

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Christoph Rhöneck

Potíže při vytváření správných fyzikálních představ žáků

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 38 (1993), No. 3, 167--174

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139566>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1993

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

vyučování

POTÍŽE PŘI VYTVÁŘENÍ
SPRÁVNÝCH FYZIKÁLNÍCH
PŘEDSTAV ŽÁKŮ

Christoph von Rhöneck

Již před výukou fyziky si žáci vytvářejí představy o technické a fyzikální podstatě věcí a jevů. Tyto představy mohou být vzájemně propojeny a měnit se od situace k situaci, mohou se směřovat během výuky s fyzikálními představami, mohou učení brzdit a mohou přetrvávat školní vyučování. V následujícím článku budou popsány některé typické žákovské představy a vysvětleny výukové strategie, s jejichž pomocí má být usnadněno pochopení fyziky.

Mají-li žáci řešit nějaký problém nebo pozorovat experiment, musí se pokusit o jeho interpretaci. Takové pochopení se může odehrávat jen s pomocí pojmů a představ, které mají žáci k dispozici. To je důvod, proč jsou tak důležité výzkumy žákovských představ [1] a proč byly v posledním desetiletí prováděny v mnoha zemích téměř současně. V této době se také objevily přehledy žákovských představ z důležitých oblastí školní fyziky [2–5] a články diskutující strategie k jejich překonání (např. [6]).

V následujících odstavcích nejprve nahledneme do představ žáků z oblasti elektřiny a mechaniky. Přitom bychom chtěli vypracovat některé charakteristiky žákovských představ. V souvislosti s tím se krátce odvoláme na psychologické pozadí výuky fyziky, než dojdeme k návrhům, jak představy žáků překonat.

V krátkém přehledu nelze zodpovědět otázku původu těchto představ [5] nebo ukázat těžkou cestu od dojmů z výuky přes cílené rozhovory až k testům řešeným s pomocí papíru a tužky. V dalších odstavcích pouze souborně uvedeme několik výsledků testů. Uvedená literatura pak vede k rozšiřujícím informacím v příslušných oblastech.

Nauka o elektřině

Pro získání přehledu o nejdůležitějších žákovských představách uvedeme nejprve některé výsledky jednoho mezinárodního srovnávacího testu ([5], [7]). Údaje byly získány od 1250 žáků 10. třídy několik měsíců po skončení výuky. Testy byly zadány ve Švédsku, Francii, Nizozemí, Německu (Badensku-Würtenbersku a Hesensku) a v Anglii.

Úlohy uvedené v tabulce I lze seřadit podle následujících žákovských představ: V úloze 1 se pátrá po představách o spotřebovávání proudu. Úloha 2 se zaměřuje na „lokální“ argumentaci žáků. „Lokální“ argumentace vede v této úloze

CHRISTOPH VON RHÖNECK: *Schwierigkeiten beim Verstehen von Physik*. Phys. Bl. 48 (1992), Nr. 3, s. 177.

Přeložila IVANA STULÍKOVÁ.

Adresa autora: Prof. dr. CHRISTOPH VON RHÖNECK, Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, Postfach 220, W-7140 Ludwigsburg, Bundesrepublik Deutschland.

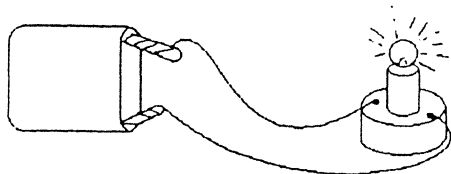
	S	F	E	NL	BW	H
Úloha 1:						
Proud se nespotebovává *)	39	11	40	30	28	15
Proud se trochu spotřebovává	55	49	58	56	50	49
Úloha 2:						
Hodnoty 0,4 A / 0,4 A / 0,4 A *)	14	21	15	17	18	12
Hodnoty 0,3 A / 0,3 A / 0,6 A	59	60	49	57	53	31
Úloha 3:						
Naprostο správně *)	30	32	27	34	33	20
Sekvenční argumentace	43	30	37	32	38	45
Úloha 4:						
Hodnoty 0 V / 6 V / 0 V*)	14	52	4	25	34	8
Hodnoty 6 V / 6 V / 6 V	61	0	55	45	42	60
Úloha 5:						
Kompence pomocí $I = \text{konst.}$	32	15	5	34	21	12
Všechny proudy zůstávají konst.	14	5	16	15	8	13
Naprostο správně*)	16	20	3	15	30	28

Tabulka I (Úlohy 1 až 5): Pomocí srovnávacího testu byly vyšetřovány žákovské představy v oblasti nauky o elektríně v pěti evropských zemích ([5], [7]). Zúčastnili se žáci ze Švédska (S), Francie (F), Nizozemí (NL), Anglie (E), Badenska-Würtenberska (BW) a Hesenska (H); výsledky jsou udány v procentech, správné odpovědi jsou označeny hvězdičkou (srovnej též text).

k tomu, že žáci očekávají v uzlovém bodě rozdělení proudu na stejné části, protože „proud neví, co nastane za uzlovým bodem“. Úloha 3 přezkusuje „sekvenční“ argumentaci žáků. Při „sekvenčním“ uvažování vycházejí žáci z toho, že zásah „před“ v obvodu s proudem by měl působit na odpor uprostřed, zatímco zá-krok „za“ se nemůže v prostředku projevit, protože „proud už prošel“. V úloze 4 se musí žáci vyjádřit k rozdělení napětí v obvodu s proudem. Mnozí žáci očekávají na přívodních vodičích stejné napětí, jaké dává baterie. Poslední úloha ukazuje skutečně komplexní vzor chybných představ. To nejdůležitější na těchto představách lze charakterizovat heslem „kompenzace“

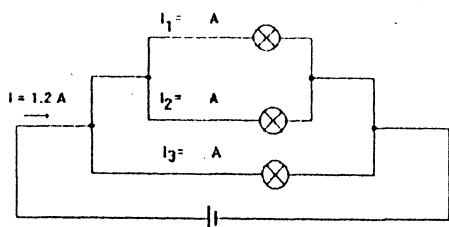
proudu při změnách v paralelním zapojení. Podle toho by se měl proud v obou vět-vích paralelního zapojení měnit se změnou rezistoru tak, že jeho snížení v jedné větvi je kompenzováno zvýšením ve druhé větvi. Druhá chybná představa je zřejmá při sekvenční argumentaci, podle které by se neměla změna v jedné z větví zapojení projevit na intenzitách proudu před rezis-tory.

První podivuhodný výsledek vyplývá-jící z tabulky je to, že jsou představy o spotřebovávání proudu — které jsou již dlouho známé jako komplikace při výuce, a proto podrobně při výuce zpracovávané a diskutované — stále ještě velmi přitažlivé po skončení výuky i u čistě

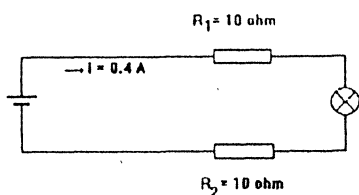


Úloha 1: Žárovka je připojena k baterii a svítí. Co je správně: a) Žárovka plně spotřebovává elektrický proud. b) Žárovka spotřebovává trochu elektrického proudu. c) Elektrický proud tekoucí z baterie k žárovce přichází zcela nespotřebován od žárovky k baterii zpět.

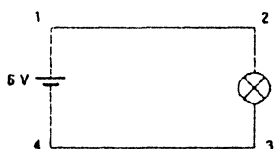
(Možnosti odpovědí jsou: 1) správně, 2) chybně, 3) nevím)



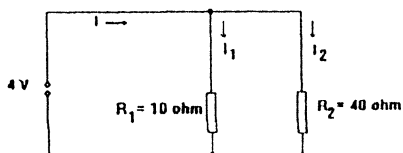
Úloha 2: Žárovky v elektrickém obvodu znázorněném na obrázku jsou všechny stejné. Doplňte do obrázku proud v jednotlivých větvích.



Úloha 3: Elektrický proud v následujícím obvodu je 0,4 A. Nyní nejprve nahradíme rezistor R_1 a poté rezistor R_2 stejnými rezistory o odporu 20 ohmů. Porovnejte proud po první změně a po druhé změně s proudem v původním obvodu.



Úloha 4: Jak velké je v obvodu na obrázku napětí mezi body: 1 a 2: V; 2 a 3: V; 3 a 4: V.



Úloha 5: Rezistor o odporu $R_2 = 40$ ohmů je nahrazen rezistorem o odporu 50 ohmů. Zaškrtněte správnou odpověď: Po výměně rezistoru bude elektrický proud I_2 větší / zůstane stejný / bude menší, dtto pro I_1 a I .

Obr. 1.

gymnaziální populace (Francie, Švédsko a Badensko-Würtenbersko). Zdá se, že tyto představy o spotřebovávání proudu jsou tak hluboko zakořeněné, že ani demonstrace stejné velikosti proudů tekoucích od baterie k žárovce a od žárovky zpět

k baterii nezaručuje dlouhodobé zakotvení v paměti. Gauld [8] popisuje, jak se žáci jen několik týdnů po výuce vrátili k představám o spotřebovávání proudu a byli dokonce ochotni si „vzpomenout“, že tento jev pozorovali na měřicím přístroji.

V hodnocení úlohy 4 je vidět, že se ve francouzských testech vůbec nevyskytuje chybný názor o stejném napětí na přírodních drátech, baterii a žárovce. Tento podivuhodný výsledek lze vysvětlit tím, že výsledky francouzských testů pocházejí pouze z pokusných škol (celkem 189 žáků), ve kterých byla se žáky tato chybná představa podrobně probírána. Cílenou výukou lze tedy komplikace odstranit. Ostatní výsledky však ukazují, že žákovské představy nezmizí, jestliže se objasní jeden izolovaný detail sítě představ. Domněnku o tom, že jsou představy o procesech probíhajících v proudovém okruhu vzájemně propojené, lze doložit empiricky [9].

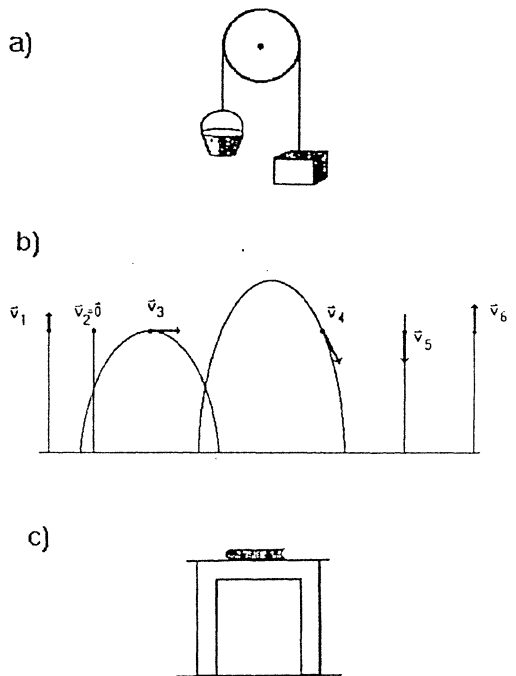
Mechanika

Výzkumy žákovských představ z oblasti mechaniky tvoří tak široké spektrum, že také zde je třeba odkázat na shrnující literaturu ([2], [3], [5]). Následující tři příklady mají dát malé nahlédnutí do problematiky (obr. 2). V prvním příkladu si nejprve všimneme Atwoodova padostroje v klidu. Závaží na pravé straně je umístěno o něco níže než nádoba stejné hmotnosti na straně levé. Podle McDermotta [3] uvádí asi 30 % dotázaných žáků, že tíhové síly působící na oba předměty nejsou stejné. Mnoho nesprávných odpovědí je založeno na tom, že závaží je blíže k Zemi, a proto je těžší. Tyto představy se dají snadno obrátit, vyměníme-li závaží a nádobu.

Větší problémy mohou nastat [10], jsou-li závaží a nádoba umístěny ve stejné výši a ptáme-li se, co by způsobila malá lžička písku přisýpaná do nádoby. Jestliže je porce písku tak malá, že neuvede nádobu do pohybu, „vidí“ přesto někteří žáci pohyb. Když v dalším pokusu nasypeme do

nádoby větší množství písku, předpovídá mnoho žáků rovnoměrný pohyb nádoby, a tento pohyb také „vidí“. Pozorování žáků jsou očividně ovlivňována jejich představami.

V druhém příkladu z obr. 2 je představena v šesti epizodách hra žongléra se stejnými míči [11]. V určitém časovém okamžiku jsou všechny míče ve stejné výši, ale mají různé rychlosti znázorněné



Obr. 2. Tři typické chybné představy žáků jsou dokumentovány na třech příkladech z mechaniky:

- Necht je Atwoodův padostroj v klidu. Asi 30 % otázaných žáků se domnívá [3], že tíhové síly působící na nádobu a závaží nejsou totožné.
- Na stejné míče žongléra působí podle odpovědí asi 50 % dotázaných žáků vyšších tříd střední školy a studentů základního vysokéhoškolského kursu fyziky [11] různé síly.
- Jaké síly působí na knihu ležící na desce stolu? U většiny chybných odpovědí chybí síla, kterou působí podložka na knihu [12].

odpovídajícími vektory. Dva tisíce žáků vyšších tříd střední školy a studentů základního kursu fyziky na univerzitě mělo uvést, zda síly právě působící na míče jsou různé nebo stejné. Asi 50 % dotázaných udává různé síly a argumentuje přitom různými rychlostmi a také různými zrychleními.

Třetí příklad ukazuje situaci, při které na stole leží kniha [12]. Žáci mají udat všechny síly působící na knihu, přičemž velmi často síla působící na knihu způsobená podložkou nebývá jmenována. Tohoto příkladu ještě použijeme v souvislosti s výukovými strategiemi slibujícími úspěch při korekci chybných představ žáků.

Shrnující poznámky o žákovských představách

Na závěr tohoto souboru příkladů uvedeme některé charakteristiky žákovských představ. Za prvé, žákovské představy jsou v mnoha případech vzájemně propojené, a proto je třeba změnit při výuce celý způsob pohledu na věc.

Za druhé, jeden žák má často různorodé a vzájemně si odporující představy. K tomu přistupuje skutečnost, že ve fyzikálně podobných situacích mohou být aktivovány různorodé představy. Proto může pozorovatel snadno nabýt dojmu, že představy žáků jsou nekoherentní.

I když se představy žáků zdají být nekoherentní, jsou přesto stabilní v následujícím smyslu: Často přetrvávají tytéž představy ještě po skončení výuky — přes všechnu námahu vyučujícího. Tehdy se dokonce mohou projevat ještě silněji, pokud žák zapomene znalosti naučené jen

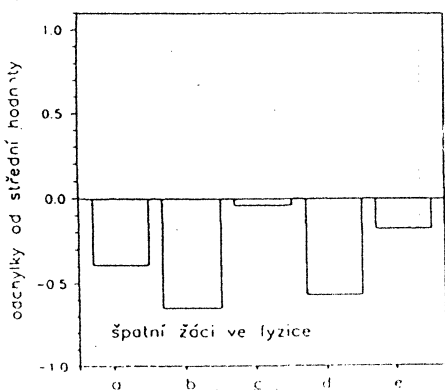
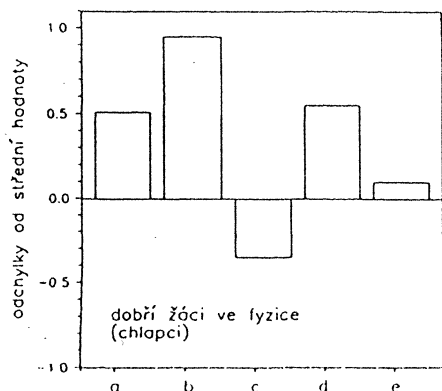
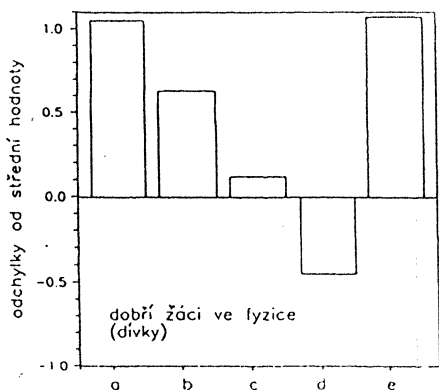
povrchně. Tyto tři faktory, a to zakotvení těchto představ do rámce každodenní zkušenosti, jejich perzistence a nekoherence při změnách situace poukazují na fakt, proč je pochopení fyziky tak obtížné.

Význam psychologického pozadí při výuce fyziky

Vyjdeme-li z mezivýsledku, že chápání v různých oblastech fyziky je obtížné vzhledem k popsaným žákovským představám, pak se musíme ptát, odkud bere žák motiv k učení, které jistě není samozřejmé. Učení, které stojí námahu, musí být provázeno sympatií. Existuje ale tato sympatie, nebo mnoha žákům chybí?

Abychom získali první odpověď na tuto otázku, zkoumali jsme ve vzorku 123 žáků 8. třídy reálky na začátku výuky psychologické pozadí [13]. Za tím účelem jsme analyzovali odchylku od střední hodnoty některých psychologických proměnných pro podskupiny nejlepších a nejhorších žáků (horní a spodní čtvrtina). Do psychologických profilů (obr. 3) vstupuje následujících pět proměnných: známky v posledním školním roce, stadium kognitivního vývoje podle Piageta [14], námaha žáků při výuce fyziky podle vlastního odhadu [16], zájem o fyziku měřený před výukou [15] a vztah ke škole [17].

U dobrých studentů existují zajímavé rozdíly mezi dívkami a chlapci. Zdá se, že dívky mohou kompenzovat chybějící zájem svým dobrým vztahem ke škole a vysokým stadiem kognitivního vývoje. U chlapců s mimořádně vysokým stadiem kognitivního vývoje se zdá, že se mohou úspěšně učit bez námahy. Obě podskupiny nalézají motiv k učení.



Naproti tomu u spodní čtvrtiny žáků (nejslabší žáci) přistupují ke kognitivním bariérám ještě potíže s motivací, tzn. relativně malý zájem a špatný vztah ke škole. U této podskupiny bude možné jen těžko dosáhnout prokazatelných výsledků.

Obr. 3* Souvislost mezi znalostmi z výuky fyziky a psychologickým pozadím žáků byla zkoumána v pěti třídách reálky (123 žáků 8. třídy reálky) [13]. Pro podskupiny dobrých žáků (nejlepší čtvrtina; pro dívky a chlapce oddělené údaje) a špatných žáků jsou znázorněny směrodatné odchylky od střední hodnoty pro následující proměnné: a) školní známky, b) stadium kognitivního vývoje podle Piageta, c) zájem o fyziku měřený před výukou, d) námaha žáků během výuky fyziky podle vlastního odhadu a e) vztah ke škole. Zatímco úspěšně se učící dívky mohou kompenzovat chybějící zájem svým dobrým vztahem ke škole a vysokým stadiem kognitivního vývoje, zdá se, že se mohou chlapci se zájmem a mimořádně vysokým stadiem kognitivního vývoje učit bez námahy. U špatných žáků přistupují ke kognitivním bariérám ještě navíc těžkosti s motivací.

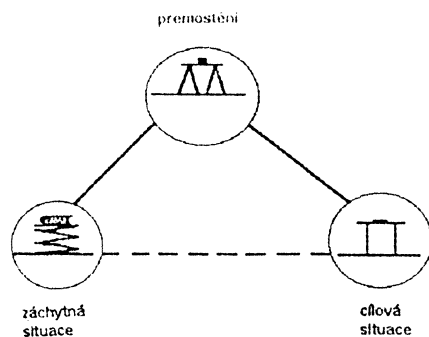
Výukové strategie k překonání žákovských představ

V názorech na výukové strategie existuje široká shoda v tom, že učitel a žák by měli hledat více než dosud dialog o žákovských představách. Žáci by si měli v rozhovoru ozřejmit vědecké způsoby pozorování, vlastní ideje a představy a také představy svých spolužáků. K úkolům učitele patří navodit takovou atmosféru, ve které mohou žáci o svých představách volně diskutovat. Dále by měl učitel poznat žákovské představy v odpovídající oblasti, podchytit rozhovorem pokroky dosažené ve výuce a podporovat je doplňkovými výukovými situacemi.

Clement [12] vyvinul pro problémy mechaniky speciální výukovou strategii, diskusi analogií: Ústřední snahou je sestavit v diskusích mezi učitelem a žákem analogie mezi již správně chápanou zachytnou situací a ještě chybně popisovanou cílovou situací. Takovýmto způsobem, způsobem strategie přemostění, má být rozší-

řena škála správných kvalitativních představ a potlačena oblast použití chybných představ. Postup vysvětlíme na příkladu „kniha leží na stole“ (obr. 4).

Nejprve je žák dotázán na síly, které působí v cílové situaci. Připustíme, že žák vychází z toho, že stůl nepůsobí na knihu žádnou silou působící vzhůru. V tom okamžiku můžeme zkoumat analogickou situaci, při které leží kniha na pružině. Předpokládejme, že v této situaci žák vnitřně chápe sílu působící vzhůru, ale zároveň odmítá analogii mezi touto správně popsanou záchytnou situací a ještě chybně chápanou cílovou situací. V následující fázi budeme zkoumat jako další situaci případ, při kterém kniha leží na ohebné stolní desce. Tuto situaci mohou žáci akceptovat jako analogii k záchytné i k cí-



Obr. 4. Výukovou strategii, která pracuje s analogiemi, lze vysvětlit na následujícím příkladu z mechaniky [12]: Kniha leží na stole. Ptáme se po silách, které na knihu působí. Zpočátku bude většina žáků vycházet z toho, že stůl na knihu nepůsobí žádnou silou směřující vzhůru. Pokud naproti tomu leží kniha na pružině, budou žáci vzhůru namířenou sílu podporovat, ale zároveň odmítat analogii mezi touto správně rozpoznanou záchytnou situací („kniha leží na pružině“) a ještě chybně pochopenou cílovou situací („kniha leží na stole“). Přemosťující situace, při které na příklad leží kniha na ohebné desce stolu, může žákům usnadnit pochopení.

lové situaci, což může přispět k tomu, že konečně také v cílové situaci bude akceptována síla působící vzhůru.

Obecná strategie preferující radikální změnu před postupným rozvíjením žákovských představ, spočívá v konstrukci poznatkových konfliktů. V praxi se u této strategie vyskytují těžkosti tehdy, když žák vyřeší očekávanou diskrepanci v rámci vlastních chybných představ. K tomu přistupuje ještě citově podložená obtíž spočívající v tom, že se mnoho neúspěšných žáků nerado pouští do poznatkových konfliktů [18].

Další důležitá strategie k překonání žákovských představ spočívá ve výuce způsobu, jak se učit. Tato metoda je zastoupena především skupinou autorů kolem Gunstonea [19]. Výchozím bodem metody je přiznání většího významu představám žáků o pojmech učit a naučit se. Mnoho žáků si myslí, že vyučovaný obsah lze jednoduše mechanicky přenést v lineární posloupnosti kroků při učení a žák přitom může zůstat pasivní. To může vést k tomu, že se žáci jednostranně koncentrují na „správné odpovědi“. A podpůrné argumenty, alternativní způsoby pohledu na věc, spojitost s dalšími pojmy a systémové myšlení přicházejí zkrátka. Ke zlepšení výuky se mimo jiné navrhuje, aby žák reflektoval své vlastní učení, aby se učil klást otázky a naučil se technikám, pomocí nichž může sestavit strukturu vlastního vědění do „konceptu map“ [6] a vzájemně porovnávat.

Nelze přehlédnout, že při takovémto metodickém přístupu musí být výuka obsahu doplněna nácvikem strategie. To nelze zvládnout za krátkou dobu. Kromě toho lze očekávat afektivní zpětné působení, neboť otázka, jak se něčemu učit, získá na významu tehdy, až když existuje pozitivní odpověď na otázku, proč se něčemu učit.

Závěrečná poznámka

Diskuse o žákovských představách poskytuje doplňující zdůvodnění, proč je pochopení fyziky tak těžké. Žák disponuje vzájemně propojenými představami, které se často mění se změnou situace a jsou stabilní v čase. Tyto představy se mnohstranně směřují s fyzikálními představami a brzdí osvojování fyzikálního způsobu myšlení. Učitel by měl znát tyto obsahově specifické žákovské představy, aby mohl řídit „dialog“ o představách žáků a fyzikálních představách. Současně má k dispozici celou řadu metodických možností k uspořádání výuky. Tato uspořádání výuky vycházejí z posílení dialogu, jako např. navození poznatkových konfliktů nebo využití výukových strategií. Přes tyto slibné přístupy zůstává situace ve výuce fyziky na středním stupni obtížná, neboť fyzika připadá mnoha žákům těžká a ne vždy mají dostatečný motiv k intenzivnímu a dlouhodobému učení.

Literatura

- [1] H. PFUNDT, R. DUIT: *Bibliographische Alltagvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. IPN-Kurzberichte, Kiel 1991.
- [2] R. DRIVER, E. GUESNE, H. TIBERGHIEN (Eds.): *Children's ideas in science*. Open University Press, Milton Keynes 1985.
- [3] L. MCDERMOTT: *Physics Today*, 37 (1984), s. 24–32.
- [4] D. M. SHIPSTONE et al.: *Int. J. of Science Educ.*, vol. 3 (1988), s. 303–316.
- [5] R. DUIT (Ed.): *Alltagvorstellungen. Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, vol. 13, 1986.
- [6] R. DUIT et al.: *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. IPN, Kiel 1991.
- [7] CH. V. RHÖNECK: In [5], s. 10–14.

- [8] C. GAULD: *Research in Science Educ.*, 1986, s. 49–54.
- [9] K. GROB, CH. V. RHÖNECK, V. POLLAK: *Physica didact.*, vol. 3/4, 1990, s. 76–87.
- [10] R. F. GUNSTONE, R. T. WHITE: *Science Educ.*, 1981, s. 291–299.
- [11] L. VIENNOT: *European J. of Science Educ.*, 1981, s. 205–221.
- [12] D. E. BROWN, J. CLEMENT: *Instructional Science*, 1989, s. 237–261.
- [13] B. VÖLKER: *Physiklernen im Fächervergleich*. Pädagogische Hochschule Ludwigsburg (v tisku).
- [14] A. E. LAWSON: *J. of Research in Science Teaching*, 1978, s. 11–24.
- [15] P. HÄUSSLER: *Int. J. of Science Educ.*, 1987, s. 79–92.
- [16] G. SALOMON: *J. of Educ. Psych.*, 1987, s. 647–658.
- [17] R. THIEL, G. KELLER, A. BINDER: *Arbeitsverhalteninventar*. Westermann, Braunschweig 1979.
- [18] A. DREYFUS, E. JUNGWIRTH, R. ELIOVITCH: *Science Educ.*, 1990, s. 555–569.
- [19] R. T. WHITE, R. F. GUNSTONE: *Int. J. of Science Educ.*, 1989, s. 481–489.



7. MEZINÁRODNÍ KONGRES O MATEMATICKÉM VZDĚLÁVÁNÍ A NAŠE DIDAKTIKA

František Kuřina, Hradec Králové

Ve dnech 17.–23. srpna 1992 se konal v kanadském Quebecu 7. Mezinárodní kongres o matematickém vzdělávání ICME — 7. (7th International Congress on Mathematical Education). Jako jeden z jeho 2574 účastníků a jako jeden z 5