu vyžadovala zanícení pro věc. S ohledem na to, že Hauser vzhledem k příslušnosti k náboženskému řádu jezuitů nedostával žádný plat, neměl dostatek prostředků a byl odkázán na občasnou finanční podporu od svého řádu.

Rytiny v Hauserových knihách dávají dobrou představu o úrovni experimentální fyziky poloviny 18. století. Standardní přístroje, jako vakuové

pumpy, teploměry, barometry, magnetické jehly nebo elektrostatické přístroje, jsou zobrazeny v různých technických provedeních. Na obr. 2 je např. část obrazové tabule, vztahující se k mnohočetné demonstrace Archimédova zákona. Obr. 3 zachycuje část experimentů z magnetostatiky a obr. 4 část jevů z optiky. Je obdivuhodné, kolika způsoby byly uvedené jevy již roku 1760 ve škole demonstrovány.

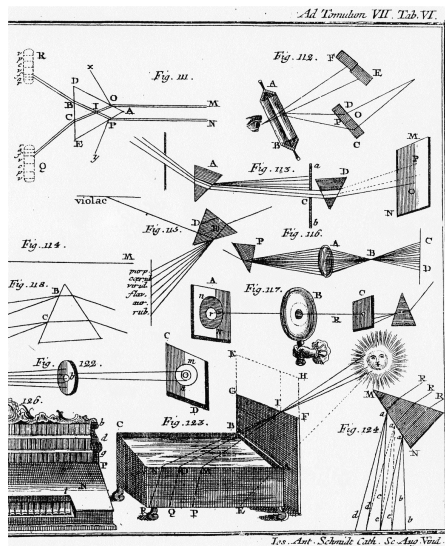


Obr. 2 Experimenty k verifikaci Archimédova zákona v Hauserově učebnici



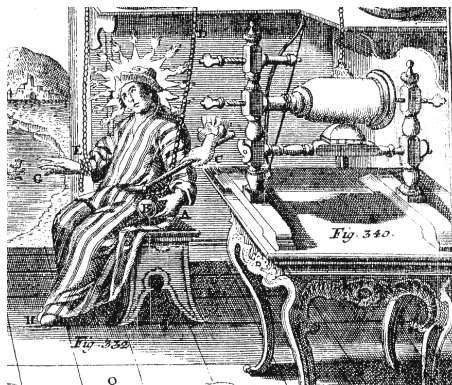
Obr. 3 Experimenty z magnetostatiky v Hauserově učebnici





Obr. 4 Část experimentů z optiky v Hauserově učebnici

Hauser rovněž ukazuje některé z okázalých experimentů, které byly v jeho době velmi populární. Jedním z nich je blahorečení podle Geoga MATTHIASA BOSEHO (Tom V., tab. XV, obr. 332) – viz obr. 5, který je malou částí tab. XV.



Obr. 5 Elektrostatický experiment podle Geoga Matthiase Boseho (1760)

Osoba sedící na izolované stoličce má na hlavě kovovou korunu s ostrými hroty. Jakmile se osoba elektricky nabije, objeví se halo-jev, způsobený

korónovým výbojem na hrotech koruny. Přístroj „elektriky“ pro vytvoření vysokého napětí byl obvykle vytvořen z obyčejné pivní sklenice, která je roztočena a třena hadříkem pokrytým pastou ze slitiny rtuti. Náboj je odveden řetízkem a je přiveden na Leydenskou láhev (tj. na kondenzátor pro vysoké napětí). Hauser očividně věděl o experimentu pouze z doslechu, jelikož zobrazená osoba neměla žádnou korunu s hroty, nýbrž jen druh klobouku. Autor G. M. Bose nikdy nepublikoval přesné informace o konstrukci koruny, pravděpodobně z důvodu zachování monopolu na tento experiment.

## **Experimentování ve století 19. a 20. (1869–1989)**

Revoluční rok 1848 inicioval řadu postupných změn v celé Evropě. Šlo o změny v oblasti politické, kulturní a především ekonomické. Dominovala industrializace podmíněná novými poznatky ve fyzice. Šlo o dvě velké oblasti; nejprve o rozvoj termodynamiky a konstrukci a využívání parních strojů od počátku 19. století a poté zejména objevy v elektřině a magnetismu v první polovině 19. století a jejich technické aplikace od jeho druhé poloviny. Objevy ve fyzice tak postupně nacházely uplatnění v průmyslu a změnily celou společnost – na století páry navazovalo století elektřiny. Změny v nastupujícím rozvoji průmyslu vyžadovaly i radikální změny ve školním systému směrem k jeho přírodovědnému a technickému obsahu.

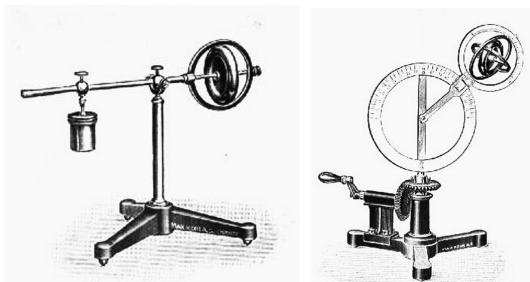
V Rakouském císařství (od roku 1867 v Rakousku-Uhersku) jako mnoho národnostním útvaru, se základní (a později i střední a vysoké) školství začalo rozvíjet na národnostním principu – učilo se převážně v rodném jazyce dětí a mládeže. Zásadní změnu v systému školství přinesl rok 1869, kdy byl přijat nový říšský školský zákon (podle autora ministra školství a osvěty HASNERA se označoval jako „Hasnerův zákon“). Zavedl osmiletou školní povinnost a upravil soustavu škol zavedením škol obecných, měšťanských a navazujících škol odborných. Rozvinul systém gymnázií s elementy přírodovědně – technického zaměření, tzv. reálky. Především byl do základního vzdělávání zaveden předmět přírodopis, který shrnoval poznatky z fyziky, chemie a přírodopisu. Toto vzdělávání si vyžadovala příprava mládeže k práci v průmyslu, řemeslech i v zemědělství, do něhož rovněž pronikaly elementy technického rozvoje – podrobněji viz článek [1], publikovaný v našem časopise.

Provedené politické změny vedly k tomu, že po celém území mocnářství se zakládaly nové školy, kde se učilo v mateřském jazyce (vyučovacím jazykem dosavadních církevních škol byla vedle latiny převážně němčina).

V českých zemích vznikala česká gymnázia (např. v Brně a Olomouci již roku 1867). A stavěly se nové budovy škol. Nejen v těchto velkých městech, ale i ve městech velmi malých – např. v Jevíčku (současný počet obyvatel je asi 2 800) bylo gymnázium založeno roku 1897 a pěkná třípodlažní budova Jevíčku dominovala již roku 1899 a je ozdobou městečka dodnes. Navíc každá obec chtěla mít novou budovu obecné školy, větší obce školy měšťanské. Většině obcí se to tehdy na přelomu 19. a 20. století podařilo.

V roce 1862 byla v Praze založena *Jednota českých matematiků a fyziků* (JČMF), vědecká společnost, která měla od samého počátku rozhodující vliv na tvorbu českého odborného názvosloví v matematice a fyzice. Také na tvorbu kvalitních učebnic. Jedním z hlavních úkolů JČMF bylo pěstování didaktiky s cílem hledat cesty ke zlepšení oblíbenosti matematiky a fyziky – úkol stále dodnes uspokojivě nedořešený. V této souvislosti byla zdůrazňována významná role *experimentu ve výuce fyziky*.

Prudkému rozvoji školství na konci 19. století se přizpůsoboval i průmysl vyrábějící učební pomůcky. Nové školy měly fyzikální kabinet, gymnázia fyzikální posluchárny a zpravidla i laboratoře. Ty s velkou pečlivostí tehdejší učitelé fyziky vybavovali a ošetřovali. Výuka fyziky se tak pro mnohé žáky stávala přitažlivou. O aktivitě nově vzniklých firem, vyrábějících kvalitní učební pomůcky, svědčí tehdejší mnohasetstránkové firemní katalogy, které lze najít ve školních knihovnách i na internetu. Šlo např. o firmy s evropskou působností jako PHYWE, LEYBOLD, MAX KOHL (příklad nabídky je na obr. 6), v Čechách později FYSMA, KMENT aj. Řada českých škol dosud ve svých sbírkách má fyzikální pomůcky a přístroje z tohoto období. Je třeba si tohoto dědictví vážit, pečovat o ně, chránit je před zničením a zabezpečit proti zcizení. Bohužel řada fyzikálních kabinetů škol po celé České republice byla v uplynulých dvaceti pěti letech vykradena.

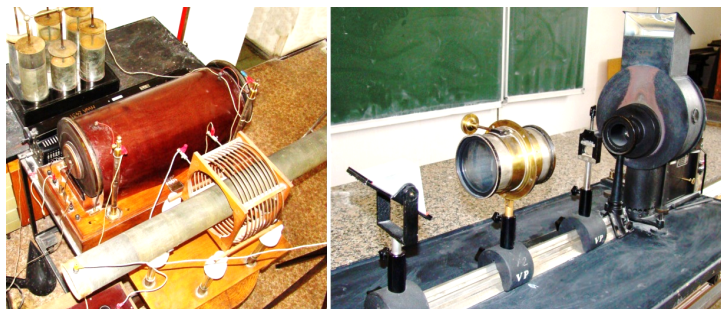


Obr. 6 Fessellův přístroj k demonstraci precese a model gyroskopického kompasu – nabídka z katalogu Max Khol, A. G., 1925

Rovněž na Karlo-Ferdinandově univerzitě v Praze došlo k podstatným změnám. Univerzita byla roku 1882 rozdělena na dvě části: na českou a německou. Fyzika se tehdy studovala na Filosofické fakultě, na níž studium přírodních věd zaznamenalo velký rozvoj. Do konce století byly pro tato oddělení postaveny dvě velké a účelně vybavené budovy (Ke Karlovu 3, dnes patří matematice na MFF, a Ke Karlovu 5, dnes patří fyzice na MFF). Samostatná Přírodovědecká fakulta UK (jako pátá na UK) byla ustavena až roku 1920 a Matematicko-fyzikální fakulta UK roku 1950. Fakulty se měnily, avšak bohatě zařízený kabinet fyziky zůstával. Největší zásluhu na jeho budování má významný český experimentální fyzik a akustik prof. Dr. ČENĚK STROUHAL (1850–1922) (obr. 7). Pomůcky Strouhalova kabinetu se zde s oblibou na přednáškách využívají dodnes (obr. 8).



Obr. 7 Významní čeští experimentální fyzici: Čeněk Strouhal, František Nachtikal a Rostislav Košťál (Zdroje: [2], [3] a archiv autora)



Obr. 8 Sto let staré pomůcky se na MFF stále používají – Teslův transformátor a optická lavice. Snímek z roku 2008 (foto B. Vybíral)

Experimentování ve výuce fyziky patřilo v době mezi světovými válkami doslova k obřadům, jak na gymnáziích, tak na vysokých školách technic-

kých a na přírodovědeckých fakultách univerzit. Dokládá to např. snímek (obr. 9) z přednášky věhlasného profesora fyziky Dr. FRANTIŠKA NACHTIKALA (1874–1939), obr. 7, na pražské technice z poloviny třicátých let. Profesor měl k dispozici asistenta, kterým byl pozdější významný profesor, tehdy docent RNDr. ZDENĚK HORÁK (1898–1987), ten prováděl experimenty. Byl tam také laborant, který vše nainstaloval a profesorovi mazal tabule. Tento přepych si dnešní školství již dovolit nemůže.



Obr. 9 Přednáška z fyziky na pražské technice v polovině třicátých let – přednáší prof. Dr. František Nachtikal (uprostřed), experimentuje doc. RNDr. Zdeněk Horák, vlevo je laborant (foto archiv autora)

Nyní si dovolím osobní vzpomínku na experimentování v přírodovědě na někdejších základních školách (tehdy však ještě přetrvával u učitelů název předmětu *přírodopyt*, i když tento název se po roce 1939 neměl používat). V letech 1943–1948 jsem chodil do obecné školy a v letech 1948 až 1952 do navazující střední školy (tehdy vznikla místo měšťanské školy a prvních čtyř let osmiletého gymnázia; po přechodnou dobu gymnázia ještě existovala, avšak už byla jen čtyřletá).

O tom, jaký má význam experimentován pro děti na 1. stupni, chci ukázat na jednom příkladu, který mám v paměti i po téměř sedmdesáti letech. Pan řídící JAN VLČEK (tak se tehdy označoval ředitel obecné školy) v Únanově, nám předvedl několik pokusů a mezi nimi běžný pokus o roztažnosti kovů. Prostě ukázal, že za studena kulička kroužkem neprošla. Pak kroužek nad kahanem zahrál a kulička prošla. Potom pravil: „Pokud bych kuličku nechal v místě kroužku, po zchladnutí by kuličku sevřel tak, že bych ji nevytáhl. Na tomto principu kovář sváže a zpevní koláři loučkové kolo od selského vozu. Doporučuji vám zajít ke kováři a podívat se

na to.“ To byla pro mne výzva. Naproti otcově pekárně bylo kolářství a tak jsem se jen přeptal, kdy pan kolář půjde ke kováři okovat kola. Kovář mě nechal při kování asistovat (šlapal jsem mu měch u výhně) a díky tomu jsem viděl celý proces nasazování obruče na kolo zblízka. Tomu se říká názorná výuka! Je to sice příklad poněkud archaický, avšak ve strojírenství se tento princip běžně využívá při nasazování kroužku na hřídel.

Měl jsem štěstí, že při přechodu na druhý stupeň základní školy (tehdy škola nesla název „střední“) ve Znojmě na ul. Mládeže 1, Tehdy jsem za učitele chemie a fyziky dostal vynikajícího (avšak jinak velmi přísného) učitele OLDŘICHA RYŠANKA. Spravoval zde velmi dobře vybavený kabinet fyziky a chemie a výuku obou předmětů zaníceně doplňoval četnými experimenty. Brzo si všiml mého zájmu a tak se stalo, že mě „jmenoval svým asistentem“, takže ve 13 až 15 letech jsem mu pomáhal připravovat experimenty a nosil pomůcky do třídy.

Péče většiny tehdejších učitelů o fyzikální pomůcky byla příkladná: ve Znojmě bylo známo, že na základní škole na náměstí Republiky je školník, který se nezištně (bezplatně) zabývá opravou elektrostatických učebních pomůcek. Tak mě učitel Ryšanek jednou k němu poslal, aby nám opravil Wimshurstovu elektriku z konce 19. století, kterou jsem mu rád přinesl.

Poslední vzpomínka na velmi dobrou úroveň experimentování ve fyzice v polovině 20. století se váže na gymnázium ve Znojmě, kde v letech 1945 až 1948 řediteloval velmi dobrý fyzik–chemik KAREL RADOCHA (1897 až 1991). Nechvalně proslulý revoluční režim roku 1948 sice ředitele Radocha z funkce suspendoval, avšak to nezabránilo našemu učiteli Ryšankovi, aby s ním domluvil dvouhodinovou prezentaci fyzikálních pokusů na podzim roku 1951 v gymnaziální posluchárně. Chtěl naše deváté třídy (tehdy měli hoši a dívky oddělené třídy!) na gymnáziu seznámit s pokusy, na které již na základní škole nebyly pomůcky. Jednalo se tehdy o velké a nezapomenutelné představení pokusů z elektřiny a magnetismu, kde dominovaly experimenty s Van de Graaffovým generátorem, výboje v plynech, pokusy s Teslovým vysokonapěťovým transformátorem a kouzelné jevy z optiky. Opravdu velká motivace pro fyziku, kterou tehdy emeritní ředitel Radocha za asistence našeho učitele Ryšanka předvedl – samozřejmě vše s vhodným výkladem. Kéž by se tento přístup k výuce fyziky dnes vrátil!

Po přechodu na Vysoké učení technické v Brně (VUT) v roce 1956 jsem zažil ještě starou školu výuky fyziky. Můj učitel prof. RNDr. ROSTISLAV KOŠTÁL<sup>1</sup> (1905–1980; obr. 7), dbal jak na experimenty při přednáškách,

---

<sup>1</sup>Experimentální fyzik v oboru kmitání a akustiky, spoluzakladatel Fyzikální olym-

tak dohlížel na dobrou úroveň laboratorních cvičení. Dbal na to, aby zde každý student pracoval samostatně, úlohu si sám sestavil a proměřil a zpracoval včetně výpočtu chyb měření. Laboratoř byla připravena tak, že v ní byly postaveny všechny semestrální úlohy z daného oboru (zpravidla každá úloha dvakrát) a studenti postupně cyklovali od pracoviště k pracovišti. V následujícím cvičení následovala individuální obhajoba protokolu. K výuce v laboratoři tak ovšem byli zapotřebí dva asistenti a těch se nedostávalo. Profesor neváhal zapojit do asistentké funkce i vhodného studenta z vyššího ročníku VUI. Tak se stalo, že po mém nástupu do čtvrtého ročníku (1959/60) mě nechal rektorem VUT jmenovat asistentem se čtvrtinovým úvazkem.

Demonstrovat fyzikální jevy a děje reálnými experimenty zpravidla není jednoduchá úloha – proto je univerzitní profesori před druhou světovou válkou nechávali při přednášce dělat asistentům. Ne však vždy se experiment vydaří tak, jak si experimentátor představuje. Profesor Zdeněk Horák mi s úsměvem říkával: „Příroda je záhadná jako žena – nerada odhaluje svá tajemství.“

Uvedu několik příkladů. Nejmenovaný učitel fyziky na jednom gymnáziu chtěl demonstrovat volný pád a konfrontovat naměřený čas při dané výšce pádu s výpočtem. Vyšel do 2. patra schodištvé chodby, měl v jedné ruce ocelovou kuličku, ve druhé stopky. Řekl „Pustíme kuličku a současně stiskneme stopky“. Udělal to však právě naopak. . .

Počínaje akademickým rokem 1963/64 jsem jako odborný asistent začal přednášet fyziku na Vysoké vojenské škole ve Vyškově, kde od roku 1962 katedru fyziky vedl můj učitel z VUT prof. Rostislav Košťál. Mé přednášky samozřejmě doprovázely experimenty, které jsem si však musel připravovat a při výkladu provádět sám. Tak se snadno přihodilo, že i mně se občas nevydařil některý z pokusů – uvedu dva zajímavé až úsměvné neúspěchy se šťastným koncem.

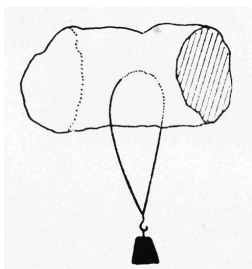
K demonstraci precese setrvačnicku na Fesselově přístroji (viz obr. 6) jsem roztáčel setrvačnicku roztáčecím motorkem s gumovým třecím kolečkem. Vše fungovalo, až se jednou stalo, že se uvolnily hroty ložiska ve formě šroubových „červíků“. Setrvačnicku vyskočil, proletěl posluchárnou tak, že poskakoval po okraji lavic se studenty v blízkosti středové uličky, odrazil se od zadní stěny posluchárny a obloukem letěl proti mně na stupínku. Stačil jsem uhnout a setrvačnicku zasáhl jen tabuli.

---

piády v Československu roku 1959 a v roce 1967 spoluzakladatel Mezinárodní fyzikální olympiády, nyní celosvětové prestižní soutěži středoškoláků.

Jednou jsem chtěl demonstrovat tlak nasycených par éteru. Zahříval jsem jej v baňce kahanem (éter vře za běžného atmosférického tlaku již při teplotě asi  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Potřeboval jsem pokus urychlit, aby efekt nastal v pravou chvíli. Podařilo se mi jej asi o  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  přehřát (i když v baňce byly jako protiopatření drobné kamínky). Načež došlo k prudkému varu, při němž tlak nasycených par dokázal vznést vzhůru asi metrový sloupec rtuti (odhadem asi 1 kg). Na štěstí U-trubice stála v dostatečně velké misce a tak rtuť převážně skončila v ní.

Vyplatí se pokus si dobře připravit a eventuálně i načasovat, což je potřebné u pokusu s *regelací ledu* (obr. 10), kdy tenký zatížený ocelový drát projde blokem ledu, aniž by jej přepůlil. Proces trval asi 20 minut (u daného bloku a závaží). Pokud se podařilo pokus včas odstartovat a závaží dopadlo do misky právě ve chvíli, kdy o jevu byla řeč, vyvolalo to u posluchačů údiv a já si v té chvíli připadal jako kouzelník.



Obr. 10 Experiment s regelací ledu

Uvedu ještě jeden „kouzelnický“ pokus, který s oblibou prováděl kolega RNDr. ALOIS KLEVETA, když katedru občas navštívila vojenská delegace s několika generály. Ve vhodnou chvíli řekl „Pro další experiment si zapálíme žárovku“. Vzal zápalky, škrtnul a žárovka se rozsvítila. Generálům chvíli trvalo, než pochopili, že aktérem je fotonka, stojící opodál.

Uvedené příklady a zkušenosti potvrzují, že experiment ve výuce fyziky (i experiment nevydařený) je vítaným i žádoucím doplňkem výuky pro svou názornost, funkci ilustrační a heuristickou – je-li dobře navozen, tak je pro žáka objevem.

### Experimentování v současnosti (1990–2015)

Časové období od konce 19. století až téměř do konce 20. století bylo pro školskou fyziku vcelku příznivé – ať již šlo o monarchistické Rakousko-Uhersko v posledním období své existence (vyjma I. světové války), demo-



kratické Československo, anebo i nesvobodné socialistické Československo (bohužel až na případy perzekvování některých učitelů fyziky a jiných oborů, kteří byli nepohodlní režimu, stejně tak i na omezování přístupu mládeže z některých vrstev společnosti ke vzdělání). Rozvoj výuky fyziky byl vcelku podporován, v podstatě šlo o důvody ekonomické, související s modernizací průmyslu, zdravotnictví aj. Tomu odpovídala i vcelku příhodná hodinová dotace (s možností experimentování přímo ve výuce). Rovněž zásobování škol učebními fyzikálními pomůckami a přístroji bylo vcelku dobré (avšak za socialismu často s potížemi). Fyzika, jako věda ideologicky indiferentní, byla dílem příznivě přijímána společností i mimo školu.

Liberalizace české společnosti po roce 1990 školské fyzice do jisté míry uškodila, což se postupně negativně projevuje v celkovém nezájmu velké části společnosti o přírodovědné a technické vzdělávání mládeže. Hodinová dotace na fyziku se zmenšovala až na polovinu stavu z počátku osmdesátých let (na úkor různých humanitních předmětů, přičemž se celkově snížilo „zatížení dětí a mládeže vzděláváním“, což se negativně odrazilo v celkové úrovni znalostí a dovedností současné mladé generace, jak pozorujeme u přijímacích zkoušek na vysoké školy).

Prudký rozvoj mikroelektroniky, nástup počítačů a internetu zmíněné negativní trendy paradoxně ještě umocnilo. Mládež se již málo zabývá např. radioamatérstvím, modelářstvím, pokusnictvím. Přitahují ji spíše počítačové hry a internet se všemi nejen pozitivními projevy a důsledky, mj. se také zmenšila manuální zručnost mládeže.

Zmenšená hodinová dotace bohužel vedla i k omezení experimentů ve výuce fyziky a především k radikálnímu zmenšení počtu laboratorních cvičení. Rozvoj výpočetní techniky také u mnohých učitelů vede ke snahám nahrazovat reálné experimenty počítačovými animacemi a aplety. Tyto snahy určitě mohou vést k lepšímu pochopení probíraného učiva, avšak není nad reálně provedené experimenty, byť prováděné jednoduchými prostředky (anebo i méně četně – bohužel). Nic proti občasnému zapojení počítače do realizace experimentu. Doporučuji však takovou modernizaci provádět jen občas, ukázkově, aby mládež viděla, jaké jsou současné trendy experimentální činnosti ve výzkumu a jakých prostředků se užívá ve vědě i v průmyslu. K pochopení jevů přispěje především jednoduchý experiment bez moderních digitálních automatizačních prostředků. Na druhé straně, oproti stavu před třiceti a více lety, nám současný stav rozvoje technických prostředků dává více možností k realizaci experimentální činnosti ve škole.

## Současné možnosti experimentování

Bez ohledu na omezené časové možnosti výuky v současné škole, je žádoucí experimenty využívat – už pro zvýšení motivace žáků a studentů. Experimentování v širším slova smyslu lze shrnout do těchto bodů [4]:

- a) *Reálné demonstrační experimenty*
- b) *Experimenty s jednoduchými prostředky*
- c) *Počítačové animace reálných experimentů*
- d) *Vzdálené experimenty*
- e) *Fyzikální měření ve školní laboratoři*
- f) *Experimentální úloha ve fyzikální soutěži*
- g) *Veřejné motivační prezentace fyziky*

### a) Reálné demonstrační experimenty

Experimenty prováděných s reálnými pomůckami a měřicími přístroji jsou nenahraditelnou součástí výuky fyziky. Demonstraci zpravidla koná učitel pro celou třídu a je vhodné, když přitom spolupracuje některý žák/student. Někdy je dobré zapojit i všechny žáky, kteří si experiment provedou ve skupinách či dokonce individuálně. Měli bychom dosáhnout toho, aby žák při experimentování probírané jevy a děje pro sebe (nejlépe sám) objevoval. Experiment může být (vedle běžného kvalitativního provedení) i kvantitativní, za použití měření na reálných přístrojích, chceme-li na jeho konci formulovat matematický model děje. U kvantitativního experimentu je přehledné zapojení digitální techniky a počítače samozřejmě vhodné (je však nutné počítat s náročnější přípravou). Kvantitativní experiment je vhodné udělat alespoň jedenkrát za školní půlrok či semestr. Podobně jako ve fyzikální vědě, tak i pro výuku dělíme demonstrační experimenty na heuristické (objevné), kdy demonstrujeme nový jev, na němž budujeme výklad teorie, a experimenty verifikační (ověřovací), kdy již ověřujeme zákonitost, k níž jsme předtím dospěli odvozením z teorie. Nezbytnou součástí pokusu je jeho jasný fyzikální výklad. Příklad experimentování na katedře fyziky Přírodovědecké fakulty UHK je na obr. 11.

### b) Experimenty s jednoduchými prostředky

Kvalitativní experimenty lze úspěšně provést i s jednoduchými prostředky. Je to nenáročné na potřebné vybavení a může se uplatňovat jak ve třídě, tak v domácích podmínkách žáků či studentů. I když jde o zdánlivě primitivní experimentování, je jednou z jeho velkých výhod, že průběh dějů je hned zřetelný (zde je však výběr demonstrovaných jevů a dějů zřejmě omezený). Tato činnost také přispívá k rozvoji fyzikálního tvůrčího

myšlení a je motivační (už tím, že si žák pomůcku sám připraví a experiment sám provede). Tento druh experimentování rozvíjí zejména „Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání“ (viz souhrnně [5] a některé příklady [6] a [7]). Je nutné klást důraz na princip demonstrovaného jevu či děje.



Obr. 11 Doc. RNDr. Josef Hubeňák, CSc. demonstruje šíření elektromagnetických vln na Lecherově vedení vlastní konstrukce (foto B. Vybíral, 2012)

### c) Počítačové animace reálných experimentů

Velmi dobrou možností k prohloubení znalostí o jevech a dějích poskytují fyzikální prezentace ve formě *apletů*, které internet bezplatně poskytuje. Aplety jsou vizualizace vytvořené v jazyce *java*, které schematicky znázorňují průběh dějů či stavů látek a různých soustav. Soubor apletů (v angličtině) je např. dostupný z <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/applets.htm>. Další adresy příkladů apletů jsou uvedeny v [5].

Význam těchto fyzikálních apletů je v tom, že středoškolákovi (i talentovanému žákovi základní) umožňuje (zejména mimo výuku) snadno a přesně prezentovat různé fyzikální jevy, stavy a provádět výpočty situací, včetně nastavitelné změny počátečních podmínek jevů a dějů. Těmito aplety a animacemi sice reálný pokus nahradit nelze, avšak na druhé straně lze znázornit i děje, které by se reálně demonstrovaly velmi obtížně. To přispívá ke snadnějšímu a dokonalejšímu (a pro mládež také k hravému, přitažlivému) chápání a osvojování fyziky. Aplety jsou de facto jakési *pseudo-experimenty*. V souvislosti se zvětšující se časovou tísní ve výuce fyziky se projevují na některých školách tendence pomocí apletů zcela nahradit reálné experimenty. Tyto tendence je třeba z principu odmítnout. Reálným experimentům, jako základním kamenům fyziky, je třeba se věnovat vždy, i když v současnosti časově omezeně. Žák/student by rozhodně měl vidět

určitou základní sestavu reálných experimentů – bez ohledu na časovou tíseň v hodinách fyziky. Nicméně aplety mohou být vhodným doplňkem, na který je třeba ve výuce upozornit, předvést jejich možnosti a doporučit je využívat zejména při samostatném studiu.

#### **d) Měření ve školní fyzikální laboratoři**

Laboratorní cvičení je velmi důležitou experimentální součástí výuky fyziky, při níž se mládež užitím různých metod, pomůcek a měřidel učí měřit veličiny a kvantitativně sledovat jejich změny a prakticky tak ověřovat teoreticky probírané jevy. Tato forma výuky také významně přispívá k rozvoji jemné motoriky žáka/studenta, která je dnes díky hrám na PC a internetu u mnohých málo vyvinutá. Současná časová tíseň ve výuce a někdy také obavy z možných škod, zaviněných malou experimentální dovedností žáků/studentů, často ovšem vedou k velkému omezení této složky výuky fyziky. Někdy se to řeší dosti formálním přístupem k práci ve školní laboratoři: Učitel sestavu úloh již dopředu připraví na panelech, žák nemusí o měření mnoho přemýšlet, snadno měření provede (zpravidla ovšem jen formálně) a počítač je eventuálně hned vyhodnotí a případně i nakreslí grafy. Navenek vše může vyhlížet efektně, avšak podstata fyzikálního jevu/děje přitom značně uniká. Didakticky je velmi přínosné, když si žák např. úlohu z elektřiny sám sestaví podle schématu (anebo lépe podle své úvahy), propojí přístroje a po kontrole učitelem zapojí zdroj, provede vlastní experiment a запиše výsledky. Pak provede výpočet pomocí kalkulačky, nakreslí si podle pravidel grafy závislostí veličin, vyhodnotí měření a jeho přesnost. Na druhé straně je však velmi vhodné, aby učitel některou z úloh rovněž komplexně moderně postavil, propojil přístroje s počítačem a připravil ji ke zpracování měření, včetně určení chyb a kreslení grafů – tím poukáže na současnou praxi v profesionální laboratoři.

#### **e) Vzdálené experimenty**

Internet poskytuje zajímavé možnosti i při provádění experimentů. Skupina doc. RNDr. FRANTIŠKA LUSTIGA, CSc. z Matematicko-fyzikální fakulty UK v Praze vyvinula zajímavé experimentování na dálku, nazvané „ISES WEB Control“, viz [8] a [9]. Zájemce se může pomocí internetu připojit na vzdálenou reálnou laboratoř a na dálku v ní spustit a po omezenou dobu (5 minut) ovládat zde již připravený reálný experiment. Problém experimentování ve fyzice se touto metodou ovšem řeší jen částečně. Přispívá k výuce zejména motivačně. Na druhé straně je třeba znovu podtrhnout, že není nad reálný „kontaktně“ provedený experiment (buď učitelem v posluchárně nebo studentem v laboratoři).

## f) Experimentální úloha ve fyzikální soutěži

Soutěžení je přirozenou vlastností dětí a mládeže a lze ji účelně využít k efektivnímu individuálnímu rozvoji talentů ve fyzice a v dalších přírodovědných oborech. Fyzikální olympiáda, jak na národní úrovni (FO – viz <http://fyzikalniolympiada.cz>), tak zejména Mezinárodní fyzikální olympiáda (IPhO – viz [www.jyu.fi/iphо](http://www.jyu.fi/iphо)), je příkladem toho, jak pěkně tvůrčí a problémové experimentální úlohy lze vymyslet (např. [4] a všechna čísla Československého časopisu pro fyziku od ročníku 2011 dosud). Snahou přitom je zařadit do soutěže experimenty, které by také odpovídaly současnému (anebo nedávno minulému) dění ve fyzice, byly dostatečně tvůrčí, náročné pro vyspělé řešitele a nevyžadovaly složité přístroje. To jsou vcelku protichůdné požadavky. Problém spočívá v tom, že současné vědecké fyzikální experimenty se často realizují na velkých složitých zařízeních řízených počítači, zpracovávajících výsledky měření. To v podmínkách FO není obsahově, organizačně a zejména ekonomicky možné. Proto se hledají vtipné, fyzikálně-výzkumné experimentální problémy, se kterými si řešitel musí umět v omezených časových podmínkách poradit, přičemž má jen určité omezené pomůcky a nemůže studovat pomocnou literaturu.

Rovněž v české Fyzikální olympiádě se zařazují vtipné a přiměřeně náročné experimentální úlohy (obr. 12). Např. na celostátním kole kategorie A 51. roč. FO v Pelhřimově roku 2010 byla zařazena zajímavá úloha, nenáročná na vybavení: „Studium kmitů vodorovné tyče, zavěšené na dvou rovnoběžných vláknech.“ Studenti analyzovali tři druhy kmitů: a) torzní kmity kolem svislé osy, b) podélné kmity v rovině určené tyčí a závěsy, c) příčné kmity kolmé k rovině určené tyčí a závěsy. Vyhodnocovali různé veličiny, charakterizující kmitající soustavu. Vtipné a z hlediska pomůcek jednoduché byly i experimentální úlohy na celostátních kolech kat. A v dalších ročnících: 52. v Olomouci (2011) a 53. v Pardubicích (2012), 54. v Brně (2013) a 55. v Holešově (2014). Např. v Olomouci byla zařazena úloha „Černá rezistorová skříňka“. Bylo uvedeno, že obsahuje šest různých rezistorů, přičemž jedna trojice byla spojena do hvězdy a připojena ke třem zdírkám na skříňce a druhá trojice byla spojena do trojúhelníku a připojena k dalším třem zdírkám. Řešitelé odvozovali potřebné teoretické vztahy a z naměřených odporů mezi zdírkami určovali hodnoty odporů jednotlivých rezistorů, včetně měřicích chyb. Experimentální úloha v Pardubicích se zabývala měřením hustoty a určováním hmotnosti složek vodního roztoku na základě využití Archimédova zákona. V Holešově na 55. FO (2014) čekala řešitele analýza odporů v rezistorovém čtyřřetězu vy-

užitím Wheatstonova můstku. Experimentování ve Fyzikální olympiádě má dlouholetou tradici, o čemž např. svědčí již 3. FO v Brně, kde řešitelé určovali hodnoty prvků oscilačního obvodu na základě analýzy rezonance. Záběry z některých celostátních kol FO (obr. 12).



Obr. 12 Řešení experimentální úlohy na celostátním kole FO v Brně a v Holešově (nahore), Pelhřimově (uprostřed), v Olomouci a v Pardubicích (dole) (foto B. Vybíral)

### g) Veřejné motivační prezentace fyziky

Veřejné fyzikální experimentální prezentace se prováděly již v dávné minulosti. Experimentování se statickou elektřinou např. předváděl český fyzik PROKOP DIVIŠ (1698–1765) císařskému dvoru ve Vídni. Uvádí se také, že dánský fyzik HANS CHRISTIAN ØRSTED (1777–1851) při jednom veřejném experimentování z elektřiny a magnetismu v polovině roku 1820 zcela náhodou objevil magnetické účinky elektrického proudu (prý díky pracovnímu nepořádku na pracovním stole).

Ke zvýšení zájmu o fyziku jsou veřejné fyzikální produkce aktuální stále. Mohou být konány např. v rámci univerzit anebo i pro širší veřejnost. Jednoho takového velmi pěkného experimentálního show v roce 1995 jsem byl svědkem u příležitosti 26. Mezinárodní fyzikální olympiády v Austrálii na University of Canberra. Prof. MALCOLM LONGAIR z University of Cambridge z Velké Británie zde připravil pro účastníky této světové soutěže devadesátiminutovou produkci, na níž názorně vysvětlil a pomocí dostatečně rozměrných reálných přístrojů předvedl měření základních fy-

zikálních konstant  $e$ ,  $e/m_e$ ,  $h$ ,  $G$ ,  $c$  s přesností na dvě až tři platné cifry. Poté uspořádal turné se stejným programem po všech australských univerzitách. K českým pilným experimentátorům patří např. prof. Mgr. TOMÁŠ TYC, Ph.D. z Masarykovy univerzity v Brně, který koná motivační fyzikální show „Zábavná fyzika“ – i v Hradci Králové (2. 11. 2011). Zahájení každého celostátního kola české Fyzikální olympiády doprovází experimentální show zajímavých fyzikálních pokusů.

Ke zvyšování tvůrčí aktivity, motivace a povzbuzení velmi žádoucího zájmu dětí a mládeže o fyziku a techniku přispívají i různé rozsáhlejší aktivity pro širší veřejnost, kdy „fyzika jde do ulic“. Zahnuje rovněž atraktivní fyzikální experimentování. Na naší Univerzitě Hradec Králové tuto aktivitu, nazvanou „Hrajme si i hlavou“, od roku 2008 každoročně ve dvou až třech dnech na konci června organizují PhDr. JANA ČESÁKOVÁ, Ph.D. a RNDr. MICHAELA KRÍŽOVÁ, Ph.D. (viz [10]). O úspěchu této mimořádně prospěšné aktivity svědčí i masová účast dva až dva a půl tisíce zájemců, zejména z řad dětí a mládeže ze základních a středních škol (i mateřských škol) z Hradce Králové a širokého okolí (viz rovněž webové stránky akce <http://www.hrajme-si-i-hlavou.cz>).

## Literatura

- [1] Kroupová, B., Vybíral, B.: Přírodopyt jako vyučovací předmět mezi lety 1869 a 1939. MFI 23 (2014), s. 187.
- [2] Čeněk Strouhal: <http://www.academia.cz/img/knihy/obalky1/lrg/profesor-cenek-strouhal.jpg>.
- [3] František Nachtikal: <http://encyklopedie.brna.cz/data/images/0288/thumbs/img14422.jpg>.
- [4] Vybíral, B.: O vztahu experimentu a teorie ve výuce fyziky. Čs. čas. fyz., roč. 62, č. 5-6 (2012), s. 371.
- [5] Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání. Dostupné na: <http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/index.html>.
- [6] Drozd, Z., Brockmeyerová, J.: Fyzika z volné ruky. Dostupné na: [http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh\\_12/12\\_22\\_Drozd.html](http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_12/12_22_Drozd.html).
- [7] Dvořák, L.: Fyzika s Veselou krávkou – aneb pokusy s opravdu jednoduchými pomůckami. Dostupné na: [http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh\\_10/10\\_29\\_Dvorak.html](http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_10/10_29_Dvorak.html).
- [8] Lustig, F.: Softwarová stavebnice „ISES WEB Control“ pro jednoduchou tvorbu vzdálených experimentů. Dostupné na: [http://www.ises.info/old-site/Lustig\\_ICTE.c.html](http://www.ises.info/old-site/Lustig_ICTE.c.html).
- [9] Lustig, F.: Jak si jednoduše postavit vzdálenou laboratoř na internetu. Dostupné na: [http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh\\_09/09\\_19\\_Lustig.html](http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_09/09_19_Lustig.html).
- [10] Česáková, J., Krížová, M.: Hrajeme si i hlavou. MFI 23 (2014), č. 3, s. 212.