

# Výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání – co, proč a jak

Leoš Dvořák, Martina Kekule, Vojtěch Žák

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8;  
leos.dvorak@mff.cuni.cz, martina.kekule@mff.cuni.cz, vojtech.zak@mff.cuni.cz

Fyzikové se na výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání dosud často dívají s podezřením. Je to vůbec seriózní výzkum? Čím se zabývá? Jaké má výsledky? A nepatří spíš do pedagogiky? Příčinou těchto otázek může být i malá informovanost. Smyslem našeho příspěvku samozřejmě není přesvědčit polovinu fyziků, aby se vzdali svých specializací a vrhli se na didaktiku fyziky. Cílem je přinést stručný pohled na dnešní stav této oblasti (či alespoň určitých jejích aspektů), přispět k překonání některých zastaralých představ a ukázat, že výzkum v oboru fyzikálního vzdělávání lze brát jako přirozenou součást fyziky – oblast sice hraniční, ale zajímavou a důležitou, která je pro fyziku jako celek přínosem.

## Zdrcující citát na úvod

„Kdo umí, dělá. Kdo neumí, učí.“ Tenhle bonmot slyšel a možná použil snad každý z nás. Jako každá generalizace je vlastně hrozně nespravedlivý – jak určitě všichni, kdo pracujete v oblasti fyziky, můžete doložit vlastním pozorováním. Nebo že byste si opravdu nevzpomněli na žádného ze svých učitelů fyziky, od základní školy po vysokou, jehož jste si vážili a který vám byl vzorem?

Ale pokročíme v provokativních výrociích ještě dále. Na katedře didaktiky fyziky Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy (MFF UK) se již před mnoha léty doplňoval uvedený bonmot dvěma dalšími částmi: „Kdo to umí ještě méně, učí, jak to učít. A kdo ještě méně, ten o tom bádá.“<sup>1</sup>

Z úst didaktiků fyziky je daný výrok dokladem, že to nejsou strnulí a zapšklí pedanti, kteří by si sami ze sebe nedokázali dělat legraci. Horší je, pokud se na výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání začnou takto křivým prizmatem dívat jiní. Výsledek pak nemá daleko k představám, že co Čech, to Švejk.

Tento pohled přitom není jen českou specialitou. Na základě průzkumu provedeného Evropskou fyzikální společností konstatuje M. Vollmer [1], že výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání často nemá mezi fyziky dobrou pověst. Perličkou může být komentář, že například v Belgii „někteří profesori fyziky soudí, že výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání je zbytečný; oni učí tak dobře, že všichni studenti všechno chápou“. Oblast na pomezí „tvrdé fyziky“ a „soft disciplín“, ať už jí říkáme *didaktika fyziky* nebo (v poněkud užším vý-

znamu) *physics education research*, zkrátka o své uznání a o své místo na slunci dosud v řadě případů ještě musí bojovat.

## Didaktika fyziky vrací úder (?)

Jak může didaktika fyziky přesvědčit skeptické fyziky, že je to „opravdu věda“? Že je to zajímavá a užitečná oblast, které stojí za to se věnovat? Zde bychom mohli dojít až k filozofické diskusi o tom, co věda je a není. Možná ale bude stačit subjektivnější pohled. V příspěvku [2], kriticky mířícím do vlastních řad, jeden z nás (L. D.) vyslovil své osobní přesvědčení, co je to věda hodná toho jména. Věříme, že i většina čtenářů Československého časopisu pro fyziku bude souhlasit, že věda:

- klade zajímavé a podnětné otázky,
- přináší netriviální, hluboké odpovědi (a to odpovědi konkrétní, ověřitelné, ne vágní změti slov),
- zahrnuje a potřebuje intelektuální poctivost, kritickou reflexi, přehodnocování dříve daného a vědeckou skepsi,
- vyžaduje tvrdou práci a veliké zaujetí – a přináší velikou radost.

Může *physics education research* prezentovat výsledky splňující tato kritéria? Jsme přesvědčeni, že může.

Jedním z příkladů, které to dobře ilustrují, je výzkum žákovských *prekonceptů* (nazývaných též „intuitivní koncepce“ nebo – v případě, že jde o chybné představy – „miskoncepce“). Typickým a často uváděným případem miskoncepce je představa, že *pokud se těleso pohybuje, musí na něj působit síla*.

Dobrá, může říci fyzik, takto uvažují malé děti. Stačí je ale naučit první Newtonův zákon a vše bude

1 Pátou část, směřovanou k řídicím složkám, zde už raději nebudeme citovat.

vyřešeno, nebo ne? Jedním z důležitých výsledků výzkumů je, že (bohužel) platí ono „ne“ (viz [3] a dlouhá řada dalších článků; mnoho pramenů cituje např. česká monografie [4]). Chybné prekoncepce často pozoruhodně odolávají procesu vzdělávání a mají tendenci se vracet, zejména při řešení nestandardních problémů. Navíc je zajímavé, že se tyto prekoncepce nezávisle objevují u žáků různých národů, příliš nezávisle na typu školy a leckdy ani na studijních výsledcích (viz [4]). Jak je překonávat, je pro fyzikální vzdělání opravdu výzvou.

Mnohého čtenáře teď asi napadá přirozená otázka, proč ještě didaktika fyziky nenašla jednoduchý, účinný a univerzální způsob, jak se s miskoncepcemi jednou provždy vypořádat. Podobně by se ale někdo mohl laicky ptát, proč fyzikové ještě nenašli supravodič s kritickou teplotou 500 K. Cena výzkumu je i v tom, že ukazuje, že v realitě jsou věci složitější, než by se zdálo od zeleného stolu. Ostatně právě detailnější poznání problémů souvisejících třeba se zmíněnými miskoncepcemi umožňuje rozvíjet a ověřovat výukové strategie, které sice nejsou žádným „svatým grálem“, ale jsou pro rozvoj myšlení žáků a studentů prokazatelně účinnější než jednoduchý přístup typu „když jim to pořádně vysvětlím, tak tomu přece musí rozumět“.

Didaktika fyziky samozřejmě nechce vracet žádné údery; podtitulek byl velkou nadsázkou. Ale dá se říci, že se již navzdory pochybovačům etablovala jako rozvíjející se svěbytná disciplína – byť stále tak trochu mezi mlýnskými kameny „tvrdé fyziky“ a „měkké pedagogiky“. Možná i za sto let na ni budou pedagogové pohlízet jako na obor příliš fyzikální a fyzikové naopak jako na oblast příliš pedagogickou. Ovšem didaktika fyziky k fyzice jednoznačně patří. Skeptiky z řad fyziků bychom o tom snad mohli přesvědčovat i zcela pragmatickým poukazem na to, že se jí již několik let věnuje i tak renomovaný časopis jako *Physical Review*. Od roku 2005 totiž existuje *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* [5]. Články z této výzkumné oblasti ale samozřejmě najdeme i v časopisech jako *American Journal of Physics*, *European Journal of Physics* a dalších, včetně časopisů zabývajících se

širší oblasti přírodovědného vzdělávání, jako například *International Journal of Science Education*.

### Čemu se věnuje výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání?

V našem příspěvku dále představíme témata, jimž se výzkum v dané oblasti věnuje, dotkneme se metodologie, které využívá, a naznačíme i to, jak se jeho výsledky dotýkají praxe, tedy reálné výuky fyziky na školách. Nepůjde zde v žádném případě o vyčerpávající výčet, spíše o letmé představení dané problematiky pro čtenáře z řad fyziků.<sup>2</sup>

Než se budeme věnovat jednotlivým aspektům *physics education research* blíže, stojí za to vymezit ho trochu obecněji. Jednoznačná definice neexistuje a v literatuře se dají najít různá vymezení. Lze však říci, že je to obor, který zkoumá vše, co bychom zahrnuli pod „učení se“ fyzice (včetně fyzikálního myšlení žáků) a její vyučování. Konečným cílem je samozřejmě zlepšit výuku, fyzikální myšlení a také postoje žáků k fyzice. K tomu je třeba příslušné procesy a vše, co k nim patří, co nejlépe poznat. Právě proto je didaktika fyziky i vědní disciplínou a (nejen) řemeslem, uměním či sbírkou postřehů a zkušeností z učitelské praxe – byť ani tyto její aspekty v nejmenším nepodceňujeme.

Možná, dříve než přejdeme ke konkrétnějším věcem, ještě stojí za to dodat poslední obecnější poznámku. Výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání nepotřebuje složité přístroje<sup>3</sup> ani matematické formalismy typu fibrované prostory. V tomto ohledu je tedy „lehčí“ než „čistě fyzikální obory“. Na druhou stranu třeba částicovým fyzikům se objekty jejich zkoumání nemění z roku na rok či z desetiletí na desetiletí. Neutron má stejné vlastnosti jako před půl stoletím a dnes – to je něco dost jiného. Jiná je část populace, které se dostává vyšších stupňů vzdělání, jiné jsou postoje žáků, jiné je celé okolí škol a vyučovacího procesu. I proto nelze na řešení problémů v oblasti vzdělávání jednoduše užít recept „dělejme to jako kdysi“. A právě proto je třeba, aby výzkum v oblasti didaktiky fyziky, někdy nelehko, hledal a zkoumal, co se při výuce v současných třídách a v hlavách dnešních žáků děje. Aby si kladl zajímavé a důležité otázky a hledal na ně dostatečně fundované odpovědi.

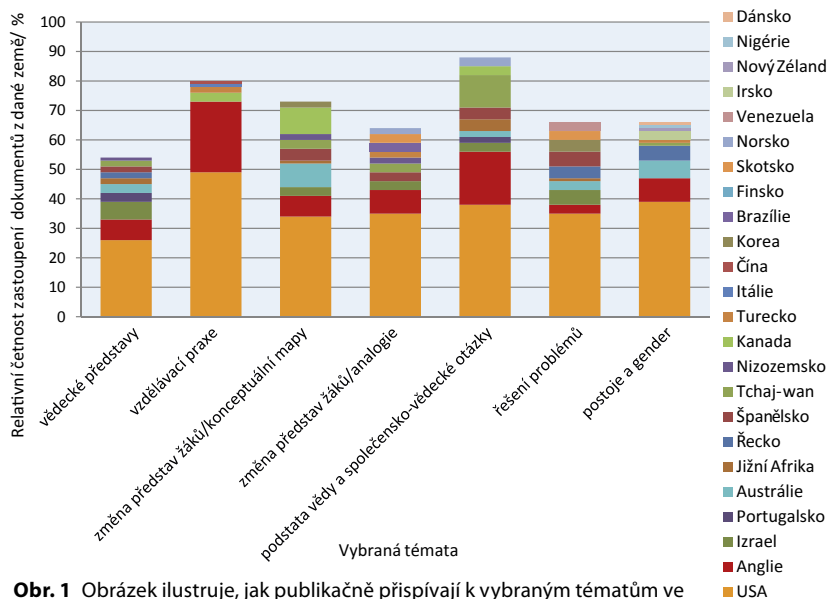
### Dvě tradice: evropská kontinentální a anglo-americká

V oblasti výzkumu fyzikálního vzdělávání (a obecně výzkumu vzdělávání v různých oborech) existují dlouhé desítky let dvě odlišné tradice. Jednou z nich je *evropská kontinentální tradice*, kam spadají *oborové didaktiky*, včetně *didaktiky fyziky* [6]. Není bez zajímavosti, že tato tradice navazuje nejen na německé didaktické teorie 19. a 20. století, ale také na dílo J. Á. Komenského<sup>4</sup> [7]. V kontinentální Evropě je typické, že výzkumníci v oblasti přírodovědného vzdělávání jsou v užším kontaktu

2 Odborníkům v oblasti didaktiky fyziky a pedagogiky se tímto omlouváme za nevyhnutelná zjednodušení a zkrácení. Fyzikům vlastně také. Ono chtít postihnout celou oblast na pár stránkách je trochu podobné, jako kdybychom lidem z jiného oboru ve stejném krátkém článku vysvětlovali, jak úžasná věc je zakřivený prostorčas.

3 Ovšem na mezinárodních konferencích už byly zmíněny výzkumy, které při zkoumání činnosti mozku při řešení problémů využívaly NMR. Takže kdoví, co nás ještě čeká.

4 To není naší českou obrozeneckou chimérou, ale široce uznávaným faktem [8].



**Obr. 1** Obrázek ilustruje, jak publikačně přispívají k vybraným tématům ve výzkumu přírodovědného vzdělávání jednotlivé země, příp. regiony. Konkrétně se jedná o příspěvky v časopisech *Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *International Journal of Science Education* a *Research in Science Education*. Graf je zpracován na základě dat v [12].

s akademickými pracovišti příslušného přírodovědného oboru (např. fyziky) než s pracovišti pedagogickými [9].<sup>5</sup> Druhý proud, který je typický pro *anglo-americké prostředí*, vychází zejména z pedagogicko-psychologických přístupů. V rámci něj se výzkumníci zabývají teoriemi kurikula<sup>6</sup> a empiricky založenými výzkumy o procesech vyučování-učení [6, 9]. Různý přístup má zřejmě původ ve vzájemných vztazích mezi zejména německy a anglicky mluvícím světem. K výraznějšímu vymezení došlo již na počátku 20. století a dvě světové války od sebe badatele obou tradic ještě více vzdálily [7]. Odlišnosti se projevují mimo jiné v různé terminologii. Zatímco v kontinentální Evropě se setkáme s výrazy *Didaktik der Physik*, *didactique des sciences physiques*, *didaktika fyziky* apod., v anglo-americkém prostředí se slovo *didactics* téměř nepoužívá a mluví se o *physics education*, *teaching and learning of physics* apod. Na druhou stranu badatelé obou tradic spolu dokážou věcně komunikovat a jejich vymezení není zcela striktní.

### „Rozdání dotazníků“ není obecně seriózní výzkumnou metodou, máme lepší

Z výše uvedeného je patrné, že výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání využívá metod různých oborů: pedagogiky, statistiky, psychologie atd. Patří sem metody kvantitativní, které jsou obecně fyzikům blízké, protože se opírají zejména o matematiku a statistiku. Z méně tradičních kvantitativních metod uveďme metodu *sémantického diferenciálu*, která byla použita také v českém prostředí k měření skrytých významů určitých pojmů (souvisejících s fyzikou) v pojetí žáků [10]. Dále jsou využívány metody kvalitativní, s nimiž se běžně setkáme ve společenskovědních oborech. Sem patří např. rozhovor a pozorování. Stejně jako v jiných oborech patří k profesionálně výzkumníka využívat účelně různých metod, vhodně je kombinovat, a to v souvislosti s povahou řešeného výzkumného problému. Při výzkumu by měly být zajištěny určité požadavky, zejména dostatečná *validita* a *reliabilita*, tj. spolehlivost (přesnější vymezení a konkrétní příklad v [11]). Těžko lze najít rozumné důvody, proč používat ve výzkumu za všech okolností jen jednu metodu nebo pouze metody kvantitativní. Například pokud chceme zjistit, jaké důvody vedly učitele fyziky ke studiu učitelství a k výběru jejich povolání<sup>7</sup>, hodí se k získání relevantních informací dobře promyšlený strukturovaný rozhovor, který provedeme s několika desítkami respondentů, než dotazník v elektronické podobě, který sice můžeme zaslat stovkám učitelů a který můžeme „efektivně“ statisticky vyhodnotit, ale který nám neumožní dostat se do hloubky ke skutečným důvodům. Záznam slovních výpovědí učitelů tady bude cenným materiálem k následné analýze, nikoli záznamem pouhého „tlachání“.

### Jakými tématy se konkrétně zabývá výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání?

Už jsme obecně zmínili metodologický přístup výzkumu v oblasti fyzikálního vzdělávání. Spoustu čtenářů teď určitě napadne: „Co tedy vlastně ta didaktika



**Obř. 2** Pohled do hlavního jednacího sálu letošního ročníku The World Conference on Physics Education (WCPE), která se konala v Istanbulu. Foto: Zdeněk Šabatka

fyziky zkoumá?“ Abychom to zjistili, můžeme se zeptat např. kolegy z daného pracoviště, nad čím právě bádá, analyzovat projekty, kterým byla udělena grantová podpora, nebo analyzovat prostor pro vědeckou komunikaci, který typicky poskytují časopisy. My se vzhledem k charakteru tohoto článku přidržíme pouze posledně uvedeného způsobu a budeme zde čerpat především z nejnovějších analýz ([12, 13, 14]), které byly zaměřené na oblast přírodovědného vzdělávání.<sup>8</sup> Ve všech třech zdrojích se jednalo jak o obsahovou, tak o citační analýzu. První z výše uvedených zdrojů použil ke zjištění požadovaných výsledků scientometrické postupy, další dvě studie při analýze využívaly subjektivní posouzení vybranými odborníky a reliabilitu získaných výsledků zjišťovaly pomocí shody těchto odborníků. Přestože jsou oba popsání přístupy považovány za korektní, je mezi nimi jeden zásadní rozdíl. Poslední dvě studie vycházely z kategorizace témat vytvořené pro konferenci „The National Association for the Research in Science Teaching“ (NARST).<sup>9</sup> První uvedená studie (tj. [12]) pomocí shlukové analýzy „extrahovala“ témata ze záplavy identifikovaných klíčových pojmů a slovních spojení v názvech, abstraktech a klíčových slovech analyzovaných článků. Pro úplnost ještě dodáváme, že studie analyzovaly články pouze ve vybraných nejdůležitějších časopisech zaměřených na výzkum v přírodovědném vzdělávání.<sup>10</sup> Jaká jsou tedy stěžejní témata, kterými se výzkumníci v oblasti přírodovědného vzdělávání zabývají? Výbor konference NARST vytipoval a autoři článku [13] upravili následujících devět témat:

- *vzdělávání učitelů*: zahrnuje i pregraduální přípravu budoucích učitelů,
- *vyučování: pedagogical content knowledge* (didaktická znalost obsahu), formy reprezentace znalos-

5 V případě katedry didaktiky fyziky na MFF UK to platí velmi přílehavě, protože je součástí fyzikální sekce fakulty.

6 Kurikulum je poněkud nejednoznačný pojem zahrnující zejména vzdělávací programy, průběh studia a jeho obsah, ale také obsah veškerých zkušeností, které žáci získávají při vzdělávání.

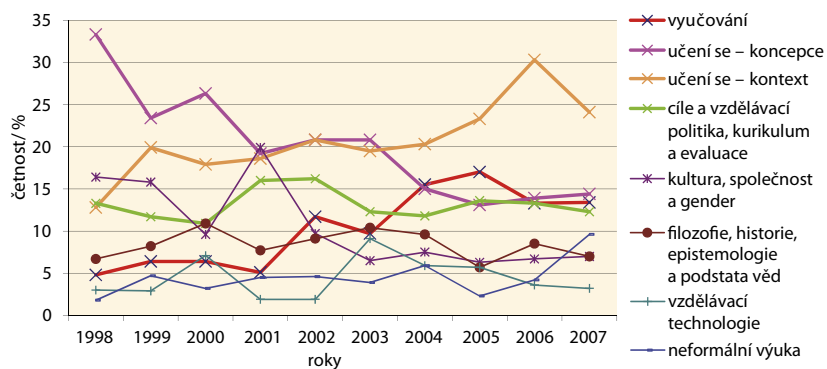
7 Je asi zřejmé, jaké důvody nás mohou vést k touze to zjistit.

8 V anglosaském vzdělávání převažuje trend výuky přírodovědných předmětů integrovaně. Proto se také často setkáme s termínem „*science education research*“, který zahrnuje výzkum v oblasti vzdělávání zejména biologie, chemie a fyziky. Prezentovaná data tedy nejsou přísně specifická pro fyziku, nicméně pro základní představu jsou relevantní.

9 <http://www.narst.org/>

10 Konkrétně se jedná o tyto časopisy: *Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *International Journal of Science Education*, *Research in Science Education*.





Obr. 3 Četnost zastoupení jednotlivých témat v přírodovědném vzdělávání v daných letech. Zpracováno na základě dat v [13] a [14], získaných analýzou více než 800 článků.

tí, jednání učitele, vyučovací strategie, metody a formy,

- *učení – koncepce*: týká se představ (již zmiňované prekoncepce) žáků v daném oboru a možnosti změny případných chybných představ (miskoncepce), zahrnuje např. metody zjišťování těchto představ žáků, přístupy ve výuce napomáhající ke změně chybných představ,
- *učení – kontext*: zahrnuje kontext třídy a charakteristiky učícího se žáka, např. motivaci žáka, učební prostředí, individuální rozdíly, přístupy k učení, hodnotovou složku učení se přírodním vědám, kooperativní výuku, interakci učitel-žák atd.,
- *cíle a vzdělávací politika, kurikulum<sup>11</sup> a hodnocení*: zahrnuje jak otázky týkající se návrhu kurikula, jeho způsobu začlenění do výuky apod., tak také otázky hodnocení učitelů, vytipování příkladů dobré praxe apod.,
- *kultura, společnost a gender (rozdíly mezi pohlavími)*: zahrnuje také etnické otázky,
- *filozofie, historie, epistemologie<sup>12</sup> a podstata věd*: zahrnuje také etické a morální otázky,
- *informační technologie ve vzdělávání*: počítače, multimedia a jejich integrace do výuky, hodnocení jejich využití ve výuce,
- *neformální výuka*: zahrnuje učení se v neformálním prostředí (např. science centra) a dále popularizaci přírodních věd.

Možná může být tento výčet překvapující. Jednak je poměrně široký a zejména fyzikům může připadat málo přírodovědně zaměřený. Jak jsme uvedli výše, tento výčet je výsledkem shody odborníků v oblasti „science education research“. Tato témata tedy mohou být pouze tradována a při prováděné analýze se posuzující pouze mohli snažit přiřadit reálné studie k těmto tématům. Podívejme se, jaké jsou výsledky v případě, kdy témata vykrystalizují na základě obsahu klíčových slov v názvu, abstraktu článku apod. V rámci studie [12] bylo identifikováno následujících devět tematických okruhů výzkumu:

- vědecké představy,
- vzdělávací praxe,

11 Podívá-li se fyzik, jak mnohovýznamově bývá chápán pojem „kurikulum“, může se v první chvíli rozčítit, jak nejednoznačné termíny to pedagogika a didaktika fyziky používají. Také se mi to stalo (poznámka L. D.), než jsem si uvědomil, jak různě a pro co vše užíváme ve fyzice třeba termín „pole“.

12 Teorie poznání. Physics education research např. zjišťuje žákovské představy o tom, co je to vědecký přístup, jakým způsobem věda získává poznatky apod.

- změna představ žáků/konceptuální mapy,
- změna představ žáků/analogie,
- vzdělávání učitelů,
- podstata vědy a společensko-vědecké otázky,
- řešení problémů,
- postoje a gender, a dále
- *urban education* (problematika vzdělávání ve velkých městských aglomeracích, kde žáci navštěvující jednu školu/třídou pocházejí z velmi rozdílných kulturních a socioekonomických podmínek).

Pokud srovnáme oba výčty, je zřejmé, že v druhém případě chybí témata týkající se cílů, kurikula a vzdělávací politiky obecně, také neformální vzdělávání nebo alespoň popularizace vědy není explicitně zmíněna. Četnost výskytu těchto témat v článcích analyzovaných v [13] a [14] byla však také velmi malá. Tato témata jsou tedy zřejmě v rámci výzkumu vnímána na jedné straně jako potřebná (výzkumná komunita vyzdvihla toto téma samostatnou kategorií), nicméně na základě výsledků v [12] je zřejmé, že reálně tomuto tématu přílišná pozornost věnována není. Jaká témata se však vyskytují v daných článcích nejčastěji? Všechny studie shodně uvádějí téma týkající se konceptuálních představ žáků (již zmíněné prekoncepce a miskoncepce). Např. podle [12] se téměř pětina článků zabývala tímto tématem. To ovšem neznamená, že by si čtenář měl didaktiku fyziky spojit zejména s prekoncepce. Pokud se podíváme na trendy oboru, zdá se, že toto téma je pro tuto chvíli už vcelku nasycené. Jak jsme již zmínili v úvodní části článku, změna chybných konceptuálních představ žáků není jednoduchá a zjištěná nasycenost neznamená vyřešení tohoto problému, ale pouze jeho určité části (např. jsou poměrně dobře identifikované problematice oblasti v jednotlivých fyzikálních oborech, což s sebou nese i množství vytvořených spolehlivých měřicích nástrojů (nejčastěji dotazníků)). Jak ukazuje graf na obr. 3, stále je velká pozornost věnována procesu učení se žáků, ale během posledních let se do popředí dostává celkový kontext učení (tj. motivace žáka, charakteristiky učebního prostředí, individuální rozdíly mezi žáky atd., viz výše). V [12] navíc zaznamenali celkem velký nárůst počtu článků věnujících se vzdělávání učitelů. Konkrétně na začátku 90. let byly v analyzovaných časopisech průměrně publikovány dva články týkající se tohoto tématu za rok. Od roku 2002 se pohybuje tento počet v rozmezí 16 až 27 článků ročně. (Viz obr. 3).

Počet článků publikovaných na dané téma může indikovat určitou závažnost tohoto tématu vnímanou danou komunitou. Ještě zajímavější může být vytipování témat, kterých se dotýkají nejvíce citované články z oboru. Možná to může být pro někoho překvapivé, ale výčet témat se zdaleka nekryje s původním seznamem [14]. Do popředí se dostávají zejména témata týkající se vzdělávací politiky a cílů vzdělávání.

### Jaká jsou konkrétní výzkumná zjištění? A jsou vůbec k něčemu?

Už výše byl několikrát zmíněn jeden z důležitých výsledků výzkumu v oblasti fyzikálního vzdělávání – existence a odolnost žákovských prekonceptů. Jako další příklady konkrétních výsledků výzkumu v oblasti (nejen) fyzikálního vzdělávání můžeme uvést závěry německých didaktiků [15], které byly formulovány na základě zjištění mezinárodních výzkumů, jejichž zkratky, např. PISA (Programme for International Student As-

assessment), TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) se občas objeví i v českých médiích. Závěry vyvozené pro přírodní vědy (včetně fyziky) mohou být pro čtenáře netriviální až překvapivé, a tak považujeme za užitečné aspoň některé z nich stručně okomentovat.

**Nová média sama o sobě učení nepodporují.**

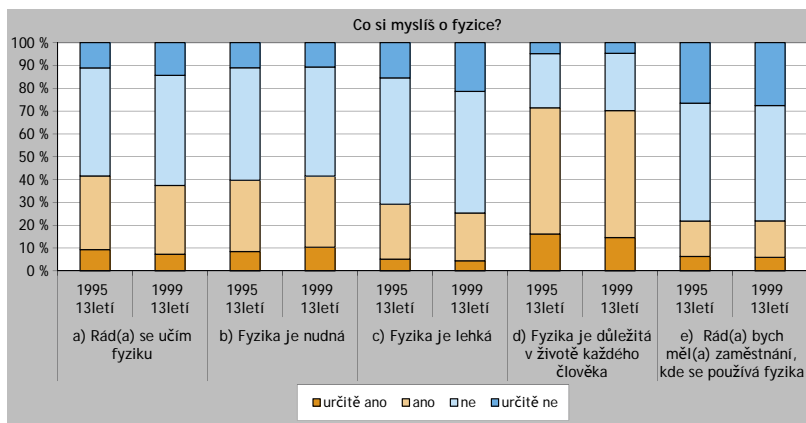
Obecně neplatí představa jakési nadřazenosti nových (moderních) médií z hlediska učení. Při volbě médií by se měl zohlednit zejména výukový cíl. Zatímco hypermédia se hodí k získávání expertních znalostí, programy typu „drill-and-practice“ jsou vhodné k získání faktických znalostí. Jinými slovy žáci s většími znalostmi studovaného tématu získávají více při neřízeném učení s využitím hypermédii, naproti tomu žáci s menší znalostní bází dosahují relativně větších pokroků díky více řízené podpoře. V souvislosti s moderními médii je vhodné zdůraznit, že úspěch v učení vyžaduje určité úsilí. Připravenost žáků namáhat se je ale vyšší u médií, která jsou považována za obtížnější (např. text), než při práci s médii vnímanými jako méně obtížná (např. film).

**Experimenty ve výuce nepodporují samy o sobě ani porozumění přírodovědným obsahům, ani způsoby myšlení a práce, ani zájem žáků.**

Výzkum PISA ukázal, že žáci mají obzvláště velké problémy s interpretací výsledků experimentů. Experimenty, které provádí učitel striktně podle návodu, aniž by zohledňoval potřeby žáků, jim málo pomáhají k hlubšímu porozumění, k rozvoji dovednosti aplikovat přírodovědné poznatky, umět si položit otázku a vyvodit závěry. Jak lze tedy experimenty smysluplně začlenit do výuky? Předně by měly experimenty vycházet z prostředí, ve kterém žáci žijí, a mělo by se využívat jejich stávajících představ o jevech (včetně prekonceptů). Na základě nich pak mohou žáci sami vytvářet hypotézy a ty potom experimentálně ověřovat.

**Zájem žáků o přírodní vědy během druhého stupně základní školy klesá.**

Největší pokles zájmu je u žáků druhého stupně základní školy (resp. nižšího stupně víceletých gymnázií) zdokumentován v rámci přírodovědných předmětů právě u fyziky (a chemie), poněkud méně u biologie a zeměpisu. Existují tu ovšem genderové rozdíly (rozdíly mezi pohlavími). Zájem dívek o fyziku (a chemii) klesá více a v dřívějším věku než u chlapců. Obdobně je výzkumně doložena klesající ochota učit se fyziku na reprezentativním vzorku více než 4 000 žáků základních a středních



**Obr. 5** Názory českých žáků na fyziku získané během mezinárodního šetření TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) v letech 1995 a 1999. Převzato se svolením autorek z [17].

škol v České republice [16]. Přirozenou otázkou v této souvislosti je, čím konkrétně je tento nezáměr způsoben? Výzkumná šetření poukazují např. na následující příčiny, které omezují zájem žáků o výuková témata: chybějící autonomie při učení, nedostatečné strukturování učiva, chybějící zpětná vazba o pokroku, kterého dosahují při učení. Na druhou stranu zájem může být zvýšen také tím, že žáci přijmou dané téma jako důležité pro jejich budoucí život a obecně pro společnost.

Výše uvedené výsledky by mohly působit negativisticky (i když věříme, že se obecně dají konstruktivně využít). Uvedme proto také příklad pozitivních zjištění (podrobněji [16]): *Žáci v České republice by rádi o hodinách fyziky dělali pokusy „vlastními rukama“, využívali počítače k měření a zpracování dat, dále preferují témata týkající se moderních technologií a z fyzikálních oborů je zájímá zejména optika a astrofyzika.* Obecně se ve výzkumu českých žáků ukazuje, že je fyzika na druhém stupni ZŠ docela baví a na SŠ se průměr přesouvá blíže ke spíše nebaví. I když pochopitelně existují i takoví, které nebaví vůbec, tak tito žáci nedominují v žádné zkoumané skupině. Není tedy pravda, že by to se zájmem žáků o fyziku bylo obecně a absolutně tak špatné, jak někdy slycháme nebo máme tendenci si myslet. Obdobně většina žáků tvrdí, že fyziku ve svém životě budou potřebovat (srovnej obr. 5, d).

Jistě nás teď může napadnout otázka, co se tedy s výzkumnými zjištěními děje dále? Využívají se někde, nebo zůstanou jen „na papíře“? To je zřejmě obecnější problém spousty oborů, zda a jak zprostředkovávat výsledky svému okolí, praxi. Na druhé straně je to však zřejmě také dobrý důvod existence kateder vychovávajících budoucí učitele (fyziky): Ty mohou (a měly by) toto zprostředkování provádět, a to nejen směrem k budoucím učitelům, ale například formou dalšího vzdělávání intervenovat směrem k učitelům z praxe a obecněji ke komunitám dalších odborníků a koneckonců celé veřejnosti.

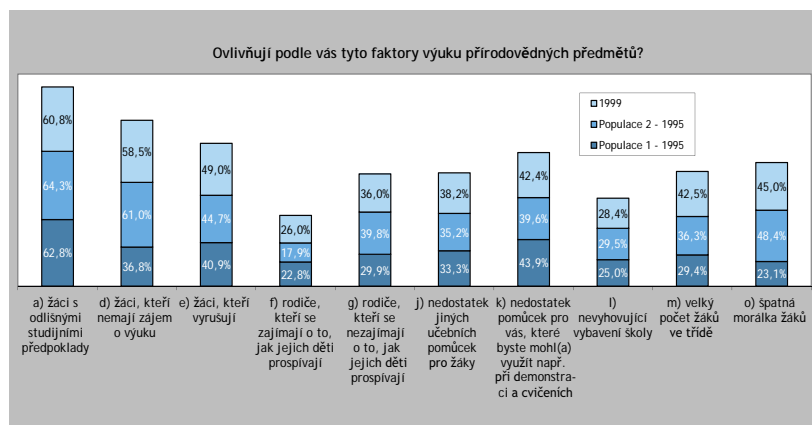
**Závěrem**

Vztah výzkumu a praxe v oblasti vzdělávání bývá někdy připodobňován k medicíně: Zkušenosti a dovednosti praktiků jsou nesmírně významné – ale výzkum je nezbytný, aby se daný obor posouval dál.<sup>13</sup> Proto se

13 Nebudeme zde spekulovat o tom, jaké období ve vývoji medicíny by bylo paralelou dnešního stavu poznání v didaktice fyziky. V dané analogii by jistě bylo bezpečné říci, že jsme výrazně za fází naivních představ typu „mozek je orgán k ochlazení krve“, byť na molekulární biologii zatím nemáme.



**Obr. 4** Vystoupení v sekcích v rámci letošního ročníku The World Conference on Physics Education (WCPE). Foto: Zdeněk Šabatka

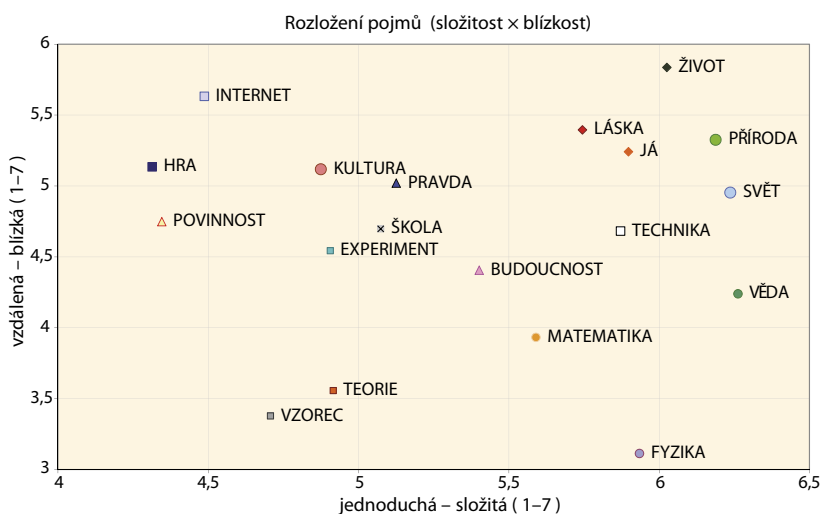


**Obr. 6** Faktory, které dle českých učitelů fyziky ovlivňují výuku přírodovědných předmětů. Výsledky byly získány během mezinárodního šetření TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) v letech 1995 a 1999. Převzato se svolením autorek z [17].

dnes v anglosaské literatuře setkáváme s pojmem *research-based teaching*.

Na tom, že fyzikální vzdělávání je potřeba v dnešním rychle se měnícím světě posouvat dál, se snad s didaktiky shodne i většina fyziků. Důvody mohou být vznešené (například šířit poznání, ukázat krásu fyziky) i zcela pragmatické. Vždyť už jen otázky postoje k fyzice mohou hrát důležitou roli při tom, kolik nám daňoví poplatníci v budoucnu oddělí či dovolí oddělit „ze společného koláče“. A žít ve společnosti, která by byla k fyzice a priori nepřátelská, by bylo minimálně nepříjemné. Dalším zřejmým důvodem je fakt, že budoucí fyzici a odborníci z dalších přírodovědných a technických oborů sedí dnes v lavicích základních a středních škol. Sice se někdy říká (a dnes je to populární i v médiích), že skutečné špičky se prosadí navzdory vzdělávacímu systému – ale dobří učitelé a dobré způsoby vyučování mohou kultivaci mladých talentů výrazně pomoci. Cokoli, co zde prospěje rozvoji myšlení, znalostí a dovedností, je dobrou investicí.

Všichni bychom si jistě přáli, aby jakékoli zásahy do vzdělávání nebyly jen slepé, bezmyšlenkovité, na základě pouhé „dojmologie“ či momentálních módních trendů. K tomu může svým dílem přispět i dobrý



**Obr. 7** Graf ukazuje, jak žáci vnímají fyziku v porovnání s dalšími vybranými pojmy. Data byla získána při zkoumání postojů žáků k fyzice metodou sémantického diferenciálu. Na obrázku je znázorněn řez vícerozměrným prostorem pro dvě škály: složitost a blízkost. Graf převzat z [10].

výzkum v oblasti didaktiky fyziky. Bohužel zdaleka nejde o podmínku postačující. Ale i tak je to jeden ze silných důvodů, proč takový výzkum dělat a proč se snažit, aby byl co nejkvalitnější.

## Literatura

- [1] M. Vollmer: „Physics teacher training and research in physics education: results of an inquiry by the European Physical Society“, *Eur. J. Phys.* **24**, 131–147 (2003).
- [2] L. Dvořák: „Několik otázek české didaktice fyziky“, In: *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 5: Výuka fyziky v kontextu potřeb současné společnosti*, sborník konference (ed. M. Randa), Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň 2011, s. 47–60.
- [3] J. Clement: „Students preconceptions in introductory mechanics“, *Am. J. Phys.* **50**, 66–71 (1982).
- [4] D. Mandíková, J. Trna: *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Paido, Brno 2011.
- [5] *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* [on-line], <<http://prst-per.aps.org>>.
- [6] J. Kotásek: „Domácí a zahraniční pokusy o obecné vymezení předmětu a metodologie oborových didaktik“, *Pedagogická orientace* **21**, 226 (2011).
- [7] P. Kansanen: „Oborové didaktiky jako základ znalostní báze pro učitele – nebo tomu budeme raději říkat pedagogical content knowledge?“, ve sborníku T. Janík a kol.: *Pedagogical content knowledge nebo didaktická znalost obahu?* Paido, Brno 2007.
- [8] I. Knecht-von Martial: *Geschichte der Didaktik. Zur Geschichte des Begriffs und der didaktischen Paradigmen*. R. G. Fischer, Frankfurt am Main 1985.
- [9] E. W. Jenkins: „Research in science education: Time for a health check?“, *Studies in Science Education* **35**, 1–26 (2000).
- [10] R. Pöschl: *Vnímání významu matematiky a fyziky středoškolskými studenty*. Diplomová práce, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Praha 2005, dostupné na WWW: <[http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/materialy/vnimani\\_vyznamu\\_M\\_a\\_F.pdf](http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/materialy/vnimani_vyznamu_M_a_F.pdf)>.
- [11] V. Žák: *Zjišťování parametrů kvality výuky fyziky*. Doktorská disertační práce, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Praha 2006, dostupné na WWW: <[http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/materialy/zjistovani\\_parametru\\_kvality.pdf](http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/materialy/zjistovani_parametru_kvality.pdf)>.
- [12] Y. Chang, Ch. Chang, Y. Tseng: „Trends of science education research: An automatic content analysis“, *J. Sci. Educ. Technol* **19**, 315–331 (2010).
- [13] C.-C. Tsai, L. M. C. Wen: „Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals“, *Int. J. Sci. Educ.* **27**, 3–14 (2005).
- [14] M. Lee, Y. Wu, Ch. Tsai: *Research Trends in Science Education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals*. *Int. J. Sci. Educ.* **31**, 1999–2020 (2009).
- [15] H. Bayrhuber, B. Ralle, K. Reiss, L.-H. Schön, H. J. Vollmer (Hrsg.): *Konsequenzen aus PISA. Perspektiven der Fachdidaktiken*. StudienVerlag, Innsbruck, Wien, Bozen 2004.
- [16] L. Dvořák a kol.: *Lze učit fyziku zajímavěji a lépe?* MAT-FYZPRESS, Praha 2008, dostupné na WWW: <<http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/NPVII/PriruckaProUcitele.pdf>>.
- [17] D. Mandíková, T. Harapesová: *Analýza dat z mezinárodních výzkumů TIMSS a PISA týkajících se postojů českých žáků k fyzice. Výzkumná zpráva projektu: 2E06020 Národního programu výzkumu II „Fyzikální vzdělávání pro všestrannou přípravu a rozvoj lidských zdrojů na úrovni základních a středních škol“*. Praha 2008. Dostupné na WWW: <[http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/NPVII/mezinarnodni\\_postoje.php](http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/NPVII/mezinarnodni_postoje.php)>.