

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

D. Nachtigall

Krise výuky fyziky a východisko

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 38 (1993), No. 2, 101--109

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138319>

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>

(1938), B. Bydžovský (1965) a V. Jarník (1968). Nyní se mezi ně zařadil i H. Bauer, který v tomto roce oslaví své významné životní jubileum. Tento článek je také naší upřímnou gratulací k udělené poctě i k jeho narozeninám.

KRIZE VÝUKY FYZIKY A VÝCHODISKO

D. Nachtigall

Už od roku 1965 se Německá fyzikální společnost (Deutsche physikalische Gesellschaft, DPG) pravidelně zabývá otázkami výuky fyziky a předuniverzitního (středošolského) vzdělávání. Odráží se to i v seznamu jejich dokumentů a stanovisek. Tradiční výroční zasedání DPG, které se konalo 15. listopadu 1991, bylo věnováno tématu „Co se naučí naši žáci ve výuce fyziky?“. Jeden z úvodních referátů přetiskujeme na následujících stránkách. (Pozn. red.)

Fyzika je často pro žáka těžko průhlednou změtí vzájemně nesouvisejících faktů, vzorců a fikcí. Žák si dlouho před první hodinou fyziky rozvíjí vlastní intuitivní představy o tom, jak funguje svět. Tyto prvotní koncepty často protřečejí tomu, co se probírá při výuce fyziky. Dokud se ve

výuce nerozřeší konflikt mezi těmito dvěma konkurujícími si světy představ, připadá žákovi fyzika umělá, odcizená od života, a tedy nesmyslná. Teprve tehdy, když se učitel vážně zabývá myšlenkovou konstrukcí žáka a bere na ni ohled ve výuce, může u žáka probudit pochopení a zprostředkovat mu skutečné přijetí fyzikálních konceptů.

Často se dnes mluví o krizi výuky fyziky. Velmi názorně to vyjadřuje titulní obrázek jednoho čísla časopisu „Physics Today“ [1]. Je na něm fotografie učebny. Na katedře je vidět několik fyzikálních demonstračních přístrojů (rezistor, žárovka, ...), vedle stojí lhostejně vyhlížející učitel a ukazuje na text na tabuli. Text říká, že v pátek se píše test na „tři zákony elektřiny“, a to $I = U/R$, $U = IR$ a $R = U/I$. Před tím sedí dva zjevně znudění žáci. Ostatní místa ve třídě jsou volná. Postoj učitele, text na tabuli, prázdné lavice a „vypnutí“ žáci charakterizují existenci krize: Fyzika má ve škole pověst nudného, nesmyslného, umělého, odcizeného a příliš těžkého předmětu. Velké většině žáků se fyzika jeví jako nepřehledná změt vzájemně nesouvisejících faktů, vzorců a fikcí. Vyjádřeno jejich jazykem: Fyzika je „dráždí“.

Prof. dr. DIETER NACHTIGALL, Institut für Physik, Universität Dortmund, Otto-Hahn-Strasse 4, W-4600 Dortmund.

D. Nachtigall, didaktik fyziky, je členem Mezinárodní komise pro vzdělávání ve fyzice (International Commission on Physics Education, ICPE) a pověřencem DPG pro vzdělávání učitelů fyziky v rozvojových zemích.

Tento článek je kromě drobných úprav doslovným přepisem magnetofonového záznamu přednášky. Vyšel v Phys. Bl. 48 (1992), Nr. 3, s. 169.

Přeložila IVANA STULÍKOVÁ

©VCH, W-6940 Weinheim, 1992

Mnoho časopiseckých článků a knih se zabývá již nějakou dobu analýzou příčin a navrhuje strategie, jak krizi zvládnout. Tyto práce většinou začínají u struktury a rozdělení školní látky, tedy u osnov. Charakteristikou těchto pokusů jsou hesla z šedesátých až osmdesátých let [2]: „Věda pro zvědavou mysl“ byla vystřídána „Integrovanou vědou“, za níž následovala „Věda a společnost“. To byly přínosy do osnov, které vytryskly z pocitu krize. Všechny měly značně krátkou dobu života a jejich výsledky neukázaly žádné východisko slibující úspěch. Znovu je to časopis „Physics Today“, který se pokouší o obnovený nápor. Záříjové číslo ročníku 1991 je celé věnováno předuniverzitnímu vzdělání. Připadá mi, že zde jsou široké fyzikální veřejnosti předloženy důležité, nadějně rysy reformy vyučování a učení fyziky. Zvláště doporučuji článek autora J. P. Mestrea v tomto čísle [3].

Intuice a „vědecké počínání“ žáků

Rád bych zde načrtl hlavní aspekty mého pohledu na východisko z krize. Nejdůležitějším krokem je, aby si profesori vychovávající fyziky a učitelé fyziky sami ujasnili, že hlavy žáků na začátku výuky fyziky nelze srovnávat s prázdnými láhvemi, které potřebujeme pouze naplnit „pravdou“. „Pravda“ je to, co stojí v učebnici, a to se musí žáci naučit a hotovo. Tak tomu však není: Ještě předtím, než žák přijde na první hodinu fyziky, má hlavu naplněnou představami, nápady, intuitivními hypotézami, podomácku udělanými recepty, pravidly založenými na víře o tom, jak funguje svět. Přitom při rozvíjení svých vlastních představ o fungování světa jednájí desetiletí nebo jedenáctiletí žáci naprosto „vědecky“. Na začátek uvedu jeden příklad z druhého roč-

niku gymnázia*): Pod skleněnou nádobou s vodou stojí kahan. Ve vodě je umístěn teploměr kalibrováný do 150 °C. Ptám se: Co se stane, když kahan zapálím? Žáci přirozeně vědí, že se voda bude ohřívat. Jak horká bude? *No, bude se ohřívat až do 100 stupňů.* Odkud tohleto víte? *No, to jsme se učili na základní škole.* Moje otázka: Ale co se stane, když pod nádobu dám ještě druhý kahan? Odpověď: *No, pak bude voda ještě teplejší.* Víc dá víc! Moje otázka: Jak vysoko bude teplota vody stoupat? Odpověď: *Až do 150 stupňů.* Jak to? *Až tak vysoko stačí teploměr.* Otázka: Jak jsi na to přišel? *No, můj otec má auto, to má tachometr, na kterém je napsáno 150. A rychleji naše auto nejede.*

Toto označuji za naprosto „vědecké počínání“, když někdo pomocí analogie ze života pokusně přenáší něco, co zná, umí, ví, ovládá, co je nad slunce jasné, na jiné věci. Také vědci to tak nejprve dělají.

Jiná otázka: Proč padají předměty dolů? Rád se ptám právě gymnazistů z prvního a druhého ročníku — to jsou moji diskusní partneři, jimž dávám přednost, protože jsou ještě otevření a nezkažení. Odpověď je: „gravitace“. Co to je, vyjadřuješ se cizím slovem? *No, to jsem četl ve své učebnici, tak to tam stojí.* A žáci ve věku 10 a 11 let se připojují ke hře na školu: Mělo by se říkat jenom to, co je správné, protože jenom za to se dostávají dobré známky. A co stojí v knize, to je jistě správné: takže „gravitace“! Můžeš vysvětlit, jak gravitace funguje a odkud se bere? A teď to začne vyplouvat na povrch; ale ještě předtím se žáci ujistí, že nedostanou špatnou známku, když

* Jde o osmileté gymnázium, jehož druhý ročník odpovídá naší šesté třídě základní školy. Pozn. překl.

řeknou něco, co není v knize, když řeknou něco tzv. „špatně“. Musejí mít důvěru, že jejich příspěvek je cenný, že je důležitý pro intelektuální pokrok celé třídy. Pak se člověk dozví: *Je to magnetismus!* Jak si to představuješ s tím magnetismem? *No, víme přece: Země je magnet, proto obsahuje magnetismus.* Země obsahuje magnetismus! Magnetismus je pro žáky něco látkového stejně jako třeba sušené mléko, něco, co se dá rozprášit. A to znamená, že Země, půda obsahují magnetismus. *Z půdy rostou rostliny.* Rostliny tedy následně obsahují magnetismus. *Přijdou krávy, sežerou rostliny, nadojí mléko, které my vypijeme.* Všechno tedy obsahuje magnetismus. A magnety se přitahují! Pro děti se magnety především přitahují, to je ten vynikající příznak! A protože je všechno magnetické a Země je magnet, je všechno přitahováno a padá dolů. Pro žáky je to konsistentní „teorie gravitace“, chcete-li. Ale jiní z nich také říkají: *Je to tlak vzduchu, který všechno tlačí dolů, nebo rotace Země. Nebo při spalování kyslíku vzniká přitahování.* Teď ještě jedna krásná argumentace, teologická: *Kdyby tomu tak nebylo, létali bychom kolem dokola a mohli si odřít kolena.* Nebo také: *Musí to tak být, jinak by lidé na Novém Zélandě a v Austrálii odpadli od Země a to přece nejde.* Takže vidíte, že žáci mají připravené modely, mají vzory pro vysvětlení, mají prvotní koncepty, jak prožitému dát smysl. Tím, že koncepty dávají něčemu smysl, dostávají pro žáky význam.

Zde jeden zvlášť krásný příklad: Dal jsem žákům na hraní žárovky, dráty a baterie. Experimentovali s nimi a zjistili, že paralelní zapojení je něco jiného než sériové. Při paralelním „to jde lépe, při sériovém hůře“. Moje otázka: Proč svítí žárovky při paralelním zapojení jasněji? K tomu mi napsal Sven, 11 let (viz obr. 1):

„Při sériovém zapojení je proud rychleji spotřebován. Záporný proud jde k první žárovce, tam se téměř vypotřebuje, takže ho jenom málo přichází k druhé žárovce. U kladného proudu je to stejné. Většina tohoto proudu jde ke druhé žárovce a jen málo k první.“

Teď přijde závěr a já jsem vnitřně — upřímně řečeno — zajásal, když jsem četl:

„Tak se stane, že první žárovka má málo kladného, ale hodně záporného proudu a druhá žárovka hodně kladného ale málo záporného. Protože tam ale musí být od obou stejně, jsou obě žárovky slabé. Při paralelním zapojení dostává každá žárovka stejně mnoho proudu. Takže (paralelně) to jde mnohem lépe, ale takhle (sériově) velmi špatně.“

To je přece fantastický model! Sven to nikde nečetl, on si to vymyslel, skutečně si vytvořil vlastní „teorii“. A nyní, dámy a pánové, vám něco přečtu ve volném překladu — originál je psán francouzsky:

„... to, že dva druhy elektřiny tečou tímto způsobem, že z toho vzniká dvojitý proud; jeden s kladnou a druhý se zápornou elektřinou vycházející z opačných směrů od místa, kde se nachází elektromotorické působení a sjednocující se ve vzdálené části proudového obvodu ... Je to tento elektrický stav v řadě elektromotorických a elektricky vodivých těles, který kvůli krátkosti nazývám elektrickým proudem.“

To byl mistr sám: André Maria Ampère [4].

Význam prvotních konceptů pro pochopení fyziky

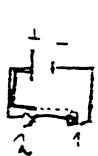
Vidíte: To, co dnes nacházíme v hlavách našich žáků jako prvotní koncepty, se občas podobá vedoucím, řídicím fyzikálním

Warum leuchten die Lämpchen bei Parallelschaltung heller?

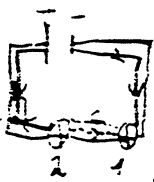
Bei einer Serienschaltung wird der Strom schneller verbraucht.



Der ^{kleine} "Strom" geht zu ersten Lampe, dort ~~verbraucht~~ verbraucht er sich dann fast, so dass nur noch wenig zur 2. Lampe kommt.

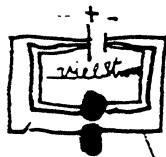


Der ^{kleine} "Strom" ist es genauso, der meiste Strom geht zur 2. Lampe, aber nur wenig zur 1.

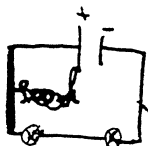


So kommt es das die 1. Lampe wenig "aber viel" Strom hat, und die 2. Lampe viel "aber wenig" Strom. Da aber von beiden gleich viel abgehen muß, sind beide Lampe sehr schwach.

bei der Parallelschaltung bekommt die Lampe gleich viel Strom.



So geht es viel besser.

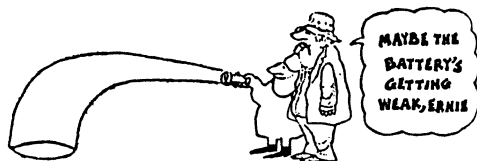


So aber sehr schlecht

Obr. 1.

konceptům v historii fyziky. Z toho důvodu bychom se neměli těmito představám smát nebo je odvrhovat jako rušivé, naopak: Často jde o vlastní výtvořky žáků a ty jsou jejich cenným duševním vlastnictvím. Nelze je jen tak odhodit jenom proto, že přijde učitel a řekne: To všechno je žvást. Správné je jenom to, co já řeknu a co je napsáno v knize.

Shrnuji: Prvotní koncepty jsou z hlediska žáka rozvíjející, pro jeho úroveň pochopení dostačující, intuitivní a naivní schémata vysvětlení jednotlivých jevů. Často jsou nekoherentní a nekonzistentní; pro jeden jev existuje mnohdy více schémat, která si odporují. Jsou určena vlastními zážitky a zkušenostmi žáka; mohou mít povahu náboženskou, magicko-animistickou, alchymistickou; mohou pocházet z oblasti science-fiction, mohou mít technologický nebo racionální původ. Jsou — a to je to důležité — mimořádně odolná proti přicházející výuce fyziky, ačkoli jsou s fyzikou v rozporu. Prvotní koncepty o mechanických jevech se dají často přirovnat k aristotelovské fyzice. Zde uvádím ještě jedno obrazové znázornění prvotního konceptu (obr. 2).



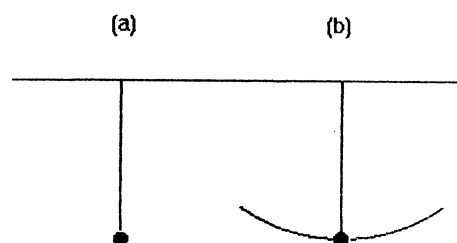
Obr. 2.

Einstein došel k jasnému poznání, že rozvoj intuitivních vysvětlujících vzorů je tak říkajíc přirozeně nutný [5]: „*Intuitivně spojujeme pohyb s činností posunování, zdvihání nebo tažení ... Je zcela přirozené, že ... docházíme k závěru, že: Čím je větší síla působící na těleso, tím je rychlost tohoto tělesa větší. Intuice nám tedy*

říká, že rychlost je příčinně svázána s působící silou ... Neboť může být nesprávné říci, že vůz tažený čtyřspřežím musí být rychlejší než vůz tažený jedním párem koní? ... Při našich snahách o pochopení přírodních zákonů musíme vždy znovu zjišťovat, že většina intuitivních objasnění, která jsou nabíledni, je často právě nesprávných.“

S prvotními koncepty přicházejí naši žáci do fyzikální výuky a je pravidlem, že také s nimi vyučování ve věku 18 nebo 19 let opouštějí — dokonce s hojností falešných konceptů. Proč tomu tak je? Předpokládejme, že učitel fyziky neví nic o prvotních konceptech nebo — v horším případě — je ignoruje. Nyní má vyučovat kinematiku nebo dynamiku. Pro něj je správná pouze newtonovská nauka, každé jiné stanovisko je nesprávné. Nejlepší je nesprávné věci ignorovat, neboť neefektivnější a časově neúspěšnější metodou je zprostředkovávat „pravdu“ ve věcně logické posloupnosti. Konec konců tak také byl učitel sám vychováván svými profesory na univerzitě. Tak, jak jsem to právě popsal, jedná a věří tomu mnoho, příliš mnoho učitelů fyziky. Zprostředkované pravdy jsou pravidelně idealizované, nezávislé a izolované od každodenního života. Pro žáky nemá probíraná látka smysl. Oni mají své prvotní koncepty a mohou přijímat nové myšlenky jenom na těch základech, které mají v hlavě, a jenom s pomocí té struktury myšlení, kterou mají. Tato struktura je reprezentována právě prvotními koncepty. Ty jsou používány k tomu, aby se jejich pomocí vnitřně interpretovala učební látka. Protože jsou prvotní koncepty tak rezistentní, přežívají, i když jsou překryty koncepty fyzikálními — neboť fyzikální koncepty se nestaly smysluplnými, nepronikly do hloubky, ale byly jenom oktrojovány. Nebyly zažity, žáci do

nich neprošli, a proto je nepochopili. Prvotní koncepty jsou stavebními kameny myšlení toho, kdo se učí. To co zůstane, když je hra na školu dohrána, jsou prvotní koncepty a fyzikální slovník, téměř žádný úsudek a jen mizivé schopnosti použití fyzikálních konceptů. Myšlení zůstává dál v rovině prvotních konceptů, ale s použitím fyzikálního slovníku. Protože jsou fyzikální pojmy dobře definovány, jsou popisy a úsudky, které s nimi žák dělá, často prostě chybné: Mluvíme o chybných (falesných) konceptech.



Obr. 3.

Téměř každý rok zadávám našim začínajícím na univerzitě test — těm, kteří mají fyziku jako hlavní obor, ale i těm, kteří fyziku studují jako vedlejší obor. Letos jsem v tomto testu položil mezi jinými tuto otázku (obr. 3): Na obr. (a) je kyvadlo v klidu. Na obr. (b) je kyvadlo, které kýve, ale v tomto okamžiku právě prochází rovnovážnou polohou. Jaké síly působí na obě kyvadla? Vyhodnotil jsem odpovědi pouze těch, kteří měli výuku matematiky a fyziky až do maturity. Jedna z odpovědí: *Na a) působí pouze gravitační zrychlení, na b) působí ještě síla, která kyvadlo udržuje v kyvadlovém pohybu. Ta je orientována kolmo k vektoru gravitačního zrychlení.* Další odpověď: *Síla působící dolů je v případě a) i b) stejná, na b) působí ještě jedna směrem vpravo orientovaná síla, protože tato kulička bude v následujícím okamžiku uvolňovat nahromaděnou práci a bude se dále pohy-*

bovat vpravo. Třetí odpověď: Na a) působí tíha, na b) působí také jenom tíha, protože v tomto okamžiku má kulička maximální rychlost, tj. derivace v je nula, tj. a je rovno nule, proto i zde působí jenom gravitační síla.

Z více než 50 % si člověk vytvoří aristotelovský obraz, nebo, jak to vyjádřil Einstein, člověk nalézá to, co říká intuice a co „vlastně nemůže být nesprávné“. Když se realizuje pohyb, musí k němu být síla. Síla musí působit tak dlouho, jak dlouho pohyb trvá. Síla a rychlost mají tentýž směr. Toto přežilo až tři kursy mechaniky! Rád bych zdůraznil: Jestliže vysvětlují v hodině fyziky nebo při fyzikální přednášce nějaký koncept, pak tím automaticky nevkládám jeho smysl do mozků svých žáků nebo studentů. Já pouze vysílám zvukové vlny nebo rozptyluji vlny světelné. Porozumění a interpretace bude v mozku probíhat komplikovaným procesem. A přitom jsem si jist, že moje poslání, tj. zkontrolovat, zda došlo k pochopení, má svůj význam i pro studenty. Je k němu potřeba dialog, rozhovor. Žáci musí mít možnost a volnost dělat chyby a tyto chyby korigovat v diskusích. Ujistit se, zda člověk porozuměl, vyžaduje také reagovat na odlišný názor. Děláme to tak? Vyučujeme tímto způsobem? Jsme v tomto ohledu vzorem? Dáváme k tomu našim studentům, především budoucím učitelům, alespoň čas? Vychováváme je tímto způsobem?

Východisko z krize

Nyní bych zde mohl provést závěry na podkladě teorie vyučování a vy byste začali tušit, že přijdu se jmény jako Piaget, Bruner, Ausubel atd. ... Ne, chci uvést jména, jimž více důvěřujete, a tak

se odvolávám znovu na Einsteina a dále na Heisenberga a Hunda. Cituji nejprve Einsteina (výběr a zdůraznění některých částí jsem provedl sám) [6].

„Jak dojdeme k tomu, abychom se nějakému zážitku zcela spontánně divili? Zdá se, že tento podiv nastane, když se zážitek dostane do konfliktu se světem představ, které jsou v nás dostatečně zafixovány. Pokud takový konflikt prožíváme těžce a intenzivně, působí zpětně rozhodujícím způsobem na náš myšlenkový svět a rozvoj tohoto myšlenkového světa je v jistém smyslu stálým únikem od zázraku.“

Heisenberg k tomu napsal [7]:

„Kdo pracuje vědecky, je zvyklý poznávat během života nové jevy nebo nové významy jevů, případně je sám odhalovat. Takový člověk je připraven své myšlení naplňovat novými obsahy. Nemůže proto chtít konzervativně setrvávat v běžném smyslu na starých zvyklostech. Jinak tomu je, když nové skupiny jevů vynutí změny ve struktuře myšlení. Tehdy mají dokonce význační fyzici ty největší těžkosti. Neboť požadavek na změnu myšlenkové struktury může probudit pocit, že člověk ztrácí půdu pod nohama.“

Tak je tomu u fyziků. Ale struktura mozku žáků není jiná než mozková struktura vědců. Mozková struktura vědců se pouze stala dlouhým používáním obsahově bohatší a efektivnější. Citujme opět Heisenberga:

„Revoluci, změnu myšlenkové struktury provedou badatelé, kteří se pokoušejí skutečně problém vyřešit, kteří ale chtějí na dosavadní vědě změnit tak málo, jak je to jen možné. Právě přání změnit co nejméně zřetelně zaručuje, že jde o věcnou nutnost, že změna struktury myšlení je vynucena jevy, samotnou přírodou a ne nějakými lidskými autoritami.“

Aplikováno na žáky: Ani učitel, ani učebnice, ale příroda, experiment, „samostatné zacházení“ musí přinést zlom v názoru a žáci sami musejí při mnoha příležitostech zakusit, že fyzikální koncept je úspěšnější, že především umožňuje kvantitativní předpovědi pro mnoho důležitých věcí z reálného života. Pak budou žáci ochotni změnit své prvotní koncepty a transformovat je v koncepty fyzikální. Heisenberg říká:

„Změny struktury myšlení se neprosazují proto, že by se fyzici rádi připojovali k autoritě nějaké velké revoluční osobnosti jako např. k Einsteinovi. O tom nemůže být řeči. Neboť vnitřní odpor proti změnám ve struktuře myšlení je příliš silný na to, aby byl překonán jednotlivou autoritou. Správné zdůvodnění se prosadí, dojdou-li vědci k názoru, že s novou strukturou myšlení mohou dosáhnout větších úspěchů ve své vědě než se starou, že se nové osvědčuje lépe.“

Potom dává příklad změny struktury myšlení, kterou způsobila teorie relativity:

„Protože nezávislost prostoru a času patřila k základním předpokladům dřívějšího myšlení, musela se tato struktura myšlení změnit, chtěl-li člověk uznat vztah mezi prostorem a časem.“

Takže Heisenberg často mluví o změně struktury myšlení, Einstein o konfliktu, při kterém se střetává dostatečně zafixovaná struktura myšlení s realitou, s novými skutečnostmi. Pamatujme si: Žáci, nejenom vědci, mají svou strukturu myšlení. Desetiletí žáci, když přicházejí do výuky, mají už samostatně utvořené modely, hypotézy, pravidla založená na víře: cenný duševní majetek, který byl z jejich hlediska úspěšný. Vytvářejí si intuitivní, naivní aristotelovské „zákony pohybu“, které říkají: Přirozeným stavem je klid. Každý

pohyb vyžaduje trvalou sílu ve směru pohybu, přičemž na rychlejší tělesa působí větší síla. A konečně: Všechny pohyby jsou způsobeny akcí, jejich původci jsou aktivní aktéři. Nejenom v mechanice, ale i v dalších oblastech školské fyziky se dají sestavit celé katalogy fyzice odporujících prvotních konceptů — někdy závislých, někdy nezávislých na kulturním kontextu.

Z výsledků testu našich studentů vidíte, že se prvotní koncepty vždy znovu prosazují. Jsou neuvěřitelně odolné. Možná bychom řekli, a určitě to řekne i někdo z nás, nedostatečně vzdělaný učitel: „Takovým komickým, ojedinělým a chybným představám nepřikládám žádnou váhu, na to zapomeňme, o tom vůbec nehovořme. To zabírá jenom čas a nestihneme látku probrat.“

Základním pravidlem výuky je, že by měla vycházet z konfrontace fyzikálního konceptu, často namířeného zcela proti zkušenosti a intuici žáků, s jejich názorem. Postavme proti sobě fyzikální poznatek a to, co skutečně vězí v hlavách žáků. Tuto konfrontaci žáci musí důkladně a intenzívně prožít. Potřebujeme změnit strukturu myšlení tak, aby se prvotní koncepty transformovaly, nesnažme se je zrušit, nezabíjeme je, nezavrhuje je potutelně a s ironií, nezesměšňujeme je. Jsou přece hodnotným duševním vlastnictvím žáka a zůstávají stavebním kamenem v rozvoji jeho myšlení. Odpoutat se od nich přijde zatěžko nejenom žákům, ale i fyzikům. Historie fyzikálních pojmů zřetelně ukazuje, jak „*bludné cesty a zdržení*“ byly způsobeny „*lpěním na starém schématu*“ (Friedrich Hund [8]).

Učitel fyziky nesmí zapomenout na to, jak on sám to měl těžké, jak sám musel bojovat, jak dlouho mu trvalo, než si vytvořil své dnešní názory, které také nejsou konečné, ale stále se rozvíjejí. Jestli-

že učitel žákům jednoduše odříká obsah učebnice, aniž by vzal na vědomí a pracoval s tím, co se skutečně nachází v jejich hlavách, tedy nedosáhne-li žádné transformace myšlenkových struktur žáků, ale pouze oktrojování, pak nemůže fyziku vyučovat úspěšně.

A s tím přistoupím k závěrečnému slovu: Učitel fyziky musí reflektovat rozvoj své vlastní myšlenkové struktury, musí se upamatovat, jak těžce, přes jaké omyly, chyby a nesprávné koncepty se vyvíjelo jeho vlastní konceptuální porozumění fyziky. Pak mu případně lehčí vžít se do myšlenkových struktur žáků, dosáhnout toho, že si žáci své prvotní koncepty uvědomí, a bude moci cíleně řídit transformaci těchto konceptů v koncepty fyzikální. Místo snahy o nadbytek zapamatovaných faktů, jejichž souvislost žákům uniká, musíme daleko více oceňovat pochopení a dotazy. Učitelé, které vychováváme, si musí zvyknout považovat za samozřejmé klást takové otázky, jako jsou:

Co se dříve považovalo za správné ... ?

Odkud vůbec víme, že ... ?

Proč dnes věříme, že ... ?

Jaké důkazy vlastně máme, že ... (např. existují atomy)?

Co se skutečně pozoruje, jaké z toho plynou důsledky ... ?

Z čeho vlastně vycházíme ... ?

Co považujeme za dané ... ?

Proč dále nenamítáme ... ?

Jak zapadají jednotlivá fakta do uspořádaných struktur ... ?

Jak jsou tato fakta vzájemně spojena ... ?

Toto jsou otázky, které je nutno se studenty učitelství znovu a stále více diskutovat na seminářích. Domnívám se, že fyzice nelze vyučovat bez nadšení. Nadšení musí být produktem hloubky a smyslu, ne množství učební látky. Velkým pokrokem

by bylo, kdyby všichni vyučující měli na paměti, že:

- přednášet někomu učební látku neznamená vyučovat
- ukládat učební látku do paměti neznamená učit se
- umět odříkat zapamatované není vůbec žádným důkazem pochopení.

Myslím si, že všechno, co jsem právě řekl, vyžaduje revizi vzdělávání učitelů — přinejmenším u nás na univerzitě. Když přestane zabírat osvědčený lék, pak si přece musíme rozmyslet jiné metody léčby.

Je veliký rozdíl mezi nadšencem milujícím fyziku a také své žáky a někým, kdo pouze dává hodiny, mezi tím, kdo pomáhá intelektuálnímu a morálnímu rozvoji žáků a někým, kdo pouze zprostředkuje fakta; mezi tím, kdo žákům organizuje situace, v nichž získávají významuplné operativní vědění, a někým, kdo školní látku jen „prochází“. Měli bychom si na univerzitách dát více námahy, abychom učitele

fyziky vzdělávali podle zde přednesených poznatků.

L i t e r a t u r a

- [1] Physics Today, September 1983 (Titelbild).
- [2] D. NACHTIGALL: Proc. of the Internat. Conf. on Physics Education, Duisburg 1985.
- [3] J. P. MESTRE: Physics Today, September 1991, s. 56-62.
- [4] A. M. AMPÈRE: *Recueil d'observations électrodynamiques*. Paris 1822.
- [5] A. EINSTEIN, L. INFELD: *Die Evolution der Physik*. Weltbild Verlag, Augsburg 1991, s. 16-19.
- [6] P. A. SCHILPP (Editor): *A. Einstein als Philosoph und Naturforscher*. Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden 1979, s. 3.
- [7] W. HEISENBERG: *Schritte über Grenzen*. Piper, München 1985, s. 239-251.
- [8] F. HUND: *Geschichte der physikalischen Begriffe*. BI, Mannheim 1972.

ZA PROFESOROM MEDEKOM

Náhle a nečakane opustil 31. marca 1992 rady česko-slovenských matematikov prof. RNDr. Václav Medek, pedagóg Slovenskej technickej univerzity, popredný slovenský geometer, významný funkcionár Jednoty slovenských matematikov a fyzikov a Jednoty československých matematikov a fyzikov, neúnavný organizátor vedeckej, pedagogickej, spoločenskej a popularizačnej činnosti v matematike. Jeho odchod uzavrel dlhé desaťročia činorodého života, od ranej mladosti naplneného príkladnou a nekončiacou

aktivitou, priam symbolicky: smrť ho zastihla temer za katedrou, sotva pár minút po skončení jeho poslednej prednášky.

Prof. V. Medek sa narodil 23. októbra 1923 v Žiline v rodine knihára. V rodnom meste vychodil základnú školu a gymnázium. Po maturite študoval v rokoch 1942–46 matematiku a deskriptívnu geometriu na Prírodovedeckej fakulte Slovenskej univerzity (dnes Univerzity Komenského) v Bratislave. Roku 1949 získal doktorát prírodných vied.

Celoživotné pedagogické pôsobenie prof. Medeka bolo spojené so Slovenskou vysokou školou technickou (dnes Slovenskou technickou univerzitou) v Bratislave. Tu začínal r. 1943 ako vedecká pomocná sila, po skončení vysokoškolského štúdia pokračoval ako asistent, odborný asistent, docent a od r. 1965 ako profesor. Patril k prvým študentom deskriptívnej geometrie u prof. Čenika a zakrátko ako jeho spolupracovník mal nemalý podiel na rozvíjaní vyučovania tohto predmetu na