

### NENÍ ŠKOLSKÁ FYZIKA TROCHU MOC DALEKO OD SOUČASNÉ FYZIKY?

Jiří DOLEJŠÍ

#### Abstrakt

Autor, který se považuje za amatérského didaktika, se pokouší formulovat svá kritéria, podle kterých by mohl hodnotit, jak dobře funguje výuka fyziky jako služba společnosti. Shledává pak, že nefunguje úplně ideálně, a pokouší se vyslovit argumenty, že styk školské fyziky a současné odborné fyziky může být velmi přínosný.

### ISN'T THE SCHOOL PHYSICS A BIT TOO FAR FROM THE CURRENT PHYSICS?

#### Abstract

Author, who considers himself to be an amateur in didactics of physics, tries to formulate criteria for evaluation of the physics teaching as a service to the society. He finds that the performance of physics teaching is far from satisfactory and argues that the contact of „school physics“ with current research may be very helpful.

#### Pozice autora

Tento příspěvek není výsledkem didaktického výzkumu, neboť takovou činností se nezabývám. Pišu ho z pohledu fyzika,

- který se od dob studií v sedmdesátých letech podílel na organizaci fyzikální olympiády, tj. zblízka sledoval interakci talentovaných žáků a kantorů;
- který se zhruba od poloviny devadesátých let podílí na přípravě budoucích učitelů fyziky na MFF UK a výsledky této činnosti někdy s potěšením a někdy se smutkem sleduje při státních zkouškách;
- který se skvělými spoluautory vytvořil sadu učebnic pro základní školu [1];
- který pořádal pro budoucí i již působící učitele vícero zahraničních poznávacích zájezdů, seminářů a dalších vzdělávacích akcí, a při nich reakce učitelů bedlivě sledoval, jednou ilustrační zprávou je článek [2];
- který sledoval a raději příliš nezasahoval do výuky fyziky, které byly vystaveny jeho děti;
- který pro studenty, učitele i veřejnost po celou svou dosavadní kariéru popularizuje především svůj obor – jadernou a částicovou fyziku.

Mnohé z těchto činností lze snad označit za amatérskou didaktiku, tedy za amatérské snahy studovat a rozvíjet umění vyučovací ve fyzice. V každém případě se cítím být členem komunity, která se stará o výuku fyziky. Níže vyslovované názory pramení ze zmíněných specifických zkušeností, umím pro ně nacházet další argumenty (ale také protiargumenty), ale žádné jednoznačné potvrzení. Proto také od čtenáře neočekávám, že bude mé názory považovat za absolutní pravdu, ale spíše doufám, že o nich bude trochu přemýšlet a uvědomovat si své postoje. V mnohém se opakuji, viz koláž [3].

### Co je úlohou didaktiky fyziky?

V mém pohledu je **didaktika něco mezi službou** společnosti, která očekává, že se lidským mláďatům dostane vzdělání odpovídající civilizačnímu prostředí a tradicím, **a vědou**, neboť se často provozuje v akademickém prostředí, kde se pěstování vědy jaksi samozřejmě očekává. Pohled na didaktiku fyziky jako vědy s přirozenými otázkami jako *Užitečnost? Kvalita výstupů? Publikace a ohlas?* přenechávám jiným (Leoš Dvořák na této konferenci). Vnímání didaktiky (a výuky fyziky) jako služby nese riziko trochu přezíravého pohledu na učitele a didaktiky – vždyť jde jen o to, vybavit učitele nezbytnou dávkou základních vědomostí a technikou, jak tyto vědomosti předávat dětem (a možná ještě jak zvládnout jejich rostoucí agresivitu). Takové riziko je aktuální, viz [4]. Na druhé straně vnímání didaktiky jako služby v sobě může nést (žádoucí) pokoru, neboť přirozeně vede k otázce, jak dobře sloužíme.

### Jak dobře výukou fyziky sloužíme společnosti?

Ježto se zdráhám považovat oficiální školské dokumenty jako např. RVP za definici toho, co přesně od nás společnost vlastně chce, pokusím se ze svého subjektivního pohledu formulovat, co by výuka fyziky především přinášet měla, a pak se ptát, jak dobře to dělá. Myslím si, že by výuka fyziky měla:

- předávat našim mláďatům civilizační hodnoty (promiňte mi toto patetické označení);
- dobře hospodařit se zvědavostí, stimulovat ji a rozvíjet;
- připravovat (budoucí) profesionály.

Pokusím se trochu podrobněji okomentovat, co pod jednotlivými úkoly vidím a jak se je podle mého názoru daří výukou ovlivněnou didaktickou nadstavbou plnit. **Předáváním civilizačních hodnot** ve výuce fyziky myslím například výchovu k racionálnímu pohledu na svět, kde za blesk nemůže nějaké božstvo, ale elektřina generovaná procesy v atmosféře, kde doba pádu kamínku do studny se dá změřit a z naměřeného času spočítat hloubka studny k hladině, kde rychlost auta na silnici nehodnotí řidič či policista jen podle svého pocitu, ale podle údaje tachometru, GPS nebo radaru. Obávám se, že tento úkol se trochu ztrácí za newspeakem současným pedagogických dokumentů i některých učebnic.

Dovolte mi vyslovit a nepatrně ilustrovat svůj názor, že výuka fyziky neplní zmíněný úkol úplně nejlépe. Už na základní škole se zavádí *hustota*, žáci se učí používat zákonnou jednotku  $\text{kg/m}^3$ . Tím se ovšem pro ně stává odhad váhy krabice mléka složitým intelektuálním výkonem, neboť je musí napadnout, že hustota mléka asi bude podobná hustotě vody, dále musí tento snad naučený údaj vydolovat z paměti (ono nepřiliš intuitivní číslo  $1000 \text{ kg/m}^3$  možná budou muset mnozí hledat v tabulkách), převést litr na metry krychlové a nakonec to dát nějak dohromady. Dokážu si velmi dobře představit velmi moudře se tvářící didaktickou studii, jaké všechny kompetence si žák při takovém výpočtu osvojuje, ale já bych raději viděl, kdyby měl žák z hodin fyziky zažito, že voda má hustotu  $1 \text{ kg/l}$  resp.  $1 \text{ kg/dm}^3$  a že je to totéž jako  $1 \text{ g/cm}^3$ . Pak by možná odhadl váhu šestice PET lahví s minerálkou skoro hned a do výpočtů se pustil, až to bude opravdu potřeba. Za civilizační hodnotu považuji povědomí, že kbelík mívá objem kolem deseti litrů a pak s vodou vážívá kolem deseti kilo, tj. je tak akorát

unesitelný. Jsem rád, že mnozí učitelé fyziky jsou v tomto problému soudnější než autoři učebnic, možná je to tím, že jsou blíže k dětem.

Jiné téma, které podle mne ilustruje neideální funkci výuky fyziky v předávání civilizačních hodnot, je spojeno s pojmy jako *přesnost*, *chyba*, *nejistota*, *spolehlivost*, ... Tyto pojmy a vyvážený vztah k tomu, co označují, považuji za velmi důležité pro běžný život. Fyzika je ve srovnání například se společenskými vědami docela úspěšná v předpovědích a *spolehlivá* právě díky vyváženému vztahu k chybám – standardní součástí jakéhokoli měření je odhad chyb, ať už daných nedokonalou metodou či omezeným objemem experimentálních dat. Standardní součástí propracovaného teoretického modelu ve fyzice je odhad hranic jeho působnosti a diskuse přijatelnosti použitých zjednodušujících předpokladů. I složky dobře fungujícího systému dělají chyby, ale dobrý systém je umí efektivně opravovat. Zde se ovšem velmi liší *školská fyzika* a *fyzika* provozovaná jako vědecká aktivita. Ve školské fyzice je s trochou nadsázky *přesnost* absolutní, *chyba* nežádoucí (každá chyba má za následek zhoršení známky), *nejistota* je výrazem slabosti nebo nepřipravenosti, *spolehlivost* je zaručena autoritami s důstojným vousem. Ve školské fyzice panují *zákony*, zatímco odborná fyzika spíše častěji mluví o experimentálních omezeních, teoriích, modelech. Zůstanu-li ve svém oboru, už brzo na základní škole bych řekl dětem, že svět je z protonů, neutronů a elektronů a že protony a elektrony jsou stabilní. Ale taky hned přiznal, že vlastně nevíme, že je například proton stabilní, jen se nám zatím podařilo změřit, že jeho střední doba života je delší než  $2 \times 10^{29}$  let [5], a okomentoval, jak moc je to vzhledem ke stáří vesmíru. To je příkladem informace, kterou bych třeba jen utrousil, nabídl a doufal, že někomu zůstane v podvědomí, rozhodně ale nezkoušel. A opakoval bych ji při dalších setkáních s tématem na základní a střední škole. Troufám si tvrdit, že právě ve fyzice lze vyvážený vztah k přesnosti a chybám hledat, ilustrovat a učit, i když je to téma zcela interdisciplinární (viz problém pravdy či blábolu v mediích či politice).

Jako druhé kritérium kvality výuky fyziky jako služby společnosti jsem výše navrhl otázku **hospodaření se zvědavostí** dětí. Většina z nás si asi vzpomene na obtížné období vývoje našich dětí charakterizované nekončícími PROČ??? Pro nás to asi bylo často otravné, ale děti sály informace jako houby, my jsme mohli prodat jednak to, co v našich hlavách ze školního vzdělání zůstalo, jednak vědomosti a zkušenosti, které jsme dosud nasbírali. Často jsme si asi uvědomovali, že toho moc není. Protože jsem toto období zažíval v druhé polovině osmdesátých let, musím závidět dnešním rodičům, kteří mají na dosah ruky Google a Wikipedii, jó, to za našich časů nebyvalo. Pokud jsme ale odpovídali nevím, neotravuj, dozvíš se to ve škole, určitě jsme neudělali dobře. Začali jsme totiž dusit motivaci, která je tu zcela samozřejmě a skoro zadarmo. Bojím se, že ani současná škola nehospodaří se zvědavostí úplně dobře. Cpát jen dětem do hlavy někým přežvýkané informace mi přijde ve vzdělávání méně efektivní, než jim být partnerem a průvodcem po vzrušujícím světě, který se jim otvírá. Abych ale příliš nefantazíroval: V duchu tohoto názoru jsme s kolegy psali učebnice Fyzika kolem nás [1], v tomto duchu jsem se snažil formulovat fragment o energii do gymnaziální učebnice [6]. V tomto duchu pracují někteří kantoři, kterých si nesmírně vážím, tento duch nese projekt Heureka [7]. Obecně si myslím, že styk školské fyziky se současnou odbornou fyzikou zvědavost silně stimuluje.

K tématu zvědavosti chci dodat ještě jeden komentář. Hledáme-li argumenty pro potřebnost a užitečnost fyziky, zpravidla mluvíme o tom, jak je fyzika základem techniky, tedy všech těch vymožeností kolem nás. Jací vizionáři museli být otcové

fyziky, když svými skoro primitivními prostředky objevovali jevy a zákonitosti, bez kterých by dnes nebyly mobily ani počítače! Nebo to bylo spíše tak, že houževnatí podivíni a hračkové objevovali střípky poznání, které v klimatu západní civilizace ženoucí se kupředu začaly zapadat do sebe a nést plody? Má však smysl dnes podporovat „hraní“, které možná nikam nevede? To je dnes otázka o smyslu základního výzkumu, kterou se ze své funkce musejí vážně zabývat např. ředitelé institucí, které potřebují na provoz a budování současných komplikovaných a finančně velmi náročných projektů velké peníze. Podívejte se na názory ředitelů CERN, evropské laboratoře pro fyziku částic (jsem samozřejmě v zajetí svého oboru) – [8]. Rychle objevíte pozoruhodné klíčové sousloví – základní výzkum je charakterizován jako „**curiosity driven research**“. Dejte toto sousloví do vyhledávače a najdete spoustu velmi podnětných materiálů. A tak se vracím ke svému druhému kritériu kvality výuky fyziky – jestliže je zvědavost obecně považována za klíčovou pro perspektivu vědy, pak je její rozvíjení jistě vážným tématem pro výuku přírodních věd ve školách, navíc cílem a tématem invariantním ve srovnání například s momentálními cíli obvykle křehké politické reprezentace.

Mé třetí kritérium kvality výuky fyziky se týká přípravy profesionálů, tedy jednak velmi malého počtu budoucích fyziků (podle mého velmi hrubého odhadu jde o několik promile populačního ročníku), jednak většího počtu techniků a dalších profesí, kteří by ve fyzice měli být více vzděláni (včetně například lékařů), odhadem řádu 10% populačního ročníku, možná i více. Podle mého názoru jde tady jednak o vyhledávání talentů a jejich podporu a také jde o pěstování pevných základů profesionality, například dobré kvalitativní i kvantitativní zvládnutí fyziky na dané úrovni včetně potřebné matematiky, podporu pracovitosti a již mnohokrát zmíněné zvědavosti. Myslím tím přesně to, co je požadováno pro úspěšnou účast ve fyzikální olympiádě. V ní máme již přes 50 let „volně“ dostupný testovací a srovnávací nástroj – chce-li si student ověřit, zda „má“ na fyzikální kariéru a jak je na tom se svými znalostmi a schopnostmi v daném populačním ročníku, stačí do této soutěže vstoupit. Samozřejmě cesta k fyzikální kariéře není úspěchem ve FO podmíněná. Je ale pozoruhodné, co vypovídají výsledky FO o školách a kantorech – velmi snadno se dají identifikovat školy, kde jsou studenti do FO tlačeni, ale jejich příprava nijak zvláštní není, vedle toho se na škále několika let dají velmi snadno poznat kantoři, kteří studentům zřejmě poskytují více než jiní. Vedle zmíněné fyzikální olympiády existují další cenné soutěže a aktivity, možná s větším motivačním potenciálem (například korespondenční semináře, Turnaj mladých fyziků ...). Mluvíme-li o přípravě profesionálů, přijde řeč určitě na obsah učiva. Tím se zde nechci příliš podrobně zabývat, jen si dovoluji poznamenat, že asi těžko lze dosáhnout shody odborníků o tom, co všechno by se mělo například na střední škole učit. Zde je jistá nesoudnost naprosto obvyklá, je třeba s ní počítat. Podle mého názoru je potřeba se smířit s tím, že ve škole budou budovány jen základy oboru, a to do takové hloubky „jak je rozumně možné“. Na druhé straně ale vidím potřebu ilustrovat, jak se obor vyvíjel až do současnosti, čím se dnes zabývá a co nám dnes přináší – co je **současná fyzika**. Dovoluji si upozornit na možné nedorozumění: jsou-li v učebnicích označovány zmínky o teorii relativity a kvantové mechanice za **moderní fyziku**, neznamená slovo moderní totéž co nedávno zrozená. Tyto dvě teorie se zrodily v prvních desetiletích minulého století a znamenaly významný krok za hranici všední zkušenosti a „selského rozumu“. Jsou stále platné, ale ve fyzice se během minulého století stalo mnoho dalšího, a tedy zmíněné teorie nejsou poslední poznatky, které

fyzika získala. Proto považuji alespoň ilustrativní **pohled na současnou fyziku** a některé její výsledky z různých oborů **za nepominutelný**. (Ve stejné době, jako se rodila ona moderní fyzika, se zrodilo bezesporu **moderní auto** – Ford model T. Základní principy zůstávají, ale na **současných** autech je století vývoje vidět.)

Na závěr úvah o tom, jak dobře výukou fyziky sloužíme společnosti, si dovolím poznamenat, že podobně jako v jakékoli oblasti lidské činnosti i ve výuce fyziky existují břídilové a dokonce sabotéři, kteří fyziku žákům znechucují. Na ty nepříjde Česká školní inspekce, mohou je někdy identifikovat jejich kolegové, ale zpravidla je nejjistěji poznají žáci. Obávám se, že mechanismy, jak tyto sabotéry odstraňovat, jsou nerozvinuté a slabé. Obecně si myslím, že „kontrola kvality“ ve vzdělávání funguje jen velmi omezeně. Trochu se odliší lepší školy od horších, ale například skutečnost, že úroveň výuky celého oboru podstatně klesá, se „prokazatelně“ pozná asi až v mezinárodních srovnávaních typu PISA. Obávám se, že nedokážeme jasně říci, že je někde výuka podivná či dokonce špatná. A jestliže jsem označil škodící kantory fyziky za sabotéry, měl bych asi některé zjevně nefunkční didaktické činy označit za „velezradu“.

### Co s tím?

Nemám žádné definitivní řešení všech zmíněných problémů. Ale myslím si, že by bylo velmi účelné **posílit komunikaci mezi kantory a didaktiky a odbornými fyziky** a že by bylo velmi potřebné **podporovat mechanismy zpětné vazby**. Argumentem pro mne jsou fungující mechanismy v odborné fyzikální komunitě, které sice nezabrání excesům, jako byla například bublina kolem studené fúze, ale zajistí po nějaké konečné relaxační době rozumné vyrovnaní se s takřka jakýmkoli problémem. V komunikujícím a interagujícím fyzikálním prostředí sice mají své místo různé exotické osobnosti, ale zpravidla rozhoduje invence a produktivita. Existuje tam permanentní tlak na vědeckou produkci a její kvalita je víceméně uspokojivě kontrolována (i když každý způsob hodnocení má své vady). Přítomnost třeba nevelkého počtu odborných fyziků na didaktických setkáních může přinést kritický pohled, upozornění na pseudoproblémy, podivné interpretace a neperspektivní témata, ale také nabídku ilustrací současné fyziky, vhodných témat pro hraní si s fyzikou, či s moderními technologiemi. A odborným fyzikům by takovýto kontakt mohl přinést zrealnění pohledu na možnosti fyziky ve škole, nabídku většinou vděčných posluchačů a dobrý pocit z užitečné práce.

Fyzika hnaná zvědavostí je podle všech signálů pro naši populaci stále ještě trochu atraktivní, například termíny jako Higgsův boson, antihmota či temná hmota se míhají běžně i v médiích. Ale tato současná fyzika je od školské dosti zřetelně oddělena. S tím se ovšem něco dělat dá, pokouším se o to již mnoho let a nejsem ani zdaleka sám. Zaměřím-li se na propagaci částicové a jaderné fyziky, mého oboru, pak informaci o mnohých aktivitách najde čtenář na mé webové stránce [8], v příspěvcích kolegy Wagnera na Oslu [9] a mnohde jinde. Reakce drtivé většiny účastníků různých popularizačních akcí jsou kladné až velmi kladné, krátkodobě jsou například naexcitovaní učitelé schopni předávat nadšení dál svým studentům, dlouhodobý excitační efekt je spíše řídký. V tomto kontextu je nesmírně efektivní a odměňující věnovat se kantorům, kteří na sobě systematicky pracují, což je případ Heuréky. Heuréka také ukazuje přínos seznamování se s různými obory fyziky či příbuzných věd

prostřednictvím seminářů a aktivit s konkrétními odborníky. Kromě témat a informací jde i o lidský kontakt, ilustraci nadšení, profesionality, kompetence.

Opakuji tedy své volání adresované didaktické a učitelské obci: **Blíže k fyzice!**

Poslední komentáře si dovoluji napsat k **volání po silnější zpětné vazbě** ve výuce fyziky. Podobně jako se o správnosti pochopení fyzikálních procesů přesvědčíme schopností úspěšné předpovědi nebo funkčností navržených aplikací, měli bychom se ve výuce starat o to, který učitel a které metody vedou k tomu, že žáci něco umějí a ještě k tomu fyziku oceňují jako zajímavou, a které cesty jsou asi slepé. Rozhodně nevolám po mechanickém odměňování učitelů podle výsledků jejich žáků, ale měli bychom hledat cesty, jak poznat a ocenit, že někdo učí fyziku dobře (a naopak).

### Literatura

1. ROJKO M., DOLEJŠÍ J., KUCHAR J., MANDÍKOVÁ D.:  
*Fyzika kolem nás. Fyzika I pro základní a občanskou školu. (II, III, IV)*  
Scientia Praha 1995 (96, 97, 98), žakovská/učitelská verze. Ilustrace dostupné na WWW: <http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/~dolejsi/fkn/FKN.htm>
2. DOLEJŠÍ J., KOUDELKOVÁ I.: *Co dělají učitelé fyziky o prázdninách?* Čs. čas. fyz. 56 (2006), 116-120, č. 2
3. DOLEJŠÍ J.: *Fyzici a učitelé*. Článek v elektronickém sborníku na CD: *Veletrh nápadů a informací pro fyzikální vzdělávání. Pro učitele fyziky a nejen pro ně*. Ed. Dvořák L., Broklová Z., Prometheus, Praha 2005.. Dostupné na WWW: [http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/rozsirene/Dolejsi/fyzici\\_a\\_ucitele.pdf](http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/rozsirene/Dolejsi/fyzici_a_ucitele.pdf)
4. Dokument NERV: *Rámcová strategie konkurenceschopnosti*, dostupný na WWW: [http://www.vlada.cz/assets/ppov/ekonomicka-rada/aktualne/Ramec\\_strategie\\_konkurenceschopnosti.pdf](http://www.vlada.cz/assets/ppov/ekonomicka-rada/aktualne/Ramec_strategie_konkurenceschopnosti.pdf), zvláště kapitola 3, odstavec 77 a dále. K němu *Stanovisko Jednoty českých matematiků a fyziků ke zprávě Národní ekonomické rady vlády o stavu vzdělanosti*, viz WWW <https://jcmf.cz:444/?q=cz/node/104>
5. NAKAMURA K. et al. (Particle Data Group): *The Review of Particle Physics*. J. Phys. G **37** (2010) 075021. Dostupné na WWW: <http://pdg.lbl.gov/>
6. PIŠŮT J., SVOBODA E., DEMKANIN P., DOLEJŠÍ J., MEDO M., LAZÚR M.: *Fyzika pre 2. ročník gymnázií*. SPN – Mladé letá s.r.o., Bratislava, 2005, 239 str. ISBN 80-10-00759-5, reedice 2007, 239 str., ISBN 978-80-10-01304-3
7. Projekt Heuréka, viz WWW <http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/>
8. Články na WWW <http://public.web.cern.ch/public/en/About/Fundamental-en.html>
9. WWW <http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/dolejsi.html>
10. WWW <http://www.osel.cz/>

### Kontaktní adresa

doc. RNDr. Jiří Dolejší, CSc.

Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, Ústav částicové a jaderné fyziky

V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8

Telefon: +420 221 912 469

E-mail: [jiri.dolejsi@mff.cuni.cz](mailto:jiri.dolejsi@mff.cuni.cz)